

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**EFFECTOS DE LOS RELAVES MINEROS EN LA CALIDAD DEL  
AGUA DEL RÍO ANANEA – PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**DEYVI CRISTIAN PARI HUAQUISTO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PUNO – PERÚ**

**2017**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

EFFECTOS DE LOS RELAVES MINEROS EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL  
RÍO ANANEA – PUNO

TESIS PRESENTADA POR:  
DEYVI CRISTIAN PARI HUAQUISTO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRÍCOLA



APROBADA POR EL JURADO SUPERVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:

  
D. Sc. GERMAN BELIZARIO QUISPE

PRIMER MIEMBRO:

  
M. Sc. TEÓFILO CHIRINOS ORTIZ

SEGUNDO MIEMBRO:

  
M. Sc. JOSÉ ANTONIO MAMANI GÓMEZ

DIRECTOR / ASESOR:

  
Mg. ROBERTO ALFARO ALEJO

Área : Ingeniería y Tecnología  
Tema : Gestión de riesgos y vulnerabilidad ambiental  
Línea : Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 15-12-2017

## DEDICATORIA

*A Dios padre supremo, el ser divino que me acompaña en todo momento.*

*A mis amados padres, Rogelio y Martina en virtud a su inagotable labor por forjarme en  
mi formación profesional.*

*A mi hermano Ludwin Joel y familiares por su cariño y apoyo incondicional.*

## AGRADECIMIENTO

*En gratitud a la Universidad Nacional del Altiplano. En especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, mi alma mater que me concedió la oportunidad de haberme formado profesionalmente.*

*A mi Director de tesis Mg. Roberto Alfaro Alejo, por su acertada dirección y continuo apoyo en este trabajo.*

*A mis jurados de tesis, D.Sc. Germán Belizario Quispe, M.Sc. Teófilo Chirinos Ortiz, M.Sc. José Antonio Mamani Gómez y al M.Sc. Dalmiro Cornejo Olarte por su apoyo académico y profesional para el desarrollo del presente trabajo de investigación.*

*Un agradecimiento extensivo, a toda mi familia; tíos, primos, amigos, compañeros de estudios y compañeros de trabajo, que de una u otra manera me motivaron y contribuyeron en la ejecución y culminación del presente trabajo.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN .....</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>13</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
1.1. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	14
1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	16
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	17
1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	17
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
2.1. MARCO REFERENCIAL (ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN).....	18
2.2. MARCO TEÓRICO.....	22
2.2.1. CONTAMINACIÓN .....	22
2.2.2. NATURALEZA DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA .....	22
2.2.3. CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	23
2.2.4. CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y SU ACCIÓN SOBRE LA SALUD.....	23
2.2.5. PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AGUA .....	24
2.3. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN EN LA POBLACIÓN POR METALES PESADOS .....	24
2.3.1. METALES PESADOS.....	24
2.3.2. RIESGOS A LA SALUD POR METALES PESADOS .....	25
2.2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS METALES PESADOS Y SUS EFECTOS .....	26
2.4. PARÁMETROS FÍSICOS.....	31

2.4.1.	TEMPERATURA.....	31
2.4.2.	PH .....	32
2.4.3.	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	34
2.4.4.	ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) Y LÍMITES MÁXIMO PERMISIBLES (LMP) .....	34
2.4.5.	ESPECTROMETRÍA DE EMISIÓN ATÓMICA .....	37
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
3.1.	ÁREA DE ESTUDIO .....	39
3.1.1.	UBICACIÓN POLÍTICA DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	39
3.1.2.	UBICACIÓN HIDROGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	40
3.2.	DISEÑO DE MUESTREO.....	41
3.2.1.	MATERIALES .....	42
3.3.	METODOLOGÍA POR OBJETIVOS .....	43
3.3.1.	DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS .....	43
3.3.2.	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO MÁS CRÍTICO Y VULNERABLE A LA CONTAMINACIÓN.....	47
3.3.3.	DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS QUE PRODUCE LA CONTAMINACIÓN .....	47
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>50</b>
4.1.	CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LAS AGUAS DEL RÍO ANANEA.....	50
4.1.1.	CONCENTRACIONES QUÍMICAS DE AGUA .....	51
4.2.	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO MAS CRÍTICO A LA CONTAMINACIÓN .....	59
4.2.1.	CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS.....	59
4.2.2.	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	60
4.2.3.	POTENCIAL DE HIDRÓGENO (PH).....	62
4.3.	EFFECTOS QUE OCASIONAN LA CONTAMINACIÓN EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RÍO ANANEA.....	63
4.3.1.	EN LA SALUD DE LAS PERSONAS .....	63
4.3.2.	EN LOS ANIMALES .....	64
4.3.3.	EN LOS PECES .....	64

4.3.4.	EN LAS PLANTAS ACUÁTICAS .....	65
4.3.5.	EN LAS TIERRAS DE CULTIVO .....	65
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>67</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>68</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>69</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>74</b>
8.1.	PANEL FOTOGRÁFICO.....	74
8.2.	RESULTADOS DE LABORATORIO .....	78
8.2.1.	ÉPOCA DE AVENIDA (MARZO – 2017) .....	78
8.2.2.	ÉPOCA DE ESTIAJE (JUNIO-2017) .....	88
8.3.	PLANO DE UBICACIÓN.....	98

**INDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Explotación minera en la micro cuenca Alto Azángaro (Río Ananea) .....	20
Figura 2: Medición del pH del agua en los puntos de muestreo realizados.....	32
Figura 3: Rango de pH (potencial de hidrógeno) para algunas sustancias. ....	33
Figura 4: Identificación de los ECAs y LMPs. ....	37
Figura 5: Micro cuenca Alto Azángaro (río Ananea). ....	39
Figura 6: Cuenca del río Azángaro (nivel 4 según metodología Pfafstetter).....	40
Figura 7: Unidad hidrográfica 01 (Titicaca), según metodología Pfafstetter. ....	41
Figura 8: Toma de muestras y recolección de datos realizados en los puntos de muestreo en el río Ananea. ....	44
Figura 9: Ubicación satelital de los puntos de muestreo realizados. ....	45
Figura 10: Equipo de laboratorio para la determinación de metales pesados por el método de Espectrometría de Emisión Atómica de la UCSM - Arequipa. ....	46
Figura 11: Ficha de encuesta realizada a la población aledaña afectada. ....	49
Figura 12: Concentración de Aluminio en los puntos de muestreo según los ECAs para aguas. ....	51
Figura 13: Concentración de Arsénico en los puntos de muestreo según los ECAs para aguas. ....	52
Figura 14: Concentración de Cadmio en los puntos de muestreo según los ECAs para aguas. ....	54
Figura 15: Concentración de Cromo en los puntos de muestreo según los ECAs para aguas. ....	55
Figura 16: Concentración de Hierro en los puntos de muestreo según los ECAs para aguas. ....	56
Figura 17: Concentración de Manganeso en los puntos de muestreo según los ECAs para aguas. ....	57



Figura 18: Concentración de Plomo en los puntos de muestreo según los ECAs para aguas. .....	58
Figura 19: Concentración de Aluminio en los puntos de muestreo según los ECAs para aguas. .....	59
Figura 20: Identificación del punto más crítico y vulnerable según los metales pesados. ...	60
Figura 21: Línea de tendencia de la conductividad eléctrica en función a los puntos de muestreo.....	61
Figura 22: Conductividad eléctrica en la sub cuenca Azángaro. ....	61
Figura 23: Línea de tendencia del pH en función a los puntos de muestreo. ....	62
Figura 24: Laguna de Sillacunca, nacimiento de las aguas del río Ananea. (Micro cuenca Alto Azángaro).....	74
Figura 25: Medición del pH de agua en el punto de muestreo M-2 del río Ananea.....	74
Figura 26: Toma de muestras realizadas en el punto de muestreo M-3 (puente Desvió Cruce). .....	75
Figura 27: Fin de las tomas de muestra realizadas en los cinco puntos de muestreo (Alquiler de camioneta 4x4).....	75
Figura 28: Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la Universidad Católica de Santa María – Arequipa. ....	76
Figura 29: Equipo de Espectrometría de Emisión Atómica (Determinación de metales totales).....	77

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Categoría de los ECAs para aguas según su tipo de uso, 07 de junio del 2017. ....	35
Tabla 2: Estándares de calidad ambiental (ECA) para aguas de clase I y clase III. ....	46
Tabla 3: Población afectada encuestada según la zona donde vive. ....	48
Tabla 4: Concentración de metales pesados vs los ECAs durante la época de avenida. ....	50
Tabla 5: Concentración de metales pesados vs los ECAs durante la época de estiaje ....	51
Tabla 6: Efectos que ocasiona la contaminación en la salud de las personas. ....	63
Tabla 7: Efectos que ocasiona la contaminación en los animales. ....	64
Tabla 8: Efectos que se producen en los peces. ....	64
Tabla 9: Efectos que ocasiona la contaminación en las plantas acuáticas. ....	65
Tabla 10: Efectos que ocasiona la contaminación en las tierras de cultivo. ....	65

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

$\mu\text{S/cm}$	:	Micro siems por centímetro
Al	:	Aluminio
ANA	:	Autoridad Nacional del Agua
As	:	Arsénico
Cd.	:	Cadmio
CND	:	Conductividad eléctrica
Cr	:	Cromo
D.S.	:	Decreto supremo
ECA	:	Estándares de calidad ambiental.
EIA	:	Evaluación del Impacto Ambiental
EPA -APA	:	Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental)
FAO	:	Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
Fe	:	Hierro
Hg	:	Mercurio
LMP	:	Límites máximos permisibles
Mg.	:	Miligramo
Mg/l.	:	Miligramo por litro
MINAM	:	Ministerio del ambiente
Mn	:	Manganeso
OMS	:	Organismo mundial de salud
Ppm	:	partes por millón
Pb	:	Plomo
pH	:	Potencial de hidrogeno
UTM	:	Universal terminator marcator
UH	:	Unidad hidrográfica
Zn	:	Zinc

## RESUMEN

La cuenca del río Ramis es el tributario más grande de la cuenca hidrográfica del Titicaca y se ubica en el departamento fronterizo de Puno, por lo mismo las actividades que se realiza en la cabecera de la cuenca (río Ananea) viene deteriorando de manera alarmante esta parte de la cuenca. El presente trabajo de investigación tiene por objetivo evaluar los efectos (de acuerdo a los ECAs para aguas) por derrame de relaves mineros en la calidad del agua del río Ananea (micro cuenca Alto Azángaro) los cuales contienen metales pesados. Para lo cual se aplicó técnicas como la toma de muestras de agua superficial en cinco puntos estratégicos, programando dos campañas de muestreo; una en épocas de avenida (Marzo) y otra en épocas de estiaje (Junio). Las concentraciones de metales pesados se determinaron por el método de Espectrometría de Emisión Atómica EPA METHOD 200.7 en el Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bilógicas y Biotecnológicas de la Universidad Católica de Santa María – Arequipa; los resultados muestran que las concentraciones más altas se registraron en el punto de muestreo M-1 con Aluminio en 96.780 mg/l y Hierro en 131.900 mg/l. para la época de estiaje y similar en la época de avenidas con concentraciones más altas en el punto de muestreo M-1 con Aluminio en 41.416 mg/l y Hierro en 63.785 mg/l. Estas concentraciones se encuentran muy por encima de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas. Del mismo modo se identificó el punto más crítico y vulnerable a la contaminación en el área de estudio con los metales pesados que están por encima de los ECAs, teniendo el punto de muestreo M-1 como el más crítico por metales. Así mismo se aplicó técnicas como la encuesta para lo cual se elaboró una ficha de preguntas para la población aledaña de acuerdo a las actividades que se realizan en esta parte de la cuenca, obteniendo datos para la determinación de los efectos que causa la contaminación minera a la vida aledaña. En conclusión la calidad de las aguas del río Ananea se encuentran contaminadas por la presencia de metales pesados y estas vienen causando efectos negativos a toda la vida aledaña que se encuentra en el área de estudio.

**Palabras Clave:** Aguas superficiales, contaminación minera, metales pesados, efectos, calidad del agua.

### ABSTRACT

The Ramis river basin is the largest tributary of the Titicaca watershed and is located in the border department of Puno, therefore the activities carried out in the headwaters of the basin (Ananea River) have been deteriorating alarmingly, part of the basin. The objective of this research work is to evaluate the effects (according to the ECAs for waters) of mining tailings spills in the water quality of the Ananea River (micro basin of Alto Azángaro) which contain heavy metals. To which end, techniques such as the sampling of surface water at five strategic points were applied, programming two sampling campaigns; one in times of avenue (March) and another one in times of low water (June). The concentrations of heavy metals were determined by the method of Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7 in the Laboratory of Testing and Quality Control of the Faculty of Pharmaceutical, Biological and Biotechnological Sciences of the Catholic University of Santa María - Arequipa; The results show that the highest concentrations were recorded at the sampling point M-1 with Aluminum at 96,780 mg / l and Iron at 131,900 mg / l. for the dry season and similar at the time of floods with higher concentrations at the sampling point M-1 with Aluminum at 41,416 mg / l and Iron at 63,785 mg / l. These concentrations are well above the Environmental Quality Standards (ECA) for waters. In the same way, the most critical and vulnerable point to contamination in the study area was identified with the heavy metals that are above the ECAs, with the M-1 sampling point being the most critical for metals. Likewise, techniques such as the survey were applied, for which a questionnaire was drawn up for the surrounding population according to the activities carried out in this part of the basin, obtaining data for the determination of the effects caused by mining pollution. the surrounding life. In conclusion, the quality of the waters of the Ananea River are contaminated by the presence of heavy metals and these are causing negative effects to all surrounding life that is in the study area.

**Keywords:** Surface water, mining pollution, heavy metals, effects, water quality.

## I. INTRODUCCIÓN

El río Ananea es uno de los tributarios de la cuenca del río Ramis, durante su trayectoria, atraviesa varias zonas cuyo desarrollo prioritario está conformado por diversas actividades humanas, poseyendo recursos naturales que permiten la explotación minera (en su mayoría la aurífera); además de la actividad ganadera, la agricultura y la pesquera en la parte baja del río y poblacional en todo su recorrido. En toda la ribera existen centros poblados que hacen uso poblacional del agua, ya sea para su consumo, para sus animales y también para el riego de sus sembríos y pastos cultivados, alimentados estos sistemas en algunas zonas por aguas del río Ananea.

El mundo hoy en día afronta una serie de problemas ecológicos, siendo la contaminación uno de los que causan mayor impacto a los diferentes organismos; definiéndose a esta como el factor que causa la modificación de las características físicas, químicas y biológicas del ambiente (Campos, 1990).

El río Ananea es parte de la microcuenca Alto Azángaro y se encuentra ubicada en el departamento fronterizo de Puno, su origen: nacen sus aguas en la laguna de Sillacunca en el distrito de Ananea (San Antonio de Putina) discurre por el distrito de Cuyocuyo (Sandia), mientras pasa por el distrito de Crucero (Carabaya) ya con el nombre de río Crucero. El presente estudio caracteriza los efectos en la contaminación en la calidad de las aguas del río Ananea, que se incidió principalmente en la identificación de la contaminación mediante indicios presenciales en la zona (explotación minera), haciendo uso de técnicas como la toma de muestra de aguas y la realización de encuestas a la población aledaña en diferentes sectores del mismo (cinco puntos estratégicos), para su respectivo análisis químico y determinación del grado de contaminación por diferentes componentes metálicos pesados y sus efectos en la vida aledaña a la micro cuenca, como es la flora y fauna del lugar.

### 1.1. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Actualmente en nuestra región y el país, es vital considerar, el tema de la conservación de nuestro medio ambiente. Muchos proyectos de inversión productiva y social, nacionales e

internacionales, debido a la apertura de inversiones en nuestro país, hacen su ingreso a zonas donde sólo existen agricultura pesca y ganadería, realizando estudios de exploración y explotación de los recursos naturales, ya sea formal o informalmente; pero cabe hacernos interrogantes: ¿Consideran estas empresas estudios de impacto ambiental en sus proyectos? ¿Y si lo hacen, la respetan como está normado en la legislación del país? ¿Tomando en cuenta los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y/o los Límites Máximo Permisibles (LMP)?.

En ese entender, el tema de investigación nace de la observación y vivencia personal que data desde aproximadamente 15 años, tiempo en donde se incrementó el movimiento de grandes extensiones de terreno con la inclusión de maquinaria pesada en esta parte de la microcuenca Alto Azángaro (Río Ananea), constituyéndose así tierras de cultivo contaminadas e infértiles. Entonces el presente trabajo de investigación busca generar y proporcionar información actualizada de la zona de estudio.

## **1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Los indicadores importantes que dan caracterización a la situación actual de las condiciones en que se encuentra el río Ananea lo constituyen las tierras de cultivo contaminadas e infértiles, las aguas de la vertiente natural del lago Titicaca, que en su cauce arrastran ingentes cantidades de sustancias químicas producto de las actividades mineras en todo el área de estudio, las mismas que conllevan a bajos estándares de vida en la población afectada, como también a tener una corta esperanza de vida; estos indicadores confluyen en el menoscabo de la salud de la población que se manifiesta en la aparición de enfermedades gastrointestinales, neurológicas y pulmonares; además, de la muerte súbita de algunas especies animales mayores y menores; como también de la extinción de plantas acuáticas (fitoplancton) y terrestres que sirven de sustento tanto para los animales como para el hombre.

Se conoce que en nuestro país las normas sobre prevención de la contaminación del medio ambiente son insuficientes, no regulan las actividades mineras, agrícolas e industriales; es por ello que en el sector mencionado en el presente estudio, se han contaminado de forma alarmante y progresiva las aguas de los ríos afluentes del lago Titicaca. Debido a ello, el

problema es mayor para la población que utiliza el recurso natural agua, vital para el consumo humano y para usos secundarios durante sus actividades como: el consumo de sus animales domésticos, los cultivos que requieren de este líquido elemental, los animales menores que habitan cerca de su vertiente, los peces típicos que son fuente de alimentación y empleo del poblador y las plantas acuáticas, alimento de sus animales domésticos (vacunos, ovinos) relacionándose éstos directamente con sus aguas.

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿La actividad minera informal en el río Ananea, provoca la contaminación (por metales pesados) de sus aguas y afecta la salud de la vida aledaña al río?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

1. ¿La concentración de metales pesados en el río Ananea sobrepasa los ECAs ocasionando contaminación en la flora y fauna aledaña?
2. ¿Hay puntos críticos en la ribera del río Ananea producto de las actividades mineras y estas provocan insalubridad en la población?
3. ¿Los efectos que causan la contaminación minera a las aguas del río Ananea son factores de insalubridad en la vida aledaña?

## **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el grado de contaminación por metales pesados en las aguas superficiales del río Ananea y sus efectos en la vida aledaña



### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar la concentración de metales pesados (sólidos metálicos suspendidos) en las aguas del río Ananea, según los ECAs para aguas.
2. Identificar el punto más crítico y vulnerable a la contaminación según los datos obtenidos en los puntos de muestreo realizados.
3. Determinar los efectos que causan la contaminación minera a la vida aledaña del río Ananea.

### **1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La actividad minera que se realiza aledaño al río Ananea ocasiona la contaminación (con metales pesados) de sus aguas, lo cual tiene efectos negativos en los estándares de vida de la población aledaña al río.

#### **1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

1. La concentración de metales pesados supera los ECAs para aguas según los estándares nacionales de calidad ambiental, lo cual es cuantificable en laboratorio por el método de espectrometría de emisión atómica.
2. El nacimiento de las aguas del río Ananea es el punto más crítico; puesto que la laguna que lo alimenta almacena y libera diversos agentes contaminantes que son producto de la actividad minera.
3. Los efectos se producen a causa de la contaminación minera por sustancias metálicas pesadas y son factores de insalubridad en la población aledaña al río Ananea.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. MARCO REFERENCIAL (ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN).

En Veracruz México, se realizó estudios con relación a la calidad del agua en los estados de Puebla y Veracruz, entre los meses de noviembre del 2009 a marzo del 2010, se tomaron 91 muestras de agua. Se analizaron el potencial hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), As y metales pesados totales: Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn. Los metales pesados se determinaron mediante el uso de in ICP (Inductively Coupled Plasma) una metodología que recomienda la EPA (Environmental Protection Agency) y APHA (American Public Health Association). Se comparó la calidad del agua superficial con los criterios de la NOM-001-ECOL-1996, de EPA (1986). Los resultados mostraron valores bajos en la concentración de metales pesados en agua para riego agrícola y uso urbano, no así, para el criterio de consumo humano, pues 50% de las muestras tomadas presentaron concentraciones por encima de los límites permisibles para Cd, 20% para Hg y 2% para Pb. Se concluyó que el agua superficial no presenta riesgos para riego agrícola. La mayor concentración y dispersión la presentó el As con valores de 0.0 a 0.78 mg/l, mientras que la menor con 0.0 a 0.03 mg/l, fue para el Hg. (Mancilla, *et al.* 2012).

