

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA E INGENIERÍA METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



“DETERMINACIÓN DE METALES TÓXICOS EN EL RÍO CRUCERO – PUNO”

TESIS

PRESENTADA POR EL BACHILLER:

NERIO COSME QUECAÑO MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO METALURGISTA

PUNO – PERÚ

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA E INGENIERÍA METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA**

TESIS

“DETERMINACIÓN DE METALES TÓXICOS EN EL RÍO CRUCERO – PUNO”

PRESENTADA POR:

Bach. NERIO COSME QUECAÑO MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO METALURGISTA



APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:


M.Sc. Héctor Clemente Herrera Córdova

PRIMER MIEMBRO:


M.Sc. Dalmiro Aurelio Cornejo Olarte.

SEGUNDO MIEMBRO:


M.Sc. Oswaldo Luzver Maynas Condori.

DIRECTOR / ASESOR:


M.Sc. Esteban Rey Chávez Gutiérrez.

Área: Medio Ambiente y Seguridad en Procesos Metalúrgicos.

Tema: Medio Ambiente en Procesos Metalúrgicos.

Fecha de sustentación: 14-06-2018

PRESENTACIÓN

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería Geológica e Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Nacional del altiplano.

Señor Director de Estudios de la Escuela Profesional Ingeniería Metalúrgica, señores catedráticos y miembros del jurado dictaminador.

De Conformidad con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Altiplano, pongo en consideración el presente Tesis intitulada “DETERMINACIÓN DE METALES TÓXICOS EN EL RIO CRUCERO - PUNO”. Con lo cual pretendo optar el Título Profesional de Ingeniero Metalurgista.

El presente trabajo ha sido efectuado considerando las exigencias metodológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, y tiene como objetivo dar a conocer el nivel de concentración de metales pesados en el Rio de Crucero.

Mi consideración a Ustedes, y en su persona a todos los docentes que han contribuido con sus conocimientos y experiencias durante el desarrollo del presente estudio.

DEDICATORIA

Con mucha gratitud a mis padres Cristina y Wilfredo, por brindarme su apoyo incondicional en mi formación profesional y menesteres de mi vida.

Como un símbolo de amigo a mis hermanos Clemente y Verónica.

Con mucho amor a mi pareja Yaneth.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mis padres por su apoyo incondicional y orientación brindados para no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

Finalmente agradezco a mi alma mater Universidad Nacional del Altiplano Puno, por haberme cobijado en sus aulas, para adquirir conocimientos. A los catedráticos de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica por compartirme sus conocimientos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. PROBLEMA CIENTÍFICO.....	2
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas Específicos	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. HIPÓTESIS.....	3
1.4.1 Hipótesis General	3
1.4.2 Hipótesis Específicas	4
1.5. OBJETIVOS.....	4
1.5.1 Objetivo General	4
1.5.2 Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO II	5

REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 LOS METALES PESADOS EN EL SUELO.....	5
2.2 PROCEDENCIAS DE LOS METALES PESADOS EN LOS SUELOS.....	7
2.2.1 Origen natural.....	7
2.2.2 Origen antropogénico	11
2.3 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN.....	16
2.4 LEGISLACIÓN DEL AGUA	21
2.4.1 Calidad de aguas.....	21
2.4.2 Niveles Máximos Permisibles para Efluentes Líquidos – MINAM.....	27
2.5 DESCRIPCIÓN DE LOS METALES TÓXICOS CONTAMINANTES.....	27
2.5.1 Arsénico (As).....	27
2.5.2. Cadmio (Cd).....	28
2.5.3. Cromo (Cr)	30
2.5.4 Plomo (Pb)	31
2.5.5. Zinc (Zn).....	32
2.5.6 Hierro (Fe).....	33
2.5.7 Mercurio (Hg)	34
2.5.8 Cobre (Cu).....	34
CAPÍTULO III	37
MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1. MATERIALES.....	37

3.2. METODOLOGIA.....	38
3.2.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	38
3.2.2. TÉCNICAS DE MUESTREO	42
3.2.3. ESTRATEGIA DE MUESTREO.....	44
3.2.4. DETERMINACIONES ANALÍTICAS	46
3.2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	49
CAPÍTULO IV	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
4.1 ANÁLISIS DE CONTENIDO DE METALES TÓXICOS EN AGUAS DEL RÍO DE LA ZONA DE ESTUDIO	50
4.1.1. Arsénico (As)	51
4.1.2. Cromo (Cr)	52
4.1.3. Cadmio (Cd)	53
4.1.4. Plomo (Pb).....	55
4.1.5. Hierro (Fe)	56
4.1.6. Zinc (Zn)	58
4.1.7. Mercurio (Hg).....	59
4.1.8. Cobre (Cu)	61
4.2 ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS	62
4.2.1 pH.....	63
4.2.2 Conductividad	64

4.3.3 Temperatura	65
V. CONCLUSIONES	66
VI. RECOMENDACIONES	67
VII. BIBLIOGRAFIA.....	68
ANEXOS	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Mapa Geológico de Puno	10
Figura N° 02: Vías Principales de entrada de metales en el medio acuático ...	15
Figura N° 03: Poblaciones de la Cuenca Ramis.....	40
Figura N° 04: Vista de la Cuenca Ramis	41
Figura N° 05: Frecuencia de Toma de muestra en temporada de estiaje.	43
Figura N° 06: Frecuencia de toma de muestra en temporada de precipitación.43	
Figura N° 07: Vista de los puntos de muestreo del río Crucero-río San Antón. 45	
Figura N° 08: Toma de muestra de Agua - PM-N°01	46
Figura N° 09: Medición de Conductividad, pH, T° - PM - N°01.....	47
Figura N° 10: Arsénico (As).	52
Figura N° 11: Cromo (Cr).	53
Figura N° 12: Cadmio (Cd).....	55
Figura N° 13: Plomo (Pb).	56
Figura N° 14: Hierro (Fe).....	57
Figura N° 15: Zinc (Zn)	58
Figura N° 16: Mercurio (Hg).	60
Figura N° 17: Cobre (Cu).....	62
Figura N° 18: pH.	64
Figura N° 19: Conductividad del agua (CND).	64
Figura N° 20: Temperatura °C.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Concentración de metales pesados en varios tipos de rocas.....	9
Tabla N° 02: Principales pasivos ambientales en la Cuenca del río Ramís.	14
Tabla N° 03: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.....	25
Tabla N° 04: NMP para efluentes de actividades minero-metalúrgicos.	27
Tabla N° 05: Coordenadas de muestreo UTM - WGS84.....	44
Tabla N° 06: Análisis físico - químico de la conductividad.	47
Tabla N° 07: Análisis del parámetro físico químico del pH.....	48
Tabla N° 08: Análisis físico - químico de la Temperatura.....	49
Tabla N° 09: Resultados del muestreo en temporada de estiaje.	50
Tabla N° 10: Resultados del muestreo en temporada de precipitación.	51

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ECA : Estándares de Calidad Ambiental.

Ppm : Partes por Millón.

Mg/L : Miligramo por Litro.

Mg/m³ : Miligramo por metro cubico.

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

LAS : Laboratorios Analíticos del Sur.

HNO₃ : Ácido Nítrico.

OMS : Organización Mundial de la Salud.

Msnm : Metros sobre el nivel del mar.

μS/cm : Micro siemens por centímetro.

pH : Potencial de Hidrogeno.

UNA : Universidad Nacional del Altiplano.

EPA : Agencia de Protección Ambiental.

INGEMMET: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Perú

Km : Kilómetro.

PM : Punto de muestreo.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo fundamental determinar los metales tóxicos en el río Crucero – San Antón, que tiene como fuente contaminante a las mineras que desembocan sus aguas residuales con la finalidad de evaluar el grado de contaminación. La metodología aplicada es de tipo cuantitativa-analítico. Los resultados obtenidos son los siguientes: Fe supera los niveles máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de las actividades minero – metalúrgicos en la época de estiaje en los puntos muestrales N°01, N°02 y N°04 con una concentración de 7.96 mg/L; 2.75 mg/L; 1.83 mg/L y en la época de precipitación también superan los niveles máximos permisibles en los siguientes puntos de muestreo N°01, N°02, N°03, N°06 con una concentración de 1.65 mg/L; 2.69 mg/L; 5.42 mg/L; 3.39 mg/L y en cuanto al elemento de Hg supera los niveles máximos permisibles en época de precipitación en los puntos de muestreo N°01, N°03, N°06 con una concentración de 0.00680 mg/L; 0.00193 mg/L; 0,00722 mg/L. También se encontraron elementos como: As, Cd, Cr, Pb, Cu y Zn que están por debajo de los niveles máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de las actividades minero – metalúrgicos. Establecido mediante el D.S N° 010-2010-MINAM. Se concluye que la contaminación del área en estudio es alta, debido a que algunos elementos como Fe y Hg se encuentran por encima de los estándares establecidos en algunas zonas del estudio realizado. Los datos obtenidos fueron del laboratorio Analíticos del Sur, registrado en INACAL de la ciudad de Arequipa.

Palabras Clave: Contaminación, determinación, metales, tóxicos, agua.

ABSTRACT

The main objective of this research project is to determine the toxic metals in the Crucero - San Antón river, which has as a source of pollution the miners who discharge their wastewater in order to assess the degree of contamination. The applied methodology is quantitative-analytical. The results obtained are as follows: Fe exceeds the maximum permissible levels for the discharge of liquid effluents from the mining - metallurgical activities in the dry season in the sampling points N°01, N°02 and N°04 with a concentration of 7.96 mg / l; 2.75 mg / l; 1.83 mg / l and at the time of precipitation they also exceed the maximum permissible levels at the following sampling points N°01, N°02, N°03, N°06 with a concentration of 1.65 mg / l; 2.69 mg / l; 5.42 mg / l; 3.39 mg / l and as for the Hg element, it exceeds the maximum permissible levels during the precipitation period at sample points N°01, N°03, N°06 with a concentration of 0.00680 mg / l; 0.00193 mg / l; 0.00722 mg / l. We also found elements such as: As, Cd, Cr, Pb, Cu and Zn that are below the maximum permissible levels for the discharge of liquid effluents from mining and metallurgical activities. Established by the D.S N°010-2010-MINAM. It is concluded that the contamination of the study area is high, because some elements such as Fe and Hg are above the established standards in some areas of the study. The data obtained were from the Analytical laboratories of the South, registered at INACAL in the city of Arequipa.

Key Words: Pollution, determination, metals, toxic, water.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. GENERALIDADES.

La industria minera es una actividad productiva vital para la macroeconomía de muchos países; sin embargo, el impacto negativo y acumulativo del mal manejo de sus residuos constituye un problema grave para la salud de la población y del medio ambiente. Entre los riesgos asociados a la minería se encuentra la contaminación de cuerpos de agua, principalmente debido a la inadecuada disposición de relaves, aguas residuales, drenaje de aguas ácidas y desmontes. La mayoría de las actividades mineras se concentran en las cuencas altas del río, y el mal manejo contribuye a desencadenar efectos ambientales adversos que repercuten en toda la cuenca y también en el desarrollo de otras actividades productivas. A pesar de los cambios y la modernización en la industria minera y de la preocupación por la protección, preservación y restauración del medio ambiente, los pobladores siguen expuestos a la contaminación, fundamentalmente por los pasivos ambientales mineros (Centro poblado de Rinconada, distrito de Ananea).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La minería en el Perú es una actividad económica que consiste en la explotación de minerales sin control y regulación social, provocando grandes daños ambientales y de salud.

La cuenca del río Crucero es una de las fuentes de agua, para consumo de animales, para riego agropecuario, en donde se vierten aguas de:

La actividad minería, provocando grandes daños ambientales ya que la inadecuada disposición de relaves, drenaje de aguas ácidas y desmontes son evacuados hacia cauces de ríos más cercanos provocando muerte de especies presentes en ella, así como efectos nocivos en las personas y animales que hacen uso de sus aguas en su trayecto. Además, alteran a la flora y fauna silvestre, así como cultivos y ganadería. Las aguas residuales son desembocadas directamente al río sin tratamiento alguno también es uno de las fuentes de contaminación. El río Crucero en estudio, es uno de los principales fluentes del Lago Titicaca, que presenta contaminación orgánica e inorgánica (Autoridad Binacional del Sistema Hidrico TDPS - ALT, 2011).

1.2. PROBLEMA CIENTÍFICO.

¿Qué problemas ambientales ocasiona las especies metálicas tóxicas en las aguas del río Crucero- río San Antón como parte del río Ramís, principal afluente del Lago Titicaca en Puno?

1.2.1. Problema General

¿Cómo se expresa ambientalmente la contaminación por metales y metaloides tóxicos en las aguas del río Crucero – río San Antón?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo influyen los parámetros físico-químicos en la calidad ambiental del agua?
- ¿Cómo influye la concentración de metales y metaloides tóxicos en la contaminación de aguas del río Crucero – río San Antón?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Los métodos de extracción minera realizados por los centros mineros de la Rinconada y Ananea ocasionan severos impactos en el ecosistema, ya que su inadecuada disposición de relaves, aguas residuales, drenaje de aguas ácidas y desmontes son dirigidos hacia el río impactando gravemente en su flora y su fauna.

La presencia de metales pesados y metaloides en las aguas del río Crucero pone en riesgo la biodiversidad y la vida de personas que resultan intoxicadas por la ingesta de agua y alimentos contaminados. En la localidad de Rinconada, Ananea, Crucero, existe descarga incontrolada de relaves, aguas residuales, drenaje de aguas ácidas y desmontes, por lo que se hace necesario: evaluar las concentraciones de metales tóxicos y metaloides presentes en aguas del río Crucero por medio de análisis químico, además, que este río es el principal efluente de aguas al río Ramís y es utilizado para el riego de grandes áreas agrícolas y ganadera en las partes bajas antes de evacuar sus aguas al Lago Titicaca que en la actualidad es considerada Maravilla Natural de la Humanidad.

Somos conscientes del grado de contaminación del río Crucero y las enfermedades que se exponen los pobladores, estos son los motivos que impulsan a realizar la presente investigación con la finalidad de concientizar a la población circundante del no uso de las aguas para la agricultura y para el consumo, así mismo informar a las autoridades del daño ocasionado por la actividad minera.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1 Hipótesis General

La contaminación del río Crucero – río San Antón es a consecuencia de actividad minera, erosión lito génica y doméstica.

1.4.2 Hipótesis Específicas

- Las concentraciones de metales tóxicos superan los límites permitidos para calidad de aguas.
- El pH, temperatura y conductividad son factores relevantes en la contaminación por metales y metaloides del río Crucero.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Determinar la concentración de metales tóxicos presentes en aguas del río Crucero.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar las concentraciones de metales tóxicos presentes en aguas y evaluar la contaminación del río Crucero.
- Determinar el pH, temperatura y conductividad del agua, como medio de contaminación de aguas.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 LOS METALES PESADOS EN EL SUELO

El suelo es un componente esencial del medio ambiente, base de los ecosistemas terrestres, principio de muchas cadenas tróficas y soporte del medio urbano e industrial. Dentro de sus funciones actúa como tampón, controlando el transporte de elementos químicos y sustancias hacia la atmósfera, hidrosfera y biosfera (Pendias & Kabata, 2010). Sin embargo, la función más importante del suelo es su productividad, base de supervivencia de los seres humanos. Por tanto, el mantenimiento de sus funciones ecológicas y agrícolas es una responsabilidad de toda la humanidad.

Los suelos interaccionan químicamente con la litosfera, la hidrosfera y la atmósfera y sobre todo, recibe el impacto de los seres vivos que, directa o indirectamente, pueden romper su equilibrio químico (Domenech Antunez, 1995). Los contaminantes pueden permanecer por largo tiempo en el suelo, lo cual es especialmente grave en el caso de los compuestos inorgánicos, como los metales pesados que son difícilmente degradables (Larsen, Grunert, & Poulsen, 2001). Mientras que, los compuestos orgánicos son más o menos biodegradables, excepto en algunos casos recalcitrantes (V. Dioxina), descomponiéndose y eliminándose hacia los freáticos o a la atmósfera en un tiempo no excesivamente largo (Larsen, Grunert, & Poulsen, 2001).

- Terminología

Se definen como metales pesados a aquellos elementos químicos que tienen una densidad mayor que 5 g/cm^3 o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalino-térreos). Pero este término se suele utilizar en el lenguaje corriente con una connotación negativa, que hace referencia al riesgo de toxicidad que genera su presencia cuando supera determinados niveles en el suelo (Red & Hayes, 2005).

Con respecto a su concentración habitual en la biósfera, los elementos ya sean metálicos o no metálicos se separan a su vez en dos grupos, macro y micro elementos, según si su contenido en la materia seca viva sea mayor o menor que 0,01%. Algunos microelementos son indispensables para el desarrollo de los procesos biológicos, los oligoelementos. Los oligoelementos fundamentales para las plantas son: Cu, Co, Fe, Mn, Mo, Ni y Zn.

Estos elementos son requeridos en pequeñas cantidades, o cantidades traza y son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital. Se encuentran en concentraciones que oscilan entre 0,1 y 0,001 mg/kg y pasado cierto umbral se vuelven tóxicos (Ginocchio & Baker, 2004), (García & Dorronsoro, 2005) . Existen metales pesados sin función biológica conocida, cuya presencia en determinadas cantidades en seres vivos ocasiona disfunciones en el funcionamiento de sus organismos, tales como Cd, Hg y Pb (López y Grau, 2005). El concepto de metal pesado se cruza con el de elemento traza, macro elemento y oligoelemento, porque algunos de los miembros de aquellos grupos son metales pesados, y algunos de los elementos traza no son metales, como es el caso del As (Lopez Arias & Grau Corbí, 2005).

Los metales pesados, en pequeñas cantidades, pueden ser beneficiosos y hasta imprescindibles para los organismos vivos. Sin embargo, pasado cierto umbral pueden convertirse en elementos peligrosos (Millán , y otros, 2007).

Esta persistencia de acumulación progresiva y/o transferencia a la cadena alimentaria supone una amenaza para la salud humana y la de los ecosistemas (Gulson, 1996) (Becerril, y otros, 2007), siendo este su mayor problema (Larsen, Grunert, & Poulsen, 2001). Así por ejemplo se ha observado que el Zn tiene una permanencia de 70 a 510 años, el Cd de 13 a 1100 años y el Cu de 310 a 1500 años. Estos intervalos varían notablemente según los regímenes de humedad y temperatura del suelo. (Bowen H., 1979). Señala que en suelos templados la permanencia para el Cd es de 75 a 380 años, Hg 300 a 1000 años y Ag, Cu, Ni, Pb, Se y Zn 1000 a 3000 años.

2.2 PROCEDENCIAS DE LOS METALES PESADOS EN LOS SUELOS.

El conocimiento de la asociación de los elementos traza con la fase particular del suelo y su afinidad hacia cada constituyente es un factor clave para un mejor entendimiento de los principios que rigen su comportamiento en el suelo (Pendias & Kabata, 2010). Para un adecuado equilibrio del ecosistema, el contenido de metales pesados en suelos, debería ser únicamente función de la composición del material original y de los procesos edafogénicos que en él tienen lugar; sin embargo, la actividad humana ha incrementado el contenido de estos metales en el suelo en cantidades considerables, siendo esta, sin duda, la causa más frecuente de las concentraciones tóxicas (García & Dorronsoro, 2005) (Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, 2001).

2.2.1 Origen natural

Los metales pesados contenidos en el material original, al meteorizarse, se concentran en los suelos. Estas concentraciones naturales de metales pueden llegar a ser tóxicas para el crecimiento de las plantas. En condiciones normales los procesos geoquímicos que originan las rocas determinan su contenido en metales pesados (Roca, 2004).

Rocas básicas y ultramáficas, solidificadas en primer lugar a partir del magma, incorporan metales pesados como el Co, Ni, Zn y Cr por reemplazamientos isomórficos de Fe y Mg en los minerales ferro magnesianos. En cambio, las rocas ácidas, las últimas en solidificar, tienden a enriquecerse en Pb, el cual es capaz de sustituir al K en diferentes minerales. Las arcillas incorporan elementos como el Fe, Zn, Cr y Mn al sustituir el Al de los octaedros, y adsorben gran cantidad de Cu, Co, Mn, Ni y Zn gracias a su gran superficie específica. Estas rocas pueden presentar altos contenidos en Se (que pueden oscilar entre 10 y 50 mg/kg) como son las lutitas del Cretácico del medio Oeste de USA (Reeves, 2006).

Areniscas y rocas carbonatadas—calizas y dolomías—suelen tener los contenidos más bajos de metales pesados. La adsorción y/o complejación de metales pesados con la materia orgánica, en ambientes de posicionales reducidos ricos en restos orgánicos, es una de las principales causas de la alta concentración de metales pesados en las rocas típicas de estos ambientes sedimentarios (Gong, A.W., Suhr, & N.H., 1977)(Gong et al., 1977). Más del 98 % de la corteza está compuesta solo por 8 elementos, pero existen concentraciones anormales de ciertos metales que, aunque con un porcentaje casi simbólico, tienen un gran interés económico. Estos yacimientos minerales aportan de forma natural elevadas concentraciones de éstos metales al suelo. Existen diversos ejemplos en la bibliografía como los suelos derivados de carbonatos o silicatos de Zn con importantes aportes de Zn, Pb, Cd y Cu (Proctor & Woodell, 2012) o las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn de suelos del área de Barcelona desarrollados sobre mineralizaciones dispersas de Cu (Larsen, Grunert, & Poulsen, 2001).

La acción de los factores medioambientales sobre las rocas y los suelos derivados de ellas son los determinantes de las diferentes concentraciones basales (niveles de fondo) de metales pesados en los sistemas fluviales (aguas, sedimentos y biota). En la tabla N° 01, se recogen algunas concentraciones de metales pesados en rocas graníticas, esquistos, arcillas, areniscas y carbonatos. Destacan las diferencias de concentraciones que se aprecian entre los distintos materiales, sobre todo entre arcilla y carbonatos. Las diferencias en la composición físico-química de los sedimentos como el tamaño de las partículas, distribución y mineralogía afectan a las concentraciones de los metales pesados de origen natural (Loring, 1991) (Usero, Morillo, & Garcia, 1997). Una alta concentración de metales en sedimentos puede resultar en ciertos casos de su material geológico sin que haya sufrido una contaminación puntual (White & Tittlebaum, 1985).

Tabla N° 01: Concentración de metales pesados en varios tipos de rocas.

	Rocas Graníticas	Arcillas	Areniscas	Carbonatos	Esquistos
Elementos	ug/g	ug/g	ug/g	ug/g	ug/g
Antimonio	0.2	1.5	1	0.20*	0.2
Arsénico	1.9	13	13	9.70*	8.10*
Cadmio	0.13	0.3	0.42	0.02	0.035
Cobre	30	45	250	15	4
Cromo	22	90	90	35	11
Mercurio	0.08	0.4	0.02*	0.03	0.04
Níquel	15	68	225	2	20
Plomo	15	20	80	7	9
Zinc	60	95	165	16	20

Fuente: Turekian y W., 1961; Förstner, 1981; Adriano, 1986.

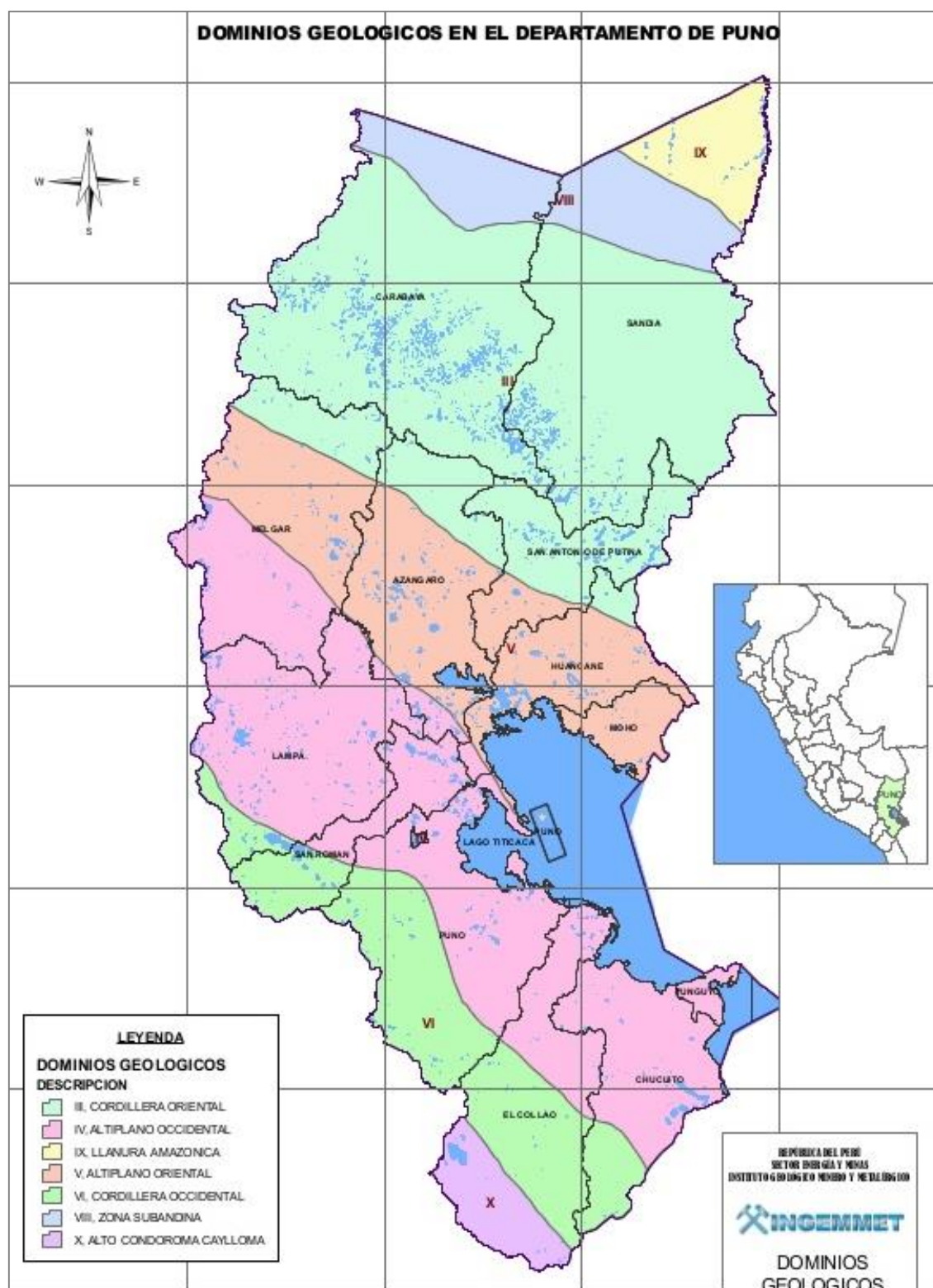


Figura N° 01: Mapa Geológico de Puno.

Fuente: INGEMMET.

En la Cuenca de Carabaya, afloran rocas sedimentarias, rocas ígneas intrusivas, y rocas ígneas extrusivas. De acuerdo a determinantes geológico mineros, en la zona se han reconocido dos zonas representativas: Zona Minera Norte (Cerro Lunar, Rinconada, Ananea y Crucero), y Zona Minera Centro y Sur (San Antón, Progreso, Asillo, Pucará, Azángaro, Tirapata), Juliaca, Puno, Lago Titicaca.

En el río Ramís y en sus afluentes se drenan las formaciones descritas, pero son las formaciones volcánicas las que van a marcar las arenas.

2.2.2 Origen antropogénico

Las actividades humanas han ejercido un efecto considerable en la concentración y movilidad de los metales en suelos, así como un destacable efecto medioambiental y en algunas ocasiones, graves efectos a la salud de los seres vivos. El uso de los metales pesados ha ido aumentando paralelamente al desarrollo industrial y tecnológico (Förstner & Wittmann G., 1981). Las actividades humanas de mayor impacto en el ciclo biogeoquímico de los metales pesados son:

- Aplicación de productos químicos agrícolas y lodos residuales.

Los metales pesados son frecuentemente usados por su toxicidad como componentes de fungicidas, pesticidas o desinfectantes (Antonovics, Turner, & Bradshaw, 1971).

Los lodos residuales tienen un alto contenido de metales pesados, entre los que cabe destacar Cd, Pb y Hg (Purves, 1977) (Pendias & Kabata, 2010). Además, los orígenes agrícolas de metales pesados en las aguas continentales son los causados por la lixiviación de los terrenos de cultivo en los que se ha producido una acumulación previa de dichos elementos debido al uso o abuso de pesticidas, fertilizantes y desechos orgánicos susceptibles de ser utilizados como abono.

Los metales presentes en los terrenos alcanzan los cursos de agua no sólo directamente al ser lixiviados por la escorrentía superficial (aguas de riego y de tormentas), sino también indirectamente al infiltrarse desde acuíferos previamente contaminados (Förstner & Wittmann G., 1981).

- Actividades de minería y fundición.

Incluyen la extracción, el procesado preliminar, la evacuación de los residuos y el transporte de los productos semiprocesados. Todas estas operaciones pueden producir una contaminación localizada de metales in situ o ex situ. En los suelos afectados por la minería, las capas superiores de suelos minerales presentan concentraciones elevadas, principalmente, de Cu, Ni, As, Se, Fe y Cd (Domenech Antunez, 1995).

- Generación de electricidad y otras actividades industriales.

La combustión de carbón es una de las principales fuentes de deposición de metales en suelos. Las centrales térmicas de combustión de petróleo pueden ser fuentes de Pb, Ni y V. Las mayores fuentes industriales de metales incluyen fábricas de hierro y acero que emiten metales asociados a los minerales de hierro, como el Ni. Las fábricas de baterías, pueden emitir cantidades considerables de Pb. Los metales asociados con áreas altamente industrializadas, pueden aportar As, Cd, Cr, Fe, Ni, Pb, Zn y Hg a los suelos (Doménech, 1995). Las principales fuentes de metales pesados en los sistemas acuáticos son las aguas residuales de industrias que utilizan los cauces fluviales como vertederos. A menudo estos vertidos no se someten a procesos de depuración o su tratamiento es inadecuado. Un alto grado de industrialización y urbanización es un fuerte riesgo de contaminación por metales pesados, especialmente en sedimentos anaerobios y ricos en sulfuros que favorecen la retención y acumulación de metales (Tam & Wong, 1995).

- Residuos domésticos.

Aproximadamente el 10% de la basura está compuesta de metales. También es el caso de uso de sprays ricos en Cu o conservantes de la madera ricos en As, Cu y Cr (Reeves, 2006). Las aguas residuales de las ciudades son las portadoras de los metales pesados de origen doméstico.

Los vertidos domésticos transportan una amplia gama de metales contenidos en las excreciones humanas, en los restos de los alimentos, en las aguas de lavado, etc. (Förstner y Wittmann, 1981; Adriano, 1986).

Entre ellos se puede destacar níquel, manganeso, plomo, cromo, cadmio, zinc, cobre, hierro y mercurio, entre otros. Todos ellos se encuentran catalogados en la Directiva Europea 96/61/CE IPPC (Ley 16/2002) como sustancias contaminantes que deben tenerse obligatoriamente en consideración para fijar valores límites de emisiones, aunque algunos de ellos son imprescindibles para el normal desarrollo de la vida biológica, y la ausencia de cantidades suficientes de ellos podría limitar, por ejemplo, el crecimiento de las algas.

Las fuentes habituales de aguas residuales que contienen grandes cantidades de metales como el cromo, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc proceden, principalmente, de limpieza de metales, recubrimientos, curados, refinado de fosfato y bauxita, generación de cloro, fabricación de baterías y teñidos.

Los efectos que provocan sobre el medio ambiente son los siguientes: mortalidad de los peces, envenenamiento de ganado, mortalidad de plancton, acumulaciones en el sedimento de peces y moluscos.

Tabla N° 02: Principales pasivos ambientales en la Cuenca del río Ramís.

Pasivo Responsable	Lugar Actividad Circundante	Medios Impactados/Grados	Inestabilidad Física Y Contaminación
Bocamina, escombros y depósito de relaves, mina la Poderosa.	Quebrada Huaccoto/Orurillo/ Agricultura y ganadería.	Suelo, Flora, fauna, y agua. Leve ha moderado.	Erosión en surcos, drenajes ácidos, acarreo por contacto con agua y acarreo del viento a áreas agrícolas.
Tajo abierto y botaderos. Mina no metálica.	Cerro Puruntane Tacanchaqui-Samán /poblacional, ganadería y agrícola.	Aire, actividad humana y paisaje. Leve a moderado.	Erosión de laderas, acarreo de viento a áreas urbanas, generación de polvo y ruido por la actividad minera y transporte de mineral.
Bocamina, escombros y depósitos de relaves MINSUR.	Quebradas/pastos, auquénidos y vivienda natural.	Suelo, Flora, fauna, y agua. Moderado.	Erosión de laderas y caída de rocas, inestabilidad canchas de relave, drenajes ácidos, acarreo por contacto con agua de cursos periódicos. Contaminación de humedales.
Bocamina, escombros y plantas concentradoras. Mina Princesa.	Ladera a la margen izquierda río Cullco-Potoni/ Ganadería.	Suelo, flora, agua y paisaje. Leve-moderado.	Drenajes ácidos, acarreo por contacto con agua de cursos esporádicos y contaminación de bofedales.
Bocamina, escombros y depósitos de relaves. Mina Cecilia.	A la margen derecha del río Cecilia – Poto ni/Ganadería.	Agua, suelo, flora y aire. Intenso	Derrumbes y erosión de laderas, reptación. Depósito de relaves, drenajes ácidos carreo por contacto con agua de cursos periódicos.
Tajo abierto depósito de relaves y plantas concentradoras. Mina Calvario.	Ambas márgenes de Oda Lajaytira-Ajoyani/Pastos, ganadería y población.	Suelo, agua, y actividades humanas. Moderado –intenso	Erosión de laderas, drenajes ácidos, acarreo por contacto con agua de curso esporádico, acarreo de viento a áreas agrícolas.
Depósito de relaves de cianuración. La Rinconada.	Cerro Antahuila- La Rinconada.	—	Drenaje ácido hacia la laguna Rinconada, con altos valores de mercurio.
Lavadero de Oro.	Margen derecha del río Crucero-Charuya/Pastos, auquénidos.	Agua.	—
Relaveras, escombros. Mina Carabaya.	A1 NE Mina San Rafael- Quespitira/Pastos, auquénidos.	Agua, suelo y paisaje.	Drenaje ácido hacia río Trapiche.

Fuente: Guerrero, Zavala. INGEMMET.

- Origen minero.

En nuestra zona de estudio existe minería de tipo metálico (Mina San Rafael, mina la Rinconada, Ananea, Mina Cecilia y otras), que se sitúan en la parte alta de la cuenca del Ramís, en algunos casos vierten directamente sus aguas residuales y drenaje de aguas ácidas aguas al río Crucero, río Antauta (mina San Rafael); en otros casos son pasivos mineros (minas abandonadas), y finalmente por erosión fluvial lito génica.

- Pasivos ambientales.

Son lugares donde se realizó labor de extracción y concentración de minerales, produciendo impactos ambientales (agua, suelo, flora y fauna), así como la inestabilidad física y la contaminación producida por los pasivos mineros. La contaminación del agua puede provenir de la degradación de sustancias inorgánicas y orgánicas que se encuentran como componentes del suelo, en desechos de los relaves metalúrgicos y en microorganismos como bacterias virus y protozoos (Castorena T., Jarquín V., Sánchez Q., & Valdivia D., 2001).

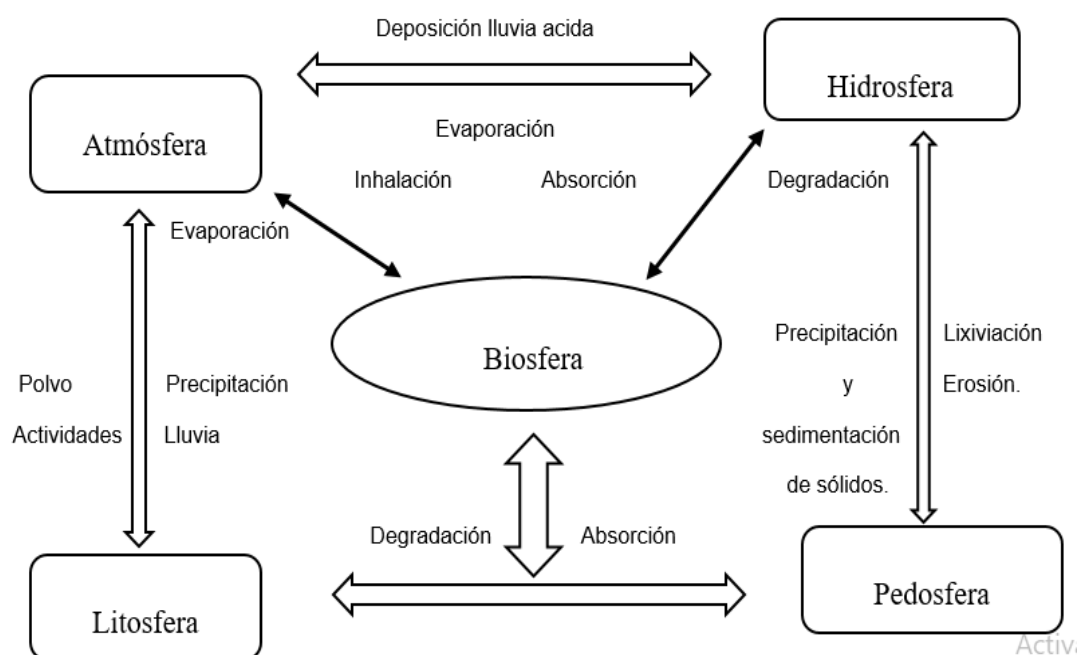


Figura N° 02: Vías Principales de entrada de metales en el medio acuático. Fuente: Rosas, H. (2001)

Los metales tienen tres vías principales de entrada en el medio acuático:

- a. La vía atmosférica, se produce debido a la sedimentación de partículas emitidas a la atmósfera por procesos naturales o antropogénico (principalmente combustión de combustibles fósiles y procesos de fundición de metales).
- b. La vía terrestre, producto de filtraciones de vertidos, de la escorrentía superficial de terrenos contaminados (minas, utilización de lodos como abono, lixiviación de residuos sólidos, precipitación atmosférica, etc.), y otras causas naturales.
- c. La vía directa, de entrada, de metales es a consecuencia de los vertidos directos de aguas residuales industriales y urbanas a los cauces fluviales.

2.3 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN.

La contaminación por metales pesados, se ha convertido en una nueva amenaza para la salud, una de las fuentes de contaminación por estos metales lo constituyen los relaves mineros los que pueden producir daños en la salud de las poblaciones aledañas. De todos estos contaminantes los más peligrosos para la vida del hombre, animales y plantas son los metales pesados, como por ejemplo el arsénico, plomo, mercurio, cobre etc., razón por la cual se han realizado muchos estudios en nuestro medio y en varios países en relación a estos metales, desde el punto de vista regional, tienen la siguiente secuencia por orden de abundancia, en donde se concluye que el zinc es el metal de mayor abundancia y el cadmio es de menos abundancia: Zn, Pb, As, V, Cu, Cr, Hg, Ni, Sn, Sb, Mo, Cd, La abundancia de los metales pesados en los sedimentos se concentran de la siguiente manera: río Rímac: Zn, Pb, As, Sn, Fe, Sb, Mo, Cd; río Chillón: V, Cu, Ni, Hg; y el río Lurín: Cr. Los sedimentos del río Rímac están más contaminados y el río Lurín presenta un comportamiento geoquímico menos contaminado.

La intoxicación con plomo se diagnosticó en bovinos con base en los signos clínicos, determinación del plomo en vísceras y pastos, así como estudios macro y microscópicos de tejidos enviados para análisis. El problema se presentó en una finca cercana a Circasia (Quindío), dedicada especialmente a la ganadería donde 28 terneros mestizos (Cebú Holstein) de 1 a 1 ½ años de edad, que pastaban cerca de una fábrica de baterías. Doce animales murieron con signos nerviosos como apoyar la cabeza en el suelo, ceguera, ptialismo y bruxismo.

Investigaciones previas realizaron plantaciones de *Myriophyllum verticillatum* y *Potamogeton pectinatus* en sedimento contaminado y no contaminado para analizar si el cadmio, plomo y zinc eran absorbidos por los retoños o raíces. Después de seis semanas de exposición, las plantas acumularon metales pesados principalmente en las hojas expuestas al agua; se tuvo concentraciones crecientes de plomo río abajo, así como de cadmio y zinc. Sin embargo las concentraciones de zinc en *M. verticillatum* aumentaron un grado más de lo que hizo *P. pectinatus* (Lewander, 1996). Se estudiaron ocho especies de plantas autóctonas, en cuatro zonas de una mina abandonada, en función de la distancia al foco efluente de las escombreras del sistema Ibérico, Bubierca–Zaragoza, España habiéndose demostrado que *Scirpus holoschoenus*, *Cirsium*, *Mentha* y *Thymus vulgaris* son sensibles a diferentes metales acumulándolos independientemente de la distancia, frente a otras como *Retama sphaerocarpa* y *Rubís ulmifolius*, que son insensibles a la dispersión no reteniendo metales pesados ni en la zona de salida de mina. Los valores acumulados en las plantas fueron: cobre desde 13 a 126 ppm, plomo de 10 a 54 ppm; zinc de 10 a 553 ppm; bario de 4 a 288 ppm; y no evidenciaron una alta toxicidad. (Gutierrez, 1997). Los porcentajes de casos con niveles hemáticos de plomo en sangre desde 0 hasta 69 µg/dL en La Oroya y Concepción divididos en cuatro grados de elevación: de menos de 10 µg/dL; de 10 a 19 µg/dL; de 20 a 44 µg/dL; y de 45 a 69 µg/dL.

Se puede apreciar en este cuadro que mientras en La Oroya solo un 2.7% de los casos (equivalente a una sola persona) tiene un nivel de menos de 10 $\mu\text{g/dL}$, en Concepción el 76.19% está en este grado de nivel no elevado de plomo en sangre.

Lo opuesto se puede ver especialmente en niveles elevados de 20 a 44 $\mu\text{g/dL}$ donde el 72,22% de la población de La Oroya tiene estos niveles de elevación en comparación con Concepción donde sólo el 4,6% tiene estos niveles, (Louis & Missouri, 2005).