En Colombia, *Ortiz, et.al. (2012)*, centraron su interés en evaluar en época lluviosa y en período seco la concentración de elementos mayores (Na, K, Ca, Mg) y de metales pesados (Cd, Cr, Pb, Hg), en las aguas y sedimentos del río Magdalena. La cuantificación de estas entidades químicas se realizó a través de espectroscopia de absorción atómica. Se encontró que los atributos de calidad y contaminación del agua en todos los puntos muestreados evidenciaron un agua poco recomendable para el consumo humano, al plomo como el mayor contaminante de éstas, al índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS). Esta investigación se convierte en un punto de apoyo importante para posteriores estudios sobre monitoreo, biorremediación y toma de medidas integrales para la protección ambiental del río Magdalena.

En Costa Rica, *Herrera. et.al. (2012)*, realizó determinaciones de cadmio, plata, selenio, estaño, níquel, cromo, cobre, boro, zinc mercurio, bario, plomo, manganeso, arsénico y aluminio realizados en aguas y sedimentos superficiales del sector medio del río Pirro (Costa

Rica), indicaron que las concentraciones de los elementos analizados fueron muy elevadas en todos los sectores de muestreo seleccionados. Inclusive, la distribución de los elementos no fue homogénea ni presentó un patrón geográfico marcadamente definido, probablemente debido a la existencia de vertidos de aguas residuales sin previo tratamiento, a la infiltración de aguas negras y al desarrollo de actividades agrícolas, metalúrgicas y metalmeccánicas a lo largo del micro cuenca.

Para estudios a nivel nacional, *Huaranga, et.al. (2012)*, realizaron estudios en la concentración de metales pesados presentes en aguas, suelos y cultivos de la cuenca alta, media y baja del río Moche, se realizaron muestreos de agua en ocho estaciones del río Moche (Trujillo, Perú), y en cuatro sectores de sus márgenes para suelos y cultivos. Los metales pesados más representativos en el agua se presentaron en el Cuenca Alta durante el año de 1980: hierro (557.500 ppm), plomo (100.375 ppm), cadmio (4.550 ppm), cobre (6.900 ppm), zinc (262.900 ppm) y arsénico (9.000 ppm); mientras que en los suelos las mayores concentraciones se encontraron en la margen derecha de la Cuenca baja para el año 1980: hierro (83.400 mg/kg); plomo (0.820 mg/kg); cadmio (0.012 mg/kg); cobre (1.240 mg/kg); zinc (0.380 mg/kg) y arsénico (0.016 mg/kg); en relación con la acumulación de metales en los cultivos, el hierro (0.6525 mg/kg) fue el de mayor predominio. Se concluye que la mayor contaminación a nivel del análisis de agua se presentó en la cuenca alta y durante el año de 1980; mientras que la margen derecha de la cuenca media presentó los mayores niveles de contaminación en las muestras de suelos.

Se tienen estudios a nivel local en donde *Salas, (2014)*, en su estudio sobre la determinación de metales pesados en las aguas del río Ananea debido a la actividad minera, tuvo como objetivo determinar los niveles de Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, plomo y Zinc, donde se programaron tres campañas de muestreo, realizados en los meses de marzo, junio y agosto (período de estiaje). Las concentraciones de los metales pesados se determinaron por espectrometría de absorción atómica, por la técnica del ICP (Inductively Coupled Plasma) EPA: 200.8. Revisión 5,4. 1994. Los resultados mostraron que las concentraciones de Arsénico, Cobre, Cromo, Plomo y Zinc, por encima de los límites máximos permisibles y para metales como Cadmio y Mercurio resultaron valores por debajo de los límites máximos permisibles. Las descargas de agua de la actividad minera aurífera

hacia los ríos llegan a sobrepasar los límites permisibles, siendo una fuerte amenaza para la calidad del agua y para la biodiversidad asociada.



Figura 1: Explotación minera en la micro cuenca Alto Azángaro (Río Ananea)

Según *Apaza y Justo, (2011)*, en su tesis “Contaminación de aguas por mercurio originado por la minería artesanal en la mina Rinconada y Lunar de Oro Puno – Perú”. Se encuentran resultados en parámetros físicos como pH (4.24) y valores en mg/l para elementos como: As (0.14), Cd (0.02), Pb (0.006), Hg (0.0002) y Zn (4.80) y en la Rinconada pH (510) y para elementos metálicos en mg/l: As (0.001), Cd (0.02), Pb (0.006), Hg (0.0002) y Zn (0.04). Estos valores muestran un pH bastante ácido que sobrepasa los LMP y los ECAs para consumo humano y riego, mientras que las concentraciones de Cd y Zinc superan los ECAs para consumo humano, bebida de animales y riego.

*Cornejo y Pacheco. (2011)*, en su investigación tienen por objetivo evaluar el impacto ambiental en agua y sedimentos de la cuenca Ramis por metales pesados (mercurio, plomo, arsénico y cobre). Para la investigación dividió la cuenca del Ramis en tres sub cuencas: Azángaro (el río Grande, Quenamari y Azángaro) Ayaviri (Santa Rosa, Ocuvi, Pichacani y Ventilla) y Ramis (río Ramis). La toma de las muestras fue efectuada en los meses de abril, julio, octubre y diciembre. Los resultados muestran que la concentración de mercurio en la

cuenca del Ramis para todos los puntos involucrados es de 0,0002 mg/l; mientras que la concentración de mercurio en sedimentos en la zona de Azángaro es de 0,081 mg/kg. Los resultados del análisis de mercurio en muestras de agua de la cuenca del Ramis muestran que el mercurio se encuentran con niveles inferiores a los dados por la ECA, debido a que el mercurio no presenta solubilidad en la cuenca del Ramis; en el caso de los sedimentos el mercurio está por debajo de los límites permitidos por la U.S.E.P.A. que se toma como valores de referencia para sedimentos.

El INGEMMET, realizó la evaluación de la calidad de las aguas superficiales. En la cual se inventarió los pasivos ambientales generados por la actividad minera, para determinar su probable influencia en las aguas. Se muestrearon y analizaron aguas y sedimentos superficiales en las cercanías a las labores mineras en actividad y/o abandonadas. La mayoría de las muestras exceden los valores límites en nitratos; en las muestras tomadas en la confluencia que vierte sus afluentes al río Crucero - Ramis, se detectó un valor bajo de pH, y alto contenido de hierro (1,40 mg/l.), además en la bocatoma Azángaro presentan moderada contaminación de Zinc y Arsénico. Llegando a la conclusión de que las aguas del río Ramis son utilizables para riego con ciertas limitaciones y precauciones. (*Guerrero y Zavala. 2006*).

*Paredes. (2013)*, En su tesis “Concentración de Plomo y Cadmio en la cuenca media del río Moche”, realiza sus estudios en donde concluye que se encontraron como valores máximos de plomo dentro del rango de 0.515mg/l a 0.35 mg/l en Samne y Shirán de la cuenca media del río Moche – La Libertad, superando los límites permisibles en la categoría IV de los ECAs. Y también se encontró que el valor máximo para cadmio fue de 0.009 mg/l en Samne y Shirán superando ligeramente los parámetros de calidad para la categoría IV de los ECAs para aguas.

La escuela de postgrado de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, también realizó estudios referentes al río Ramis y su parte alta. La presencia de metales pesados en el agua del río Ananea, se atribuye principalmente a la actividad minera que se desarrolla en las áreas aledañas a este río. La concentración de metales pesados fue mayor en el mes de agosto, en comparación a los otros meses evaluados. Todos los metales analizados, excepto el Hg, superan los LMP; de modo que, en el mediano y largo plazo podría darse procesos de bioacumulación en los organismos propios del río Ananea. Aunque no se ha evaluado

directamente la calidad de los lixiviados evacuados por la minería informal, es innegable que la actividad minera provoca un aumento de niveles de metales pesados en el agua del río Ananea (Zavala y Guerrero 2005).

La Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno y la University of Montana Tech de Estados Unidos de América, nos muestra que el contenido de mercurio en los peces se incrementa según el tamaño y peso, con valores de hasta 0.63  $\mu\text{g/g}$ , que según US EPA el límite para el consumo humano es de 0.3  $\mu\text{g/g}$  para Estados Unidos de América, y de 0.5  $\mu\text{g/g}$  para otros países. Además se aprecia que los pejerreyes (pez introducido al lago Titicaca) que pesan más de 0.5 Kg. o miden más de 35 cm., tiene concentraciones de mercurio que son una potencial preocupación y riesgo para la salud pública (Gerbrandt, et. al. 2004).

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. CONTAMINACIÓN**

Para Bermúdez, (2010), la contaminación es la presencia o incorporación al ambiente de sustancias o elementos tóxicos que son perjudiciales para el hombre o los ecosistemas (seres vivos). Existen diferentes tipos de contaminación, Los tipos de contaminación más importantes son los que afectan a los recursos naturales básicos: el aire, los suelos y el agua.

La contaminación es cualquier sustancia o forma de energía que puede provocar algún daño a desequilibrio (irreversible o no) en un ecosistema, en el medio físico o en un ser vivo. Es siempre una alteración negativa del estado natural del medio ambiente, y por tanto, se genera como consecuencia de la actividad humana. (Aragoneses. 2002).

### **2.2.2. NATURALEZA DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

El agua es la sustancia que está más ampliamente distribuida sobre la superficie terrestre y en los tejidos de los organismos vivientes. En los ríos, lagos, océanos, nubes y casquetes

polares, así como en nuestro cuerpo; es el medio en el que se cumple la mayoría de las transformaciones fisicoquímicas, en particular las de importancia biológica. En la superficie de la tierra, el agua líquida entra en contacto con muchas otras sustancias químicas y se mezcla con ellas en forma más o menos estrecha. De lo anterior se deduce que la contaminación del agua es la adición de materia extraña que deteriora la calidad del agua e inhabilita la pureza de la misma. (US EPA, 2001).

### **2.2.3. CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

Según *Bermúdez. (2010)*, se entiende por contaminación del medio hídrico o contaminación del agua a la acción o al efecto de introducir materiales o inducir condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación a sus usos posteriores o sus servicios ambientales.

Los líquidos ocupan una posición intermedia entre los gases y los sólidos en cuanto a facilidad de poder ser contaminados. En los líquidos, las fuerzas atractivas entre las moléculas son suficientemente fuertes para que una muestra de ellos se mantenga unida. Pero como no son tan fuertes como en los sólidos, sus moléculas se desplazan unas de otras. Por supuesto, el agua es el medio líquido universal para la materia viva, y por consiguiente, está expuesta en forma única a la contaminación por organismos vivos, incluyendo a aquellos que son patógenos para el hombre. Finalmente, el agua en su estado líquido es muy fácil de ser contaminado por agentes extraños que existen en nuestro alrededor. (US EPA, 2001).

### **2.2.4. CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y SU ACCIÓN SOBRE LA SALUD**

El agua tiene una doble acción sobre la salud. En condiciones normales disminuye la posibilidad de contraer enfermedades como el cólera, la fiebre tifoidea, la disentería y las enfermedades diarreicas; esta última es la principal causa de mortalidad de los niños de 1 a 4 años. El crecimiento de la población humana acrecienta los problemas de contaminación y en consecuencia el suministro de agua potable y el tratamiento de las aguas residuales. El

agua es el elemento vital para la alimentación, higiene y actividades del ser humano, la agricultura y la industria. Por eso, las exigencias higiénicas son más rigurosas con respecto a las aguas destinadas al consumo de la población, exigencias que están siendo cada vez menos satisfechas, por su contaminación, lo que reduce la cantidad y calidad del agua disponible, como también sus fuentes naturales. (*Barceló y López, 2007*).

### **2.2.5. PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AGUA**

El hombre actual ha cambiado el color cristalino radiante a borroso marrón. Accidentalmente o a propósito, le ha arrojado millones de toneladas de suciedad. En el intento de blanquear su ropa las amas de casa solo han logrado, llenar de espuma con detergente de fosfatos, por ejemplo algunas de estas causas hacen crecer algas y otros vegetales acuáticos volviendo pantanosos los lagos que agregan mal sabor y mal olor al agua. Con sus desechos químicos y derrames de petróleo el hombre ha contaminado las aguas y matado cientos de especies y tal vez el que algunos de ellos se desarrollen desproporcionadamente, provocando un desequilibrio ecológico. Los océanos del mundo están enfermos por la contaminación, han encontrado por ejemplo, cangrejos muertos, envenenados por cadmio, peces infectados por mercurio, DDT, y otros venenos fabricados por el hombre, esta es una de las muchas causas que nos han dejado los avances tecnológicos (*CBC Cusco, 2007*).

## **2.3. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN EN LA POBLACIÓN POR METALES PESADOS**

### **2.3.1. METALES PESADOS**

Según *Romero. (2009)*, los metales pesados son sustancias propias de la naturaleza de peso molecular alto, muy difundidos y en muchos casos muy útiles, como por ejemplo, el plomo que se utiliza mucho para tubería, y el cadmio. Hablando ya de la contaminación, los metales pesados tienen efectos en la salud y afectan diferentes órganos.



Para *Cervantes y Moreno. (2010)*, por lo general se acepta que son aquellos elementos cuya densidad es mayor a  $5 \text{ g/cm}^3$ , y para la mayoría de los organismos es extremadamente toxica la exposición a un exceso de metales pesados como el Cd, Hg, Cr, Ni y Pb. Tradicionalmente se llama metal pesado a aquel elemento metálico que presenta una densidad superior a  $5 \text{ g/cm}^3$ , aunque a efectos prácticos en estudios medioambientales se amplía esta definición a todos aquellos elementos metálicos o metaloides, de mayor o menor densidad, que aparecen comúnmente asociados a problemas de contaminación. Algunos de ellos son esenciales para los organismos en pequeñas cantidades, como el Fe, Mn, Zn, B, Co, As, V, Cu, Ni o Mo, y se vuelven nocivos cuando se presentan en concentraciones elevadas, mientras que otros no desempeñan ninguna función biológica y resultan altamente tóxicos, como el Cd, Hg o el Pb.

### **2.3.2. RIESGOS A LA SALUD POR METALES PESADOS**

La EPA ha establecido estándares de seguridad para más de 80 contaminantes que pueden encontrarse en el agua y presentan un riesgo a la salud humana. Estos contaminantes se pueden dividir en dos grupos de acuerdo a los efectos que pudiesen causar. Los efectos agudos ocurren dentro de unas horas o días posteriores al momento en que la persona consume un contaminante. Casi todos los contaminantes pueden tener un efecto agudo si se consume en niveles extraordinariamente altos en el agua potable, en esos casos los contaminantes más probables que causen efectos agudos son las bacterias y virus. La mayoría de los cuerpos de las personas pueden combatir estos contaminantes microbianos de la misma forma que combaten los gérmenes, y típicamente, estos contaminantes agudos no tienen efectos permanentes. Los efectos crónicos ocurren después que las personas consumen un contaminante a niveles sobre los estándares de seguridad de EPA durante muchos años. Entre los ejemplos de efectos crónicos de los contaminantes del agua potable, están el cáncer, problemas del hígado o riñones o dificultades en la reproducción (*Young, et. al., 2002*).

### 2.2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS METALES PESADOS Y SUS EFECTOS

#### a) Aluminio (Al):

El aluminio es el elemento metálico más abundante en la Tierra y en la Luna, pero nunca se encuentra en forma libre en la naturaleza. Se halla ampliamente distribuido en las plantas y en casi todas las rocas, sobre todo en las ígneas, que contienen aluminio en forma de minerales de aluminio silicato. Cuando estos minerales se disuelven, según las condiciones químicas, es posible precipitar el aluminio en forma de arcillas minerales, hidróxidos de aluminio o ambos. En esas condiciones se forman las bauxitas que sirven de materia prima fundamental en la producción de aluminio (*Peris, 2006*).

#### Riesgos:

En la investigación realizada por la FAO, se concluye que el Aluminio puede volver improductivos a suelos ácidos ( $Ph < 5,5$ ); pero en suelos con  $Ph > 7$  el Al se precipita y elimina su toxicidad. Los efectos del Aluminio han atraído nuestra atención, mayormente debido a los problemas de acidificación. El Aluminio puede acumularse en las plantas y causar problemas de salud a animales que consumen esas plantas. Las consecuencias para los pájaros que consumen peces contaminados es que la cáscara de los huevos es más fina y los pollitos nacen con bajo peso. (*Gonzalo, 2010*).

#### b) Arsénico (As):

El Arsénico es un metaloide de color gris plateado, brillante, quebradizo y amorfo, de olor alíaceo, que en contacto con el aire húmedo se oxida fácilmente formando Trióxido de Arsénico o Anhídrido Arsenioso o Arsénico blanco. Se obtiene habitualmente en forma de trióxido de As., como producto secundario en la industria del cobre, plomo, cinc, estaño y oro, ya que se encuentra como impureza de muchos metales. (*Patra & Sharma, 2000*).

#### Riesgos:

Debido a su toxicidad, el arsénico es también un importante contaminador de cultivos, aunque es absorbido por las plantas en concentraciones menores a la de sus suelos. Para el ganado, sus síntomas son animales deprimidos, sin apetito, débiles y torpes, con temblores,

convulsiones, diarreas y gastroenteritis hemorrágica. Produce problemas de constipación crónica, aunque pequeñas concentraciones le confieren al agua sabor desagradable lo que limita el consumo por parte de los animales. Los más susceptibles son los más jóvenes La máxima concentración soportable por el vacuno, según distintos autores se estima de 0,15 a 0,30 mg/l pero aún con estas concentraciones se pueden producir intoxicaciones crónicas. (O'Neill, 1995).

#### **c) Cadmio (Cd):**

Se encuentra en partes específicas del mundo, el cadmio se produce como un subproducto de la extracción del zinc, su uso principalmente se da en la fabricación de soldaduras, aleaciones, revestimientos metálicos, minerales plásticos. La presencia del cadmio en el agua dependerá de la fuente donde proviene y la acidez del agua, es probable que en algunas aguas superficiales que contengan un poco más de microgramos de cadmio por litro, se hallan contaminado por descargas de desechos industriales o por lixiviación de áreas de relleno, también se da por suelos a los cuales se le han agregado lodo cloacales. Los niveles de cadmio en aguas naturales son muy bajos, y si hubiera elevados niveles de cadmio, los actuales métodos convencionales removerán la mayor parte de ella. (Gonzalo, 2010).

#### **Riesgos:**

En el ambiente, el cadmio es peligroso porque muchas plantas y algunos animales lo absorben eficazmente y lo concentran dentro de sus tejidos. Una vez absorbido, se combina con la proteína metalotioneína y se acumula en los riñones, el hígado y los órganos reproductores. El Cadmio puede ser absorbido por las plantas y acumulado en cantidades que pueden entrañar serios riesgos para la salud humana. Se le atribuye un marcado efecto en la reducción del crecimiento, la extensibilidad de la pared celular, el contenido de clorofila. La contaminación con cadmio reduce el rendimiento de algunas plantas. (O'Neill, 1995).

#### **d) Cromo (Cr):**

El cromo es un metal de transición duro, frágil, gris acerado y brillante. Es muy resistente frente a la corrosión. El cromo es un elemento natural ubicuo, que se encuentra en las rocas, plantas, suelos, animales y en los humus y gases volcánicos. Puede funcionar con distintas

valencias y en el ambiente se encuentra en varias formas; las más comunes son las derivadas del cromo trivalente o cromo III y las cromo hexavalente o cromo VI. El cromo hexavalente se encuentra muy frecuentemente en naturaleza como  $\text{Cr}_2\text{O}_4\text{Fe}$ , constituyendo la peridotita y la serpentina, de las que se deriva. Es un agente cancerígeno de las vías respiratorias. (*Patra & Sharma, 2000*).

### **Riesgos:**

Niveles bajos de cromo están presentes en el ambiente. Bajo las condiciones normales, la exposición al cromo no representa ningún riesgo toxicológico. Las concentraciones en el agua de río están en un rango de 1 - 10  $\mu\text{g}/\text{L}$  y no constituyen una amenaza para la salud. La ingesta diaria a través de comida varía considerablemente entre regiones. Valores típicos se extienden 50 a 200  $\mu\text{g}/\text{día}$  y no representan un problema de toxicidad.

En cantidades excesivas reducen el crecimiento y provocan acumulaciones indeseables en los tejidos. Como resultado realizado por la FAO, que el cromo se fija y se acumula irreversiblemente en el suelo. Por ello el exceso de lo requerido por las plantas eventualmente llegan a contaminar los suelos, los cuales pueden convertirse en suelos improductivos o producir cosechas inaceptables. (*Gonzalo, 2010*).

### **e) Hierro (Fe):**

El hierro es un metal extraordinariamente común y se encuentra en grandes cantidades en suelos y rocas, aunque normalmente en forma insoluble. Sin embargo, debido a un número de complejas reacciones que se suceden de forma natural en el suelo, el exceso de hierro es un fenómeno común de las aguas subterráneas, especialmente aquellas encontradas de aguas subterráneas blandas. El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre (5%). Es un metal maleable, tenaz, de color gris plateado y magnético. Los cuatro isótopos estables, que se encuentran en la naturaleza, tienen las masas 54, 56, 57 y 58. Los dos minerales principales son la hematita,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , y la limonita,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Las piritas,  $\text{FeS}_2$ , y la cromita,  $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$ , se explotan como minerales de azufre y de cromo, respectivamente. El hierro se encuentra en muchos otros minerales y está presente en las aguas freáticas y en la hemoglobina roja de la sangre. (*Weinberg, 2010*).

**Riesgos:**

El hierro es un elemento esencial para los cultivos. Las plantas no pueden realizar su ciclo vital sin su ausencia, ya que está involucrado en el metabolismo de la planta de una manera específica. Está involucrado en la síntesis de clorofilas, y participa de un buen número de sistemas enzimáticos importantes para el metabolismo de las plantas. Su deficiencia se denomina clorosis férrica y se caracteriza, de forma visual, por un amarilleamiento intervenal de las hojas jóvenes. Como consecuencia de la clorosis férrica, las plantas se desarrollan peor, teniendo menor vigor y una menor producción. La clorosis es consecuencia del efecto que distintos factores, tienen sobre la absorción y distribución de hierro por las plantas y que es debido a la suma de varios procesos. Estos procesos, se dan a una velocidad suficiente como para suplir las necesidades férricas de la planta y son: Solubilización de los oxihidróxidos de hierro de los suelos, por lo general muy insolubles, tanto más cuanto más elevado es el pH del suelo. (*Weinberg, 2010*).

**f) Manganeso (Mn):**

El manganeso es un metal que ocurre naturalmente y que se encuentra en muchos tipos de rocas. El manganeso puro es de color plateado, pero no ocurre naturalmente en esta forma. Se combina con otras sustancias tales como oxígeno, azufre o cloro. El manganeso también puede combinarse con carbono para producir compuestos orgánicos de manganeso. Algunos compuestos orgánicos de manganeso comunes incluyen pesticidas, tales como maneb o mancozeb, y metilciclopentadienil manganeso tricarbonil (MMT), un aditivo en ciertas gasolinas. (*Gonzalo, 2010*).

**Riesgos:**

Concentraciones altamente tóxicas de Manganeso en suelo pueden causar inflamación de la pared celular, abrasamiento de las hojas y puntos marrones en las hojas. La deficiencia puede también causar estos efectos entre concentraciones tóxicas y concentraciones que causan deficiencias, una pequeña área de concentraciones, donde el crecimiento de la planta es óptimo puede ser detectada. (*O'Neill, 1995*).

En cantidades excesivas reducen el crecimiento y provocan acumulaciones indeseables en los tejidos, como resultado de las investigaciones realizadas por la FAO, reconoce que la mayoría de los oligoelementos se fijan y se acumulan, irreversiblemente en el suelo, el exceso de lo requerido por la planta eventualmente llegan a contaminar a los suelos, los cuales pueden convertirse en suelos improductivos o producir cosechas inaceptables. (*Peris, 2006*).

#### **g) Plomo (Pb):**

El plomo es un metal pesado (densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4 s 16°C (61°F)), de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico, se funde con facilidad, se funde a 327.4°C (621.3°F) y hierve a 1725°C (3164°F). Las valencias químicas normales son 2 y 4. Es relativamente resistente al ataque de los ácidos sulfúrico y clorhídrico. Pero se disuelve con lentitud en ácido nítrico. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. El plomo forma muchas sales, óxidos y compuestos órgano metálicos. (*Weinberg, 2010*).

#### **Riesgos:**

No es aconsejable usar el agua que lo contenga aun en las más pequeñas cantidades. Su presencia se debe generalmente a la contaminación ambiental o por el uso de las cañerías de plomo. (*O'Neill, 1995*).

Los síntomas que produce son anorexia, adelgazamiento progresivo, depresión, debilidad muscular, postración y constipación. Los animales vagan, rechinan los dientes, sufren cólicos y convulsiones. (*Peris, 2006*)

#### **h) Mercurio (Hg):**

El mercurio no es un elemento esencial para la vida, sin embargo siempre ha estado presente en la naturaleza en concentraciones a que los seres vivos están adaptados. Sus fuentes naturales son el vulcanismo, la desgasificación de la corteza terrestre, la erosión y la disolución de los minerales de las rocas debido a la penetración del agua a través de estas por tiempo muy prolongado. Las fuentes antropogénicas son la minería, el uso industrial y la agrícola. (*Patra & Sharma, 2000*).

Es de color gris claro, como plateado y bastante brillante. Es el único metal líquido a temperatura ambiente. Es además muy volátil. Es buen conductor de la electricidad, y tiene un elevado coeficiente de dilatación térmica. Su resistividad es de  $0,957 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ , pero a  $-268,88^\circ$  desaparece súbitamente su resistencia. Si es sometido a una presión de 7.640 atmósferas (5.800.000 mm Hg.) se transforma en sólido, habiéndose elegido esta presión como medida tipo para presiones extremadamente altas. (*Peris, 2006*).

### **Riesgos:**

Es muy volátil y podemos respirarlo si está presente en el aire, siendo absorbido por los pulmones y la piel. El mercurio que se inhala es la forma más peligrosa de exposición, pues entra en el organismo y se acumula, permaneciendo durante mucho tiempo. No es un elemento natural en los alimentos, pero puede llegar a nuestro cuerpo a través del pescado, pues consumen grandes cantidades de mercurio ya que es uno de los metales pesados más presentes en las aguas del mar y de los ríos y a través del ganado y vegetales, puesto que el mercurio se moviliza, acumulándose en el suelo. Este mercurio procede de actividades humanas, como minería, fundición, combustión de residuos sólidos, fertilizantes para la agricultura y los vertidos de aguas residuales. (*Patra & Sharma, 2000*).

El valor establecido de Mercurio en las ECA de agua, para la bebida de animales es de  $0,01\text{mg/l}$ , este valor lo establece la FAO, tienen un amplio margen de seguridad, se basan en las concentraciones generalmente encontradas en aguas subterráneas y superficiales consideradas aptas para el consumo animal, y no representan necesariamente los niveles de tolerancia de los animales. Dado que los niveles sin peligro dependen de muchos factores, entre los cuales se encuentra el consumo diario de agua por el animal. (*Gonzalo, 2010*).

## **2.4. PARÁMETROS FÍSICOS**

### **2.4.1. TEMPERATURA**

Las propiedades lumínicas y calóricas de un cuerpo de agua están influidas por el clima y la topografía tanto como por las características del propio cuerpo de agua: su composición química, suspensión de sedimentos y su productividad de algas. La temperatura del agua

regula en forma directa la concentración de oxígeno, la tasa metabólica de los organismos acuáticos y los procesos vitales asociados como el crecimiento, maduración y la reproducción. El ciclo de temperatura influye marcadamente en el fitness de las plantas, animales. Por extensión determina el lugar, donde se distribuyen las especies y como varía la comunidad biótica del cuerpo de agua de estación en estación. (Jill, 2003).

#### 2.4.2. PH

El pH es una medida de la acidez o basicidad de una solución. El pH es la concentración de iones o cationes hidrógeno  $[H^+]$  presentes en determinada sustancia. La sigla significa "potencial de hidrógeno" (González, 2011).

El pH se mide entre 0 a 14 en solución acuosa, siendo ácidas las soluciones con pH menores de 7 y básicamente las mayores de 7. El pH igual a 7 indica la neutralidad de una sustancia. Las aguas naturales pueden tener pH ácido debido al  $SO_2$  y  $CO_2$  disueltos en la atmósfera,  $CO_3$  de los suelos calizos, porque provienen de los seres vivos o por el ácido sulfúrico procedente de algunos minerales. Las aguas contaminadas con zonas de descargas industriales pueden tener un pH muy ácido (EPA, 1992).



Figura 2: Medición del pH del agua en los puntos de muestreo realizados.



El valor del pH en el agua es utilizado también cuando nos interesa conocer su tendencia corrosiva o incrustante, y en las plantas de tratamiento de agua. El pH del agua puede interferir en los resultados al momento de implementar métodos de desinfección y es un indicativo importante al momento de decidir que método utilizar. Los resultados para este parámetro están dentro de lo normal; solamente en la red de distribución de San Jerónimo salió un poco alto pero siempre dentro de los rangos permisibles para el país. (Clara, 2005)

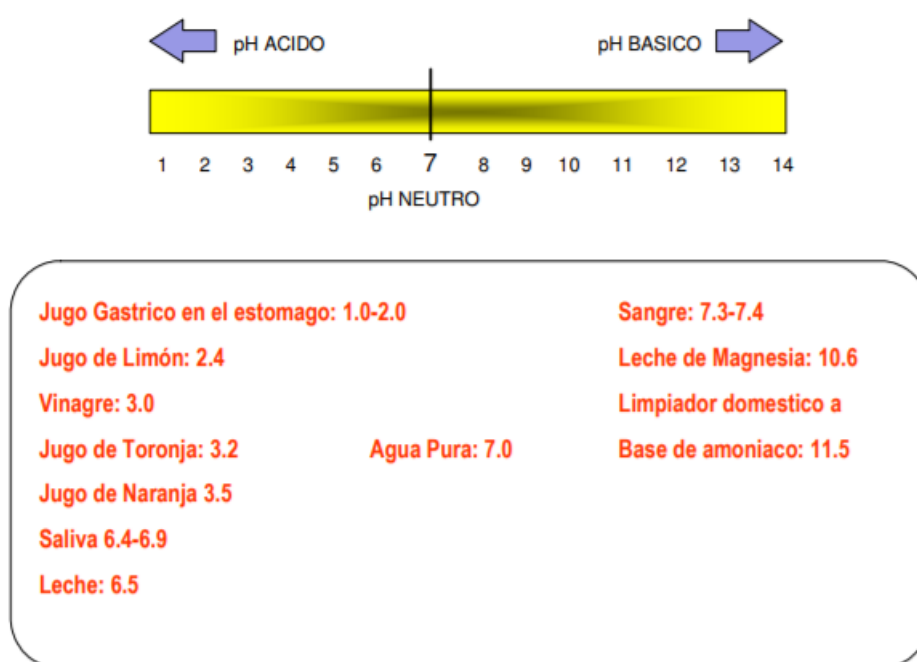


Figura 3: Rango de pH (potencial de hidrógeno) para algunas sustancias.

El pH afecta procesos químicos y biológicos en el agua. La mayor parte de los organismos acuáticos prefieren un rango entre 6,5 y 8,5. pHs por fuera de este rango suele determinar disminución en la diversidad, debido al estrés generado en los organismos no adaptados. Bajos pHs también pueden hacer que sustancias tóxicas se movilizan o hagan disponibles para los animales. Los números a partir del 0 al 7 en la escala indican las soluciones ácidas, y 7 a 14 indican soluciones alcalinas. Cuanto más ácida es una sustancia, más cercano su pH estará a 0; cuanto más alcalina es una sustancia, más cercano su pH estará a 14. (EPA, 1992).

### 2.4.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución. Su conductividad es mayor y proporcional a las cantidades y características de esos electrolitos. Es por eso que se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de soluto. La temperatura modifica la conductividad en el agua, por lo que los análisis se realizan a una temperatura de 20° C. Las aguas superficiales con fondos formados con rocas de granito tienden a presentar conductividades mayores debido a la presencia de compuestos ionizables. (González, 2011).

La conductividad eléctrica de una solución es una medida de la capacidad de la misma para transportar la corriente eléctrica y permite conocer la concentración de especies iónicas presentes en el agua. Como la contribución de cada especie iónica a la conductividad es diferente, su medida da un valor que no está relacionado de manera sencilla con el número total de iones en solución. Depende también de la temperatura. Está relacionada con el residuo fijo por la expresión: Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )  $\times$  f = residuo fijo (mg/l). (EPA, 1992).

### 2.4.4. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) Y LÍMITES MÁXIMO PERMISIBLES (LMP)

En la legislación peruana existen diversos instrumentos de gestión ambiental entre los cuales se encuentran los denominados estándares de calidad ambiental (ECA) y límites máximos permisibles (LMP). Los primeros son de aplicación general, es decir, para la sociedad en su conjunto; en tanto los segundos han sido desarrollados para regular actividades particulares.

**Los ECAs:** Según MINAM. (2014), son indicadores de calidad ambiental. Miden la concentración de elementos, sustancias u otros en el aire, agua o suelo. Su finalidad es fijar metas que representan el nivel a partir del cual se puede afectar significativamente el ambiente y la salud humana. La medición se realiza directamente en el aire, agua o suelo (conocidos como cuerpos receptores), dependiendo del caso. Así los ECA indican, por ejemplo, que en el aire solo puede existir una determinada concentración de partículas por millón (ppm) de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), sin importar qué industria, municipio o persona

es la que generó la emisión. En caso de encontrarse que las emisiones totales superan el valor determinado por el ECA, la entidad correspondiente, en este caso el Ministerio del Ambiente, se encargará de investigar y determinar las razones de la excedencia para tomar las medidas correctivas del caso, en coordinación con autoridades y otros actores locales.

Desde la Ley de Aguas (Decreto Ley N° 17752 de 1969) y la Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338 del año 2009); se señala que los ECAs para aguas deben fijarse en función a las categorías determinadas en relación al uso que se dará al cuerpo natural de agua. (Tabla 1).

Tabla 1: Categoría de los ECAs para aguas según su tipo de uso, 07 de junio del 2017.

Categoría	Descripción	Subcategoría	Descripción
Categoría 1-A	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	A1	Agua que puede ser potabilizada con desinfección
		A2	Agua que puede ser potabilizada con tratamiento convencional
		A3	Agua que puede ser potabilizada con tratamiento avanzado
Categoría 1-B	Aguas superficiales destinadas a recreación	B1	Contacto primario
		B2	Contacto secundario
Categoría 2: Actividades de extracción y cultivo marino costeras y continentales	Agua de mar	C1	Extracción y cultivo de moluscos bivalvos
		C2	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas
		C3	Otras actividades
	Agua continental	C4	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	Parámetros para riego de vegetales	D1	Riego de cultivos de tallo alto y bajo
	Parámetros para bebida de animales	D2	Bebida de animales
Categoría 4	Conservación del Ambiente Acuático	E1	Lagunas y lagos
		E2: Ríos	Ríos de costa y sierra
			Ríos de selva
		E3: Ecosistemas marino costeras	Estuarios
Marinos			

Fuente: MINAM, 2017

Es decir, en cada categoría de ECA de Agua se debe establecer un valor en relación al uso que se le pretende dar al cuerpo natural correspondiente. Por ejemplo, si se quiere destinar un cuerpo de agua a la producción de agua para consumo humano deben considerarse los valores establecidos en la Categoría 1. En cambio, si se quiere destinar un cuerpo de agua para riego deben considerarse valores establecidos en la Categoría 3.

**Los LMP:** Según *MINAM. (2014)*, miden la concentración de ciertos elementos, sustancias y/o aspectos físicos, químicos y/o biológicos que se encuentran en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva en particular, pues son a través de ellos que se puede afectar el aire, el agua o el suelo. La fijación de dichos límites tiene como finalidad proteger al ambiente y la salud humana de ciertos elementos y/o sustancias que puedan representar un riesgo para ellas, pero a diferencia de los ECA los LMP establecen un límite aplicable a las emisiones, efluentes o descargas al ambiente, individualizando los límites por actividad productiva. Así, los LMP son exigibles y su cumplimiento es obligatorio para cada una de las personas o empresas de cada sector.

Por ese motivo, cada una de las personas o empresas debe realizar las acciones necesarias para que su accionar no implique sobrepasar los LMP establecidos. Entre los sectores para los que se han establecido LMP tenemos: transportes y comunicaciones, minería, hidrocarburos, electricidad, construcción y saneamiento, industria cementera, de curtiembres y papel, así como la industria pesquera, entre otros.

Es el artículo 32° de la Ley General del Ambiente, el que define el marco conceptual del “Límite Máximo Permisible – LMP, es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.



Figura 4: Identificación de los ECAs y LMPs.

Queda claro entonces, que la diferencia que existe entre ambos parámetros, es que la medición de un ECA se realiza directamente en los cuerpos receptores, mientras que en un LMP se da en los puntos de emisión y vertimiento. Sin embargo, ambos instrumentos son indicadores que permiten a través del análisis de sus resultados, establecer políticas ambientales (ECA) y correcciones el accionar de alguna actividad específica (LMP).

Cabe resaltar que los ECAs para aguas tienen un último DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM, con fecha 07 de junio del 2017. Con lo cual se trabajó los resultados obtenidos en el laboratorio. Y los LMP para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicos, tienen un último DECRETO SUPREMO N° 010-2010-MINAM, con fecha 21 de agosto del 2010.

#### 2.4.5. ESPECTROMETRÍA DE EMISIÓN ATÓMICA

En química analítica, la espectrometría de absorción atómica es una técnica para determinar la concentración de un elemento metálico determinado en una muestra. Puede utilizarse para analizar la concentración de más de 62 metales diferentes en una solución. Aunque la espectrometría de absorción atómica data del siglo XIX, la forma moderna fue desarrollada en gran medida durante la década de los 50 por un equipo de químicos de Australia, dirigidos por Alan Walsh. (Skoog, et al. 2008).

#### 2.4.5.1. Principios en los que se basa

La técnica hace uso de la espectrometría de absorción para evaluar la concentración de un analito en una muestra. Se basa en gran medida en la ley de Beer-Lambert. En resumen, los electrones de los átomos en el atomizador pueden ser promovidos a orbitales más altos por un instante mediante la absorción de una cantidad de energía (es decir, luz de una determinada longitud de onda). Esta cantidad de energía (o longitud de onda) se refiere específicamente a una transición de electrones en un elemento particular, y en general, cada longitud de onda corresponde a un solo elemento. Como la cantidad de energía que se pone en la llama es conocida, y la cantidad restante en el otro lado (el detector) se puede medir, es posible, a partir de la ley de Beer-Lambert, calcular cuántas de estas transiciones tiene lugar, y así obtener una señal que es proporcional a la concentración del elemento que se mide. (Skoog, *et al*, 2008).

#### 2.4.5.2. Instrumentos

Para analizar los constituyentes atómicos de una muestra es necesario atomizarla. La muestra debe ser iluminada por la luz. Finalmente, la luz es transmitida y medida por un detector. Con el fin de reducir el efecto de emisión del atomizador (por ejemplo, la radiación de cuerpo negro) o del ambiente, normalmente se usa un espectrómetro entre el atomizador y el detector. (Skoog, *et al*. 2008).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es la micro cuenca Alto Azángaro (comprende el río Ananea), que en su recorrido abarca los Distritos de Ananea (San Antonio de Putina), Distrito de Cuyocuyo (Sandia); cuyas coordenadas UTM son: 446555E y 8376347N de donde nacen las aguas del río Ananea, 391645E y 8411128N lugar en donde se realizaron las ultimas tomas de muestra de agua donde nace el río Crucero.

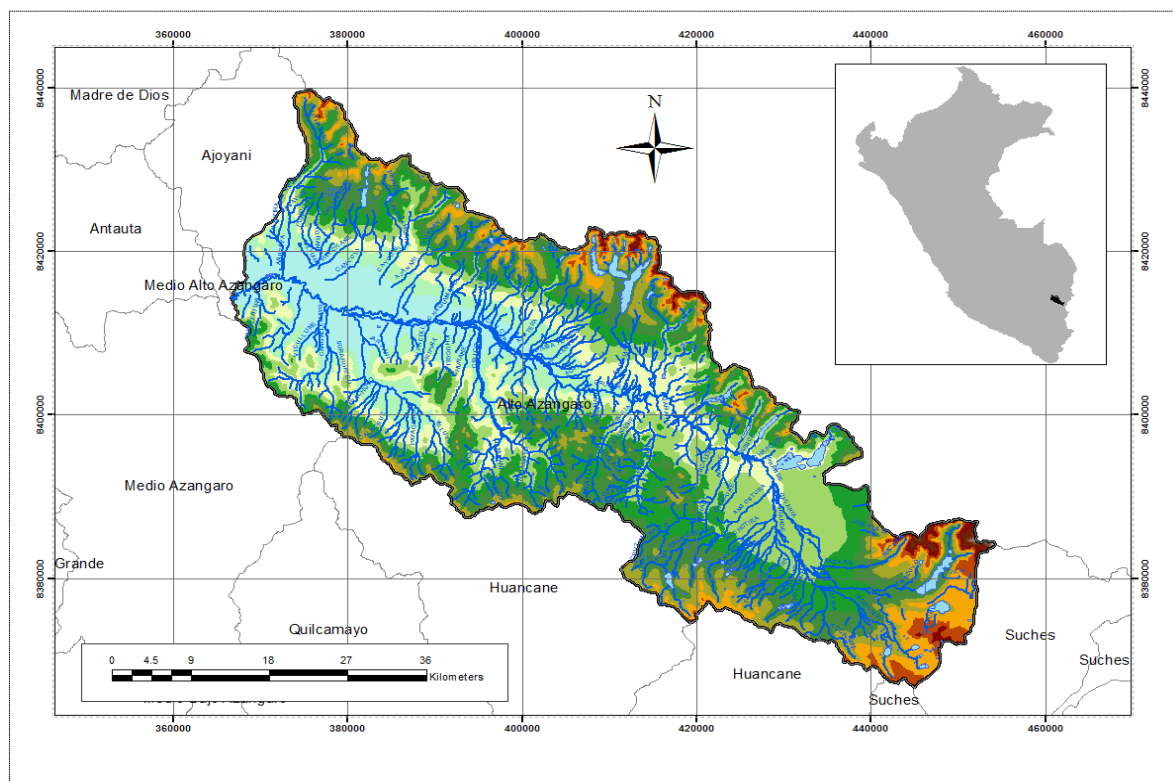


Figura 5: Micro cuenca Alto Azángaro (río Ananea).