Los estudios de plomo en la sangre de los niños expuestos se han llevado a cabo desde febrero de 1999 por la Secretaría de Salud y Desarrollo Comunitario del Estado de Coahuila. Desde los primeros resultados, a principios de marzo de 1991, hasta la fecha, en que se han analizado casi cinco mil muestras, dos datos se han mantenido constantes: aproximadamente el 90% de los niños muestran niveles inaceptables de plomo en su sangre (más de 10 $\mu\text{g/dL}$) y aproximadamente el 50% de los niños muestran niveles que ameritan intervención clínica y reubicación inmediata (más de 25 $\mu\text{g/dL}$). Los datos acumulados más recientes, al 31 de agosto de 1999, indican que, de 5 956 personas analizadas, 5 259 (equivalente al 88,30 % del total) han resultado con niveles de plomo en sangre por encima de los 10 $\mu\text{g/dL}$. De estos, 2 806 han tenido valores entre 10 y 24 $\mu\text{g/dL}$, 1837 han resultado con niveles de plomo entre 25 y 44 $\mu\text{g/dL}$, 590 entre 45 y 69 $\mu\text{g/dL}$ y 26 por encima de los 70 $\mu\text{g/dL}$. 83 han sido hospitalizadas y seis permanecen internadas. Curiosamente en estos datos, a pesar d ser casos acumulados, aparecen 2,453 personas con más de 25 $\mu\text{g/dL}$, siendo que el 29 de julio, este número era de 2,845 personas. Inexplicablemente desaparecieron de las estadísticas 392 personas, (Valdez & Cabrera , 1999). Los síntomas de la toxicidad de Pb han sido bien documentados tanto en animales como en humanos. Muchos animales han muerto producto de un envenenamiento con Pb ya sea por la inhalación del polvo tóxico en la hierba o bien por el consumo de plantas con un alto contenido de metales pesados (Williamson, Johnson, & Bradshaw, 1982).

En niños se pueden presentar síntomas de toxicidad con niveles bajos de Pb, que causan daños cerebrales selectivos (Williamson, Johnson, & Bradshaw, 1982). Otros metales como el Hg, Cd, As, Se y Cr, también son muy dañinos para la salud humana y para la mayoría de los microorganismos vivos. Dentro de las enfermedades más graves está el cáncer de esófago, laringe, pulmón y vejiga (As), cáncer a la próstata e infertilidad (Cd), cáncer al riñón (Pb), alteraciones neurológicas (Cd, Hg, Pb), afecciones respiratorias (Cd, Hg) y bronquitis (As, Cd), entre otras.

El As, Pb, Cd y Zn muestran una tendencia a concentrarse mayormente en la capa superficial del suelo, a excepción de los dos primeros sitios, debido a que el depósito se da mayormente por efecto del viento, extendiéndose a distancias que pueden sobrepasar los 3 km de distancia de los jales. Esto coincide con (Pendias & Kabata, 2010), y (Seoáñez, 1998) quienes mencionan que existe una tendencia de los metales pesados a acumularse en las capas superiores del suelo.

Esta contaminación superficial ha provocado el abandono de tierras de cultivo en esta zona y en mucho de los casos la migración de los dueños de las mismas. En el caso de la siembra de algunos cultivos representa un riesgo para la salud por la posible acumulación de estos metales por las plantas.

Un estudio de investigación realizado por el Comité Académico de Aguas en Buenos Aires, tuvo como objetivo demostrar el abatimiento de arsénico en el agua utilizando macrófitas flotantes (*Lemn minor* y *Spirodela intermedia*). Se trabajó en condiciones de laboratorio, a pH 7-7,5.

Se ensayaron concentraciones de arsénico en el agua para ambas especies: 0,5; 1 y 2 mg/L. Para cada especie se utilizaron como blanco, reactores con macrófitas donde no se adicionó arsénico al agua. Además se utilizaron controles para cada una de las concentraciones donde no se agregaron macrófitas al agua con concentración conocida de arsénico.

Las concentraciones de arsénico se determinaron mediante espectrofotometría de emisión atómica por Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP), modelo Optima 2000 (Perkin Elmer) conforme a normas APHA, Los porcentajes de remoción obtenidos para Lemna minor estuvieron en el rango de 38-52%, en cambio, para Spirodela Intermedia fueron prácticamente nulos, debido a que la concentración de arsénico en los reactores prácticamente se mantuvo sin variaciones a lo largo de la experiencia.

Este hecho podría deberse a que esta especie no posee verdaderas raíces y por lo tanto no serían eficientes para la remoción de arsénico del agua. El porcentaje de remoción más alto (52%) al finalizar la experiencia, se observó cuando la concentración de arsénico en el agua fue de 0,5 mg/L. Para las demás concentraciones el porcentaje de remoción fue menor. Para Cu^{2+} y Pb^{2+} se lograron porcentajes de remoción entre 75 – 98%. En el río Illpa, diferentes metales pesados fueron analizados y comparados en Schoenoplectus tatora "totora" entre agosto 2005 y febrero 2006 indicando que: en cobre se obtuvieron valores entre 0,3 y 1,05 mg/kg; el zinc entre 2 y 8,5 mg/kg; en cadmio, los valores fueron menores o iguales a 0,005 mg/kg; en cromo se obtuvieron valores de 0,4 y menores a 0,2 mg/kg; en arsénico, valores menores a 0,2 mg/kg y en mercurio, entre 0,2 y 0,3 mg/kg. En el caso del plomo debido a su alta potencialidad de contaminación sólo se consideraron los valores registrados en febrero del 2006 que están entre 0,2 y 0,4 mg/kg. Los diferentes elementos analizados y comparados entre agosto 2005 y febrero del 2006 del río Ramís indican que: en cobre se obtuvieron valores entre 0,45 y 1,85 mg/kg; en zinc entre 2,5 y 10 mg/kg; cadmio, desde 0,01 a valores menores o iguales a 0,005 mg/kg; para el cromo se obtuvieron valores de 0,25 y menores a 0,2 mg/kg, en arsénico, 0,22 y menores a 0,2 mg/kg; en mercurio los valores son menores a 0,2 y 0,3 mg/kg y finalmente en plomo, los valores registrados estuvieron entre 0,10 y menores e iguales a 0,05 mg/kg (Aquino, 2005).

En Cerrito Blanco, México, en el análisis de muestras de agua (filtrada y no filtrada) procedentes de varios sitios de sistema de pozos y canales, se encontraron concentraciones de arsénico en agua entre 4 800 y 7 000 $\mu\text{g/L}$. Este contenido de arsénico excede por más de 100 veces al límite máximo permisible (50 $\mu\text{g/L}$ As) por la Norma Oficial Mexicana de Calidad de Agua para consumo humano (NOM-127-SSA1-1994), siendo también 500 veces superior al contenido de arsénico en agua natural no contaminada en el área (10 $\mu\text{g/L}$ As), encontrada en el otro sistema de pozos y canales, que llega a la Carbonera. La concentración de arsénico disuelto en el agua natural de Cerrito Blanco es superior al valor máximo reportado hasta ahora en el mundo para aguas naturales contaminadas por arsénico (5000 $\mu\text{g/L}$ As) y tan elevada como los valores máximos reportados para aguas ligeramente alcalinas contaminadas por actividad minera (5000-7500 $\mu\text{g/L}$ As), (Monroy, et., al, 2002).

Estudios efectuados en la cuenca del Río Ramís, en Perú evidenciaron serios problemas de contaminación y perturbación ambiental como producto de la actividad minera intensiva y artesanal, estas aguas tienen como destino final el lago Titicaca (principal afluente).

Lo referido ha sido demostrado y reportado en el año 1999 por la Universidad Agraria la Molina y la Universidad de Montana - Estados Unidos en convenio con la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

2.4 LEGISLACIÓN DEL AGUA

2.4.1 Calidad de aguas

La calidad del agua es un conjunto de características físicas, químicas y biológicas del agua en su estado natural o después de ser alterados por acción del hombre. Conocer la calidad del agua, sólo se logra efectuando estudios sistemáticos que permitan identificar actividades que el hombre realiza.

En tal sentido, se puede considerar los principales usos referidos a: población, ganadería, agricultura, minería, industria, energía, recreación, o en todo caso la formación de los ecosistemas lénticos o lóticos, que dan lugar a la existencia de vida acuática (flora y fauna).

Los análisis de aguas se compararán con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua Decreto Supremo N° 004-2017 MINAM.

a. Constitución Política del Perú

La Constitución Política del Perú de 1993, establece en su artículo 2º, inciso 22, establece que “Toda persona tiene derecho a la paz, la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida”. Asimismo, los artículos 66º, 67º, 68º y 69º establecen que los recursos naturales, renovables y no renovables son patrimonio de la Nación, siendo el Estado el que debe promover el uso sostenible de éstos. En el artículo 70º la Constitución protege el derecho de propiedad y así lo garantiza el Estado, pues a nadie puede privarse de su propiedad. Sin embargo, por razones de seguridad o cuando se requiere desarrollar proyectos de necesidad pública, declarados por Ley, para su ejecución, se podrá expropiar propiedades previo pago en efectivo de indemnización justipreciada que incluya compensación por el eventual perjuicio.

b. Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental - Ley N° 28245 y su respectivo reglamento aprobado mediante D.S. 008-2005-PCM.

En ésta ley se señala que el objetivo de la Política Nacional Ambiental es el mejoramiento continuo de la calidad de vida de las personas, mediante la protección y recuperación del ambiente y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, garantizando la existencia de ecosistemas viables y funcionales en el largo plazo.

c. Ley General del Ambiente - Ley N° 28611 y sus respectivas modificatorias mediante D.L. N° 1055.

Que en su Artículo 27° “De los Planes de Cierre de Actividades”; menciona que los titulares de todas las actividades económicas deben garantizar que al cierre de actividades. Debiendo considerar tal aspecto al diseñar y aplicar los instrumentos de gestión ambiental que les correspondan de conformidad con el marco legal vigente. El objetivo de dichas modificaciones es complementar el Decreto Legislativo N° 1013, que aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio de Ambiente, en lo relativo a los Límites Máximos Permisibles (LMP) y el Sistema de Información Ambiental, a fin de que la mencionada norma incorpore los mecanismos de transparencia, participación ciudadana y las sanciones aplicables al incumplimiento de las obligaciones contenidas en ella.

d. Legislación Sectorial Aplicable

Ley General de Minería (N° 014-92-EM), con sus modificatorias mediante Ley 27341. El texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, aprobado por Decreto Supremo N° 014-92-EM (4 de junio de 1992) constituye la norma principal que rige las actividades mineras, incluyendo la prospección, exploración, explotación (tanto subterránea como superficial, incluyendo canteras y operaciones de dragado), procesamiento de minerales, metalurgia extractiva, transporte de minerales por medios continuos y comercialización de minerales, disponiéndose esta como el marco de definición de las actividades del cierre.

- Calidad de aguas

La calidad del agua es un conjunto de características físicas, químicas y biológicas del agua en su estado natural o después de ser alterados por acción del hombre.

Conocer la calidad del agua, sólo se logra efectuando estudios sistemáticos que permitan identificar actividades que el hombre realiza. En tal sentido, se puede considerar los principales usos referidos a: población, ganadería, agricultura, minería, industria, energía, recreación, o en todo caso la formación de los ecosistemas lenticos o loticos, que dan lugar a la existencia de vida acuática (flora y fauna). Los análisis de aguas se compararon con los Estándares nacionales de calidad ambiental para agua Decreto Supremo N° 004-2017 MINAM.

El aumento de la población, la masiva urbanización, el vertido de nuevos patógenos y productos químicos procedentes de las industrias y el auge de especies invasoras son factores clave que contribuyen al deterioro de la calidad del agua en todo el mundo a los cuales se está sumando ya el cambio climático.

El aumento de las temperaturas y los cambios en los patrones hidrológicos (sequías e inundaciones) afectan a la calidad del agua y agravan su contaminación por sedimentos, nutrientes, carbono orgánico disuelto, agentes patógenos, pesticidas, etc. Además, el aumento del nivel del mar provoca la salinización de aguas subterráneas y estuarios, reduciendo la disponibilidad de agua dulce para consumo humano y para los ecosistemas en las zonas costeras.

Tabla N° 03: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco – N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Solidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Barrio	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Parámetros	Unidad de medida	A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	A3 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₈ - C ₄₀)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(e)	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo (a) pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrín + Dieldrín	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrín	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (Algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

Fuente: MINAM Decreto Supremo N°004 – 2017-MINAM.

2.4.2 Niveles Máximos Permisibles para Efluentes Líquidos – MINAM.

En enero de 1996, el MEM estableció los niveles máximos permisibles para efluentes líquidos descargados por unidades minero-metalúrgicas en operación y otros para proyectos nuevos (R.M. N° 011-96-EM/VMM), sin embargo en el 2010 se actualizó los valores de niveles máximos permisibles mediante el D.S N° 010-2010-MINAM.

Tabla N° 04: NMP para efluentes de actividades minero-metalúrgicos.

Niveles máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de las actividades minero – metalúrgicos			
Parámetro	Unidad	Valor en cualquier momento	Valor promedio anual
pH		6 – 9	6 – 9
Sólidos totales suspendidos	mg/L	50	25
Aceites y grasas	mg/L	20	16
Cianuro total	mg/L	1	0.8
Arsénico total	mg/L	1	0.08
Cadmio total	mg/L	0.05	0.04
Cromo hexavalente (*)	mg/L	0.1	0.08
Cobre total	mg/L	0.5	0.4
Hierro disuelto	mg/L	2	1.6
Plomo total	mg/L	0.2	0.16
Mercurio total	mg/L	0.002	0.0016
Zinc total mg/L	mg/L	1.5	1.2

Fuente: MINAM - Decreto Supremo N° 010 – 2010-MINAM.

2.5 DESCRIPCIÓN DE LOS METALES TÓXICOS CONTAMINANTES

2.5.1 Arsénico (As)

Impureza en muchos minerales (cobre, plomo, zinc y cobalto) accede a las aguas por disolución de sus sales y de sus complejos orgánicos procedentes de emisiones volcánicas o de vertidos industriales metalúrgicos, de insecticidas o de refino de metales. En aguas bajo condiciones poco oxidantes o reductoras se encuentra mayoritariamente As, mientras que en aguas de ambientes muy oxidantes existe As.

La concentración de As en aguas naturales suele ser <10 ug/L, pero en aguas subterráneas contaminadas pueden llegar hasta algunos mg/L. En zonas del mundo volcánicas o con agriculturas intensivas se incrementan los niveles medidos: 0,6-2,0 mg/L en Taiwán, 3,0 mg/L en Japón, 0,9-3,4 mg/L en Argentina y 1,7 mg/L en EEUU. (Tchobanoglous & Schroeder, 1985). Se sospecha que el arsénico tiene efectos cancerígenos por la correlación encontrada entre la incidencia de hiperquetosis y cáncer de la piel por un lado y la ingestión de aguas con más de 0,3 mg/L de arsénico por otro. El metabolismo del As se realiza principalmente en el hígado, aunque su mecanismo no está bien establecido. La remoción de arsénico del agua se basa principalmente en su oxidación a su forma pentavalente antes de la coagulación con sulfato férrico a pH de 6 a 8, con alumbre a pH de 6 a 7 o ablandamiento con cal a pH 11. A escala experimental, este método ha permitido una remoción de 90% de arsénico. Debido a sus efectos adversos sobre la salud y a la insuficiente información sobre su remoción del agua, la EPA y las guías canadienses recomiendan que el contenido de arsénico en fuentes de abastecimiento no exceda 0,05 mg/L. El valor guía de la OMS para el agua de bebida es 0,01 mg/L.

2.5.2. Cadmio (Cd)

Se halla asociado a minerales de zinc siendo muy empleado en la fabricación de pilas botón si bien cada vez menos por su extrema toxicidad. El Cd forma numerosos complejos con aniones, existiendo gran variedad de sales moderada o incluso bastante solubles en agua. El comportamiento fisicoquímico del Cd en un agua depende de su compleja especiación química, regida por el pH del medio y por la dureza del agua así como por la presencia de ligandos orgánicos e inorgánicos y de metales fácilmente intercambiables por cadmio. No obstante, a medida que el medio es más ácido la solubilidad se incrementa.

En este sentido, las aguas superficiales suelen normalmente contener <1 $\mu\text{g/L}$ de Cd. Además, las aguas naturales ricas en compuestos húmicos y fúlvicos contienen aún menores concentraciones de Cd libre debido a la alta estabilidad de los complejos formados entre el metal y las sustancias húmicas.

El Cd es un metal que experimenta fenómenos de bio-acumulación en el organismo de manera similar a la que se comentará en su momento para el mercurio.

En concreto, el Cd es fácilmente adsorbido por las raíces de los vegetales (especialmente arroz y trigo) regados con aguas contaminadas por el elemento, ingresando subsiguientemente en el ser humano mediante ingesta de estos vegetales o de alimentos contaminados, o bien directamente mediante el consumo de agua de bebida rica en Cd. El destino final del Cd en el organismo es el hígado, los riñones y el sistema óseo. Sus efectos toxicológicos dependen de la cantidad ingerida, y pueden variar desde simples dolores de estómago hasta daños mucho más graves en los pulmones.

Además, las exposiciones prolongadas al Cd pueden causar alteraciones renales y en el sistema óseo del individuo dando lugar a la enfermedad de Itai-Itai, que se detectó por primera vez en la ciudad japonesa de este nombre, como resultado del consumo habitual por la población de pescado con altas tasas de Cd. A su vez, el pescado había ingerido Cd a consecuencia del enriquecimiento en el contaminante de las aguas costeras de aquella zona que estaban siendo contaminadas por efluentes industriales procedentes de una mina de zinc próxima a la ciudad. En el organismo, algunos iones Ca^{2+} de los huesos pueden ser reemplazados por iones Cd^{2+} , pues ambos iones tienen el mismo estado de oxidación y casi el mismo tamaño. La ingestión de agua y alimentos que contengan el metal representa de 5 a 10% del total de cadmio absorbido en el organismo.

Estas concentraciones dependen de la ingestión de proteínas y de la presencia de vitamina D; incluso, se relaciona con la concentración en el organismo de algunos elementos, como Zn, Se y Ca, con los cuales compite el cadmio. El cadmio también reduce los niveles de hierro hepático. La vida media del cadmio en el organismo es muy larga y se calcula entre 10 y 30 años, periodo en el cual permanece almacenado en varios órganos, en particular el hígado y los riñones. Se ha encontrado que los procesos de coagulación remueven el cadmio, pero una variable importante es el pH. Al usar sales de aluminio y regular el pH, es posible la remoción de 90% de cadmio en aguas turbias (9).

El sulfato de hierro puede remover 90% de cadmio a pH 7,5 (10). El proceso de ablandamiento cal - soda puede tener una efectividad cercana a 100%, debido a que se lleva a cabo a pH alto. La EPA recomienda como margen de seguridad un límite máximo permisible de 0,005 mg/L para aguas de consumo humano. Los valores guía dados por la OMS y el Canadá son 0,003 mg/L y 0,005 mg/L, respectivamente. Sin embargo, dado el poder bioacumulativo del cadmio, se recomienda que la concentración en el agua tratada sea la menor posible. (Tchobonaglou G. y Schroeder. E. D., 1985).

2.5.3. Cromo (Cr)

Este metal se encuentra naturalmente bajo forma del mineral cromita y en aguas forma complejos aminados y cianurados (Cr^{2+}), complejos de relativa estabilidad con cloruros, fluoruros, sulfatos, sales amónicas, cianuros, sulfocianuros, oxalatos y citratos (Cr^{3+}) así como cromatos (Cr^{6+}) de otros metales. Existe oxidación de Cr^{3+} hacia Cr^{6+} tanto electroquímicamente como de forma biológica. Estos procesos suponen un complicado equilibrio entre la disolución y la precipitación de los compuestos de Cr en las aguas naturales. Así, la acción reductora de la materia orgánica sobre compuestos de Cr^{6+} conduce a la generación de complejos orgánicos de Cr^{3+} , proceso que ha sido ampliamente estudiado.

Por otra parte, la principal fuente Cr hacia las aguas son los efluentes industriales de inhibidores de corrosión y pigmentos para pinturas y barnices. La concentración total de Cr en aguas naturales no contaminadas no suele superar los 25 $\mu\text{g/L}$; no obstante, estos niveles pueden incrementarse en aguas con valores de pH inferiores a 6,0, así como en aguas de elevada dureza. Fisiológicamente, el Cr es un metal traza esencial estando involucrado en el metabolismo de la glucosa como un co-factor de la insulina. Además, este metal presenta el efecto beneficioso de incrementar la adsorción de proteínas y aminoácidos por parte de las células del organismo. Por el contrario, la excesiva ingestión de compuestos de Cr^{3+} provoca alteraciones toxicológicas en el ser humano, mientras que pequeñas ingestiones de Cr^{6+} puede acarrear alteraciones cutáneas, así como problemas pulmonares graves que pueden incluso desembocar en el desarrollo de cáncer de pulmón. (Tchobonaglou G. y Schroeder. ,1985).

2.5.4 Plomo (Pb)

Las fuentes naturales por lo general contienen plomo en concentraciones que varían notoriamente. Se pueden encontrar desde niveles tan pequeños como trazas hasta concentraciones importantes que contaminan definitivamente el recurso hídrico. El plomo es un metal pesado en esencia tóxico; puede provocar en el hombre intoxicaciones agudas o crónicas. Es un elemento con gran capacidad de bioacumulación; afecta prácticamente a todos los órganos, tanto de los seres humanos como de los animales. Los sistemas más sensibles a este metal son el nervioso (especialmente, en los niños), el hematopoyético y el cardiovascular.

En instalaciones antiguas, la mayor fuente de plomo en el agua de consumo proviene de las tuberías de abastecimiento y de las uniones de plomo. Si el agua es ácida, puede liberar gran cantidad de plomo de las tuberías, principalmente en aquellas en las que el líquido permanece estancado por largo tiempo.