Fuente: ANA 2012.

#### 3.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

El río Ananea se ubica en el departamento de Puno, y ocupa las superficies de las provincias de San Antonio de Putina y Sandia; afectando distritos como Ananea, Cuyocuyo y Patambuco.

### 3.1.2. UBICACIÓN HIDROGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

El río Ananea comprende la micro cuenca del río Alto Azángaro según la Delimitación y codificación de unidades hidrográficas (UH) del Perú. Para ANA (2012), la metodología Pfafstetter emplea nueve dígitos del 1 al 9 del sistema decimal de los cuales tenemos cuatro cuencas y cinco intercuencas, de estas nueve unidades se les asigna códigos que van de aguas abajo hacia aguas arriba del río principal de la cuenca, dicho de otra manera la microcuenca del río Alto Azángaro está incluida o es parte de la cuenca del río Azángaro, esta al unirse con la cuenca del río Pucará forma el río Ramis el cual es considerado como parte del curso principal de la cuenca del río Ramis.

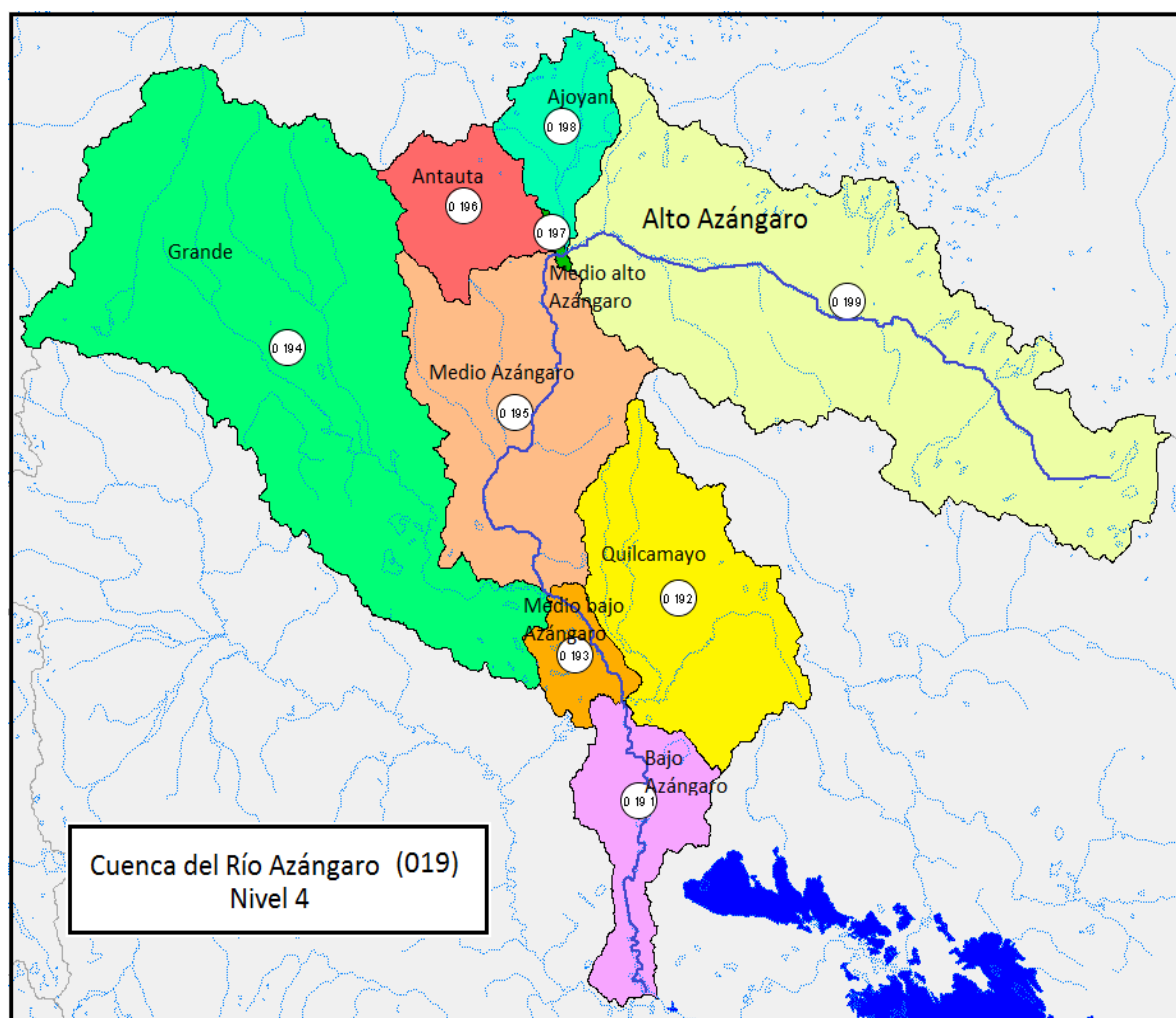


Figura 6: Cuenca del río Azángaro (nivel 4 según metodología Pfafstetter).

Fuente: ANA. (2012).



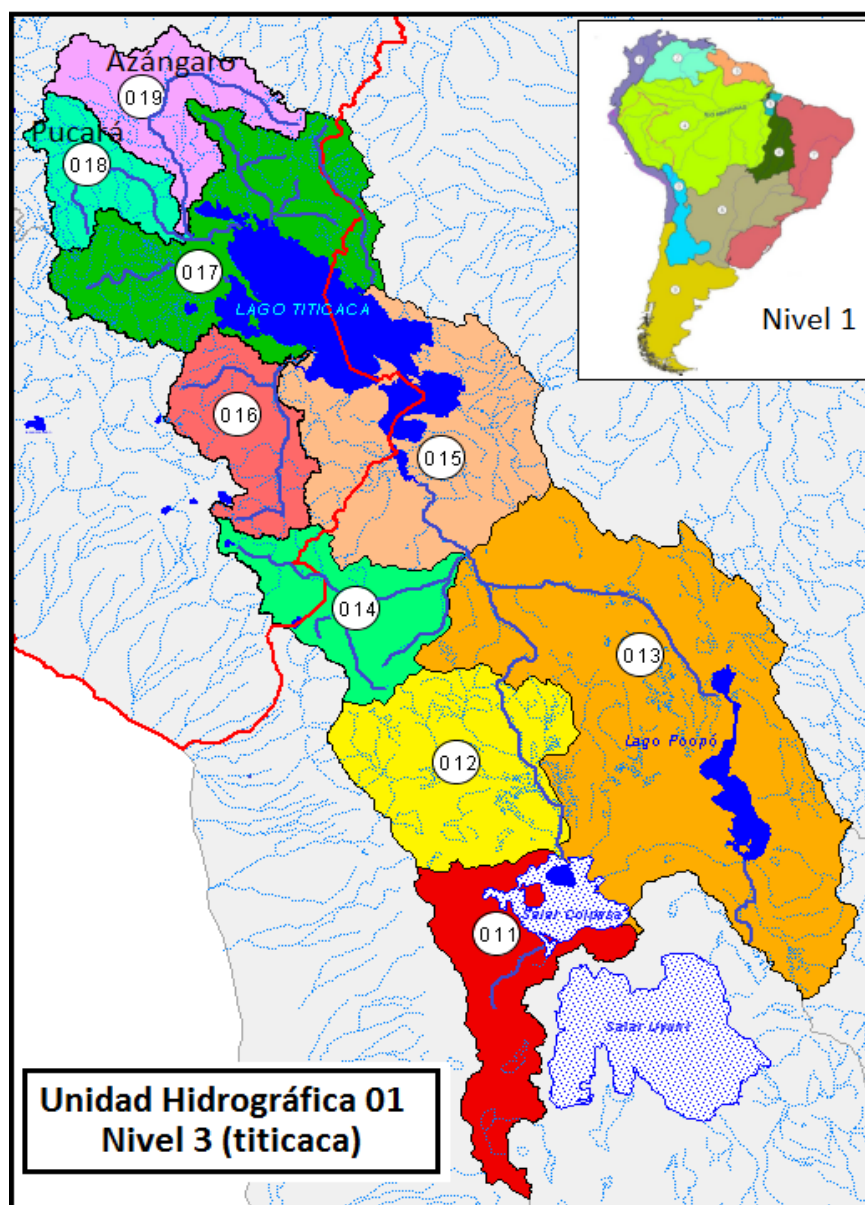


Figura 7: Unidad hidrográfica 01 (Titicaca), según metodología Pfafstetter. Fuente: ANA. (2012).

### 3.2. DISEÑO DE MUESTREO

Se ubicaron cinco puntos de muestreo en el río Ananea (micro cuenca del río Alto Azángaro) para dos épocas, una en avenidas y otra en época de estiaje. De estos puntos de muestreo se recolectaron las muestras de agua.

Se utilizaron recipientes de plástico esterilizados de 500ml de capacidad, las muestras fueron almacenadas en envases cerrados herméticamente, resguardados de la luz y evitando que la muestra se caliente, por lo que fueron refrigeradas hasta su transporte y entregadas al “Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad” de la Universidad Católica de Santa María – Arequipa, estas previamente fueron etiquetadas con los siguientes códigos: M-1, M-2, M-3, M-4 y M-5.

Este procedimiento se repitió para ambos periodos (Avenidas y Estiaje).

### 3.2.1. MATERIALES

Los materiales utilizados en cada época para la toma de muestras fueron:

- Cinco recipientes de plástico de 500ml.
- Un pH metro
- Un termómetro
- Libreta de apuntes
- Cámara fotográfica.
- GPS
- Marcadores.
- Cinta masking.

Entre los materiales e instrumentos utilizados para la ejecución del proyecto de tesis fueron:

- Tablero de apuntes.
- Útiles de escritorio.
- Cds
- Computadora portátil: con softwares como (Microsoft office, Google Earth, Arc Gis 10.2 y otros)
- Tonner para impresora.
- Impresora HP 83 –A

Servicios:

- Servicio de Fotocopias.
- Servicio de ploteo.
- Servicio de escaneo e impresión.
- Servicio de alquiler de camioneta 4x4.

### **3.3. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS**

#### **3.3.1. DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS**

Para la determinación de concentración de metales pesados se aplicó la técnica del protocolo de toma de muestras (Procedimiento de muestreo de agua superficial), elaborada por el Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bológicas y Biotecnológicas de la Universidad Católica de Santa María – Arequipa.

##### **3.3.1.1. Diseño de muestreo**

Se ubicaron cinco puntos de muestreo a lo largo de la micro cuenca Alto Azángaro (río Ananea). Las cuales fueron ubicadas estratégicamente según la población, accesibilidad del terreno y a las actividades que se realizan en el área de estudio.

Se utilizaron recipientes de plástico de 500 ml de capacidad, las cuales fueron etiquetadas de acuerdo al punto de muestreo realizado, estas fueron cerradas herméticamente y protegidas de la luz solar durante su transporte al laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la UCSM-Arequipa.

##### **3.3.1.2. Toma de muestras**

**Punto 1 (446555E y 8376347N):** Muestra 1, tomada en el nacimiento de las aguas del río Ananea, que nace en la laguna Sillacunca. Muestra tomada a las 9:20 horas, sobre los

4811m.s.n.m. Se eligió este punto porque ahí nacen las aguas del río Ananea el cual es el objeto de estudio.



*Figura 8: Toma de muestras y recolección de datos realizados en los puntos de muestreo en el río Ananea.*

**Punto 2 (438131E y 8378792N):** Muestra 2, tomada aguas abajo de la ciudad de Ananea, se eligió esta zona porque se juntan las aguas que fueron utilizadas por la actividad minera de las cooperativas mineras de la comunidad de Pampilla (distrito de Ananea). Muestra tomada a las 10:30 horas, sobre los 4585m.s.n.m.

**Punto 3 (425472E y 8394898N):** Muestra 3, tomada bajo el puente del desvío cruce (Distrito de Cuyocuyo). Se eligió este punto por la accesibilidad y porque a partir de este punto al río Ananea se le denomina río Grande. Muestra tomada a las 11:40 horas, sobre los 4373m.s.n.m.

**Punto 4 (419222E y 8399106N):** Muestra 4, tomada a 50 metros de la comunidad campesina de Huajchani (Distrito de Patambuco). Se eligió este punto por la población alledaña existente y por las actividades mineras que se realizaron hace pocos años atrás. Muestra tomada a las 12:30 horas, sobre los 4336m.s.n.m.

**Punto 5 (391645E y 8411128N):** Muestra 5, tomada a 100 metros aguas arriba de la ciudad de Crucero bajo el puente Crucero. Se eligió este punto por la proximidad que tiene a la

población del distrito de Crucero. Muestra tomada a las 13:40 horas, sobre los 4142m.s.n.m.

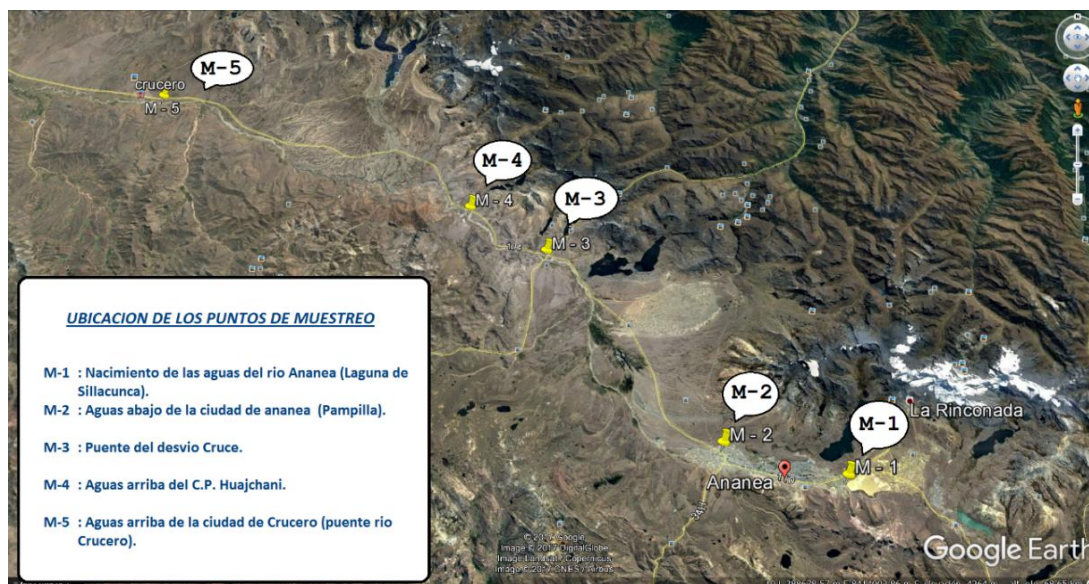


Figura 9: Ubicación satelital de los puntos de muestreo realizados.

### 3.3.1.3. Análisis de aguas

La determinación de la concentración de metales pesados (metales totales) en ambos periodos, se realizó por el método de “Espectrometría de Emisión Atómica EPA METHOD 200.7”, en el laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas de la Universidad Católica de Santa María – Arequipa; laboratorio acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N° LE-070.



Figura 10: Equipo de laboratorio para la determinación de metales pesados por el método de Espectrometría de Emisión Atómica de la UCSM - Arequipa.

Con la obtención de los resultados, se procedió a la evaluación del grado de contaminación por metales pesados en las aguas del río Ananea, para lo cual se tomaron en cuenta los parámetros establecidos de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas, emitido el último miércoles 7 de junio del 2017 por la MINAM.

Tabla 2: Estándares de calidad ambiental (ECA) para aguas de clase I y clase III.

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3	D1	D2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Riego de vegetales	Bebida de animales
Aluminio	mg/l	0.9	5	5	5	5
Arsénico	mg/l	0.01	0.01	0.15	0.1	0.2
Cadmio	mg/l	0.003	0.005	0.01	0.01	0.05
Cromo	mg/l	0.05	0.05	0.05	0.1	1
Hierro	mg/l	0.3	1	5	5	-
Manganeso	mg/l	0.4	0.4	0.5	0.2	0.2
Plomo	mg/l	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05
Mercurio	mg/l	0.001	0.002	0.002	0.001	0.01

Fuente: MINAM 2017.

En la *Tabla 2*, se muestran los parámetros actualizados de los Estándares de Calidad Ambiental. Categoría 1 destinada al uso poblacional y recreacional, en su subcategoría A para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable y la Categoría 3, destinada al riego de vegetales (D1) y bebida de animales (D2).

### **3.3.2. IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO MÁS CRÍTICO Y VULNERABLE A LA CONTAMINACIÓN**

Para tener identificado el punto más crítico de los cinco puntos de muestreo realizados, se realizó un análisis de correlación de la concentración de los metales pesados y parámetros físicos del agua en función al recorrido de las aguas del área en estudio.

Con los resultados obtenidos en laboratorio (concentraciones más altas), se procedió a elaborar cuadros en una hoja de cálculo (Excel) colocando los puntos de muestreo en el eje X y las concentraciones de metales pesados en el eje vertical Y, de donde se obtuvo una correlación entre los puntos de muestreo realizados y la concentración de metales pesados obtenidos en laboratorio según los ECA para aguas.

Posteriormente se realizó la descripción de los resultados, teniendo identificado el punto más crítico en el recorrido del río Ananea.

### **3.3.3. DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS QUE PRODUCE LA CONTAMINACIÓN.**

De acuerdo a los datos obtenidos del INEI (Ananea y Crucero) y de la población empadronada en sus comunidades (C.P. Oriental y Comunidad de Huajchani) se trabajó con una parte de la población afectada, así como se muestra en la *Tabla 3*:

Tabla 3: Población afectada encuestada según la zona donde vive.

Distrito	Población según INEI	Población afectada	Población encuestada
Ananea	30661	17200	120
Cuyocuyo	4818	620	50
Patambuco	4024	182	22
Crucero	9180	4950	60
Total Encuestada			<b>252</b>

Fuente: INEI, (2015).

Para determinar los efectos que produce la contaminación minera se procedió a la elaboración de una ficha de preguntas con lo cual se procedió a consultar a la población aledaña afectada (población de Ananea, Oriental, Huajchani y Crucero); con un total de 252 pobladores, estas preguntas fueron elaboradas en función a las actividades que realizan los afectados de la zona:



Universidad Nacional del Altiplano - Puno  
 Facultad de Ingeniería Agrícola  
 Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola

---

**FICHA DE ENCUESTA**  
*A la población afectada por la contaminación minera (Relaves Mineros)*

Fecha	:	
Hora	:	

**DESCRIPCION DEL LUGAR**

Departamento	:	
Provincia	:	
Distrito	:	
Comunidad	:	

**FICHA DE PREGUNTAS (Relacionadas a la contaminación minera)**

**a).- ¿Cuáles son los efectos que usted percibe en la salud de la población?**

- 1.- Enfermedades gastrointestinales y febriles.
- 2.- Enfermedades de la piel e infecciosas.
- 3.- Enfermedades pulmonares y respiratorias
- 4.- otros: .....

**b).- ¿Cuáles son los efectos que usted percibe en sus animales?**

- 1.- Presenta malestar estomacal e intestinal.
- 2.- Presenta signos infecciosos.
- 3.- Presenta torpeza motora.
- 4.- Otros: .....

**c).- ¿Cuáles son los efectos que tienen las actividades de la pesca?**

- 1.- Creciente extinción de peces.
- 2.- Desplazamiento de peces a otros cauces.
- 3.- Muerte súbita de peces.
- 4.- Otros: .....

**d).- ¿Cuáles son los efectos en la flora superficial y acuática?**

- 1.- No desarrollan completamente y no retoan.
- 2.- Presentan raíces muy débiles.
- 3.- Presentan sequedad por sustancia adherida al tallo y se marchitan.
- 4.- Otros: .....

**e).- ¿Cuáles son los efectos que tienen sus tierras de cultivo?**

- 1.- Presentan progresiva infertilidad.
- 2.- Presentan interfilidad completa.
- 3.- Presentan fertilidad normal.

Figura 11: Ficha de encuesta realizada a la población aledaña afectada.

Obtenidas las respuestas de la población afectada se procedió a la elaboración de cuadros estadísticos para luego hacer su análisis e interpretación de cada una de las preguntas formuladas.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la obtención de los datos obtenidos en laboratorio e insitu; se procedió a la elaboración de los resultados y su posterior análisis e interpretación. De acuerdo a los objetivos planteados en la presente investigación.

##### 4.1. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LAS AGUAS DEL RÍO ANANEA

En esta parte del estudio se pretende determinar la concentración de metales pesados, y evaluar estas según los parámetros de calidad de los ECAs para aguas (consumo humano, riego de cultivos y bebida de animales).

De los datos obtenidos en laboratorio, se obtuvo el análisis de 31 de metales pesados; de los cuales siete elementos superan los ECAs para aguas por lo menos en un punto de muestreo realizado, (Tabla 4 y 5).

Tabla 4: Concentración de metales pesados vs los ECAs durante la época de avenida.

Análisis	Época de Avenida					ECA		
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	Consumo humano	Riego de cultivos	Bebida de animales
<b>Aluminio Al</b>	<b>41.416</b>	1.807	1.247	0.729	2.078	5	5	5
<b>Arsénico (As)</b>	<b>0.331</b>	<b>0.014</b>	0.006	0.004	0.009	0.15	0.1	0.2
Cadmio (Cd)	-	-	-	-	-	0.01	0.01	0.05
Cromo (Cr)	0.019	-	-	-	-	0.05	0.1	1
<b>Hierro (Fe)</b>	<b>63.785</b>	3.318	1.685	0.996	2.837	5	5	
<b>Manganeso (Mn)</b>	<b>0.743</b>	<b>0.319</b>	<b>1.047</b>	<b>0.418</b>	<b>0.529</b>	0.5	0.2	0.2
Plomo (Pb)	0.03	-	-	-	-	0.05	0.05	0.05

Fuente: Laboratorio de ensayo y control de calidad de la UCSM – Arequipa.

Tabla 5: Concentración de metales pesados vs los ECAs durante la época de estiaje

Análisis	Época de Estiaje					ECA		
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	Consumo humano	Riego de cultivos	Bebida de animales
Aluminio (Al)	96.78	0.621	2.156	0.909	1.268	5	5	5
Arsénico (As)	0.765	0.006	-	-	0.012	0.15	0.1	0.2
Cadmio (Cd)	0.014	0.002	0.002	0.002	0.002	0.01	0.01	0.05
Cromo (Cr)	0.067	-	-	-	-	0.05	0.1	1
Hierro (Fe)	131.9	2.133	2.52	0.957	1.424	5	5	
Manganeso (Mn)	1.43	0.565	0.251	0.167	0.17	0.5	0.2	0.2
Plomo (Pb)	0.121	0.026	0.043	0.064	0.029	0.05	0.05	0.05

Fuente: Laboratorio de ensayo y control de calidad de la UCSM – Arequipa.

#### 4.1.1. CONCENTRACIONES QUÍMICAS DE AGUA

##### Aluminio (Al):

Las concentraciones de Al se registraron con valores máximos de 41.416 mg/l en la época de avenida y 96.78 mg/l en la época de estiaje, ambas en el punto de muestreo M-1 (Figura 12).

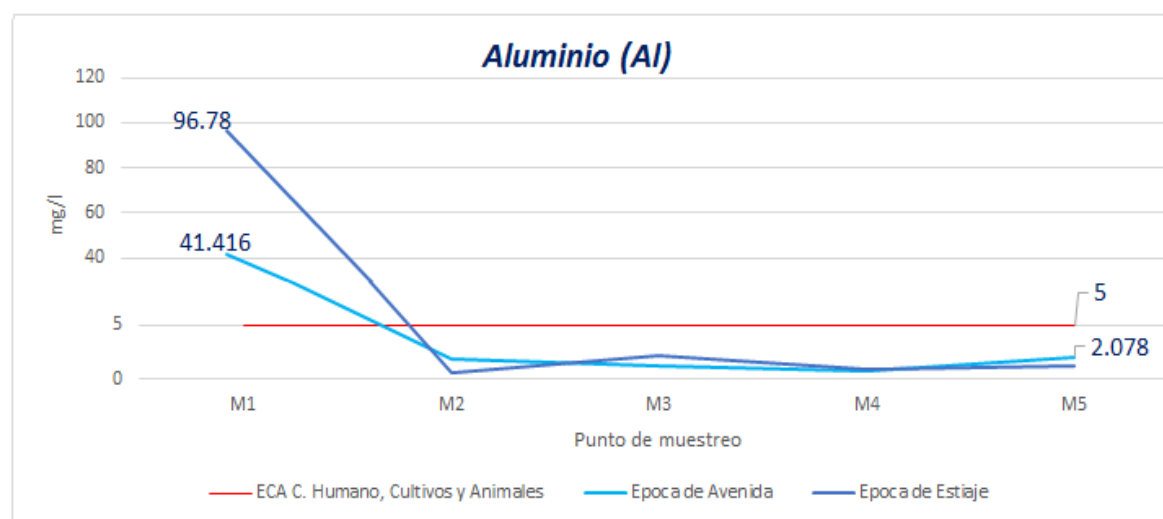


Figura 12: Concentración de Aluminio en los puntos de muestreo según los ECAs para aguas.

Se aprecia concentraciones de Al, tanto en la época de avenidas como en la época de estiaje, y estas superan los parámetros de los ECAs para aguas en el punto de muestreo M-1 durante las dos épocas, caso contrario a los demás puntos de muestreo realizados en donde las concentraciones de Al están por debajo de los parámetros de calidad ECA para aguas.

Para la ingesta de Al se interpreta los efectos de reducir la profundidad de las raíces y limitar el crecimiento de sus tallos, el contenido de las plantas con Al y consumido por los animales se ve con problemas de acidificación. Las investigaciones de la FAO nos dicen que la presencia de este elemento vuelve improductivos los suelos.

### Arsénico (As):

Las concentraciones de As se registraron en el punto de muestreo M-1 con valores máximos de 0.331 mg/l en la época de avenida y 0.765 mg/l para la época de estiaje, los cuales se encuentran por encima de los ECAs para consumo humano, riego de cultivos y bebida de ganados en este punto (M-1), caso contrario para los demás puntos de muestreo que sus valores están por debajo de los ECAs para aguas. (Figura 13).

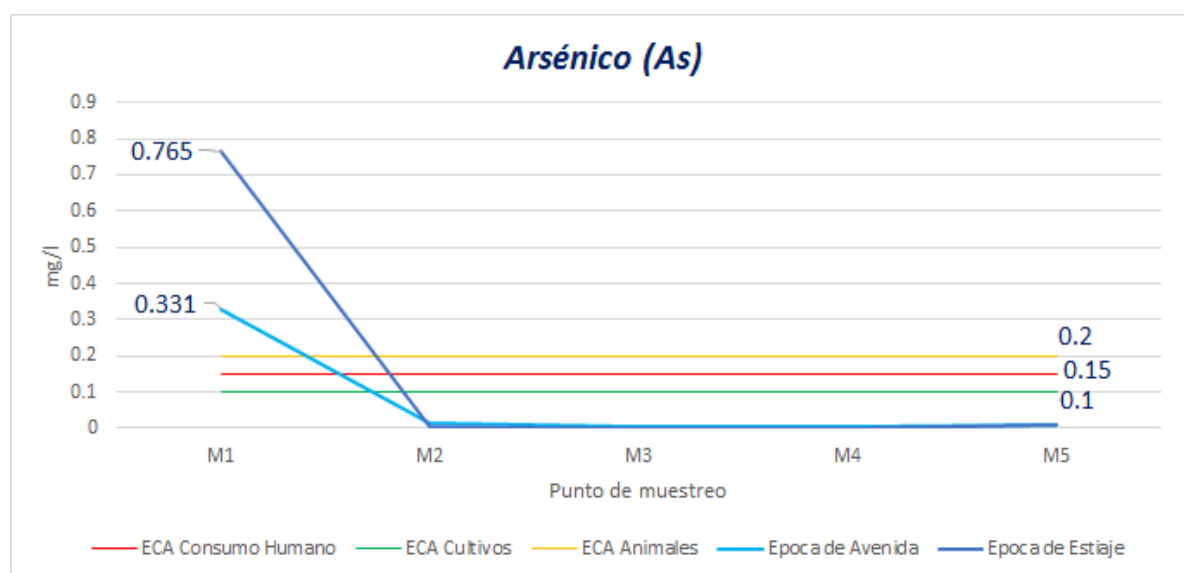


Figura 13: Concentración de Arsénico en los puntos de muestreo según los ECAs para aguas.

Según *Salas, (2014)*. En su estudio del río Ananea dieron concentraciones de As (6.55 mg/l) durante la época de estiaje, lo cual se asemeja con los resultados obtenidos para la época de estiaje mas no a los resultados obtenidos durante la época de avenida.

Debido a su toxicidad el consumo de este metal produce los efectos de reducir el rendimiento de los cultivos en un 50%, la concentración en las plantas mayormente se dará en las raíces. En animales producen síntomas de pérdida de apetito, debilidad, tembladera, convulsiones y diarreas. Los estudios realizados por *Cornejo. (2014)* en su artículo Contaminación de aguas y sedimentos por As, Pb y Hg de la cuenca del rio Ramis – Perú; nos afirma el aumento de los riesgos de cáncer de pulmón y vejiga, y de lesiones de la piel los mismos que estuvieron asociados a la ingestión de agua con concentraciones de As por debajo de 50  $\mu\text{g/L}$

#### **Cadmio (Cd):**

La concentración de Cd se encuentra con una cantidad máxima de 0.014mg/l en el punto de muestreo M-1 durante la época de estiaje y no hay concentración de Cd en la época de avenida. (*Figura 14*).

Así como podemos apreciar en la figura 14, las concentraciones de Cadmio se dieron durante la época de estiaje y estas superan los ECAs para consumo humano y riego de cultivos en el punto de muestreo M-1, mientras para los demás puntos de muestreo las concentraciones de este metal pesado son constantes (0.002mg/l) y están por debajo de los ECAs para aguas. Para la época de avenida no se registraron concentraciones de cadmio.

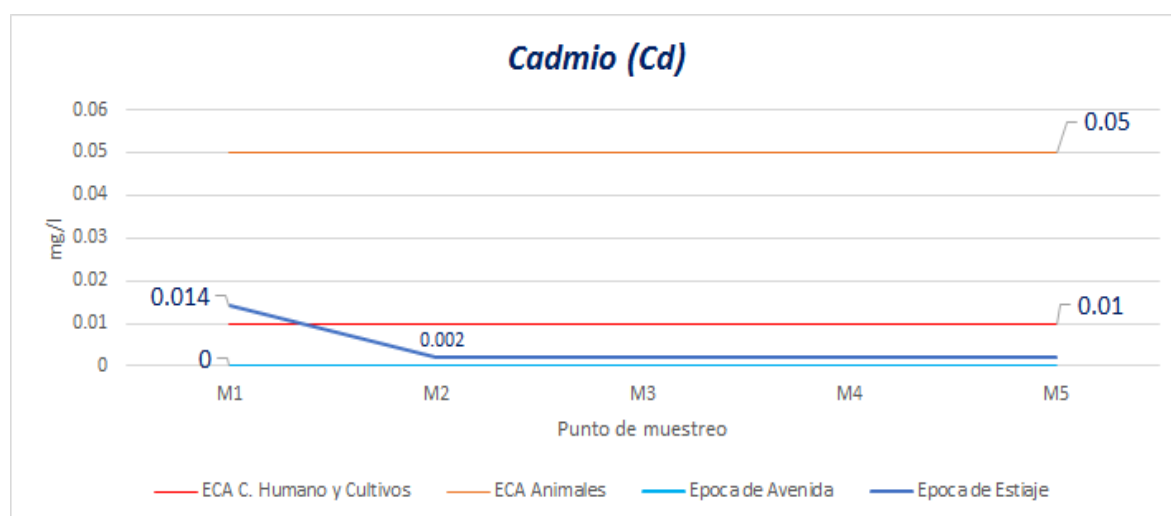


Figura 14: Concentración de Cadmio en los puntos de muestreo según los ECAs para aguas.

Según Salas, (2014). En su estudio del río Ananea, las concentraciones de Cd se dio tan solo durante la época de estiaje (0.16 mg/l), lo cual se asemeja a los resultados obtenidos pero las concentraciones de este metal pesado son menores a los resultados que nosotros obtuvimos, ya que el punto de muestreo M-1 corresponde al río Ananea.

### Cromo (Cr):

Las concentraciones de Cromo se encuentran como máximo en 0.019 mg/l en la época de avenida y 0.067 mg/l en la época de estiaje, ambos en el punto de muestreo M-1 (Figura 15).

En la figura 15, podemos apreciar que las concentraciones de Cromo solo se encuentra en el punto de muestreo M-1 y estas tan solo superan los ECAs para el consumo humano durante la época de estiaje, aguas abajo notamos que no hay concentraciones de este metal pesado por lo mismo estas se encuentran por debajo de los parámetros de calidad ECA para aguas.

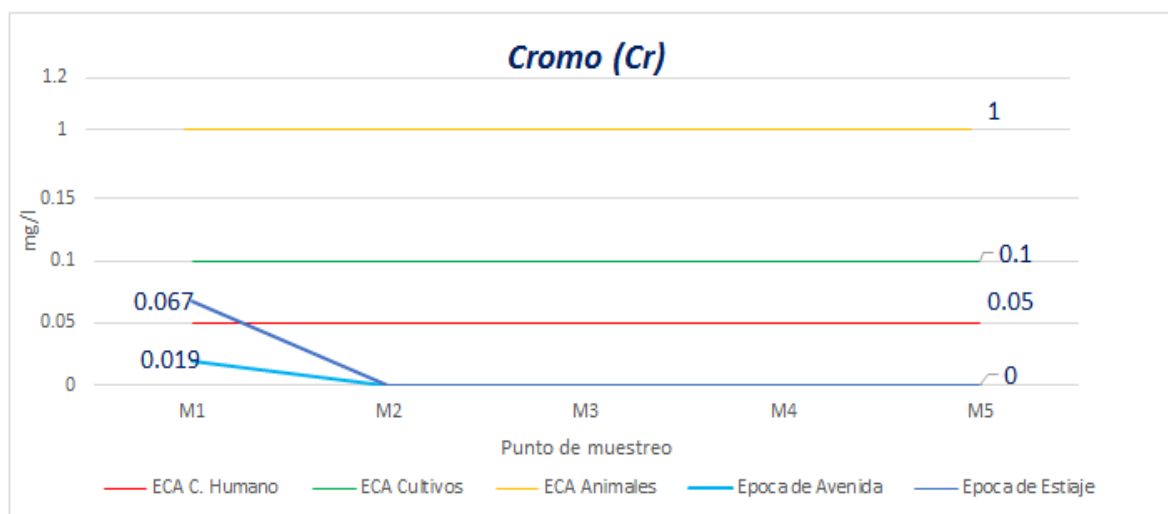


Figura 15: Concentración de Cromo en los puntos de muestreo según los ECAs para aguas.

Según Salas, (2014). En su estudio del río Ananea, las concentraciones de Cromo se dieron tan solamente durante la época de estiaje (0.96 mg/l), lo cual se asemeja medianamente a los resultados obtenidos pero con una considerable disminución de Cr en los resultados obtenidos.

Según Lozano *et al.*, (2004), la ingesta de Cromo para el hombre repercute en posibles enfermedades como la reducción al crecimiento y acumulaciones indeseables de este metal en los tejidos.

### Hierro (Fe):

Las concentraciones de Hierro se encuentran como máximo 63.785mg/l en la época de avenida y 131.9mg/l en la época de estiaje, ambos en el punto de muestreo M-1, los cuales superan los ECAs para consumo humano. (Figura 16).

Podemos apreciar que las concentraciones de Hierro en el punto de muestreo M-1 superan los ECAs para consumo humano y riego de cultivos durante las dos épocas, luego aguas abajo las concentraciones de este metal pesado disminuyen considerablemente y a la vez se muestran variables, las cuales superan los ECAs para consumo humano mas no superan los ECAs para el riego de cultivos.

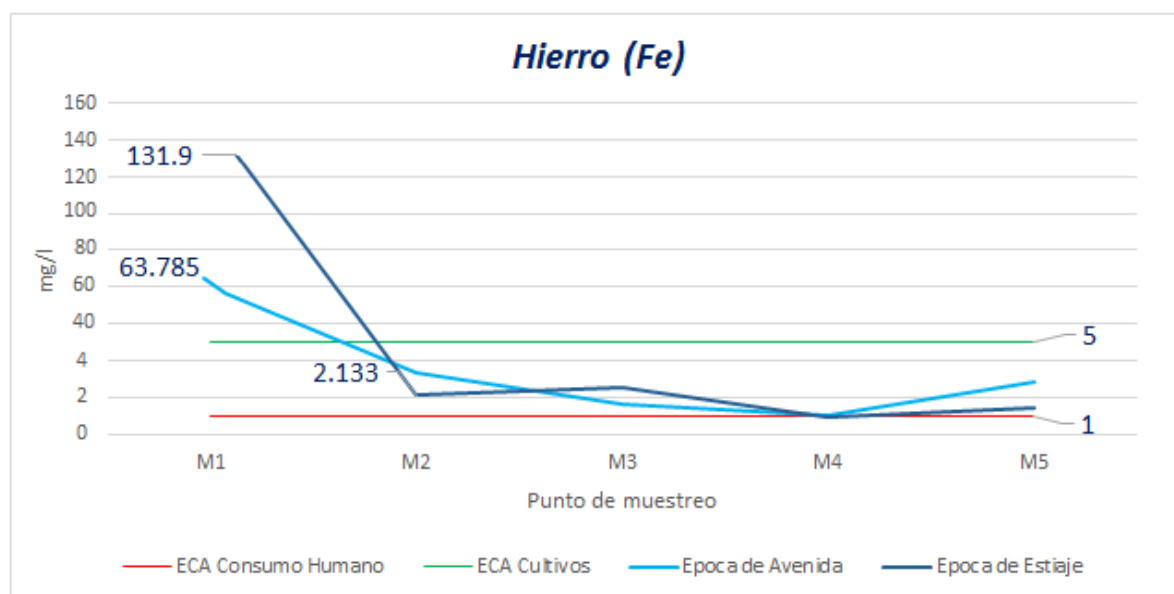


Figura 16: Concentración de Hierro en los puntos de muestreo según los ECAs para aguas.

Las concentraciones altas de Hierro encontradas en el punto de muestreo M-1 (en ambos periodos) se justifican a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto ya que estas aguas pocos antes se encontraban en reposo (en la laguna Sillacunca), estas son liberadas y a partir de entonces tenemos el nacimiento de las aguas del río Ananea.

El consumo de Fe es importante para el buen funcionamiento del organismo, pero a la vez la elevada concentración de Fe produce hemocromatosis que de manera secundaria produce malestares relacionados con la sangre como la anemia.

### Manganeso (Mn):

Las concentraciones de Manganeso se encuentran como máximo en 1.43mg/l en el punto de muestreo M-1 durante la época de estiaje y concentraciones máximas de 1.047 mg/l en el punto de muestreo M-3 durante la época de avenida. (Figura 17).

Se aprecia en la época de avenida, las concentraciones de Mn superan los ECAs para el riego de cultivos y bebida de animales en todo el recorrido, y para el consumo humano las concentraciones de este metal pesado tan solamente el punto de muestreo M-2 están por debajo de los ECAs. Para la época de estiaje, las concentraciones de Mn superan los ECAs



para consumo humano, riego de cultivos y bebida de animales en los puntos de muestreo M-1 y M-2, mientras que para los demás puntos de muestreo (M-3, M-4 y M-5) las concentraciones de Mn levemente se encuentran por debajo de los ECAs

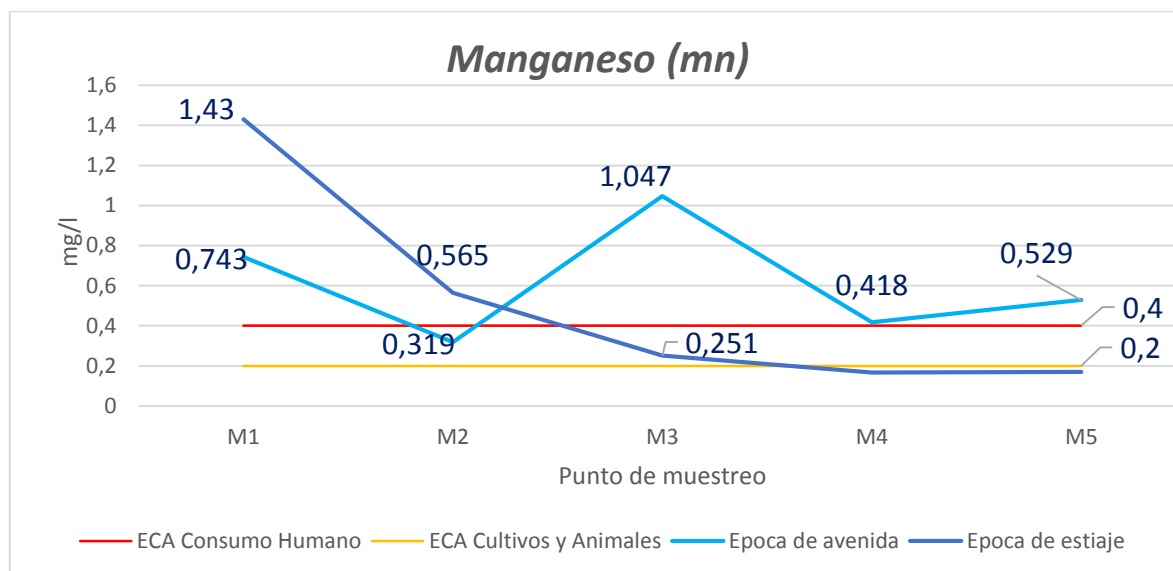


Figura 17: Concentración de Manganeso en los puntos de muestreo según los ECAs para aguas.