Aun en el agua estancada por corto tiempo en una tubería de cobre-plomo, la concentración de este último metal puede llegar a hasta 100 Pb µg/L. La remoción del plomo presente en el agua en los procesos convencionales de floculación o ablandamiento con cal se realiza formando hidróxidos y carbonatos de plomo insolubles. Mediante este método es posible llegar a una eficiencia de 98%. La coagulación con aluminio con un pH de 6,5 a 7 puede lograr una remoción de 60 a 80%. Con pH mayores de 9,5 la eficiencia de remoción sube a 90% (Sorg, T. J., 1978; NAS, 1977). Cuando las aguas crudas de baja turbiedad contienen una alta concentración de plomo, el sulfato férrico puede ser más efectivo para su remoción (EPA, 1978).

2.5.5. Zinc (Zn)

Las aguas naturales pueden contener zinc en concentraciones bastante bajas. En el agua de suministro, el zinc proviene generalmente del contacto con accesorios y estructuras galvanizadas o de bronce. El zinc es un elemento esencial y benéfico para el metabolismo humano, ya que muchas enzimas dependen de él para la descomposición del ácido carbónico y de la insulina, hormona esencial en el metabolismo de los hidratos de carbono. La salubridad del zinc es variable y depende del pH y de la alcalinidad. Diferentes estudios han demostrado que el zinc no tiene efectos sobre la salud en concentraciones tan altas como 40 mg/L, pero que tiene un marcado efecto sobre el sabor; por ello su contenido debe limitarse. Por ser un elemento anfótero, el zinc puede estar en sus formas solubles tanto con pH ácido como alcalino. Estudios de remoción de zinc en aguas residuales reportan que la coagulación con sulfato no es efectiva (30%). El ablandamiento cal-soda con un pH de 9,5 puede mejorar la eficiencia hasta un rango de 60 a 90% (10). Debido a su influencia en el sabor y a la poca información respecto a su remoción, las Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canal recomiendan que la concentración de zinc en aguas de consumo no exceda los 5 mg/L. La OMS limita esta recomendación a 3 mg/L.

2.5.6 Hierro (Fe)

El hierro es un metal abundante en la corteza terrestre, se encuentra más comúnmente en la naturaleza en la forma de óxidos, que en su estado elemental (WHO, 2003), hallándose en grandes cantidades en suelo y rocas (Gray, 1996), es soluble en su estado Fe^{+2} , y se oxida en presencia de aire a la forma insoluble de Fe^{+3} , así cuando las aguas subterráneas son anaeróbicas, o tienen baja concentración de oxígeno disuelto, el hierro estará en su forma soluble (Gray, 1996), donde las concentraciones generalmente están entre 0,5–10 mg/L, pero pueden encontrarse a veces concentraciones hasta 50 mg/L. En agua potable las concentraciones son normalmente menores a 0,3 mg/L (WHO, 2003). En su estado metálico, se utiliza como material de construcción, formando parte de cañerías para agua potable. Los óxidos de hierro se utilizan como pigmentos en pinturas y plásticos. Otros compuestos se utilizan como colorante en alimento y para el tratamiento de la deficiencia de hierro en seres humanos (WHO, 2003).

Es un elemento esencial en la nutrición humana, es un componente de la hemoglobina (sustancia encargada del transporte de oxígeno en la sangre), la mioglobina, y de muchas enzimas en el organismo, siendo de este modo esencial en todas las etapas de la vida (Merck, 1999).

Las estimaciones del requerimiento mínimo diario de hierro, dependen de la edad, sexo, estado fisiológico, y de la biodisponibilidad (WHO, 2003). El exceso de hierro es tóxico, y causa vómitos, diarrea y lesión del intestino (Merck, 1999). La sobrecarga crónica de hierro (Fe) se caracteriza por un aumento del depósito, local o generalizado, de Fe en el interior de los tejidos del organismo. Esta alteración se denomina habitualmente hemosiderosis. Cuando el depósito excesivo de Fe se asocia a lesión tisular o el Fe total orgánico es superior a 5 g, se aplica el término hemocromatosis (Merck, 1999). Un déficit de este elemento ocasiona en el organismo anemia (Baran, 1995).

2.5.7 Mercurio (Hg)

El mercurio entra en el ambiente como resultado de la ruptura de minerales de rocas y suelos a través de la exposición al viento y agua. La liberación de mercurio desde fuentes naturales ha permanecido en el mismo nivel a través de los años. Todavía las concentraciones de mercurio en el medioambiente están creciendo; esto es debido a la actividad humana. La mayoría del mercurio liberado por las actividades humanas es liberada al aire, a través de la quema de productos fósiles, minería, fundiciones y combustión de residuos sólidos. Algunas formas de actividades humanas liberan mercurio directamente al suelo o al agua, por ejemplo, la aplicación de fertilizantes en la agricultura y los vertidos de aguas residuales industriales. Todo el mercurio que es liberado al ambiente eventualmente terminará en suelos o aguas superficiales.

Aguas superficiales ácidas pueden contener significantes cantidades de mercurio. Cuando los valores de pH están entre cinco y siete, las concentraciones de mercurio en el agua se incrementarán debido a la movilización del mercurio en el suelo. El mercurio que ha alcanzado las aguas superficiales o suelos los microorganismos pueden convertirlo en metil mercurio, una substancia que puede ser absorbida rápidamente por la mayoría de los organismos y es conocido que daña al sistema nervioso. Los peces son organismos que absorben gran cantidad de metil mercurio de agua superficial cada día. Como consecuencia, el metil mercurio puede acumularse en peces y en las cadenas alimenticias de las que forman parte. Los efectos del mercurio en los animales son daño en los riñones, trastornos en el estómago, daño en los intestinos, fallos en la reproducción y alteración del ADN.

2.5.8 Cobre (Cu)

La producción mundial de cobre está todavía creciendo. Esto básicamente significa que más y más cobre termina en el medioambiente.

Los ríos están depositando barro en sus orillas que están contaminados con cobre, debido al vertido de aguas residuales contaminadas con cobre. El cobre entra en el aire, mayoritariamente a través de la liberación durante la combustión de fuel. El cobre en el aire permanecerá por un período de tiempo eminente, antes de depositarse cuando empieza a llover. Este terminará mayormente en los suelos, como resultado los suelos pueden también contener grandes cantidades de cobre después de que esté sea depositado desde el aire.

El cobre puede ser liberado en el medioambiente tanto por actividades humanas como por procesos naturales. Ejemplo de fuentes naturales son las tormentas de polvo, descomposición de la vegetación, incendios forestales y aerosoles marinos. Unos pocos de ejemplos de actividades humanas que contribuyen a la liberación del cobre han sido ya nombrados. Otros ejemplos son la minería, la producción de metal, la producción de madera y la producción de fertilizantes fosfatados. El cobre es a menudo encontrado cerca de minas, asentamientos industriales, vertederos y lugares de residuos.

Como resultado este no viaja muy lejos antes de ser liberado y es difícil que entre en el agua subterránea. En el agua superficial el cobre puede viajar largas distancias, tanto suspendido sobre las partículas de lodos como iones libres. El cobre no se rompe en el ambiente y por eso se puede acumular en plantas y animales cuando este es encontrado en suelos. Por esta razón no hay diversidad de plantas cerca de las fábricas de cobres, debido al efecto del cobre sobre las plantas, es una seria amenaza para la producción en las granjas.

El cobre puede seriamente influir en el proceso de ciertas tierras agrícolas, dependiendo de la acidez del suelo y la presencia de materia orgánica. A pesar de esto el estiércol que contiene cobre es todavía usado.

El cobre puede interrumpir la actividad en el suelo, su influencia negativa en la actividad de microorganismos y lombrices de tierra. La descomposición de la materia orgánica puede disminuir debido a esto.

Cuando los suelos de las granjas están contaminados con cobre, los animales pueden absorber concentraciones de cobre que dañan su salud. Principalmente las ovejas sufren un gran efecto por envenenamiento con cobre, debido a que los efectos del cobre se manifiestan a bajas concentraciones.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

Para realizar las investigaciones de determinación de metales tóxicos en el río Crucero, se han empleado los siguientes materiales:

- Bailer de polietileno.
- Botella esterilizada.
- Cinta adhesiva.
- Tabla de campo.
- Ácido nítrico.
- Cubeta 20 litros
- Etiquetas para identificación de muestras
- GPS.
- Bolsas de polietileno.
- Cámara fotográfica.
- Guantes de nitrilo.
- Hieleras.
- Bolígrafo tinta negra.
- Plumón de tinta indeleble.
- Multiparámetro.

3.2. METODOLOGIA

El método aplicado para el presente proyecto de investigación es de tipo cuantitativo analítico.

3.2.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área en estudio está ubicada en el distrito Crucero de la región Puno, el estudio está delimitado por la localidad de Crucero ha distrito de San Antón por el cual discurre el río que lleva su nombre. Además este río es uno de los principales efluentes del Lago Titicaca.

A. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

El clima local de la zona de estudio es frío y seco. En las épocas de mayor frío mayo a junio hay fuerte incidencia de las heladas, en este tiempo las temperaturas mínimas pueden registrarse a 15°C bajo cero. Las granizadas son más frecuentes en las primeras lluvias de cada año, y coinciden con los meses de septiembre, noviembre, en condiciones normales puede presentarse en pleno verano. La temperatura varía de 4.5°C a 5.0°C en los meses de junio, y de 9.0°C a 9.3°C en los meses de noviembre a diciembre. Los valores promedios más altos de humedad relativa en el altiplano se registran durante los meses de verano, de enero, febrero y marzo (mayores al 70%) los valores más bajos se dan durante los meses de invierno de mayo y junio (menores al 50%) y la precipitación pluvial anual varía entre 550 mm y 606 mm, concentrándose en un 75%, entre los meses de diciembre a marzo (SENAMHI, 2018).

B. CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL LAGO TITICACA

El Lago Titicaca está conformado por 8 cuencas hidrográficas que vienen a constituir afluentes del Lago Titicaca, registran una mayor descarga en los meses de enero a abril, disminuyendo su caudal en el resto del año por ausencia de lluvias. Estas cuencas son:

Cuenca del Ramís, Cuenca del llave, Cuenca del Coata, Cuenca del Huancané, Cuenca del Suches, Cuenca del río Illpa, Cuenca del río Zapatilla, Cuenca del río Callacami, Maure y Maure Chico. La Cuenca Ramís se ubica en la región Sur este del Perú, sector Norte de la Vertiente del Titicaca ($14^{\circ}03' - 15^{\circ}24' S$ y $71^{\circ}07' - 69^{\circ}34' O$), ocupa un área aproximada de 14 930 Km², $\pm 30\%$ de la Hoya del Titicaca, comprendiendo la zona norte de Puno y parte del distrito de Marangani (Cusco), extremo noroeste de la cuenca. Tiene una superficie de 14 685 Km². Su altitud máxima es de 5 828 msnm. En el nevado de Ananea y la mínima es de 3 815 msnm en la estación hidrométrica del puente Ramís. Políticamente, pertenece al departamento de Puno, provincias de Melgar y Azángaro y parte de las provincias de Carabaya, Lampa, Sandia, Huancané, San Román y San Antonio de Putina.

C. SUBCUENCAS HIDROGRAFICAS DE LA CUENCA RAMIS

La Cuenca del Ramís está conformada por las siguientes sub cuencas: Sub Cuenca del río Grande, Sub Cuenca del río Azángaro, Sub Cuenca de Ayaviri, Sub Cuenca del río San José y Sub Cuenca de la laguna de Arapa. Sub Cuenca del río Azángaro: De aproximadamente 4 892 km², representa el 33% la cuenca del río Ramís (longitud 255 km), del cual el 70% se encuentra dentro de la provincia y abarca el total de las superficies de las áreas de los distritos de Asillo San Antón, Azángaro, San José, San Juan de Salinas, y parte de Santiago de Pupuja, Arapa y Achaya.

Geográficamente, está comprendida entre las siguientes coordenadas UTM: este: 285 000 m y 450 000 m norte: 8 300 000 m y 8 423 000 m, paralelos $14^{\circ}03'26.6''$ y $15^{\circ}27'33,7''$ latitud sur y los meridianos $69^{\circ}25'26,4''$ y $71^{\circ}07'4,7''$ longitud oeste. Limita por el norte con la cuenca del río Inambari, por el sur con el Lago Titicaca y la cuenca del río Cabanillas, por el este con las cuencas de los ríos Suches y Huancané, y por el oeste con las cuencas de los ríos Vilcanota, Apurímac y Colca.

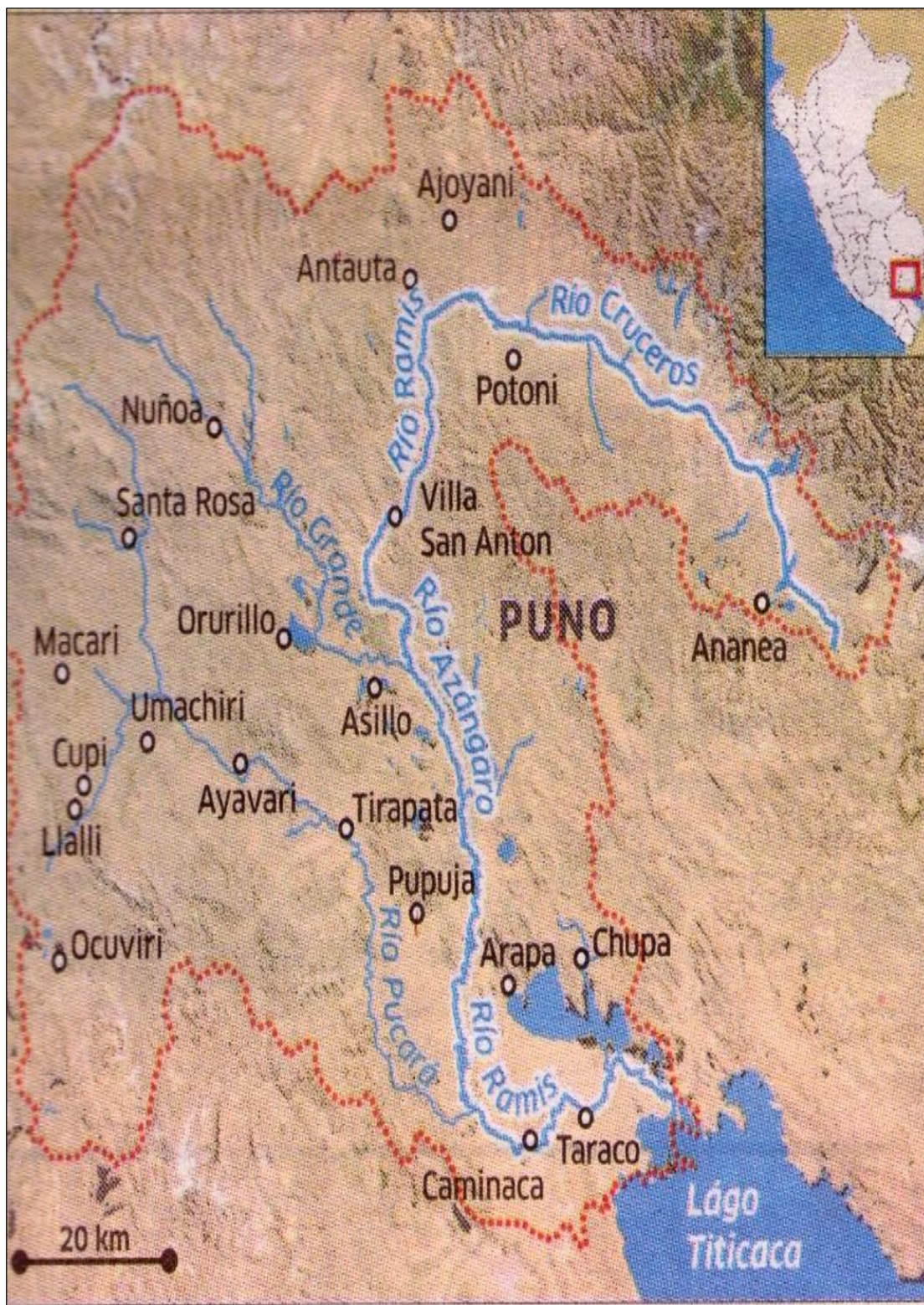


Figura N° 03: Poblaciones de la Cuenca Ramís.
Fuente: <http://punoculturaydesarrollo.blogspot.com>.

3.2.2. TÉCNICAS DE MUESTREO

El proceso de investigación se realizó de acuerdo al Protocolo Nacional de Monitoreo de calidad de los cuerpos Naturales de Agua superficial aprobado mediante la R.J. N° 182-2011-ANA cual permite el aseguramiento y control de calidad de monitoreo.

A. Procedimientos de muestreo de Agua

- La toma de muestreo se realizó en zonas de máximo caudal de agua, evitando la remoción de sedimentos.
- La toma de muestras se realizó en recipientes de polietileno de alta densidad, lavados previamente en el laboratorio con ácido nítrico al 1% de acuerdo al protocolo.
- Se cebó tres veces el recipiente con agua de río del punto de muestreo.
- Los envases que con tienen las muestras son sellados herméticamente y debidamente rotulados a la misma acompaña la cadena de custodia para su transporte.
- Las muestras se trasladaron a la ciudad de Puno, en recipientes de tecknopor, utilizando gel para mantener la temperatura a 4°C, con el objeto de evitar posibles alteraciones químicas durante el tiempo que transcurre entre la toma de muestra y su análisis.
- Una vez realizado todos estos procedimientos, las muestras se trasladaron a Laboratorios Analíticos del Sur Arequipa Perú.

B. Metodología empleada en la determinación de metales tóxicos en agua.

El propósito del presente trabajo de investigación es determinar la presencia de metales tóxicos, por ser de interés debido a su toxicidad relativa a la calidad de las aguas.

Para determinar la concentración de metales tóxicos, en las aguas, las muestras recolectadas fueron llevadas a los Laboratorios Analíticos del Sur, de la ciudad de Arequipa – Perú.

C. Frecuencia temporal de toma de datos.

La investigación se realizó en dos temporadas, el primero en temporada de estiaje y segundo en temporada de precipitación.



Figura N° 05: Frecuencia de toma de muestra en temporada de estiaje.
Fuente: Fotografía tomada en el campo.



Figura N° 06: Frecuencia de toma de muestra en temporada de precipitación.
Fuente: Fotografía tomada en el campo.

3.2.3. ESTRATEGIA DE MUESTREO

- Unidad de análisis

El trabajo de investigación se realizó en el distrito de Crucero y San Antón, tomando como criterio la contaminación de la actividad antropogénico en la cabecera del río Ramís llamado comúnmente como río Grande que recorre las provincias de Putina, Azángaro y Macusani.

Para una mejor interpretación de los resultados el río Crucero que discurre por centro poblado de Carlos Gutiérrez, por la zona Catuyo Grande y la localidad de San Antón se ha dividido en seis zonas de estudio representativas, con un área de estudio aproximado de 65.8 km.

Tabla N° 05: Coordenadas de muestreo UTM - WGS84.

Puntos de muestreo (PM).	Coordenadas UTM – WGS84	
	Este	Norte
Punto de muestreo N°01	391545.00	8411142.00
Punto de muestreo N°02	388902.00	8411388.00
Punto de muestreo N°03	373985.00	8416554.00
Punto de muestreo N°04	364053.00	8404909.00
Punto de muestreo N°05	363981.00	8395408.00
Punto de muestreo N°06	357497.00	8387357.00

Fuente: Elaboración propia.

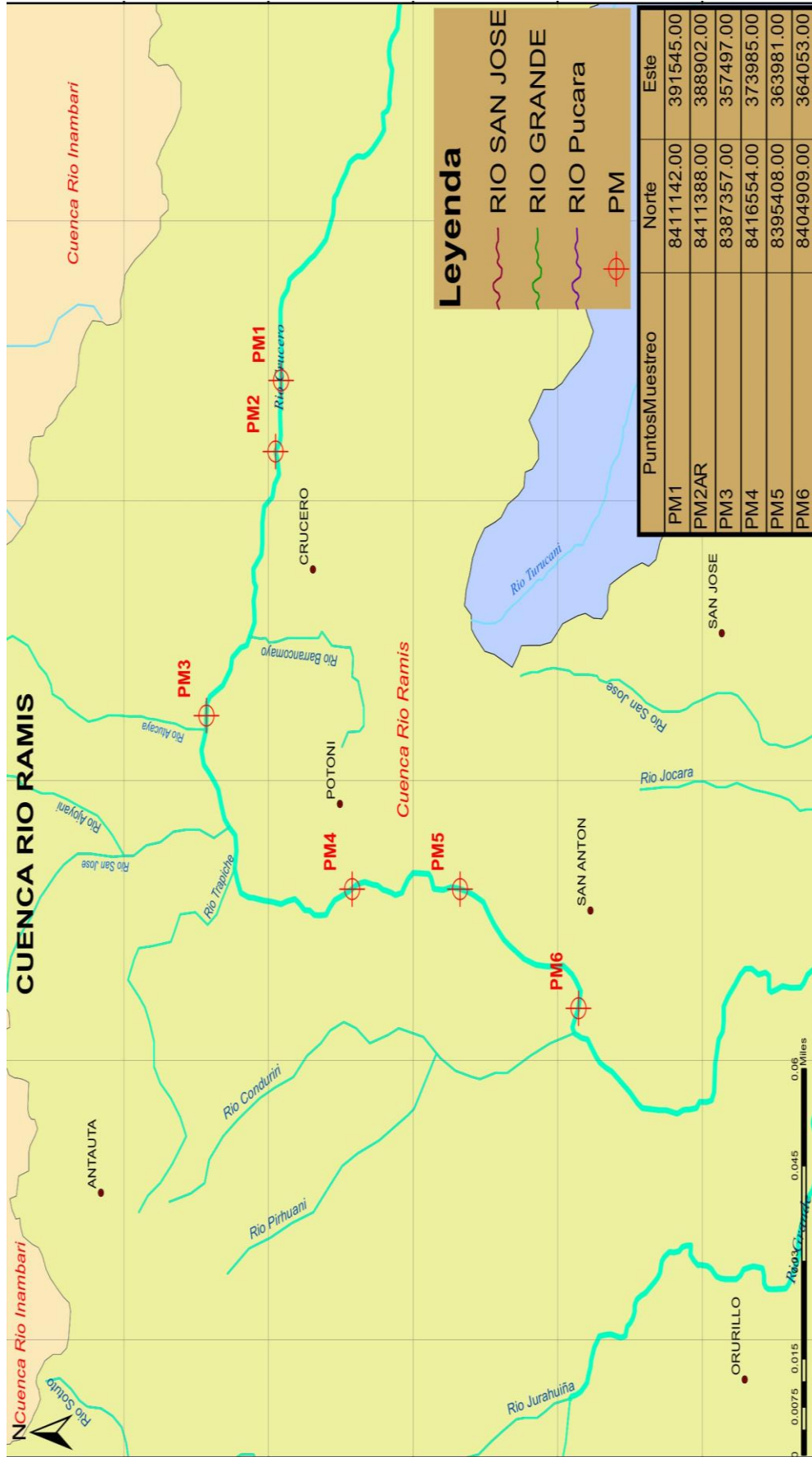


Figura N° 07: Vista de los puntos de muestreo del río Crucero - río San Antón.
Fuente: Elaboración Propia.