Las concentraciones de Mn encontradas durante la época de estiaje reflejan a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto y a la posterior liberación de sus aguas. Mientras tanto el comportamiento variable durante la época de avenidas se refleja a la mayor concentración del caudal del río y a la continua alimentación de las aguas provenientes de las actividades mineras realizadas en la zona.

Según el monitoreo realizado por DIGESA (2006). Las concentraciones de Mn superan los LMPs en el punto de muestreo M-1 lo cual concuerda con los resultados que obtuvimos.

### Plomo (Pb):

Las concentraciones de Plomo se encuentran como máximo 0.03 mg/l en la época de avenida y de 0.121 mg/l para la época de estiaje, ambos en el punto de muestreo M-1. (Figura 18).

En la figura 18 podemos apreciar las concentraciones de Plomo en la época de avenida que están por debajo de los ECAs para aguas en todos los puntos de muestreo, con una cantidad

mínima en el punto de muestreo M-1 y con mínimas concentraciones (0.00 mg/l) en su recorrido aguas abajo.

Para la época de estiaje, las concentraciones de Pb están por encima de los ECAs para aguas en los puntos de muestreo M-1 y M-4, mientras los demás puntos de muestreo (M-2, M-3 y M-5) tienen concentraciones de Pb por debajo de los ECA para aguas

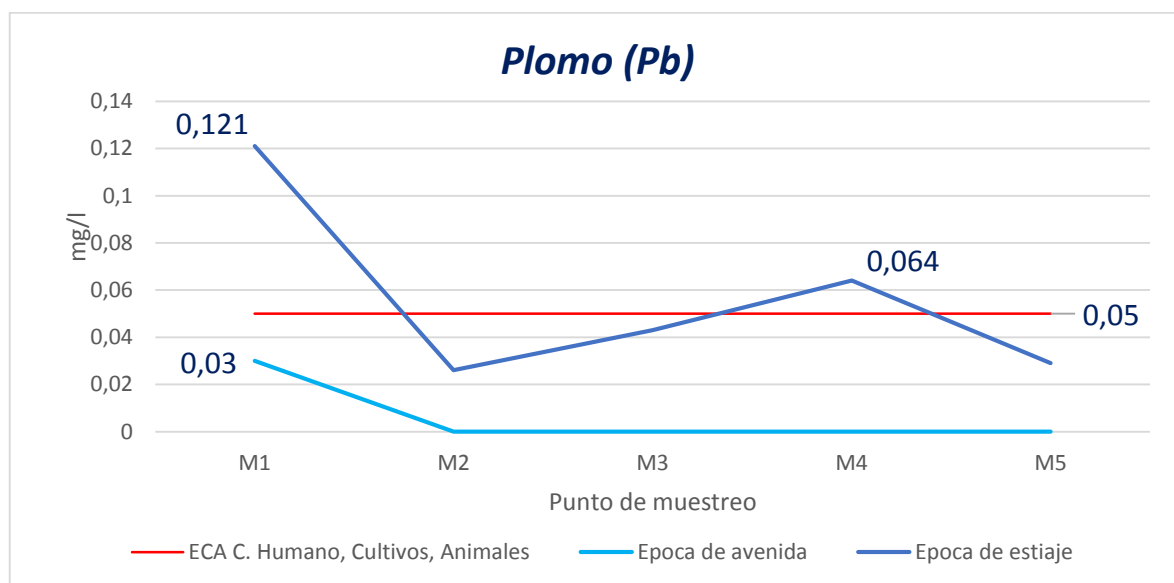


Figura 18: Concentración de Plomo en los puntos de muestreo según los ECAs para aguas.

De acuerdo a la figura 18, podemos notar que hay mayor concentración de este metal pesado durante la época de estiaje, asumimos mayor concentración de Plomo en esta época porque en la zona existen pasivos mineros quienes aprovechan al máximo el poco recurso hídrico que se encuentra en la zona reutilizándolo (retorno) tantas veces sea necesaria el agua.

### Mercurio (Hg):

No se registraron concentraciones de Hg en todos los puntos de muestreo realizados, durante las dos épocas. (Figura 19).

Podemos apreciar que no hay concentraciones de Hg en todos los puntos de muestreo realizados durante ambas épocas. Entonces interpretamos que el Mercurio al ser un metal

líquido y tener un peso específico mucho mayor al del agua tiende a sedimentarse en el fondo del río y no será posible encontrar concentraciones de Hg en las muestras de agua superficial, caso contrario sucedería en las muestras de sedimentos en el recorrido de estas aguas.

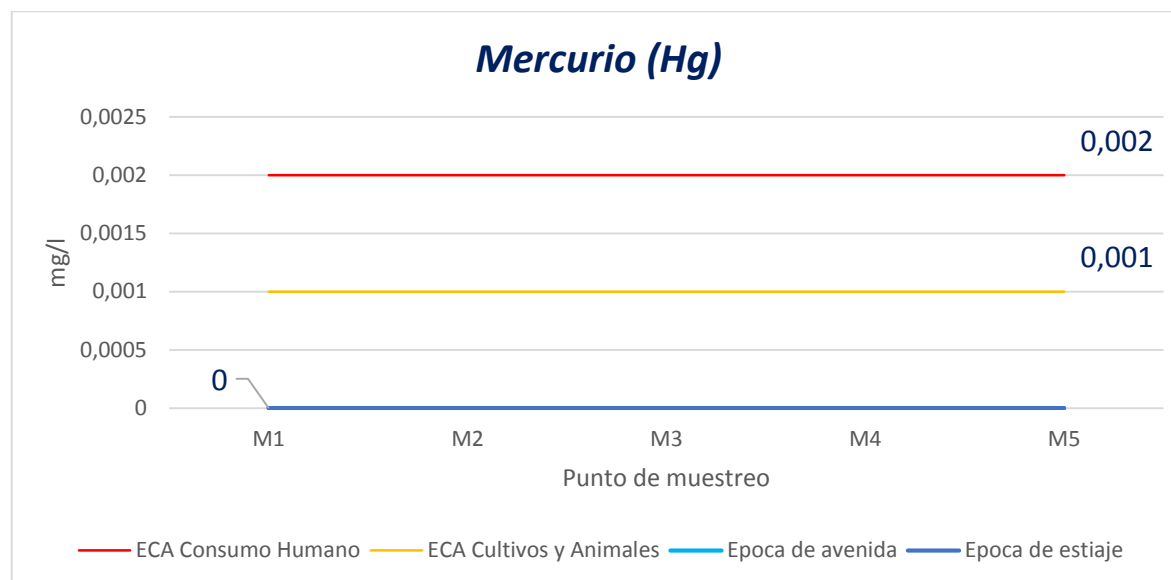


Figura 19: Concentración de Aluminio en los puntos de muestreo según los ECAs para aguas.

## 4.2. IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO MAS CRÍTICO A LA CONTAMINACIÓN

### 4.2.1. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS

Las concentraciones de metales pesados se encontraron con valores máximos en su mayoría en el punto de muestreo M-1 y durante la época de estiaje. Con metales como Aluminio con 96.78 mg/l y Hierro con 131.9 mg/l. En la *Figura 20*, nos muestra una correlación negativa para el análisis de metales pesados, esto quiere decir que la concentración de estos metales tiende a disminuir a medida que sus aguas discurren en esta parte de la cuenca.

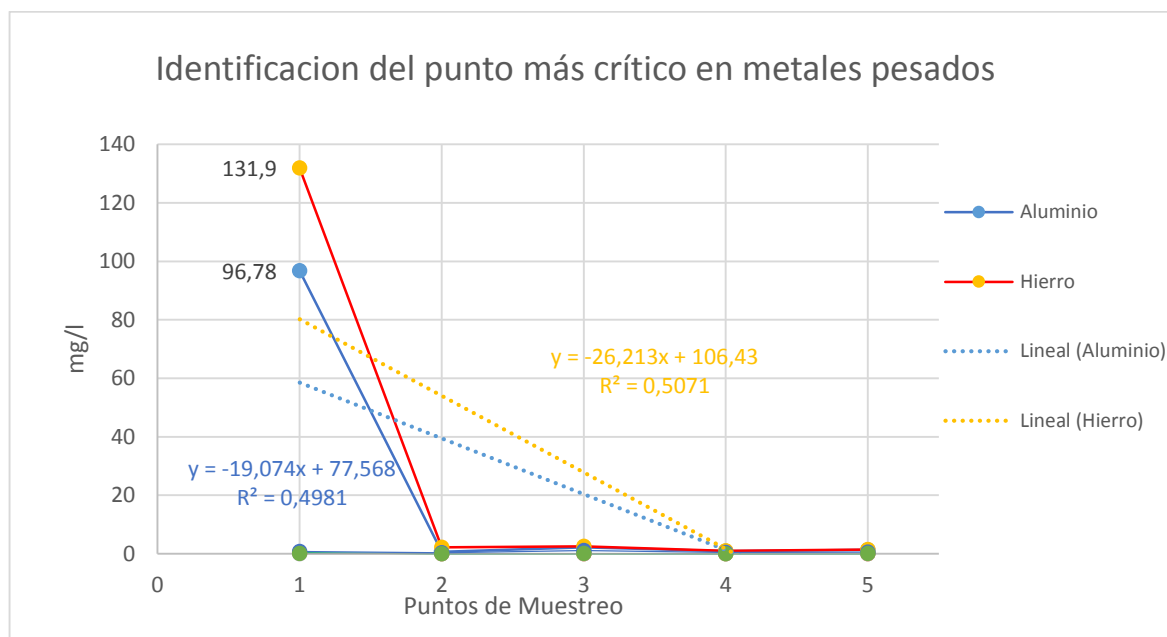


Figura 20: Identificación del punto más crítico y vulnerable según los metales pesados.

Cuando el valor obtenido de R es muy próximo a 1 ó -1, nos indica que la correlación es fuertemente positiva o negativa respectivamente, caso contrario si los valores de R son más próximos a 0 entonces será menor o mínima la relación entre la concentración de metales pesados y la distancia recorrida. Para nuestro caso podemos decir que hay una relación levemente positiva en la concentración de metales pesados y la distancia recorrida.

#### 4.2.2. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Los valores obtenidos en la época de avenida, fueron desde 226 uS/cm en el punto de muestreo M-1, hasta 724 uS/cm en el punto de muestreo M-5; mientras para la época de estiaje se tienen valores desde 422 uS/cm en el punto de muestreo M-1, hasta 1220 uS/cm para el punto de muestreo M-5. (Figura 21). No obstante estos valores están por debajo de los ECAs para aguas emitidos por la MINAM.

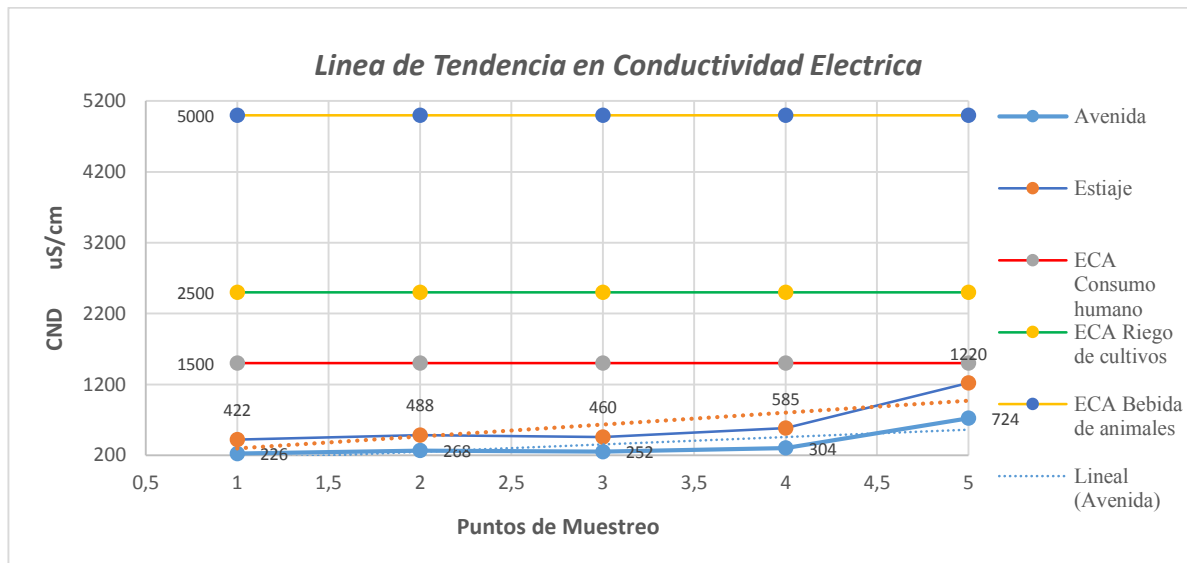


Figura 21: Línea de tendencia de la conductividad eléctrica en función a los puntos de muestreo.

Según *Cornejo y Pacheco, (2014)*, en su estudio realizado nos muestra que el comportamiento de la conductividad eléctrica en la sub cuenca Azángaro tiende a aumentar (de 100 uS/cm a 900 uS/cm) a medida que sus aguas discurren esto por presencia de sales, iones disueltos y materia orgánica disuelta. Caso similar ocurre en nuestro estudio por lo que podemos confirmar que la conductividad eléctrica tiende a aumentar a medida que sus aguas discurren en esta parte de la cuenca.

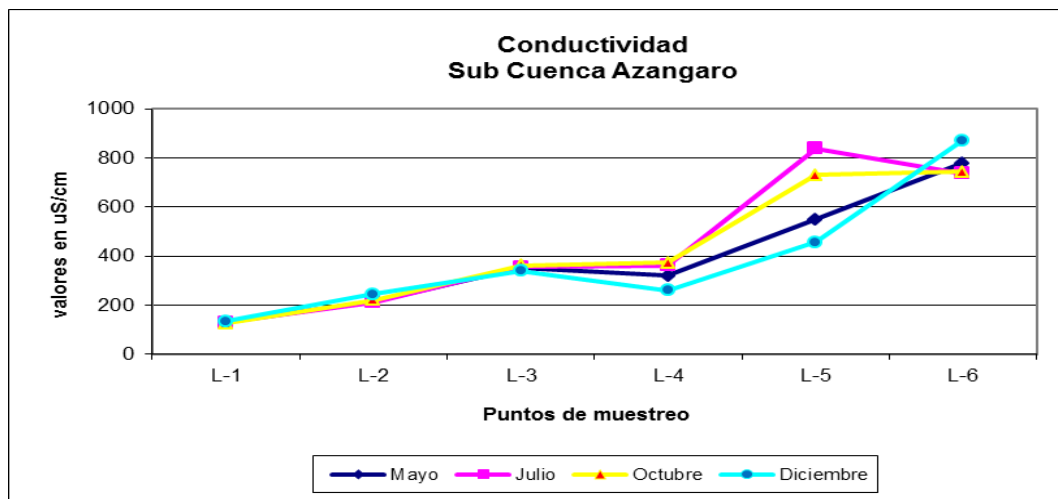


Figura 22: Conductividad eléctrica en la sub cuenca Azángaro.

Fuente: *Cornejo y Pacheco. (2014)*.

La conductividad nos hace conocer la cantidad de solidos disueltos existentes y por ende tomamos como indicador para conocer cuál de los puntos en estudio es más afectado a la contaminación y vulnerable.

La conductividad de la mayoría de las aguas dulces es de 10 a 1000µS/cm, pero puede exceder los 1000µS/cm, especialmente en aguas contaminadas, o aquellos que reciben grandes cantidades de afluentes (Chapman, 1996).

### 4.2.3. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (PH)

Resultados de pH en estas aguas nos indican en la época de avenida como mínimas 4.9 en el punto de muestreo M-1 y como máximas de 8.4 en el punto de muestreo M-4, mientras los valores mínimos para la época de estiaje nos muestra en 6.7 en el punto de muestreo M-1 y como valores máximos de 10.2 en el punto de muestreo M-4, (Figura 23).

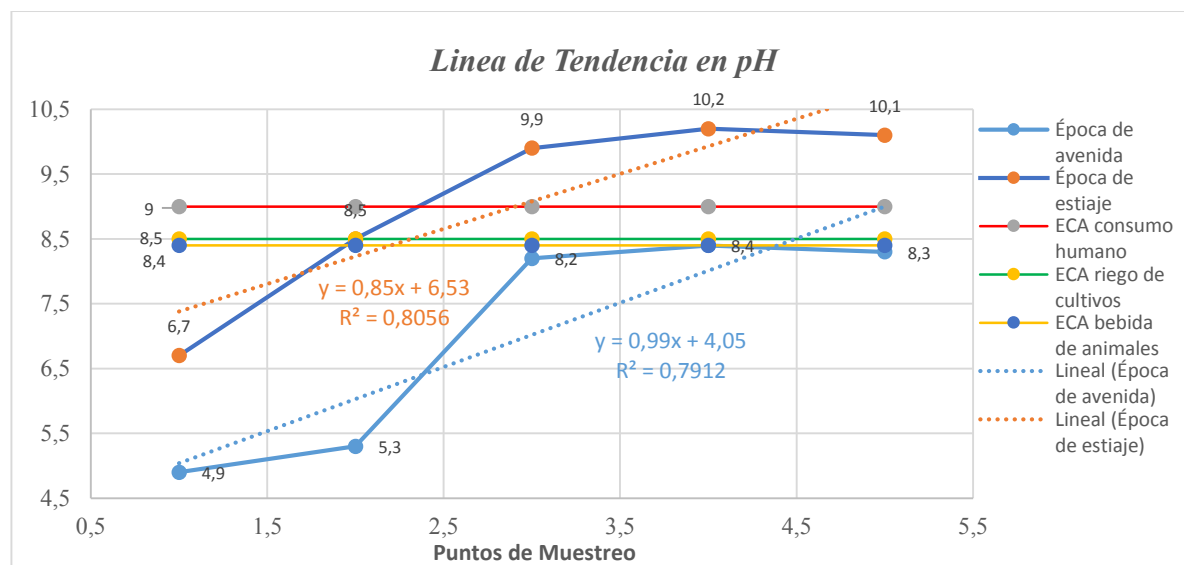


Figura 23: Línea de tendencia del pH en función a los puntos de muestreo.

El pH en aguas naturales está entre 6.00 y 8.50, aunque los valores más bajos pueden ocurrir en aguas diluidas con alto contenido de materia orgánica, y valores más altos en aguas eutróficas, salmueras subterráneas y lagos salados. El pH es influido por el contenido de sales

y los cambios de volumen de agua. En la época de seca aumenta por la concentración de las sales y disminuye en la época de lluvias (*Chapman, 1996*).

Entonces se puede afirmar que estas aguas tienden a ser más alcalinas a medida que sus aguas fluyen a lo largo de esta parte de la cuenca. Podemos también afirmar que el pH tiene una correlación bastante alta en función al recorrido que hacen estas aguas.

### 4.3. EFECTOS QUE OCASIONAN LA CONTAMINACIÓN EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RÍO ANANEA

Con la elaboración de preguntas y respuestas obtenidas insitu de la población afectada se procede al análisis e interpretación de los efectos que se vienen ocasionando producto de la contaminación en esta parte de la micro cuenca.

#### 4.3.1. EN LA SALUD DE LAS PERSONAS

*Tabla 6: Efectos que ocasiona la contaminación en la salud de las personas.*

ENFERMEDAD	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Enfermedades gastrointestinales y febriles	140	55.56%
Enfermedades de la piel e infecciones	65	25.79%
Enfermedades pulmonares y respiratorias	47	18.65%
<b>Total</b>	<b>252</b>	<b>100%</b>

Con respecto a los efectos que ocasiona la contaminación en las enfermedades de las personas, se observa que el 55.56% padecen de enfermedades gastrointestinales y febriles, así mismo los resultados de laboratorio indican la presencia de metales pesados como As, Cd, Fe y Pb, esto indica que la mayoría de las personas que viven aledaños al río Ananea sufren de este malestar.

#### 4.3.2. EN LOS ANIMALES

Tabla 7: Efectos que ocasiona la contaminación en los animales.

ENFERMEDAD	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Presenta malestar estomacal e intestinal	160	63.49%
Presenta signos infecciosos	73	28.97%
Presenta torpeza motora	19	7.54%
<b>Total</b>	<b>252</b>	<b>100%</b>

Con respecto a los efectos que ocasiona la contaminación en las enfermedades de los animales, se observa que el 63.49% presentan malestar estomacal e intestinal, esto indica que la mayoría de los animales sufren este malestar igual a los seres humanos que viven en la zona aledaña al río Ananea. De igual modo los resultados de laboratorio nos indican la presencia de metales pesados como As y Cd los cuales están por encima de los ECAs para aguas.

#### 4.3.3. EN LOS PECES

Tabla 8: Efectos que se producen en los peces.

ENFERMEDAD	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Creciente Extinción de especies de peces	141	55.95%
Desplazamiento de peces a otros cauces	44	17.46%
Muerte súbita de peces	67	26.59%
<b>Total</b>	<b>252</b>	<b>100%</b>



La mayoría de los peces están en creciente extinción por efectos de la contaminación con un 55.95%, seguida por la muerte súbita que es el 26.59%; por tanto, la contaminación tiene repercusión en los estándares de vida de los peces que viven en el río Ananea.

#### 4.3.4. EN LAS PLANTAS ACUÁTICAS

*Tabla 9: Efectos que ocasiona la contaminación en las plantas acuáticas.*

FACTORES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
No desarrollan completamente y no retoñan	107	42.46%
Presentan raíces muy débiles	65	25.79%
Presentan sequedad y se marchitan	80	31.75%
<b>Total</b>	<b>252</b>	<b>100%</b>

El 42.46% de las plantas acuáticas no desarrollan adecuadamente y no retoñan; el 31.75% presentan sequedad por sustancias adheridas al tallo, y luego se marchitan esto a consecuencia de la contaminación; este efecto tiene una repercusión negativa en la flora de la zona.

#### 4.3.5. EN LAS TIERRAS DE CULTIVO

*Tabla 10: Efectos que ocasiona la contaminación en las tierras de cultivo.*

FERTILIDAD	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Presentan progresiva infertilidad	154	61.11%
Presentan infertilidad completa	63	25.00%
Presentan fertilidad normal	35	13.89%
<b>Total</b>	<b>252</b>	<b>100%</b>

Solo el 13.89% de las tierras presentan una fertilidad normal y el 61.11% presenta una progresiva infertilidad, lo cual perjudica a la producción de las tierras de cultivo. Los resultados de laboratorio indican la presencia de metales pesados como Aluminio y Cromo, y estas hacen efectos negativos en los suelos.

Entonces, a las preguntas formuladas a la población aledaña afectada y los resultados obtenidos en laboratorio; podemos decir que hay similitud (sobre todo en el punto de muestreo M-1) en los efectos que viene causando la contaminación minera, ya que la ingesta de metales pesados como Al, As, Cd, Cr, Fe, Mn y Pb producen los efectos que viene padeciendo la población aledaña al río Ananea.

## V. CONCLUSIONES

- Con los resultados obtenidos en laboratorio se puede afirmar que hay concentración de metales pesados en todos los puntos de muestreo realizados, obteniendo valores muy por encima de los ECAs para aguas de consumo humano, riego de plantas y bebida de ganados, los mismos que no son recomendables para su consumo en general.
- Se desprende que hay mayor concentración de metales pesados en el punto de muestreo M-1 (punto más crítico), de los cuales las concentraciones de Al (96.78 mg/l) y Fe (131.90 mg/l) muestran concentraciones con cifras muy por encima de los ECAs para aguas; así mismo la conductividad eléctrica y el pH tienden a aumentar aguas abajo al cauce del río Ananea.
- Con las preguntas formuladas y obtenidas de la población afectada al área de estudio y los resultados obtenidos de laboratorio se afirma los efectos que viene ocasionando la contaminación minera, lo cual viene degradando de manera alarmante la vida en esta parte de la micro cuenca y por lo mismo la población afectada se ve obligada a dejar sus tierras y buscar otras alternativas.

## VI. RECOMENDACIONES

Con el presente trabajo se alcanzó establecer algunos aspectos y/o elementos que nos permitieron identificar, entender y tomar conciencia de la magnitud en los efectos que ocasionan los relaves mineros en la calidad del río Ananea y a partir de ello, promover alternativas y recomendar acciones de posibles soluciones:

- Se recomienda al gobierno central, regional y locales; implementar un Sistema de Monitoreo y Control Regional de los recursos hídricos; tomar medidas de prevención, control y mitigación de los impactos de actividades mineras informales en el medio ambiente, éstas ser implementadas y cumplidas por los operadores mineros en áreas de la naciente del río Ananea. Se evidencia que la principal medida que debe adoptarse es reordenar la explotación minera en Ananea C.P. Oriental y sus alrededores, que no sólo contaminan las aguas en general, sino que puede convertir a la zona en fuente de conflictos, afectando la gobernabilidad de la región.
- Se recomienda como acción importante realizar la toma de muestras de agua en períodos de cada mes; del mismo modo, tomar muestras de sedimentos en todos los puntos de muestreo realizados, para obtener información más precisa de esta parte de la cuenca.
- Se recomienda preparar un sistema de decantación y reciclaje, como complemento para el caso de relaveras, para evitar la contaminación con descarga de sedimentos sólidos suspendidos y disueltos en el río Ananea, el mismo que puede usar varias pozas de sedimentación en serie.
- Se recomienda, conformar un Equipo Profesional Especializado y conocedor de la zona y el tema para la continuidad del estudio; además, la asignación de un presupuesto adecuado para su estudio de parte de las entidades estatales locales y nacionales.

## VII. REFERENCIAS

- Alvites, V., (2008). *Tesis: Evaluación de la contaminación debido a la presencia de metales pesados: Arsénico, Cadmio, Cromo, Mercurio y plomo en las aguas del rio Huaura y plan de manejo ambiental*. Huacho, Perú: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- Aragoneses, P., (2002), *¿por qué contaminamos?*. Madrid, España: Editorial Gráficas Halas.
- Autoridad Nacional del Agua, (2012). *Delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Perú” Aplicando la metodología Pfafstetter*. Lima, Perú: Dirección de conservación y planeamiento de los recursos hídricos.
- Aquino, E., (2003). “*Contaminación por mercurio y cianuro en el distrito minero de Ananea- Puno*” *Tercer congreso internacional de medio ambiente en minería y metalurgia*. Puno, Perú: Crea ediciones graficas EIRL Perú.
- Barceló, D. y López, M. J., (2007). *Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes*. Barcelona, España: Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales-CSIC.
- Bermúdez, M., (2010). *Contaminación y turismo sostenible*. p. 5. CETD SA. México.
- Campos, N. (1990). *La contaminación por metales pesados en la Ciénaga Grande de 1311 Santa María*. Caribe, Colombia: Caldasia Vol. 16. 231 - 144 p.
- CBC Cusco, IPROGA, WUR. (2007). *Curso de especialización profesional “Gestión integrada de los recursos hídricos macro región sur” Módulos I, II, III, IV y V*. Cusco, Cajamarca, Arequipa – Perú.
- Cervantes y Moreno (2010). *Contaminación ambiental por metales pesados impacto en los seres vivos*. AGT, Editor, S.A. México.

- Chapman, (1996). *Water Quality Assessments. A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring UNESCO/WHO/UNEP*. Printed in Great Britain at the University Press, Cambridge.
- Clara, M. R., (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la micro cuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras: Programa de educación para el desarrollo y la conservación*, 62-65.
- Cornejo, D. A., y Pacheco, M. E., (2014). *Contaminación de aguas y sedimentos por As, Pb y Hg de la Cuenca del río Ramis, Puno*. Puno, Perú: Revista de investigación (Postgrado).
- DIRECCIÓN REGIONAL DE ENERGÍA Y MINAS – DREM. (2006). “*Evaluación del estado de los recursos naturales y contaminación ambiental de la cuenca del río Ramis*”. Perú.
- DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL – DIGESA. (2006). “*Monitoreo de la cuenca del río Ramis – Puno*”. Perú.
- EPA, A.C. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Díaz de Santos, Madrid, España.
- Gammons, C. (2003). *Preliminary Assessment of Mercury Contamination due to Gold Mining in the Rio Ramis-Lake Titicaca Watershed*, Perú. Montana, Estados Unidos: Tech, School of Mines and Engineering-USA; Univ. of California-Davis; ept. of Environmental Science and Policy – USA.
- Gerbrandt, B., et al (2004). *Contaminación del Lago Titicaca y Afluentes por Mercurio y otros Elementos Pesados. Metalurgia, Materiales y Soldadura*, Estados Unidos: N° 1, pp. 34-39.
- González, T. C. (2011). *Monitoreo de la calidad del agua: El pH*. Cali, Colombia.

- Gonzalo, L. S., (2010). *Metales pesados: Aportaciones al estudio toxicológico de especies y alimentos marinos en las islas canarias*. El Caribe: Editores Ciencias y Tecnologías. pp. 27-46.
- Goyzueta C. G., (2010). *Riesgos de Salud Ambiental por la Minería Artesanal en la Rinconada Puno – Perú*.
- Guerrero, C. y Zavala, B. (2006). *Influencia de la Actividad Minera en la cuenca del río Ramis – Puno*, Lima, Perú: INGEMMET.
- Herrera, J., Rodríguez, J., Coto, J., Salgado, V., y Borbón, H. (2012). *Evaluación de metales pesados en los sedimentos superficiales del río Pirro Tecnología en Marcha*. Costa Rica: 26 (1): 27 – 36.
- Huaranga, M.F., Méndez, G.E., Quilcat, L.V. y Huaranga, A. F., (2012). *Contaminación por metales pesados en la cuenca del río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú*: Universidad Nacional de Trujillo.
- INRENA, ATDR Ramis. (2008). *Actualización del Balance Hídrico de la Cuenca del río Ramis*. Puno, Perú: Instituto Nacional de Recursos Naturales.
- Jill, S. B. (2003). *Sustaining Healthy Freshwater Ecosystems. Issues in Ecology*. Washinton DC. US. P. 18:1-18: Ecological Society of America.
- Juárez, H. (2012). *Contaminación Del Río Rímac Por Metales Pesados y Efecto en La Agricultura en el Cono Este de Lima Metropolitana*. Lima, Perú: Reporte Final de Investigación para Agropolis. UNALM.
- Lobato Flores, A. L. (2013). *Tesis: Evaluación Ambiental y Programas de Remediación de la Cuenca Alta del río Ramis*. Lima, Peru: Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica.
- Mancilla Villa, O. R., Ortega Escobar, H. M., Ramirez Ayala, C., Usacanga Mortera, E., Ramos Bello, R., y Reyes Ortigoza, A. L. (2012). *Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz*, México: Editorial Scielo.

- MINAM. (2014). *Guía Para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos*. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente - Dirección General de Calidad Ambiental.
- MINAM. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el Agua*. Lima, Perú: Diario oficial el peruano.
- Ministerio de Agricultura del Perú. (2004). *Comité Multisectorial. "Estrategia Nacional Para La Gestión Integral De Los Recursos Hídricos Continentales Del Perú"*. Perú.
- O'Neill, P. (1995). In: *Heavy metals in soils; Alloway, B. J.; Blackie Academic & Professional*: London, U.K., 1995; pp 105-121.
- Ortiz, L., Delgado, J., Pardo, D., Murillo, E. y Guio, A. (2012). *Determinación de metales pesados e índices de calidad en aguas y sedimentos del río Magdalena – tramo Tolima, Colombia* (Colombia) Universidad del Valle. Facultad de Ciencias.
- Patra & Sharma A. (2000). *Mercury toxicity*. In: *Plants. Bot.* London: Rev. 66:379-422
- Paredes, Q. E., (2013). *Concentración de Plomo y Cadmio en la cuenca media del río Moche*. La Libertad – Perú: Tesis de grado.
- Peris, M.M. (2006). *Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellón* (España) PhD. Tesis, Ingeniera Química. Valencia (España): Universidad de Valencia, Facultad de Ingeniería.
- Rosas Rodríguez, H. (2001). *Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat. Tesis doctoral de la Universidad Politècnica de Catalunya, España. Departamento de Ingeniería minera: recuperado de <http://hdl.handle.net/10803/6978>*.
- Romero Ledezma, K. P., (2009). *Contaminación por metales pesados*. Colombia: Revista científica ciencia médica. SCEM p. 45.
- Skoog, D. A., Holler, F.J., Crouch, S.R. (2008). *Principios de análisis instrumental, 6ta edición, Cengage Learning, México*.



- Salas Urviola, F. B. (2014). *Determinación de Metales Pesados en las Aguas del río Ananea Debido a la Actividad Minera Aurífera, Puno-Perú*. Puno, Perú: Revista de investigación Escuela de post grado.
- Sánchez Soto L. (2014). *Efectos de la Contaminación Producida por los Relaves de la Minería Informal*. Puno, Perú: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez – Juliaca.
- UNI. (2001). *Inventario de minas inactivas del departamento de Puno. Ministerio de Energía y Minas: Proyecto de eliminación de pasivos ambientales*. Lima, Perú: Universidad Nacional De Ingeniería – Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica.
- UNASAM, (2009). *Procedimiento de muestreo de agua superficial*. Huaráz – Peru: Laboratorio de Calidad Ambiental, Facultad de ciencias del ambiente.
- (US EPA. (2001). “*Water quality criterion for the protection of human health: methyl mercury*”, Federal document: EPA-823-R-01-001. Office of Science and Technology, Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency Washington.
- Weinberg, J., (2010). *Cooperación con Agencia Sueca de Protección Ambiental y a la oficina federal Suiza para el medio ambiente y a otros donantes de IPEN*. Suecia: International POPs Elimination Netwok (IPEN).
- Zavala, B. y Guerrero, C. (2005). *Estudio Geoambiental de la Cuenca del río Ramis*. Lima, Perú: informe en edición Normas Riverside.

## VIII. ANEXOS

### 8.1. PANEL FOTOGRÁFICO



*Figura 24: Laguna de Sillacunca, nacimiento de las aguas del río Ananea. (Micro cuenca Alto Azángaro).*



*Figura 25: Medición del pH de agua en el punto de muestreo M-2 del río Ananea.*



*Figura 26: Toma de muestras realizadas en el punto de muestreo M-3 (puente Desvió Cruce).*



*Figura 27: Fin de las tomas de muestra realizadas en los cinco puntos de muestreo (Alquiler de camioneta 4x4).*



*Figura 28: Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la Universidad Católica de Santa María – Arequipa.*



*Figura 29: Equipo de Espectrometría de Emisión Atómica (Determinación de metales totales).*

## 8.2. RESULTADOS DE LABORATORIO

### 8.2.1. ÉPOCA DE AVENIDA (MARZO – 2017)



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apldo. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA13C17.002602A**

**Nombre del Cliente** : DEYVI CRISTIAN PARI HUAQUISTO  
**Dirección del Cliente** : JIRON UMACHIRI 133 PUNO  
**RUC** : NO CORRESPONDE  
**Condición del Muestreado** : POR EL CLIENTE  
**Descripción** : AGUA SUPERFICIAL M1  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de Recepción** : 13/03/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 13/03/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 30/03/2017  
**Página** : 1 de 2

**I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L)  
 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0003	0,0009
Aluminio (Al)	41,416	0,3765	1,1294
Arsénico (As)	0,331	0,0048	0,0144
Boro (B)	No detectable	0,0000	0,0000
Bario (Ba)	0,178	0,0001	0,0003
Berilio (Be)	0,002	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	0,138	0,0002	0,0006
Cadmio (Cd)	No detectable	0,0001	0,0003
Cobalto (Co)	0,018	0,0001	0,0003
Cromo (Cr)	0,019	0,0003	0,0009
Cobre (Cu)	0,036	0,0009	0,0027
Hierro (Fe)	63,785	0,0010	0,0029
Potasio (K)	1,491	0,0009	0,0028
Litio (Li)	0,031	0,0015	0,0045
Magnesio (Mg)	0,422	0,0032	0,0095
Manganeso (Mn)	0,743	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	No detectable	0,0009	0,0027
Sodio (Na)	0,275	0,0061	0,0182
Niquel (Ni)	0,038	0,0007	0,0020
Fosforo (P)	1,130	0,0126	0,0378
Plomo (Pb)	0,030	0,0004	0,0013
Antimonio (Sb)	No detectable	0,0027	0,0081
Selenio (Se)	No detectable	0,0028	0,0085
Silicio (Si)	54,965	0,0072	0,0216





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA13C17.002602A**

**Nombre del Cliente** : DEYVI CRISTIAN PARI HUAQUISTO  
**Dirección del Cliente** : JIRON UMACHIRI 133 PUNO  
**RUC** : NO CORRESPONDE  
**Condición del Muestreado** : POR EL CLIENTE  
**Descripción** : AGUA SUPERFICIAL M1  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de Recepción** : 13/03/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 13/03/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 30/03/2017  
**Página** : 2 de 2

Estaño (Sn)	No detectable	0,0117	0,0351
Estroncio (Sr)	0,005	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	0,561	0,0000	0,0000
Talio (Tl)	No detectable	0,0072	0,0216
Vanadio (V)	0,050	0,0009	0,0026
Zinc (Zn)	0,229	0,0003	0,0009
Mercurio (Hg)	No detectable	0,0009	0,0020

**OBSERVACIONES:**

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez  
 CQFDA 00624  
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
 ✉ laboratorioensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA13C17.002602B**

**Nombre del Cliente** : DEYVI CRISTIAN PARI HUAQUISTO  
**Dirección del Cliente** : JIRON UMACHIRI 133 PUNO  
**RUC** : NO CORRESPONDE  
**Condición del Muestreado** : POR EL CLIENTE  
**Descripción** : AGUA SUPERFICIAL M2  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de Recepción** : 13/03/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 13/03/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 30/03/2017  
**Página** : 1 de 2

**I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L)  
 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0003	0,0009
Aluminio (Al)	1,807	0,3765	1,1294
Arsénico (As)	0,014	0,0048	0,0144
Boro (B)	No detectable	0,0000	0,0000
Bario (Ba)	0,015	0,0001	0,0003
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	0,879	0,0002	0,0006
Cadmio (Cd)	No detectable	0,0001	0,0003
Cobalto (Co)	No detectable	0,0001	0,0003
Cromo (Cr)	No detectable	0,0003	0,0009
Cobre (Cu)	0,006	0,0009	0,0027
Hierro (Fe)	3,318	0,0010	0,0029
Potasio (K)	1,089	0,0009	0,0028
Litio (Li)	0,007	0,0015	0,0045
Magnesio (Mg)	0,469	0,0032	0,0095
Manganeso (Mn)	0,319	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	No detectable	0,0009	0,0027
Sodio (Na)	1,270	0,0061	0,0182
Niquel (Ni)	0,003	0,0007	0,0020
Fosforo (P)	0,053	0,0126	0,0378
Plomo (Pb)	No detectable	0,0004	0,0013
Antimonio (Sb)	No detectable	0,0027	0,0081
Selenio (Se)	No detectable	0,0028	0,0085
Silicio (Si)	15,115	0,0072	0,0216







**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA13C17.002602B**

**Nombre del Cliente** : DEYVI CRISTIAN PARI HUAQUISTO  
**Dirección del Cliente** : JIRON UMACHIRI 133 PUNO  
**RUC** : NO CORRESPONDE  
**Condición del Muestreado** : POR EL CLIENTE  
**Descripción** : AGUA SUPERFICIAL M2  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de Recepción** : 13/03/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 13/03/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 30/03/2017  
**Página** : 2 de 2

Estaño (Sn)	No detectable	0,0117	0,0351
Estroncio (Sr)	0,010	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	0,016	0,0000	0,0000
Talio (Tl)	No detectable	0,0072	0,0216
Vanadio (V)	No detectable	0,0009	0,0026
Zinc (Zn)	0,033	0,0003	0,0009
Mercurio (Hg)	No detectable	0,0117	0,0351

**OBSERVACIONES:**

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL -DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez  
 CQFDA 00024  
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA13C17.002602C**

**Nombre del Cliente** : DEYVI CRISTIAN PARI HUAQUISTO  
**Dirección del Cliente** : JIRON UMACHIRI 133 PUNO  
**RUC** : NO CORRESPONDE  
**Condición del Muestreado** : POR EL CLIENTE  
**Descripción** : AGUA SUPERFICIAL M3  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de Recepción** : 13/03/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 13/03/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 30/03/2017  
**Página** : 1 de 2