Las zonas como Rinconada, Pampa Blanca, Ananea, Crucero son los principales efluentes mineros metalúrgicos, los mismos que vierten los aguas acidas mineras, la estación en que aumenta el caudal del efluente es en la época de precipitación.

3.2.4. DETERMINACIONES ANALÍTICAS

A. Determinaciones de parámetros físico químicos de agua - in situ.

El trabajo de investigación, se realizó de acuerdo al Protocolo Nacional de Monitoreo de agua de la ANA, y la cadena de custodia fue proporcionada por el Laboratorio Analíticos del Sur. Los parámetros físico-químicos que se han determinado in situ son: temperatura, pH y conductividad.



Figura N° 08: Toma de muestra de Agua - PM-N°01.
Fuente: Fotografía tomada en el campo.

1. Conductividad

Es una medida de la resistencia que opone el agua al paso de la corriente eléctrica entre dos electrodos impolarizables sumergidos en la misma. La conductividad del agua da una buena apreciación de la concentración de los iones disueltos en disolución y una conductividad elevada se traduce en una salinidad elevada o en valores anómalos de pH. La unidad empleada es el Siemen (S), inverso al Ohmio: aguas muy mineralizadas en mS y aguas poco mineralizadas en uS. Se mide en celdas de un cm de espesor, expresándose por lo tanto en mS/cm y uS/cm.

En nuestro caso se ha medido con conductímetro portátil modelo Hanna Combo pH/EC/TDS/Temp tester Model HI98130 high range graduado en uS/cm y con ajuste de temperatura.

El mismo antes de su utilización, se ha calibrado con una solución patrón 0.01N de cloruro de Potasio (KCl) a una temperatura del ambiente.



Figura N° 09: Medición de Conductividad, pH, T° - PM - N°01.
Fuente: Fotografía tomada en el campo.

Tabla N° 06: Análisis físico - químico de la conductividad.

Análisis del parámetro físico químico de:		Conductividad - uS/cm				
Puntos de muestreo (PM).	PM-N°01	PM-N°02	PM-N°03	PM-N°04	PM-N°05	PM-N°06
Temporada de estiaje.	246	570	207	208	207	207
Temporada de precipitación.	260	502	265	218	236	255

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

2. pH

El pH del agua, que indica el comportamiento ácido o básico de la misma, es una propiedad de carácter químico de vital importancia para el desarrollo de la vida acuática. Tiene influencia sobre determinados procesos químicos y biológicos, la naturaleza de las especies iónicas que se encuentran en su seno, el potencial redox del agua, el poder desinfectante del cloro, etc. Es un buen parámetro de carácter general para determinar la calidad de un agua.

La medición del pH se efectuó con un pH-metro digital marca Hanna Combo pH/EC/TDS/Temp tester Model HI98130 high range, la misma se puede observar en la figura N° 09.

Tabla N° 07: Análisis del parámetro físico químico del pH.

Análisis del parámetro físico químico de :	pH					
	PM-N°01	PM-N°02	PM-N°03	PM-N°04	PM-N°05	PM-N°06
Puntos de muestreo (PM).						
Temporada de estiaje.	9.2	8.8	9.2	8.9	8.8	8.8
Temporada de precipitación.	9.8	8.7	9.3	9.25	9.27	9.2

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

3. Temperatura

La temperatura es una variable física que influye notablemente en la calidad de un agua, afecta a parámetros o características tales como:

- Solubilidad de gases y sales (Ley de Henry y curvas de solubilidad).
- Cinética de las reacciones químicas y bioquímicas (aumento de la velocidad de reacción con la temperatura -Ley de Vant Hoff).
- Desplazamiento de equilibrios químicos (un aumento de temperatura los desplaza en el sentido en que son endotérmicos).
- Desarrollo de organismos presentes en el agua.

La influencia más interesante es la disminución de la solubilidad del oxígeno al aumentar la temperatura y la aceleración de los procesos de putrefacción. La temperatura se midió utilizando un termómetro digital portátil marca Hanna Combo pH/EC/TDS/Temp tester Model HI98130 high range, la misma se puede observar en la figura N° 09.

Tabla N° 08: Análisis físico - químico de la Temperatura.

Análisis del parámetro físico químico de:	Temperatura - °C					
	PM- N°01	PM- N°02	PM- N°03	PM- N°04	PM- N°05	PM- N°06
Temporada de estiaje.	15	16	17	16.8	16.4	16.4
Temporada de precipitación.	16	17	14	14.5	16	13

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

3.2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Todas las pruebas estadísticas se realizaron usando el programa MINITAB versión 17.1.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DE CONTENIDO DE METALES TÓXICOS EN AGUAS DEL RÍO DE LA ZONA DE ESTUDIO

Los resultados de análisis fueron emitidos por el laboratorio Analíticos del Sur, registrado en INACAL los resultados obtenidos de las tablas N° 09 y 10 están analizados de acuerdo a los estándares para la descarga de efluentes líquidos de las actividades minero-metalúrgicos. Decreto Supremo N° 004-2017 MINAM (Tabla N° 04).

Tabla N° 09: Resultados del muestreo en temporada de estiaje.

Puntos de muestreo	Cód. Interno L.A.S.	Elementos							
		As mg/L	Cd mg/L	Cr mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L	Fe mg/L	Hg mg/L	Cu mg/L
PM-N°01	AG17000635	0,000	0,00429	0,00841	0,0026	1,059	7,96	-	<0.002
PM-N°02	AG17000640	0,0250	0,00055	0,00144	0,0120	0,0413	2,75	0.00041	0.0224
PM-N°03	AG17000637	0,000	0,00011	0,00069	0,0026	0,0177	0,163	-	<0.002
PM-N°04	AG17000639	0,000	0,00122	0,00877	0,0026	0,3083	1,83	-	<0.002
PM-N°05	AG17000638	0,000	0,00011	0,00518	0,0026	0,0459	0,016	-	<0.002
PM-N°06	AG17000636	0,000	0,00040	0,00049	0,0026	0,0335	0,203	-	<0.002

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del Laboratorio Analíticos del Sur.

Tabla N° 10: Resultados del muestreo en temporada de precipitación.

Puntos de muestreo	Cód. Interno L.A.S	Elementos							
		As mg/L	Cd mg/L	Cr mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L	Fe mg/L	Hg mg/L	Cu mg/L
PM-N°01	AG18000066	0,0079	0,00061	0,00192	0,0104	0,2117	1,65	0,00680	0,0224
PM-N°02	AG18000071	0,0206	0,00038	0,00132	0,0109	0,0363	2,69	0,00041	0,0229
PM-N°03	AG18000068	0,0035	0,00198	0,00717	0,0235	0,2065	5,42	0,00193	0,0294
PM-N°04	AG18000070	0,0012	0,00011	0,00059	0,0091	0,0991	1,12	0,00041	0,0265
PM-N°05	AG18000069	0,0012	0,00011	0,00039	0,0060	0,1046	1,09	0,00041	0,0230
PM-N°06	AG18000067	0,0061	0,00141	0,00055	0,0137	0,3378	3,39	0,00722	0,0251

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del Laboratorio Analíticos del Sur.

4.1.1. Arsénico (As)

En la zona sur del Perú, existen áreas semidesérticas cuya población se abastece de las aguas de los ríos para consumo humano, agrícola que se originan en los Andes y que fluyen hacia el Océano. En algunos de estos ríos se han detectado trazas de arsénico, por ejemplo el río Locumba (0,5 As mg/L), que atraviesa Puno y Moquegua (Valle de Ilo), donde la población expuesta a este elemento es de aproximadamente 250.000 habitantes (Esparza, 1989).

La concentración media fue de 38,5 µg/L. El 88% de los puntos muestreados presentaron concentraciones de As superiores a 10 µg/L, valor recomendado por la OMS para aguas potables, y el 32% presenta valores superiores a 50 µg/L. Algunos puntos presentan concentraciones superiores a 100 µg/L. (Calvo , Álvarez, Andrade, Marinero, & Bolado, 2003). En la cuenca del Ramís los análisis de agua reportaron concentraciones por encima de los Estándares de Calidad Ambiental para el agua (ECA-Perú): arsénico máx. 0.080 mg/L. (Cornejo O. & Pacheco T., 2014). De acuerdo a los resultados de concentración de arsénico (mg/L), en la figura N° 10 se puede apreciar que el arsénico, no supera los niveles máximos permisibles para efluentes mineros metalúrgicos, pero sin embargo supera los estándares de calidad ambiental para agua categoría 1, en el punto de muestreo N° 02 tanto en temporada de estiaje y precipitación con una concentración 0.0250 mg/L; 0.0206 mg/L.

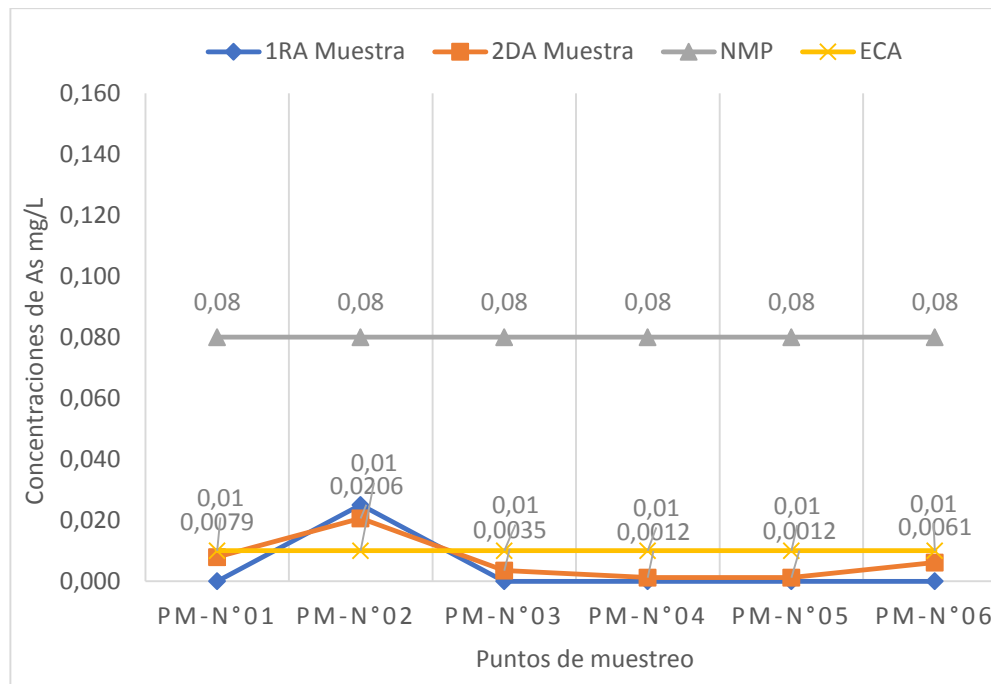


Figura N° 10: Arsénico (As).
Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Cromo (Cr)

Los elevados niveles de cromo en el río Cardener se debe al uso de fertilizantes fosfatados en la agricultura en el río Llobregal pasa de 2,2 ug/L en Guardiola de Bergueda a 31,3 g/L (Rosas & Hermogenes, 2001) que según la National Research Council Canadá (1986) contienen aproximadamente 184 g/g de cromo, por otro lado también se atribuye al origen litogénica (Turekian & Wedepohl, 1961), en rocas carbonatadas han determinado una concentración de 11 ug/g de cromo. Cromo en sedimentos río Jorba 33,6 ug/g a 1145,5 ug/g en el río Vilanova del Cami, valor indicativo del impacto de efluentes industriales, domésticos y agrícolas (25). En una segunda campaña se elevó a 1948,9 ug/g, que podría ser favorecida por la elevada concentración de materia orgánica en los sedimentos (14,40%).

(Moriarty & Hanson, 1988), en sus trabajos sobre el río Ecclesbourne (Reino Unido), indican un comportamiento similar al río Anioia. En dicho río los vertidos principales (mineros y urbanos) se encuentran en la cabecera siendo del 700-800 ug/g.

De acuerdo a los resultados de concentración de cromo (mg/L), en la figura N° 11 podemos apreciar que el cromo, no supera los niveles máximos permisibles para efluentes mineros metalúrgicos, ni los estándares de calidad ambiental para agua categoría 1, a lo largo de todos los puntos de muestreo en temporada de estiaje y precipitación.

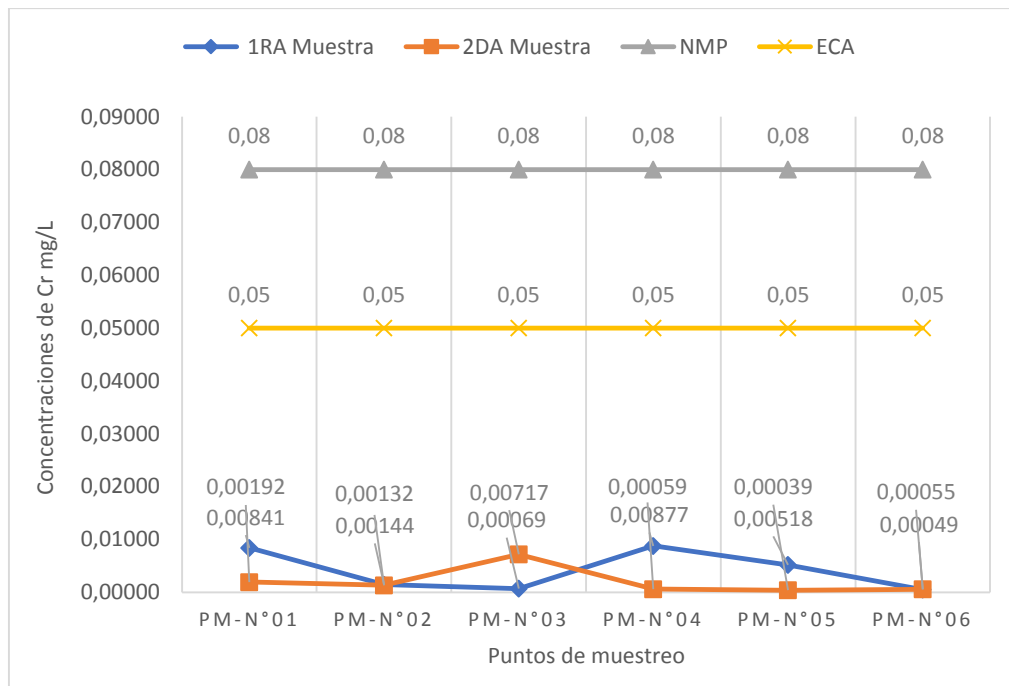


Figura N° 11: Cromo (Cr).
Fuente: Elaboración Propia.

4.1.3. Cadmio (Cd)

En el río Cardener los contenidos mínimos de cadmio se observan en Olius (16 mg/L) y los máximos en Suria (47 mg/L). Relativamente elevadas concentraciones de este último punto podrían ser debido a la influencia de minas de Cardona-Suria (Rosas H., 2001) y algunas industrias textiles y mecánicas que vierten sus aguas residuales al río otra fuente puede ser el uso de fertilizantes fosfatados.

Otra fuente podría ser la limpieza de lodos por lo tanto la liberación de cationes metálicos por lo que se incrementa su movilidad, (Usero et al., 1997) también el desprendimiento a partir de sedimentos contaminados (Arambari, Cabrera, & Gonzáles Q., 1996).

Otro estudio demostró una comparación de las concentraciones obtenidas en agua por cada estación con los Límites Máximos Permisibles para Cd (0,005 ppm en Ecuador) en el Puente Portete está expuesta a una contaminación constante por las actividades industriales que se desarrollan en esas riberas, así como por los desechos producidos por los asentamientos urbanos localizados en la misma área, sobrepasa este valor (Castro R., 2017).

Igualmente, (Rodríguez, 2013) desarrolló un estudio en el área correspondiente al Puente 5 de Junio durante la época de sequía (Agosto), encontrando concentraciones de Cd (0,05 ppm). Niveles de cadmio en Jorba 0,21 ug/g y los máximos en Vilanova del Cami 0,58 ug/g, esta última zona que recibe importantes efluentes industriales de curtido de pieles y textiles (Rosas H. 2005). Según las investigaciones realizadas (Klein, Lang, Nahs , & Kirschner, 1974) los residuos líquidos del curtido de pieles y textiles concentran valores que fructúan entre 30-115 ug/L de cadmio, valores relativamente significativos desde el punto de vista ambiental. Una parte de estos metales se depositan en los sedimentos debido a pequeños cambios fisicoquímicos del agua (pH, potencial redox, salinidad, etc.).

Sin embargo, de acuerdo con la EPA (1986), se debe tener restricción de uso para el agua que superó los límites de concentración de As, Pb, Cd y Hg, para el uso en riego agrícola, 13 de las 91 muestras de agua superaron el límite de 0.01 mg/L de Cd en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México (Sedue, 1989).

De acuerdo a los resultados de concentración de cadmio (mg/L), en la figura N° 12 se puede apreciar que el cadmio, no supera los niveles máximos permisibles para efluentes mineros metalúrgicos, pero sin embargo supera los estándares de calidad ambiental para agua categoría 1, en el punto de muestreo N° 01 en temporada de estiaje con una concentración 0.00429 mg/L.

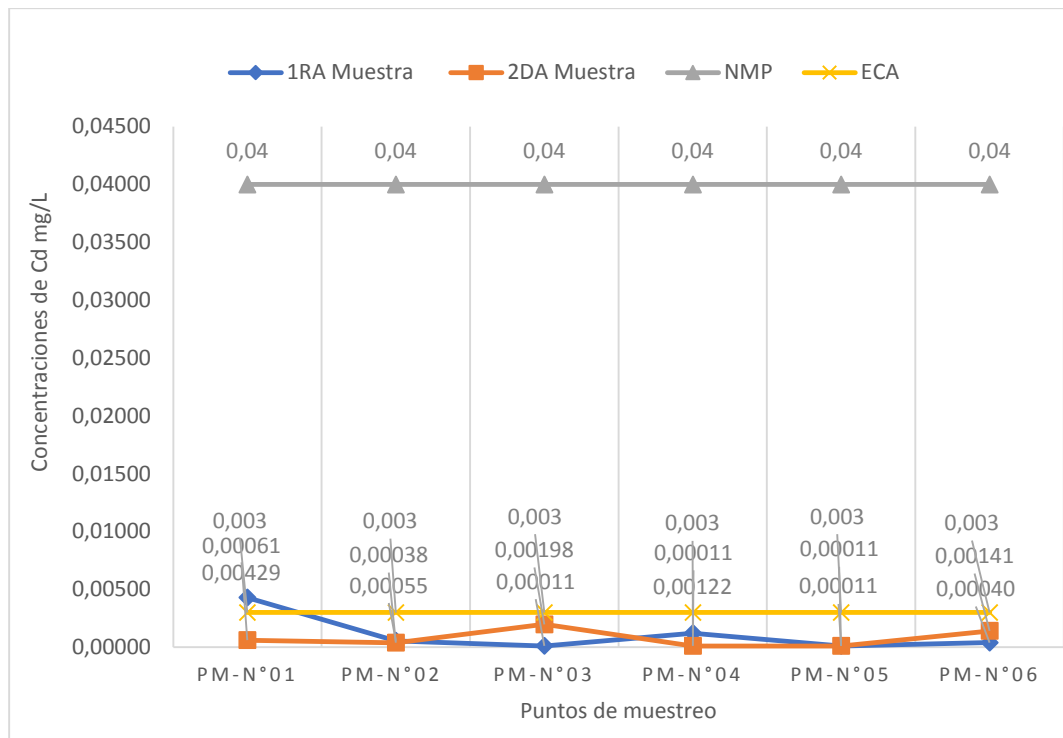


Figura N° 12: Cadmio (Cd).
Fuente: Elaboracion propia.

4.1.4. Plomo (Pb)

El contenido de plomo en casi todas las aguas no contaminadas varía entre 0.001 y 0.02 µg/ml, cantidad que es muy inferior al límite establecido por la Organización Mundial de la Salud (1979). La concentración media de plomo (Pb) en la tierra es de 1,6 g por cada 100 Kg de suelo (Pain, 1995). En la Cuenca del Ramís los análisis de agua reportaron concentraciones por encima de los Estándares de Calidad Ambiental para el agua (ECA-Perú): plomo máx 0.076 mg/L. (Cornejo O. & Pacheco T., 2014). En el suelo de terrenos no cultivados se han encontrado de 8 a 20 mg Pb/Kg mientras que en terrenos cultivados puede llegar a encontrarse por encima de 360 mg Pb/Kg y cerca de fuentes de contaminación industrial, el suelo alcanza contenidos de 10 g Pb/Kg o más. (Rubio, Gutiérrez, Martín, Revert C., & Hardisson, 2003).

De acuerdo a los resultados de concentración de plomo (mg/L), en la figura N° 13 se puede apreciar que el plomo, no supera los niveles máximos permisibles para efluentes mineros metalúrgicos.

Pero sin embargo supera los estándares de calidad ambiental para agua categoría 1, en temporada de estiaje en el punto de muestreo N° 02 con una concentración de 0.0120 mg/L, y en temporada de precipitación en los puntos de muestreo N°01, N°02, N°03, N°06 con una concentración de 0.0104 mg/L; 0.0109 mg/L; 0.0235 mg/L; 0.0137 mg/L.

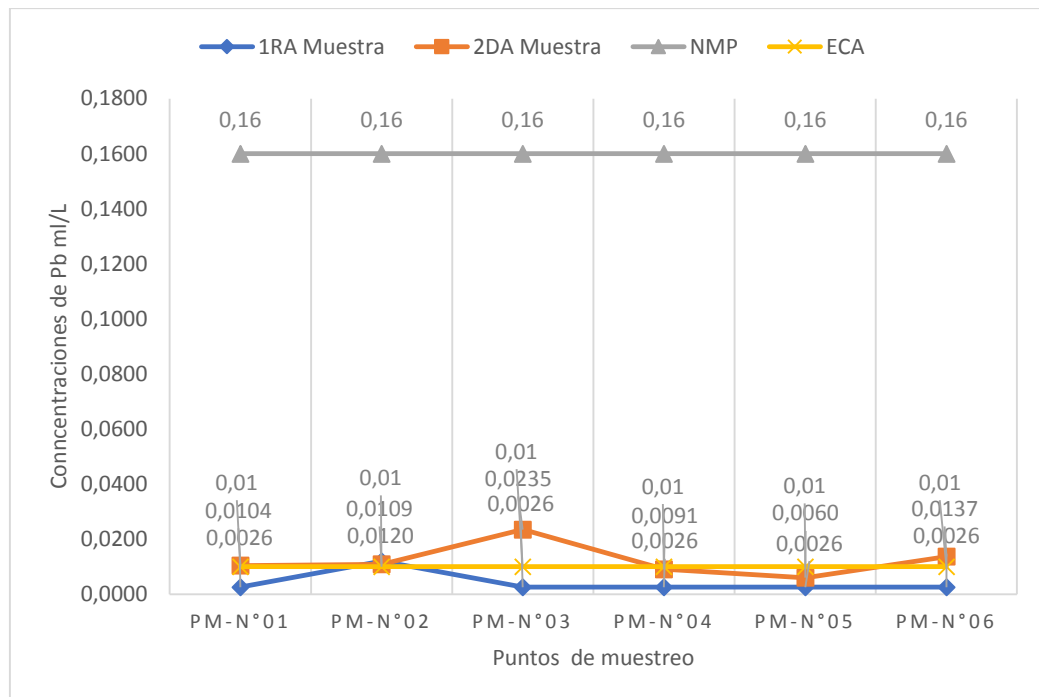


Figura N° 13: Plomo (Pb).
Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Hierro (Fe)

Como es sabido, la presencia de Fe en aguas superficiales y subterráneas provoca inconvenientes en los sistemas de abastecimiento, tales como la aparición de manchas en las ropas, sanitarios y utensilios domésticos, modificación de las características organolépticas del agua de bebida (olor, sabor y color), además de todos los problemas asociados de corrosión microbiológica causado por las “bacterias del hierro” en los sistemas de captación y conducción de agua para diferentes usos. La concentración promedio sobre 48 muestras de Fe total es de 0.62 mg/L, con valores máximo y mínimo de 3.56 y 0.011 mg/L (Piris da Motta M., 1986). Los resultados de la prueba probablemente van a ser reportados como mg/L (miligramos por litro). La Agencia para la Protección Ambiental de los EE.UU.

Ha establecido que los Niveles Máximos de Contaminantes Secundarios (SMCL) para hierro y manganeso son 0.3 mg/L y 0.5 mg/L respectivamente. Los SMCLs son estándares para sustancias que no son peligrosas para la salud (Mark, Mcfarland, & Dozier, 2001).

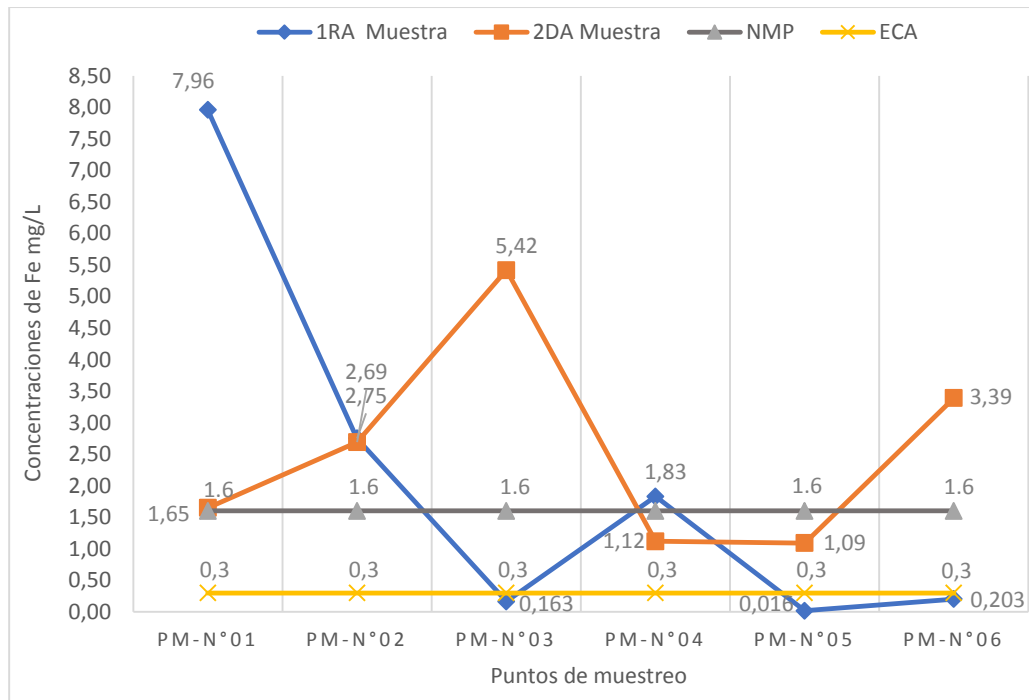


Figura N° 14: Hierro (Fe)
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados de concentración de hierro (mg/L), en la figura N° 14 se puede apreciar que el hierro, supera los NMP para efluentes minero metalúrgicos en temporada de estiaje en los puntos de muestreo N°01, N°02, N°04, con una concentración de 7.96 mg/L; 2.75 mg/L; 1.83 mg/L, y en temporada de precipitación en los puntos de muestreo N°01, N°02, N°03, N°06 con una concentración de 1.65 mg/L; 2.69 mg/L; 5.42 mg/L; 3.39 mg/L. Para el caso de los ECA para agua categoría 1, el hierro también se encuentra por encima en época de estiaje en los puntos de muestreo N°01, N°02, N°04 con una concentración de 7,96 mg/L; 2,75 mg/L; 1,83 también supera los estándares en la temporada de precipitación en los puntos de muestreo N°01, N°02, N°03, N°04, N°05, N°06 con una concentración de 1,65 mg/L; 2,69 mg/L; 5,42 mg/L; 1,12 mg/L; 1,09 mg/L; 3,39 mg/L. Esto se debe a la erosión litogénica, corrosión de maquinaria.

4.1.6. Zinc (Zn)

La contaminación ambiental por zinc, y sus efectos sobre la población, no son tan conocidos como en el caso de la producida por los elementos como el Pb o el Hg. Sin embargo, cada vez son más numerosos los estudios que ponen de manifiesto su elevada concentración en aguas subterráneas y de superficie, y en las destinadas al consumo humano, siempre acompañando a concentraciones elevadas de otros elementos: cadmio, plomo y mercurio, especialmente en determinadas zonas de la cordillera altiplánica, pudiendo también estar presente en pasivos mineros de la zona en estudio. De acuerdo a los resultados de concentración de Zn (mg/L).

De acuerdo a la figura N° 15 se puede apreciar que el Zn, no supera los niveles máximos permisibles para efluentes mineros metalúrgicos, ni los estándares de calidad ambiental para agua categoría 1, a lo largo de todos los puntos de muestreo en temporada de estiaje y precipitación.

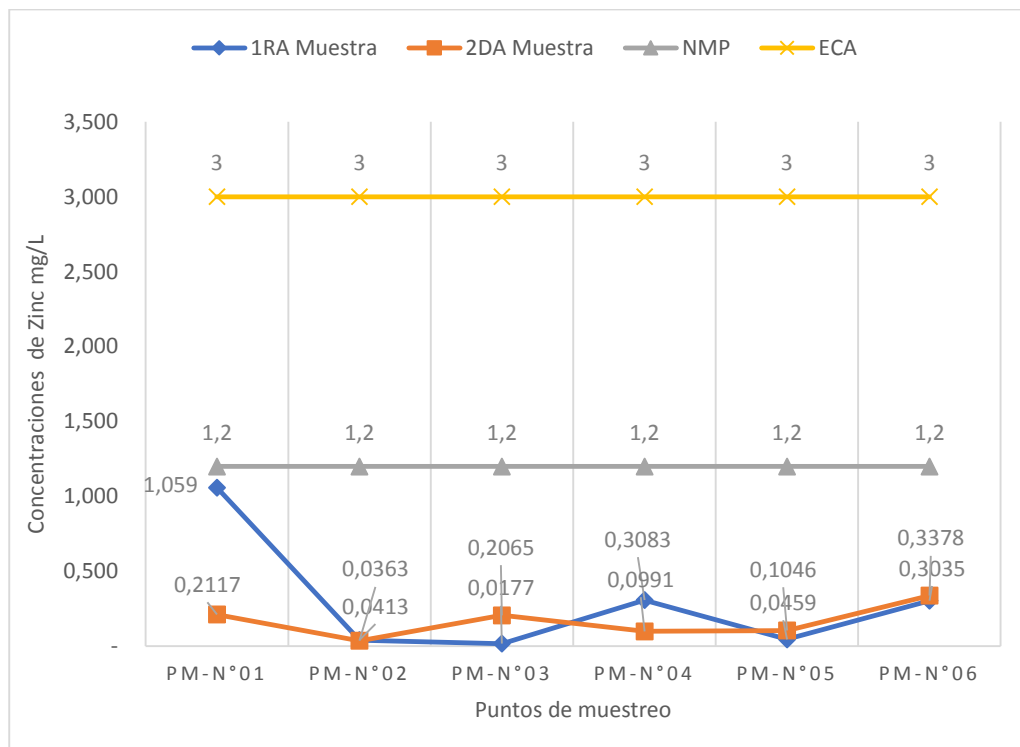


Figura N° 15: Zinc (Zn)
Fuente: Elaboración propia.

4.1.7. Mercurio (Hg)

El mercurio entra en el ambiente como resultado de la ruptura de minerales de rocas y suelos a través de la exposición al viento y agua. La liberación de mercurio desde fuentes naturales ha permanecido en el mismo nivel a través de los años. Todavía las concentraciones de mercurio en el medioambiente están creciendo; esto es debido a la actividad humana.

La mayoría del mercurio liberado por las actividades humanas es liberada al aire, a través de la quema de productos fósiles, minería, fundiciones y combustión de residuos sólidos.

Algunas formas de actividades humanas liberan mercurio directamente al suelo o al agua, por ejemplo la aplicación de fertilizantes en la agricultura y los vertidos de aguas residuales industriales. Todo el mercurio que es liberado al ambiente eventualmente terminará en suelos o aguas superficiales. Aguas superficiales ácidas pueden contener significantes cantidades de mercurio. Cuando los valores de pH están entre cinco y siete, las concentraciones de mercurio en el agua se incrementarán debido a la movilización del mercurio en el suelo.

El mercurio que ha alcanzado las aguas superficiales o suelos los microorganismos pueden convertirlo en metil mercurio, una substancia que puede ser absorbida rápidamente por la mayoría de los organismos y es conocido que daña al sistema nervioso. Los peces son organismos que absorben gran cantidad de metil mercurio de agua superficial cada día. Como consecuencia, el metil mercurio puede acumularse en peces y en las cadenas alimenticias de las que forman parte.

De acuerdo a los resultados de concentración de mercurio (mg/L), en la figura N° 16 se puede apreciar que el mercurio, supera los niveles máximos permisibles para efluentes mineros metalúrgicos y estándares de calidad ambiental para agua categoría 1, en temporada de precipitación en los siguientes puntos de muéstrales N°01; N°03; N°06 con una concentración de 0.00680 mg/L; 0.00193 mg/L; 0.00722 mg/L, esto se debe básicamente a las actividades antropogénicos como la agrícola, la minería.

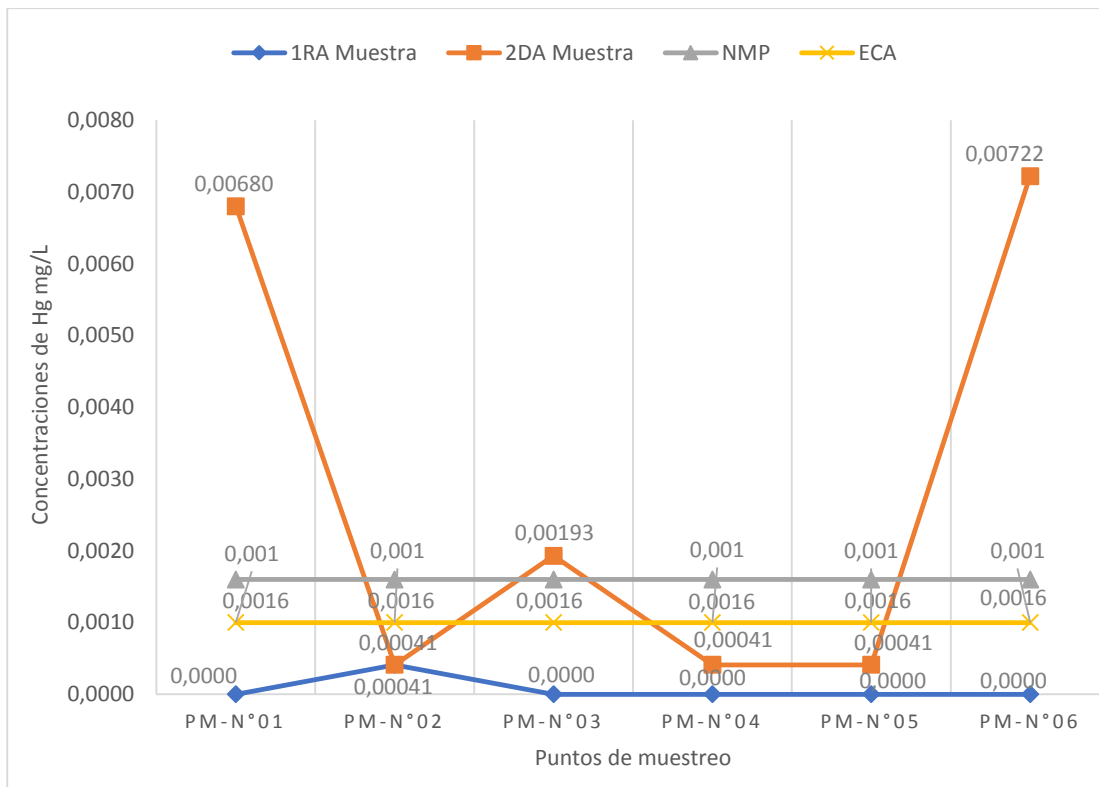


Figura N° 16: Mercurio (Hg).
Fuente: Elaboración propia.

- Efectos del mercurio sobre la salud.

El mercurio es un elemento que puede ser encontrado de forma natural en el medio ambiente, en los alimentos no es común, pero este puede aparecer en las comidas, así como ser expandido en las cadenas alimentarias por pequeños organismos que son consumidos por los humanos, por ejemplo a través de los peces. Las concentraciones de mercurio en los peces usualmente exceden en gran medida las concentraciones en el agua donde viven. Los productos de la cría de ganado pueden también contener eminentes cantidades de mercurio. El mercurio no es comúnmente encontrado en plantas, pero este puede entrar en los cuerpos humanos a través de vegetales y otros cultivos. Cuando espray que contienen mercurio son aplicados en la agricultura. El mercurio tiene un número de efectos sobre los humanos, que pueden ser todos simplificados en las siguientes principalmente:

- Daño al sistema nervioso.
- Daño a las funciones del cerebro.
- Reacciones alérgicas, irritación de la piel, cansancio, y dolor de cabeza.

4.1.8. Cobre (Cu)

El cobre es una substancia muy común que ocurre naturalmente y se extiende a través del ambiente a través de fenómenos naturales, los humanos usan ampliamente el cobre. Por ejemplo este es aplicado en industrias y en agricultura. La producción de cobre se ha incrementado en las últimas décadas y debido a esto las cantidades de cobre en el ambiente se ha expandido. La mayoría de los compuestos del cobre se depositarán y se enlazarán tanto en los sedimentos del agua como a las partículas del suelo. Compuestos solubles del cobre forman la mayor amenaza para la salud humana. Usualmente compuestos del cobre solubles en agua ocurren en el ambiente después de liberarse a través de aplicaciones en la agricultura. Las concentraciones del cobre en el aire son usualmente bastante bajas, así que la exposición al cobre por respiración es descartable. Pero gente que vive cerca de fundiciones que procesan el mineral cobre en metal pueden experimentar esta clase de exposición.

La exposición profesional al cobre puede ocurrir. En el ambiente de trabajo el contacto con cobre puede llevar a coger gripe conocida como la fiebre del metal. Esta fiebre pasará después de dos días y es causada por una sobre sensibilidad. Exposiciones de largo periodo al cobre pueden irritar la nariz, la boca y los ojos y causar dolor de cabeza, de estómago, mareos, vómitos y diarreas. Una toma grande de cobre puede causar daño al hígado y los riñones e incluso la muerte. Si el cobre es cancerígeno no ha sido determinado aún. De acuerdo a los resultados de concentración de cobre (mg/L), en la figura N° 17 se puede apreciar que el cobre, no supera los niveles máximos permisibles para efluentes mineros metalúrgicos, ni los estándares de calidad ambiental para agua categoría 1, a lo largo de todos los puntos de muestreo en temporada de estiaje y precipitación.

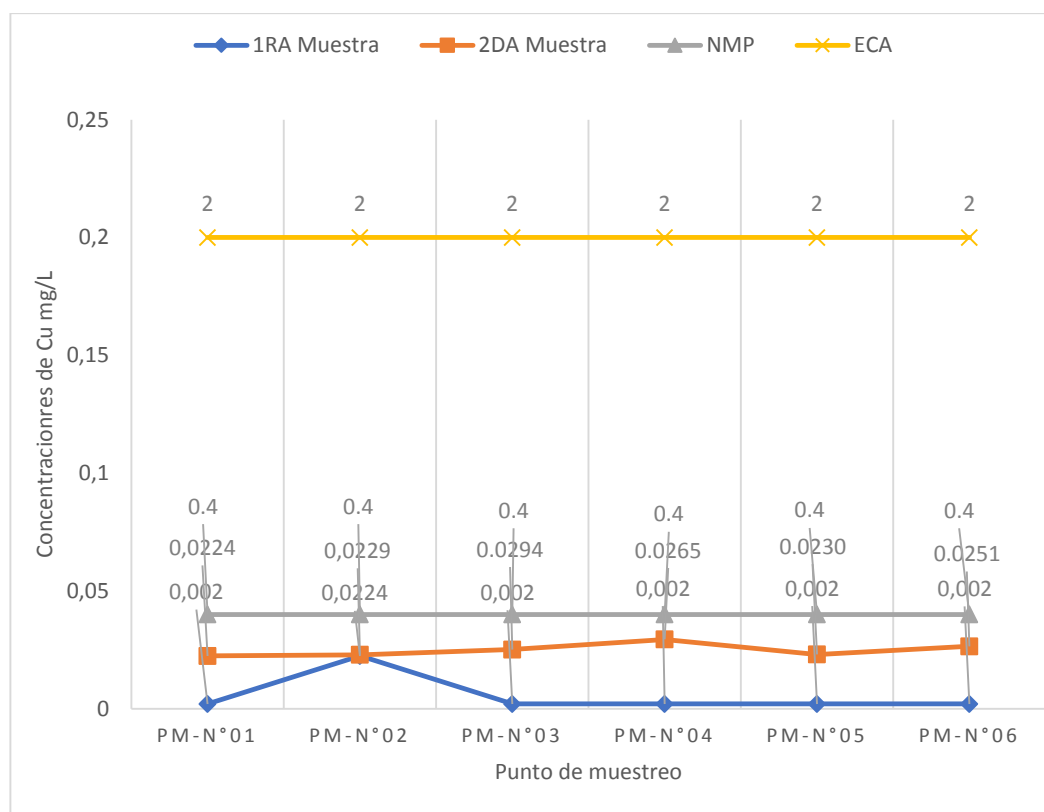


Figura N° 17: Cobre (Cu).
Fuente: Elaboración propia.

4.2 ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS

Tabla N° 11: Análisis de parámetros físico-químicos del primer muestreo de agua.

Parámetros físico químicos	Unid.	Punto de muestreo N°01	Punto de muestreo N°02	Punto de muestreo N°03	Punto de muestreo N°04	Punto de muestreo N°05	Punto de muestreo N°06
pH		9,80	8,70	9,30	9,25	9,27	9,20
Conductividad	µS/cm	260,00	502,00	265,00	218,00	236,00	255,00
Temperatura	°C	16,00	17,00	14,00	14,50	16,00	13,00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del campo.

Tabla N° 12: Análisis de parámetros físico-químicos del segundo muestreo de agua.

Parámetros físico químicos	Unid.	Punto de muestreo N°01	Punto de muestreo N°02	Punto de muestreo N°03	Punto de muestreo N°04	Punto de muestreo N°05	Punto de muestreo N°06
pH		9,80	8,70	9,30	9,25	9,27	9,20
Conductividad	μS/cm	260,00	502,00	265,00	218,00	236,00	255,00
Temperatura	°C	16,00	17,00	14,00	14,50	16,00	13,00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del campo.

4.2.1 pH

El pH es un parámetro importante en el análisis de agua porque afecta a la especiación química y a la movilidad de muchos metales pesados. Este factor juega asimismo un papel importante en las interacciones de los metales pesados con parámetros como la dureza del agua (principalmente carbonatos) y con los compuestos orgánicos.

El valor del pH en las aguas superficiales viene influenciado por causas naturales como el ácido carbónico disuelto. Estos cambios de pH influyen fuertemente en la adsorción o liberación de cationes (desorción) por las sustancias orgánicas, por ejemplo a pH alcalinos se precipitan algunos metales como hidróxidos y contrariamente a pH ácidos algunos metales incrementaran su movilidad (por ejemplo el plomo), es decir se vuelven solubles.

En la figura N° 18 se puede apreciar cierta basicidad de las aguas en estudio. La movilidad del As está condicionada por condiciones redox y el pH; el As mayoritariamente es (V), si el pH es neutro o tiende a la alcalinidad.

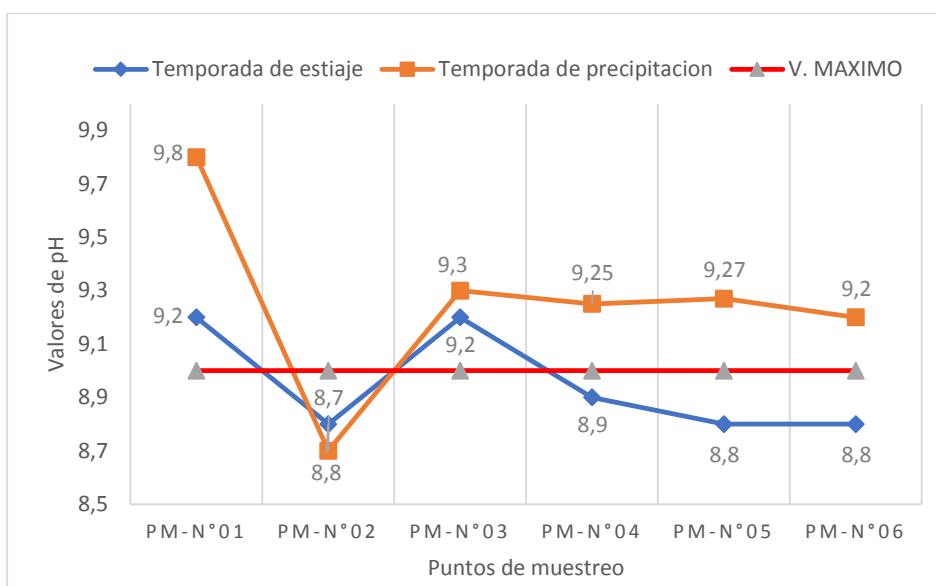


Figura N° 18: pH.
Fuente: Elaboración Propia.

4.2.2 Conductividad

La conductividad en un agua natural superficial depende principalmente del tipo de terreno que atraviesa. Así en terrenos fundamentalmente calizos suelen ser superiores a 1000 uS/cm, mientras que en terrenos graníticos son menores a 500 uS/cm.

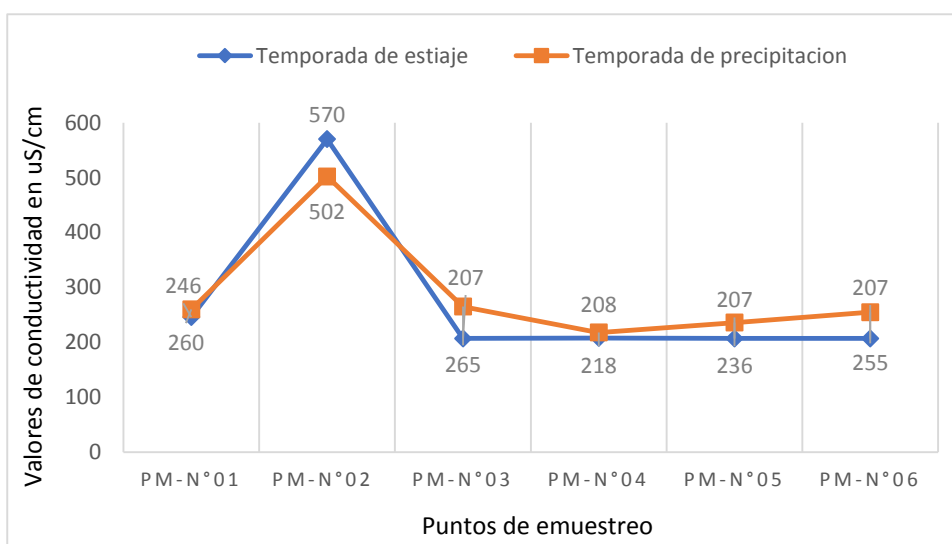


Figura N° 19: Conductividad del agua (CND).
Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 19, conductividad de agua, se puede deducir que conforme se va río abajo se incrementa el contenido de iones disueltos, por presencia de metales, materia orgánica, residuos orgánicos y otros, en el caso de aguas residuales de Crucero la concentración es muy elevada por acumulación paulatina en lodos y sedimentos que son transferidos al cuerpo de agua en época de precipitación o al ser removidos.

4.3.3 Temperatura

La temperatura del agua en cuencas fluviales está en función de la época del año, el caudal, la situación de la zona de muestreo, la hora del día de su determinación y la profundidad del medio. La temperatura influye en la solubilidad de los metales. Como se puede apreciar en la figura N° 20, la variación de la temperatura no es muy significativa porque los muestreos se realizaron en horarios entre las 9:00 am a 4:00 pm, es decir que la temperatura es constante porque los días de muestreo presentaban características de cielo despejado y soleado siendo la temperatura promedio de 15.08 °C

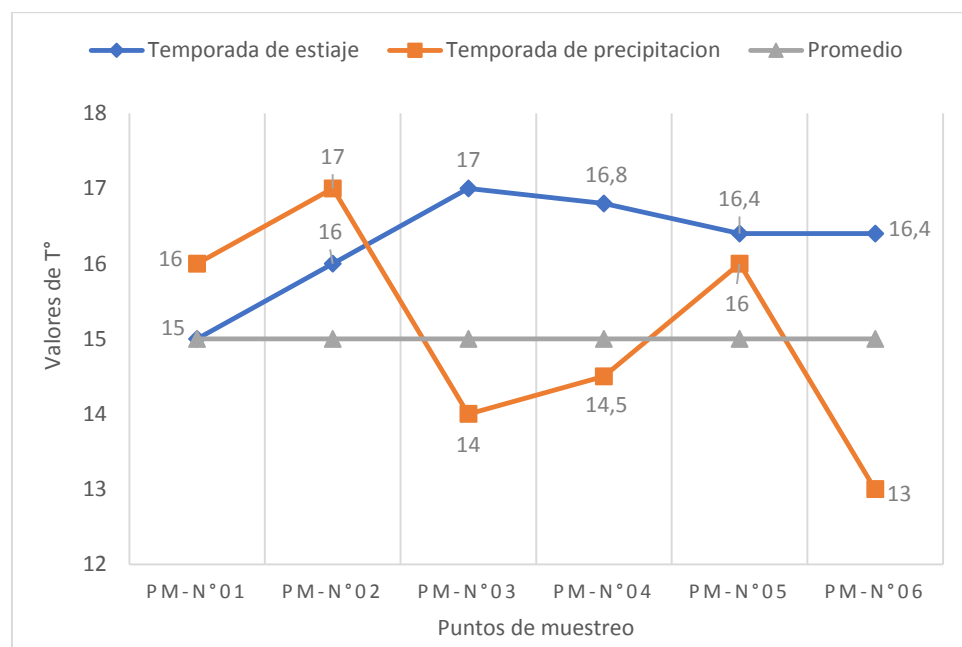


Figura N° 20: Temperatura °C.
Fuente: Elaboración propia.

V. CONCLUSIONES

- Según los resultados del trabajo de investigación sobre la presencia de metales tóxicos en el río Crucero se concluye que los siguientes elementos como: Fe supera los niveles máximos permisibles para efluentes mineros metalúrgicos en la época de estiaje en los puntos muestrales N°01, N°02 y N°04 con una concentración de 7.96 mg/L; 2.75 mg/L; 1.83 mg/L y en la temporada de precipitación también superan los niveles máximos permisibles en los siguientes puntos de muestreo N°01, N°02, N°03, N°06 con una concentración de 1.65 mg/L; 2.69 mg/L; 5.42 mg/L; 3.39 mg/L y en cuanto al elemento de Hg supera los niveles máximos permisibles en época de precipitación en los puntos de muestreo N°01, N°03, N°06 con una concentración de 0.00680 mg/L; 0.00193 mg/L; 0,00722 mg/L. También se encontraron elementos como: As, Cd, Cr, Pb, Cu y Zn que están por debajo de los niveles máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de las actividades minero – metalúrgicos. Establecido mediante el D.S N° 010-2010-MINAM.
- Se concluye que la contaminación del área en estudio es alta, debido a que algunos elementos como Fe y Hg se encuentran por encima de los estándares establecidos en algunas zonas del estudio realizado.
- Que habiendo realizado las evaluaciones de parámetros físico-químicos se concluye que el pH en temporada de estiaje y precipitación se encuentran con un valor promedio de 8,95 y 9,25 .Para la temperatura como medio indicador del muestreo de agua, se determinó los siguientes valores en promedio en época de estiaje y precipitación 13,60 °C; 15.08 °C y la conductividad de agua se encuentra con un valor promedio de 274.17 $\mu\text{S}/\text{cm}$; 289.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$, es el resultado del agua que discurre por terrenos graníticos y son generalmente menores a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

VI. RECOMENDACIONES

- Además de realizar estudios de investigación de análisis de metales tóxicos en aguas se recomienda análisis en micrófitos y sedimentos para verificar la presencia de otros elementos, que generalmente presentan bajas concentraciones.
- Realizar estudios de los ecosistemas de los principales ríos efluentes del lago Titicaca en las diferentes épocas del año hidrológico.
- Después de determinar la presencia de metales tóxicos en la zona de estudio, se recomienda establecer programas de minimización de los contaminantes más importantes y además fomentar una cultura de conservación del medio ambiente.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Adriano, D. (2001). *Trace elements in the terrestrial environment*. New York: Domy.
- Antonovics, J., Turner, R., & Bradshaw, A. (1971). *Heavy Metal Tolerance in Plants*. London y New York: J.B Cragg.
- Aquino, E. (2005). *Contaminación por mercurio y cianuro en el Distrito Minero de Ananea Puno*. Puno - Ananea: Reflexiones y Propuestas.
- Arambari, P., Cabrera, F., & Gonzáles Q., R. (1996). *Quality evaluatinof the surface waters entering the Doñana National Park*. En *The Sciencie of the total environmental* (págs. 185-196). Spain.
- Autoridad Binacional del Sistema Hidrico TDPS - Alt. (2011). *Apoyo a la gestion integrada y participativa del agua*. La paz: Rolac.
- Baran , J. (1995). *Quimica Bioinorganica*. España: S.A.
- Becerril, J., Barrutia, O., García, P., Hernández, A., Olano, J., & Garbisu, C. (2007). *Especies nativas de suelos contaminados por metales. Aspectos eco fisiologicos y su uso en fitorremediacion. Ecosistemas*.
- Bowen H., J. (1979). *Environmental Chemistry of the elements*. London: Academia Press.
- Calvo , C., Álvarez, B., Andrade, M., Marinero, P., & Bolado, S. (2003). *Contaminación por Arsénico en Aguas Subterráneas en la Provincia de Valladolid* (Vol. VI). Valladolid.
- Castorena T., F., Jarquín V., J., Sánchez Q., A., & Valdivia D. (07 de Agosto de 2001). *Latitud 200*. Obtenido de <http://www.latitud2000.com/node/304>
- Cornejo O., D., & Pacheco T., M. (2014). *Contaminación de aguas y sedimentos por as, Pb y hg de la cuenca del río Ramís, Puno – Perú*. (U. a. Altiplano, Ed.) Revista de Investigación. doi:ISSN 1997-4035.

- Domenech Antunez, X. (1995). *Química de la Hidrosfera: Origen y Destino de los Contaminantes*. Madrid: Miraguano.
- EPA. (1978). *In-depth Studies on Health and Environmental Impacts of Selected Water Pollutants*.
- Esparza, M. (1989). *Abatimiento de arsénico en aguas subterráneas para zonas rurales. Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Potabilización de aguas con arsénico y flúor (Vol. Tomo I)*. Aregentina.
- Föorstner, U., & Wittmann G., T. (1981). *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Foster, D., Newens, A., Kay, D., & Edwarson, J. (1995). *Risk factors in clinically diagnosed presenile dementia of the Alzheimer type: a case control study in northern England (Vol. 49)*. England: J. Epidemiol Community Health.
- García, I., & Dorronsoro, C. (2005). *Contaminación por metales pesados*. Universidad de Granada, Departamento de Edafología : En Tecnología de Suelos .
- Ginocchio, R., & Baker, A. (2004). *Metallophytes in Latin America: a remarkable biological and genetic resource scarcely known and studied in the region*. *SciELO*, 185-194.
- Gong, H., A.W., Suhr, & N.H. (1977). *The geochemistry of cadmium in some sedimentary rocks*. *Geochimica Cosmochimica Acta* 41. 41, 1687-1692.
- Gray, N. (1996). *Evaluación de campo de la contaminación ácida del drenaje de la mina en aguas superficiales y subterráneas*. En *Ambiental Geología* (págs. 358-361).
- Gulson, B. (1996). *Tooth analyses of sources and intensity of lead exposure in children*. *Environmental Health Perspectives*, 306-312.

- Gutierrez, A. (1997). *Concentraciones de metales pesados en la vegetación autóctona desarrollada sobre suelos del entorno de una mina abandonada Bubberca-Zaragoza*. En Boletín Geológico y Minero (págs. 69-74). Zaragoza.
- Klein, L., Lang, M., Nahs, N., & Kirschner, S. (1974). *Sources of metals in New York city waste water*. J. Water Pollution Control Fed. New York.
- Larsen, B., Grunert, & Poulsen. (2001). *La aceptación de alimentos funcionales en Dinamarca, Finlandia y los Estados Unidos. Un estudio de evaluaciones conjuntas de los consumidores de las cualidades de los alimentos funcionales y las percepciones de los factores generales de salud y culturales*. Dinamarca.
- Lewander, M. (1996). *Macrophytes as indicators of bioavailable*. En Applied Geochemistry (págs. 169-173). Copyright Elsevier Science Ltd.
- Lopez Arias, M., & Grau Corbí, J. (2005). *Metales pesados, materia orgánica y otros parámetros de la capa superficial de los suelos agrícolas y de pastos de la España Peninsular. II. Resultados por provincias*. Madrid: Libros INIA.
- Loring, D. (1991). *Normalization of heavy metals data of from stuarine and Coastal Sediment*. ICES, 101-115.
- Louis, & Missouri. (2005). *Universidad de San Luis en St. Louis, Missouri, Estados Unidos, y el Arzobispado de Huancayo*. Huancayo.
- Mark, L., Mcfarland, & Dozier, M. (2001). *Problemas del agua potable: El hierro y el manganeso*. Las publicaciones de Extensión del Sistema Universitario de Texas A&M. Obtenido de <http://tcebookstore.org>.
- Millán, R., Carpena, R., Schmid, T., Sierra, M., Moreno, E., Peñalosa, J., . . . Esteban, E. (2007). *Rehabilitación de suelos contaminados con mercurio: estrategias aplicables en el área de Almadén*. Redalyc, 1-11.
- Monroy, M., Díaz, B., Razo, I., & Carrizales, L. (15 de Junio de 2002). *Evaluación de la contaminación por arsénico y metales pesados (Pb, Cu, Zn) y análisis*

- de riesgo en salud en Villa de la Paz, Matehuala, S.L.P”, Cuad. Med. Forense 2004. Obtenido de ambiental.uaslp.mx/docs/FDByM.*
- Moriarty, F., & Hanson, H. (1988). *Heavy metals in sediments of the river Ecclesbourne*. En *Water Research* (págs. 475-480).
- OMS. (1979). *Biblioteca Virtual EM SAÚDE*. Ginebra: Livrotab. Obtenido de *Zoonosis parasitarias: informe de un comité de expertos de la OMS con la participación de la FAO*.
- Pain, D. (1995). Lead in the Environment. En D. Hoffman, B. Rattner, G. Burton, & J. Cairns, *Handbook of Ecotoxicology* (pág. 1312). Lives Publishers.
- Pendias, & Kabata, A. (2010). *Trace Elements in Soils and Plants*. Londres: CRC Press - Taylor & Fancis Group.
- Proctor, J., & Woodell, S. (2012). *The Plant Ecology of Serpentine: I. Serpentine Vegetation of England and Scotland*. En *Archives of Environmental Protection* (págs. 375-395). England: Journal of Ecology.
- Purves, D. (1977). *Trace Elements Contamination of the environment*. Amsterdam: Elsevier.
- Red, R., & Hayes, J. (2005). *Mechanisms of micronutrient uptake in plants*. Australian Plan Physiology. 659-666.
- Reeves, R. (2006). *Phytoremediation of Metal-Contaminated Soils*. Morel, Echevarria.
- Rodriguez, F. (2013). *Cuantificación de cadmio, plomo y níquel en agua superficial, sedimento y organismo (Mytella guyanensis) en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado (Guayaquil)*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Rosas, R., & Hermogenes. (2001). *Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat*. Universidad Politecnica Cataluña, Llobregat.

- Rubio, C., Gutiérrez , A., Martín, E., Revert C. , L., & Hardisson, A. (2003). *El plomo como contaminante alimentario*. Revista Toxicologica, 21, 72-80.
- Sedue. (1989). *Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad de Agua CE- CCA-001/89*. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (Vol. Tomo CDXXX). México.
- Seoáñez, C. (1998). *Contaminación de suelos: estudios, tratamiento y gestión*. London: Mundi Prensa.
- Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. (2001). *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal* (Vol. 1 N° 2). (S. C. Suelo, Ed., & S. C. Suelo, Trad.) Valdivia: Revistas Electrónicas UACH.
- Tam, N., & Wong, S. (1995). *Mangrove solids as sinks for wastewaterborne Pollutants*.
- Tchobanoglous, G., & Schroeder, E. (1985). *Water quality*. Addison Wesley publishing Company, Massachusetts. U.S.A.
- Turekian , K., & Wedepohl, K. (1961). *Distribution of the elements in Some Mayor Units of the Earth Crust*. En Geological Society of America Bulletin (págs. 175-192).
- Usero, J., Morillo, J., & Garcia, I. (1997). *Contaminación por metales en los sedimentos acuáticos*. Tecnología del Agua, 47-54.
- Valdez , F., & Cabrera , V. (1999). *Contaminación por metales pesados en Torreón Coahuila*. México: Texas Center for Policy Studies Ciladhac.
- White, K., & Tittlebaum, M. (1985). *Metal distribution and contamination in sediment*. J. Environ Engen.
- WHO. (2003). *Background document for development of World Health Organization Guidelines for Drinking water Quality*. World Health Organization .

Williamson, N., Johnson, M., & Bradshaw, A. (1982). *Mine Wastes Reclamation*.
London: Mining Journal Books.

ANEXOS

ANEXO A: RESULTADOS DEL PRIMER MUESTREO DE AGUA.

	Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.Ltda. Parq. Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado Arequipa. Telef. (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com	H.C.C. N°:	IIOJA: de
	CADENA DE CUSTODIA - AGUA	Código Reg: F-016-02 Aprob por: Jefe Monitoreo de Aguas	Versión: 07 Fecha Rev: 17/04/2017

Señores: **NERIO C. QUECAÑO MAMANI** RUC:

Dirección: **Jr. E JIMENES N3-13- AZANGARO** Proyecto/ Programa:

Atención: **NERIO C. QUECAÑO MAMANI**

Responsable del muestreo: **NERIO C. QUECAÑO MAMANI**

Teléfono: 951265158 e-mail: neriocosmemamani@gmail.com

Consultas:
Gerencia de Operaciones
 e-mail: las@laboratoriosanaliticosdelsur.com

Codigo LAS	Fecha	Hora	Matriz	Codigo de Campo	Nombre de la Muestra	Lugar de muestreo	Punto de muestreo y/o coordenadas UTM		N° frascos		Volumen total (L)
							Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	E: 391545 N: 841142	Plastic	Vidro	
A617000635	04-06-17	08:00	AGUAS RTO	A1	Agua Natural - Río Crucero	Puente Crucero Av. Limbanje / C/P	E: 391545 N: 841142	X			
A617000640	04-06-17	08:30	AGUAS RTO	A2	Agua Residual - Crucero	Crucero - Puno	E: 398902 N: 8411388	X			
A617000637	04-06-17	09:20	AGUAS RTO	A3	Agua Natural - Río Crucero	Zona Carlos Gutierrez	E: 373985 N: 8416554	X			
A617000639	04-06-17	11:00	AGUAS RTO	A4	Agua Natural - Río Crucero	Zona Canchuyo Grande / C/P	E: 364053 N: 8404909	X			
A617000638	04-06-17	12:30	AGUAS RTO	A5	Agua Natural - Río Crucero	Zona Chequesani / C/P	E: 363981 N: 8395408	X			
A617000636	04-06-17	13:30	AGUAS RTO	A6	Agua Natural - Río Crucero	Puente Say Antón / P/.	E: 357497 N: 8383357	X			

Recipiente(s) adecuado(s):
 Muestras recibidas intactas:
 Conservación de muestras:
 Condiciones transporte:

Campos para llenarse cuando se recepcionan las muestras en LAS

SI	NO	SI	NO
X			
X			
X			

Blanco viajero:
 Blanco de Campo:
 Duplicados:

Fecha de recepción: 05-06-2017
 Hora de recepción:
 Temperatura CV:

COOLFER

NOTA: Colocar el nombre de la muestra de acuerdo a como desea que aparezca en el informe de ensayo

Observaciones:



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS-17-02782

Pág: 1/4

Hoja de datos

Señores: NERIO COSME QUECAÑO MAMANI
 Dirección: Jr. E. Jimenez N3-13 Barrio Revolucion Azangaro Puno
 Atención: NERIO COSME QUECAÑO MAMANI
 Proyecto: Trabajo de Investigación
 Nro de muestras: 6
 Muestreo realizado por: Cliente: NERIO COSME QUECAÑO MAMANI
 Registro de muestreo: 197-17
 Procedimiento Aplicado: *Muestreado por cliente*
 Fecha de recepción: 05/06/2017
 Fecha de ensayo: 05/06/2017
 Fecha de emisión: 08/06/2017
 Condiciones de recepción de la muestra: Muestras debidamente conservadas
 Observaciones: Datos proporcionados por el cliente

Metodo de ensayo aplicado

*782 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -AES, Revision 4.4.

Cod Int. #	Nombre de muestra	Matriz de la muestra	Lugar de muestreo	Punto de muestreo y/o coordenadas: Coordenadas UTM Este / Norte	Fecha de inicio de muestreo	Hora de inicio de muestreo
AG17000635	1 AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	PUENTE CRUCERO DV.LIMBANI / CARABAYA / PUNO	E:391545 N:8411142	04/06/17	08:00 a.m.
AG17000636	6 AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	ZONA CCATUYO GRANDE / CARABAYA / PUNO	E:357497 N:8387357	04/06/17	09:20 a.m.
AG17000637	3 AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	PUENTE SAN ANTON, CARABAYA / PUNO	E:373985 N:8416554	04/06/17	11:00 a.m.
AG17000638	5 AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	ZONA CHOQUESANI / CARABAYA / PUNO	E:363981 N:8395408	04/06/17	12:30 p.m.
AG17000639	4 AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	ZONA CARLOS GUTIERREZ / CARABAYA / PUNO	E:364053 N:8404909	04/06/17	01:50 p.m.

Benito
 Oficina de Relaciones del Sur S.A.S.
 Ricardo Yáñez Neira
 Gerente General
 Teléfono: 054 444582

* <Valor numérico> = Limite de detección del método, * <Valor Numérico> = Limite de cuantificación del método.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS-17-02782

Hoja de resultados

08/06/2017

Pág.: 2/4

MT=metales totales

Código Interno #	Nombre de Muestra	*782 Ag MT mg/L	*782 Al MT mg/L	*782 B MT mg/L	*782 Ba MT mg/L	*782 Be MT mg/L	*782 Ca MT mg/L	*782 Cd MT mg/L	*782 Co MT mg/L	*782 Cr MT mg/L	*782 Cu MT mg/L
1 AG17000635	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	*<0,0024	2,75	*<0,0053	0,06768	0,000086	52,8	0,00429	0,002027	0,00841	*<0,002
6 AG17000636	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	*<0,0024	0,332	*<0,0053	0,07435	*<0,000079	64,7	0,00040	*<0,000094	0,00049	*<0,002
3 AG17000637	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	*<0,0024	0,292	*<0,0053	0,07493	*<0,000079	65,9	*<0,00011	*<0,000094	0,00069	*<0,002
5 AG17000638	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	*<0,0024	0,193	*<0,0053	0,07473	*<0,000079	60,2	*<0,00011	*<0,000094	0,00518	*<0,002
4 AG17000639	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	*<0,0024	0,804	*<0,0053	0,06081	*<0,000079	59,5	0,00122	*<0,000094	0,00877	*<0,002

[Handwritten Signature]
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Vicente L. López Neira
Gerente General
D. N. 19474

*<Valor numérico = Límite de detección del método, "Valor Numérico" = Límite de cuantificación del método.

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

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Tel: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS-17-02782

Hoja de resultados

08/06/2017

Pág.: 3/4

MT=metales totales

Código Interno #	Nombre de Muestra	*782 Fe MT mg/L	*782 K MT mg/L	*782 Li MT mg/L	*782 Mg MT mg/L	*782 Mn MT mg/L	*782 Mo MT mg/L	*782 Na MT mg/L	*782 Ni MT mg/L	*782 P MT mg/L	*782 Pb MT mg/L	*782 Sb MT mg/L
1 AG17000635	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	7,96	2,73	0,04653	11,38	0,30300	<0,00038	6,71	0,00918	0,1718	<0,0026	<0,00049
6 AG17000636	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	0,203	2,17	0,03059	11,88	0,03292	0,00150	6,46	0,00142	0,0460	<0,0026	<0,00049
3 AG17000637	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	0,163	2,78	0,10420	12,34	0,03551	<0,00038	9,69	0,00134	0,0089	<0,0026	<0,00049
5 AG17000638	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	<0,016	2,90	0,02746	12,04	0,02155	<0,00038	6,80	0,00224	0,0136	<0,0026	<0,00049
4 AG17000639	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	1,83	2,55	0,03631	11,45	0,09788	<0,00038	6,81	0,00433	0,0617	<0,0026	<0,00049

[Handwritten Signature]
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
RUC: 20100119474

*<Valor numérico = Límite de detección del método, **<Valor Numérico = Límite de cuantificación del método.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.
Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Tel: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS-17-02782

Hoja de resultados

08/06/2017

Pág.: 4/4

MT=metales totales

Código Interno #	Nombre de Muestra	*782 Se MT mg/L	*782 SiO ₂ MT mg/L	*782 Sn MT mg/L	*782 Sr MT mg/L	*782 Ti MT mg/L	*782 Ti MT mg/L	*782 V MT mg/L	*782 Zn MT mg/L
1	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	<0,002	18,13	<0,00085	0,2667	0,03328	<0,0013	0,00397	1,059
6	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	<0,002	9,841	<0,00085	0,3702	0,00813	<0,0013	<0,00014	0,0335
3	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	<0,002	8,588	0,00163	0,4179	0,00780	<0,0013	<0,00014	0,0177
5	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	<0,002	8,541	0,00157	0,3556	0,00615	<0,0013	<0,00014	0,0459
4	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	<0,002	12,59	<0,00085	0,3619	0,01319	<0,0013	0,00085	0,3083

[Handwritten Signature]
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Vicente L. J. J. J. J.
Gerente General
Quimen R.P. 19474

*<Valor numérico> = Límite de detección del método, **<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

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

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Tel: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS- 17-02782

Pág: 1/4

Hoja de datos

Señores:
Dirección:
Atención:
Proyecto: Trabajo de Investigación
Nro de muestras: 1
Muestreo realizado por: Cliente:
Registro de muestreo: 197-17
Procedimiento Aplicado: Muestreado por el cliente.
Fecha de recepción: 05/06/2017
Fecha de ensayo: 05/06/2017
Fecha de emisión: 05/06/2017
Condiciones de recepción de la muestra: Cooler
Observaciones: Datos proporcionados por el cliente.

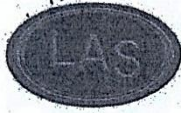
Método de ensayo aplicado

- *782 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4, Metales Totales
- *3015 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4, Arsénico Tot
- *3001 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4, Mercurio Tot

Cod. Interno L.A.S.	Nombre de muestra	Matriz de la muestra	Lugar de muestreo	Punto de muestreo y/o coordenadas Coordenadas UTM Este / Norte	Fecha de inicio de muestreo	Hora de inicio de muestreo
AG17000640	2 AGUA RESIDUAL	Agua Residual - Agua Residual Domestica	CRUCERO/PUNO	S:142200 O:700145	04/06/17	11:15 a.m.

[Firma]
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Número CIP 19474

*"Valor numérico" = Límite de detección del método, *"Valor Numérico" = Límite de cuantificación del método.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.
Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Tel: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS-17-02782

05/062017

Hoja de resultados

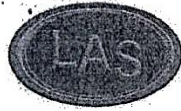
Pág.: 2/4

MT=metales totales

Cod. Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*782	*782	*3015	*782	*782	*782	*782	*782	*782	*782
		Ag	Al	As	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr
		MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
2 AG17000640	AGUA RESIDUAL	a<0.0024	0.060	0.0250	0.0386	0.07123	a<0.00079	40.5	0.00055	a<0.000090	0.00144

Seam
Laboratorio Analítico del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
C.R. 19474

*<Valor numérico> = Límite de detección del método, *<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.
Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS-17-02782

Hoja de resultados

05/06/2017

Pág.: 3/4

MT=metales totales

Cod. Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*782	*782	*3001	*782	*782	*782	*782	*782	*782	*782	*782
		Cu MT mg/L	Fe MT mg/L	Hg MT mg/L	K MT mg/L	Li MT mg/L	Mg MT mg/L	Mn MT mg/L	Mo MT mg/L	Na MT mg/L	Ni MT mg/L	P MT mg/L
2 AG17000840	AGUA RESIDUAL	0,0224	2.75	a<0.00041	19.5	0.01672	8.612	0.60112	0.00160	45.5	0.00405	5.967

[Handwritten Signature]
Laboratorios Analíticos del Sur S.A.S.
Sr. O. VICENTE CUEVAZ NEIRA
Gerente General
- - - - - 19274

"<Valor numérico" = Límite de detección del método, "Valor Numérico" = Límite de cuantificación del método.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.
Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS-17-02782

Hoja de resultados

05/06/2017

Pág.: 4/4

MT=metales totales

Cod. Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*782	*782	*782	*782	*782	*782	*782	*782	*782	*782
		Pb MT mg/L	Sb MT mg/L	Se MT mg/L	SiO ₂ MT mg/L	Sn MT mg/L	Sr MT mg/L	Tl MT mg/L	Tl MT mg/L	V MT mg/L	Zn MT mg/L
2 AG17000640	AGUA RESIDUAL	0.0120	a<0.00049	*<0,002	12.15	0.00256	0.1984	0.00563	*<0,0013	0.00075	0.0413

[Handwritten Signature]
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Andrés Vicentín Juárez Neira
Gerente General
R.L.R. 11.07.19474

*<Valor numérico = Límite de detección del método, *<Valor Numérico = Límite de cuantificación del método.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.
Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

ANEXO B: RESULTADOS DEL SEGUNDO MUESTREO DE AGUA.

	Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.Ltda. Parq. Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado Arequipa. Teléf. (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com	H.C.C. N°: _____ de _____	CADENA DE CUSTODIA - AGUA	Código Reg: F-016-02 Aprob por: Jefe Monitoreo de Aguas Fecha Rev: 17/04/2017	Versión: 07
Señores: NERIO C. QUECAÑO MAMANI RUC: _____ Dirección: JR E JIMENEZ N°-13 - AZAÑUERO Atención: NERIO C. QUECAÑO MAMANI Responsable del muestreo: NERIO C. QUECAÑO MAMANI		Teléfono: 95265158 e-mail: neriocosmepmami@gmail.com Consultas: Gerencia de Operaciones e-mail: ias@laboratoriosanaliticosdelsur.com			
Proyecto/ Programa: _____ Muestra(s): _____ Puntual(es) para formar compuesto: _____ Puntual(es): <input checked="" type="checkbox"/> _____ Composito(s): _____					

Codigo LAS	Fecha	Hora	Matriz	Código de campo	Nombre de la Muestra	Lugar de muestreo		Punto de muestreo y/o coordenadas UTM	N° frascos		Volumen Total (l)
						Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.			Plastic	Vidrio	
AG18000066	21-01-18	10:45	ASU5 PTO	A1	Crucero	Puente Crucesno. Sr. Limboni, Carabaya / P.	E: 391545 N: 8411142		X		625ml
AG18000071	21-01-18	11:40	ASU5 PTO	A2	Agua Residual - C	Crucero / Puerto	E: 398902 N: 8411388		X		625ml
AG18000068	21-01-18	12:43	ASU5 PTO	A3	C. G. C	Zona at los Gutierrez / C. / P.	E: 373985 N: 8416554		X		625ml
AG18000070	21-01-18	13:00	ASU5 PTO	A4	CC. G. C	Zona Ccctayo Grande / C. / P.	E: 364053 N: 8404909		X		625ml
AG18000069	21-01-18	13:30	ASU5 PTO	A5	C. S. A	Zona Chojasani / C. / P.	E: 363981 N: 8395408		X		625ml
AG18000071	21-01-18	14:00	ASU5 PTO	A6	S. A	Puente San Antonio / P.	E: 357497 N: 8387357		X		625ml

NOTA: Colocar el nombre de la muestra de acuerdo a como desea que aparezca en el informe de ensayo

Campos para llenarse cuando se recepcionan las muestras en LAS

SI	NO	SI	NO
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recipiente(s) adecuado(s):		Blanco viajero:	
Muestras recibidas intactas:		Blanco de Campo:	
Conservación de muestras:		Duplicados:	
Condiciones transporte:		COOLIER	

Fecha de recepción: 22-01-2018
 Hora de recepción: _____
 Temperatura CV: _____



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS-18-00539

Pág: 1/4

Hoja de datos

Señores: NERIO COSME QUECAÑO MAMANI
 Dirección: Jr. E. Jimenez N3-13 Barrio Revolución Azangaro Puno
 Atención: NERIO COSME QUECAÑO MAMANI
 Proyecto:
 Nro de muestras: 6
 Muestreo realizado por: Cliente: NERIO COSME QUECAÑO MAMANI
 Registro de muestreo: 023-18
 Procedimiento Aplicado: Muestreado por el cliente.
 Fecha de recepción: 22/01/2018
 Fecha de ensayo: 22/01/2018
 Fecha de emisión: 26/01/2018
 Condiciones de recepción de la muestra: Cooler
 Observaciones: Datos proporcionados por el cliente.

Metodo de ensayo aplicado

*782 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales
 *3015 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico Tot
 *3001 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio Tot

Cod. Interno L.A.S.	Nombre de muestra	Matriz de la muestra	Lugar de muestreo	Punto de muestreo y/o coordenadas Coordenadas UTM Este / Norte	Fecha de inicio de muestreo	Hora de inicio de muestreo
AG18000066	1 CRUCERO	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	PUENTE CRUCERO DV.LIMBANI / CARABAYA / PUNO	E:391545 N:8411142	21/01/18	10:45 a.m.
AG18000067	6 C. G. - C	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	ZONA CARLOS GUTIERREZ / CARABAYA / PUNO	E:357497 N:8387357	21/01/18	12:43 p.m.
AG18000068	3 CC. G. - C	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	ZONA CCATUYO GRANDE / CARABAYA / PUNO ,	E:373985 N:8416554	21/01/18	01:00 p.m.
AG18000069	5 C. - SA	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	ZONA CHOQUESANI / CARABAYA / PUNO .	E:363981 N:8395408	21/01/18	01:30 p.m.
AG18000070	4 S.A.	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	PUENTE SAN ANTON CARABAYA / PUNO .	E:364053 N:8404909	21/01/18	02:00 p.m.
AG18000071	2 AGUA RESIDUAL	Agua Residual - Agua Residual Domestica	CRUCERO / PUNO	S:142200 O:700145	21/01/18	11:40 a.m.

[Firma]
 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Sixto Vicente Juárez Neira
 Gerente General
 Número CIP 19474

^a<Valor numérico> = Límite de detección del método, ^b<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS-18-00539

Hoja de resultados

26/01/2018

Pág.: 2/4

MT=metales totales

Cod. Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*782 Ag MT mg/L	*782 Al MT mg/L	*3015 As MT mg/L	*782 B MT mg/L	*782 Ba MT mg/L	*782 Be MT mg/L	*782 Ca MT mg/L	*782 Cd MT mg/L	*782 Co MT mg/L	*782 Cr MT mg/L
AG18000066	1 CRUCERO	<0,0024	1,03	0,0079	0,0686	0,05318	0,000308	34,5	0,00061	0,007375	0,00192
AG18000067	6 C. G. - C	<0,0024	1,96	0,0061	0,0818	0,07737	0,000476	41,6	0,00141	0,008712	0,00055
AG18000068	3 CC. G. - C	<0,0024	3,97	0,0035	0,0441	0,16934	0,000583	36,1	0,00198	0,008643	0,00717
AG18000069	5 C. - SA	<0,0024	0,602	<0,0012	0,0314	0,06669	0,000117	36,4	<0,00011	0,001200	<0,00039
AG18000070	4 S.A.	<0,0024	0,594	<0,0012	0,0672	0,06942	0,000140	41,3	<0,00011	0,000649	0,00059
AG18000071	2 AGUA RESIDUAL	<0,0024	0,045	0,0206	0,0370	0,06146	<0,000079	37,2	0,00038	<0,000094	0,00132

Sexto
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sexto Vicente Juárez Neira
Gerente General
D. N.º 19474

"<Valor numérico" = Límite de detección del método, "Valor Numérico" = Límite de cuantificación del método.

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

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Tel: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS-18-00539

Hoja de resultados

26/01/2018

Pág.: 3/4

MT=metales totales

Cod. Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*782	*782	*3001	*782	*782	*782	*782	*782	*782	*782	*782
		Cu MT mg/L	Fe MT mg/L	Hg MT mg/L	K MT mg/L	Li MT mg/L	Mg MT mg/L	Mn MT mg/L	Mo MT mg/L	Na MT mg/L	Ni MT mg/L	P MT mg/L
AG18000066	1 CRUCERO	0,0224	1,65	0,00680	1,74	0,02447	7,642	0,28164	0,00136	4,99	0,02065	0,0739
AG18000067	6 C. G. - C	0,0251	3,39	0,00722	1,85	0,02654	8,772	0,23827	*<0,00038	5,04	0,01692	0,1718
AG18000068	3 CC. G. - C	0,0294	5,42	0,00193	2,15	0,03026	8,238	0,29183	0,00063	4,35	0,01555	0,2360
AG18000069	5 C. - SA	0,0230	1,09	*<0,00041	1,67	0,01983	7,328	0,08600	*<0,00038	4,15	0,00655	0,0521
AG18000070	4 S.A.	0,0265	1,12	*<0,00041	1,80	0,04419	7,824	0,08314	0,00313	5,04	0,00526	0,0499
AG18000071	2 AGUA RESIDUAL	0,0229	2,69	*<0,00041	18,5	0,01167	8,513	0,58893	0,00147	51,0	0,00321	5,767

[Handwritten Signature]
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sr. Vicente Juárez Neira
Gerente General
RIP 19274

^a<Valor numérico = Límite de detección del método, ^b<Valor Numérico = Límite de cuantificación del método.

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

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS-18-00539

Hoja de resultados

26/01/2018

Pág.: 4/4

MT=metales totales

Cod. Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*782 Pb	*782 Sb	*782 Se	*782 SiO ₂	*782 Sn	*782 Sr	*782 Ti	*782 TI	*782 V	*782 Zn
		MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG18000066	1 CRUCERO	0,0104	0,00507	<0,002	9,227	<0,00085	0,1946	0,01261	<0,0013	0,00087	0,2117
AG18000067	6 C. G. - C	0,0137	<0,00049	<0,002	10,95	<0,00085	0,2585	0,02083	<0,0013	0,00275	0,3378
AG18000068	3 CC. G. - C	0,0235	<0,00049	<0,002	14,46	0,00188	0,1927	0,03471	<0,0013	0,00632	0,2065
AG18000069	5 C. - SA	0,0060	0,00060	<0,002	8,340	<0,00085	0,1792	0,00905	<0,0013	<0,00014	0,1046
AG18000070	4 S.A.	0,0091	<0,00049	<0,002	8,547	<0,00085	0,2361	0,00977	<0,0013	0,00063	0,0991
AG18000071	2 AGUA RESIDUAL	0,0109	<0,00049	<0,002	11,08	0,00206	0,1686	0,00437	<0,0013	0,00063	0,0363

[Handwritten Signature]
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Lic. Vicente Juárez Neira
Gerente General
PUNO - 19474

^m<Valor numérico> = Límite de detección del método, ^M<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

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

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

ANEXO D: FOTOS



Foto N°01: Aspectos del río en época de estiaje.



Foto N°02: Aspectos del río en época de precipitación.



Foto N°03: Muestreo de agua.