**I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L)  
 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0003	0,0009
Aluminio (Al)	1,247	0,3765	1,1294
Arsénico (As)	0,006	0,0048	0,0144
Boro (B)	0,003	0,0000	0,0000
Bario (Ba)	0,024	0,0001	0,0003
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	0,970	0,0002	0,0006
Cadmio (Cd)	No detectable	0,0001	0,0003
Cobalto (Co)	0,018	0,0001	0,0003
Cromo (Cr)	No detectable	0,0003	0,0009
Cobre (Cu)	0,004	0,0009	0,0027
Hierro (Fe)	1,685	0,0010	0,0029
Potasio (K)	0,828	0,0009	0,0028
Litio (Li)	0,009	0,0015	0,0045
Magnesio (Mg)	0,396	0,0032	0,0095
Manganeso (Mn)	1,047	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	0,001	0,0009	0,0027
Sodio (Na)	1,353	0,0061	0,0182
Niquel (Ni)	0,043	0,0007	0,0020
Fosforo (P)	0,036	0,0126	0,0378
Plomo (Pb)	No detectable	0,0004	0,0013
Antimonio (Sb)	No detectable	0,0027	0,0081
Selenio (Se)	No detectable	0,0028	0,0085
Silicio (Si)	9,715	0,0072	0,0216





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
 ✉ laboratoriodensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350

AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA13C17.002602C**

**Nombre del Cliente** : DEYVI CRISTIAN PARI HUAQUISTO  
**Dirección del Cliente** : JIRON UMACHIRI 133 PUNO  
**RUC** : NO CORRESPONDE  
**Condición del Muestreado** : POR EL CLIENTE  
**Descripción** : AGUA SUPERFICIAL M3  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de Recepción** : 13/03/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 13/03/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 30/03/2017  
**Página** : 2 de 2

Estaño (Sn)	No detectable	0,0117	0,0351
Estroncio (Sr)	0,012	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	0,006	0,0000	0,0000
Talio (Tl)	No detectable	0,0072	0,0216
Vanadio (V)	No detectable	0,0009	0,0026
Zinc (Zn)	0,090	0,0003	0,0009
Mercurio (Hg)	No detectable	0,0009	0,0020

**OBSERVACIONES:**

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez  
 CQFDA 00624  
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**N° DE INFORME: ANA13C17.002602D**

**Nombre del Cliente** : DEYVI CRISTIAN PARI HUAQUISTO  
**Dirección del Cliente** : JIRON UMACHIRI 133 PUNO  
**RUC** : NO CORRESPONDE  
**Condición del Muestreado** : POR EL CLIENTE  
**Descripción** : AGUA SUPERFICIAL M4  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de Recepción** : 13/03/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 13/03/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 30/03/2017  
**Página** : 1 de 2

**I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L)  
 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0003	0,0009
Aluminio (Al)	0,729	0,3765	1,1294
Arsénico (As)	0,004	0,0048	0,0144
Boro (B)	No detectable	0,0000	0,0000
Bario (Ba)	0,017	0,0001	0,0003
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	0,806	0,0002	0,0006
Cadmio (Cd)	No detectable	0,0001	0,0003
Cobalto (Co)	0,001	0,0001	0,0003
Cromo (Cr)	No detectable	0,0003	0,0009
Cobre (Cu)	0,011	0,0009	0,0027
Hierro (Fe)	0,996	0,0010	0,0029
Potasio (K)	0,356	0,0009	0,0028
Litio (Li)	0,004	0,0015	0,0045
Magnesio (Mg)	0,247	0,0032	0,0095
Manganeso (Mn)	0,418	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	0,001	0,0009	0,0027
Sodio (Na)	0,509	0,0061	0,0182
Niquel (Ni)	0,013	0,0007	0,0020
Fosforo (P)	0,013	0,0126	0,0378
Plomo (Pb)	No detectable	0,0004	0,0013
Antimonio (Sb)	No detectable	0,0027	0,0081
Selenio (Se)	No detectable	0,0028	0,0085
Silicio (Si)	5,987	0,0072	0,0216





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📍 Aptdo. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA13C17.002602D**

<b>Nombre del Cliente</b>	: DEYVI CRISTIAN PARI HUAQUISTO
<b>Dirección del Cliente</b>	: JIRON UMACHIRI 133 PUNO
<b>RUC</b>	: NO CORRESPONDE
<b>Condición del Muestreado</b>	: POR EL CLIENTE
<b>Descripción</b>	: AGUA SUPERFICIAL M4
<b>Tamaño de muestra</b>	: 500 mL
<b>Fecha de Recepción</b>	: 13/03/2017
<b>Fecha de Inicio del Ensayo</b>	: 13/03/2017
<b>Fecha de Emisión de Informe</b>	: 30/03/2017
<b>Página</b>	: 2 de 2

Estaño (Sn)	No detectable	0,0117	0,0351
Estroncio (Sr)	0,008	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	0,002	0,0000	0,0000
Talio (Tl)	No detectable	0,0072	0,0216
Vanadio (V)	No detectable	0,0009	0,0026
Zinc (Zn)	No detectable	0,0117	0,0351
Mercurio (Hg)	No detectable	0,0009	0,0020

**OBSERVACIONES:**

- Este documento al ser emitido sin el simbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramirez  
 CQFDA 00624  
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA13C17.002602E**

<b>Nombre del Cliente</b>	: DEYVI CRISTIAN PARI HUAQUISTO
<b>Dirección del Cliente</b>	: JIRON UMACHIRI 133 PUNO
<b>RUC</b>	: NO CORRESPONDE
<b>Condición del Muestreado</b>	: POR EL CLIENTE
<b>Descripción</b>	: AGUA SUPERFICIAL M5
<b>Tamaño de muestra</b>	: 500 mL
<b>Fecha de Recepción</b>	: 13/03/2017
<b>Fecha de Inicio del Ensayo</b>	: 13/03/2017
<b>Fecha de Emisión de Informe</b>	: 30/03/2017
<b>Página</b>	: 1 de 2

**I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7			
ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0003	0,0009
Aluminio (Al)	2,078	0,3765	1,1294
Arsénico (As)	0,009	0,0048	0,0144
Boro (B)	0,001	0,0000	0,0000
Bario (Ba)	0,025	0,0001	0,0003
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	1,058	0,0002	0,0006
Cadmio (Cd)	No detectable	0,0001	0,0003
Cobalto (Co)	0,004	0,0001	0,0003
Cromo (Cr)	No detectable	0,0003	0,0009
Cobre (Cu)	0,002	0,0009	0,0027
Hierro (Fe)	2,837	0,0010	0,0029
Potasio (K)	0,495	0,0009	0,0028
Litio (Li)	0,006	0,0015	0,0045
Magnesio (Mg)	0,341	0,0032	0,0095
Manganeso (Mn)	0,529	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	No detectable	0,0009	0,0027
Sodio (Na)	0,699	0,0061	0,0182
Niquel (Ni)	0,021	0,0007	0,0020
Fosforo (P)	0,075	0,0126	0,0378
Plomo (Pb)	No detectable	0,0004	0,0013
Antimonio (Sb)	No detectable	0,0027	0,0081
Selenio (Se)	No detectable	0,0028	0,0085
Silicio (Si)	10,605	0,0072	0,0216





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA13C17.002602E**

<b>Nombre del Cliente</b>	: DEYVI CRISTIAN PARI HUAQUISTO
<b>Dirección del Cliente</b>	: JIRON UMACHIRI 133 PUNO
<b>RUC</b>	: NO CORRESPONDE
<b>Condición del Muestreado</b>	: POR EL CLIENTE
<b>Descripción</b>	: AGUA SUPERFICIAL M5
<b>Tamaño de muestra</b>	: 500 mL
<b>Fecha de Recepción</b>	: 13/03/2017
<b>Fecha de Inicio del Ensayo</b>	: 13/03/2017
<b>Fecha de Emisión de Informe</b>	: 30/03/2017
<b>Página</b>	: 2 de 2

Estaño (Sn)	No detectable	0,0117	0,0351
Estroncio (Sr)	0,010	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	0,013	0,0000	0,0000
Talio (Tl)	No detectable	0,0072	0,0216
Vanadio (V)	No detectable	0,0009	0,0026
Zinc (Zn)	0,138	0,0003	0,0009
Mercurio (Hg)	No detectable	0,0009	0,0020

**OBSERVACIONES:**

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramirez  
 QCFDA 00624  
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



8.2.2. ÉPOCA DE ESTIAJE (JUNIO-2017)

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070



INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA12F17.002757A

**Nombre del Cliente** : Deyvi Cristian Pari Huaquisto  
**Dirección del Cliente** : Jirón Umachiri 133 Puno  
**RUC** : No corresponde  
**Condición del Muestreado** : Por el cliente  
**Descripción** : Muestra Agua Superficial M1  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de Recepción** : 12/06/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 12/06/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 19/06/2017  
**Página** : 1 de 2

DETERMINATION DE METALES TOTALES (mg/L)  
 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0000	0,0000
Aluminio (Al)	96,780	0,0058	0,0174
Arsénico (As)	0,765	0,0053	0,0158
Boro (B)	No detectable	0,0025	0,0076
Bario (Ba)	0,422	0,0000	0,0000
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	11,730	0,0017	0,0051
Cadmio (Cd)	0,014	0,0000	0,0000
Cobalto (Co)	0,041	0,0009	0,0028
Cromo (Cr)	0,067	0,0013	0,0038
Cobre (Cu)	0,124	0,0109	0,0328
Hierro (Fe)	131,900	0,0024	0,0073
Potasio (K)	11,640	0,0057	0,0170
Litio (Li)	0,222	0,0050	0,0150
Magnesio (Mg)	20,350	0,0035	0,0106
Manganeso (Mn)	1,430	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	No detectable	0,0015	0,0046
Sodio (Na)	14,160	0,0089	0,0268
Niquel (Ni)	0,079	0,0025	0,0074
Fosforo (P)	2,524	0,0086	0,0258
Plomo (Pb)	0,121	0,0041	0,0123
Antimonio (Sb)	0,028	0,0102	0,0306
Selenio (Se)	No detectable	0,0065	0,0195
Silicio (Si)	159,700	0,0081	0,0244
Estaño (Sn)	No detectable	0,0032	0,0095



LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD  
 Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070**



**INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA12F17.002757A**

**Nombre del Cliente** : Deyvi Cristian Pari Huaquisto  
**Dirección del Cliente** : Jirón Umachiri 133 Puno  
**RUC** : No corresponde  
**Condición del Muestreado** : Por el cliente  
**Descripción** : Muestra Agua Superficial M1  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de Recepción** : 12/06/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 12/06/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 19/06/2017  
**Página** : 2 de 2

Estroncio (Sr)	0,206	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	1,235	0,0009	0,0028
Talio (Tl)	No detectable	0,0024	0,0071
Vanadio (V)	No detectable	0,0024	0,0073
Zinc (Zn)	0,406	0,0019	0,0057
*Mercurio (Hg)	No detectable	0,0025	0,0074

**OBSERVACIONES:**

- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad.
- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.
- (\*\*) Ensayo subcontratado.

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez  
 CQFDA 00624  
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070**



**INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA12F17.002757B**

**Nombre del Cliente** : Deyvi Cristian Pari Huaquisto  
**Dirección del Cliente** : Jirón Umachiri 133 Puno  
**RUC** : No corresponde  
**Condición del Muestreado** : Por el cliente  
**Descripción** : Muestra Agua Superficial M2  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de Recepción** : 12/06/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 12/06/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 19/06/2017  
**Página** : 1 de 2

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L)  
 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0000	0,0000
Aluminio (Al)	0,621	0,0058	0,0174
Arsénico (As)	0,006	0,0053	0,0158
Boro (B)	0,017	0,0025	0,0076
Bario (Ba)	0,026	0,0000	0,0000
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	30,370	0,0017	0,0051
Cadmio (Cd)	0,002	0,0000	0,0000
Cobalto (Co)	No detectable	0,0009	0,0028
Cromo (Cr)	No detectable	0,0013	0,0038
Cobre (Cu)	No detectable	0,0109	0,0328
Hierro (Fe)	2,133	0,0024	0,0073
Potasio (K)	4,061	0,0057	0,0170
Litio (Li)	0,047	0,0050	0,0150
Magnesio (Mg)	15,240	0,0035	0,0106
Manganeso (Mn)	0,565	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	No detectable	0,0015	0,0046
Sodio (Na)	16,800	0,0089	0,0268
Níquel (Ni)	No detectable	0,0025	0,0074
Fosforo (P)	0,040	0,0086	0,0258
Plomo (Pb)	0,026	0,0041	0,0123
Antimonio (Sb)	No detectable	0,0102	0,0306
Selenio (Se)	No detectable	0,0065	0,0195
Silicio (Si)	14,560	0,0081	0,0244
Estaño (Sn)	No detectable	0,0032	0,0095

**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**  
 Urb. San José S/N Umachillo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350  
 AREQUIPA - PERU

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070**




**INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA12F17.002757B**

**Nombre del Cliente** : Deyvi Cristian Pari Huaquisto  
**Dirección del Cliente** : Jirón Umachiri 133 Puno  
**RUC** : No corresponde  
**Condición del Muestreado** : Por el cliente  
**Descripción** : Muestra Agua Superficial M2  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de Recepción** : 12/06/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 12/06/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 19/06/2017  
**Página** : 2 de 2

Estroncio (Sr)	0,243	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	0,080	0,0009	0,0028
Talio (Tl)	No detectable	0,0024	0,0071
Vanadio (V)	No detectable	0,0024	0,0073
Zinc (Zn)	0,081	0,0019	0,0057
*Mercurio (Hg)	No detectable	0,0025	0,0074

**OBSERVACIONES:**

- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad.
- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.
- (\*\*) Ensayo subcontratado.

  
**Q.F. Ricardo A. Abril Ramirez**  
 CQFDA 00624  
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070**



**INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA12F17.002757C**

**Nombre del Cliente** : Deyvi Cristian Pari Huaquisto  
**Dirección del Cliente** : Jirón Umachiri 133 Puno  
**RUC** : No corresponde  
**Condición del Muestreado** : Por el cliente  
**Descripción** : Muestra Agua Superficial M3  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de Recepción** : 12/06/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 12/06/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 19/06/2017  
**Página** : 1 de 2

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L)  
 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0000	0,0000
Aluminio (Al)	2,156	0,0058	0,0174
Arsénico (As)	No detectable	0,0053	0,0158
Boro (B)	0,043	0,0025	0,0076
Bario (Ba)	0,028	0,0000	0,0000
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	32,810	0,0017	0,0051
Cadmio (Cd)	0,002	0,0000	0,0000
Cobalto (Co)	No detectable	0,0009	0,0028
Cromo (Cr)	No detectable	0,0013	0,0038
Cobre (Cu)	No detectable	0,0109	0,0328
Hierro (Fe)	2,520	0,0024	0,0073
Potasio (K)	4,025	0,0057	0,0170
Litio (Li)	No detectable	0,0050	0,0150
Magnesio (Mg)	14,360	0,0035	0,0106
Manganeso (Mn)	0,251	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	No detectable	0,0015	0,0046
Sodio (Na)	26,310	0,0089	0,0268
Niquel (Ni)	No detectable	0,0025	0,0074
Fosforo (P)	0,093	0,0086	0,0258
Plomo (Pb)	0,043	0,0041	0,0123
Antimonio (Sb)	No detectable	0,0102	0,0306
Selenio (Se)	No detectable	0,0065	0,0195
Silicio (Si)	17,060	0,0081	0,0244
Estaño (Sn)	No detectable	0,0032	0,0095



**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**  
 Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 T. 54 382038 ANEXO 1166  
 E laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Apto. 1350  
 AREQUIPA - PERU

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070**




**INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA12F17.002757C**

**Nombre del Cliente** : Deyvi Cristian Pari Huaquisto  
**Dirección del Cliente** : Jirón Umachiri 133 Puno  
**RUC** : No corresponde  
**Condición del Muestreado** : Por el cliente  
**Descripción** : Muestra Agua Superficial M3  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de Recepción** : 12/06/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 12/06/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 19/06/2017  
**Página** : 2 de 2

Estroncio (Sr)	0,234	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	0,096	0,0009	0,0028
Talio (Tl)	No detectable	0,0024	0,0071
Vanadio (V)	No detectable	0,0024	0,0073
Zinc (Zn)	0,056	0,0019	0,0057
*Mercurio (Hg)	No detectable	0,0025	0,0074

**OBSERVACIONES:**

- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad.
- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.
- (\*\*) Ensayo subcontratado.

  
**Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez**  
 CQFDA 00624  
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070**



**INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA12F17.002757D**

**Nombre del Cliente** : Deyvi Cristian Pari Huaquisto  
**Dirección del Cliente** : Jirón Umachiri 133 Puno  
**RUC** : No corresponde  
**Condición del Muestreado** : Por el cliente  
**Descripción** : Muestra Agua Superficial M4  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de Recepción** : 12/06/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 12/06/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 19/06/2017  
**Página** : 1 de 2

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L)  
 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0000	0,0000
Aluminio (Al)	0,909	0,0058	0,0174
Arsénico (As)	No detectable	0,0053	0,0158
Boro (B)	0,025	0,0025	0,0076
Bario (Ba)	0,019	0,0000	0,0000
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	29,240	0,0017	0,0051
Cadmio (Cd)	0,002	0,0000	0,0000
Cobalto (Co)	No detectable	0,0009	0,0028
Cromo (Cr)	No detectable	0,0013	0,0038
Cobre (Cu)	No detectable	0,0109	0,0328
Hierro (Fe)	0,957	0,0024	0,0073
Potasio (K)	3,441	0,0057	0,0170
Litio (Li)	0,043	0,0050	0,0150
Magnesio (Mg)	12,390	0,0035	0,0106
Manganeso (Mn)	0,167	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	No detectable	0,0015	0,0046
Sodio (Na)	21,350	0,0089	0,0268
Niquel (Ni)	No detectable	0,0025	0,0074
Fosforo (P)	0,055	0,0086	0,0258
Plomo (Pb)	0,064	0,0041	0,0123
Antimonio (Sb)	No detectable	0,0102	0,0306
Selenio (Se)	No detectable	0,0065	0,0195
Silicio (Si)	11,790	0,0081	0,0244
Estaño (Sn)	No detectable	0,0032	0,0095



**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**  
 Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 + 51 54 382038 ANEXO 1166  
 laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Apto. 1350  
 AREQUIPA - PERU

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070**



**INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA12F17.002757D**

**Nombre del Cliente** : Deyvi Cristian Pari Huaquisto  
**Dirección del Cliente** : Jirón Umachiri 133 Puno  
**RUC** : No corresponde  
**Condición del Muestreado** : Por el cliente  
**Descripción** : Muestra Agua Superficial M4  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de Recepción** : 12/06/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 12/06/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 19/06/2017  
**Página** : 2 de 2

Estroncio (Sr)	0,200	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	0,083	0,0009	0,0028
Talio (Tl)	No detectable	0,0024	0,0071
Vanadio (V)	No detectable	0,0024	0,0073
Zinc (Zn)	0,052	0,0019	0,0057
*Mercurio (Hg)	No detectable	0,0025	0,0074

**OBSERVACIONES:**

- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad.
- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.
- (\*\*) Ensayo subcontratado.

**Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez**  
 CQFDA 00624  
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070**



**INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA12F17.002757D**

**Nombre del Cliente** : Deyvi Cristian Pari Huaquisto  
**Dirección del Cliente** : Jirón Umachiri 133 Puno  
**RUC** : No corresponde  
**Condición del Muestreado** : Por el cliente  
**Descripción** : Muestra Agua Superficial M5  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de Recepción** : 12/06/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 12/06/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 19/06/2017  
**Página** : 1 de 2

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L)			
Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7			
ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0000	0,0000
Aluminio (Al)	1,268	0,0058	0,0174
Arsénico (As)	0,012	0,0053	0,0158
Boro (B)	0,026	0,0025	0,0076
Bario (Ba)	0,020	0,0000	0,0000
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	27,130	0,0017	0,0051
Cadmio (Cd)	0,002	0,0000	0,0000
Cobalto (Co)	No detectable	0,0009	0,0028
Cromo (Cr)	No detectable	0,0013	0,0038
Cobre (Cu)	No detectable	0,0109	0,0328
Hierro (Fe)	1,424	0,0024	0,0073
Potasio (K)	3,121	0,0057	0,0170
Litio (Li)	0,043	0,0050	0,0150
Magnesio (Mg)	11,440	0,0035	0,0106
Manganeso (Mn)	0,170	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	No detectable	0,0015	0,0046
Sodio (Na)	18,990	0,0089	0,0268
Niquel (Ni)	No detectable	0,0025	0,0074
Fosforo (P)	0,061	0,0086	0,0258
Plomo (Pb)	0,029	0,0041	0,0123
Antimonio (Sb)	0,022	0,0102	0,0306
Selenio (Se)	No detectable	0,0065	0,0195
Silicio (Si)	11,760	0,0081	0,0244
Estaño (Sn)	No detectable	0,0032	0,0095

**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**  
 Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 E-51 54 382038 ANEXO 1166  
 laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Apto. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070**



**INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA12F17.002757D**

**Nombre del Cliente** : Deyvi Cristian Pari Huaquisto  
**Dirección del Cliente** : Jirón Umachiri 133 Puno  
**RUC** : No corresponde  
**Condición del Muestreado** : Por el cliente  
**Descripción** : Muestra Agua Superficial M5  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de Recepción** : 12/06/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 12/06/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 19/06/2017  
**Página** : 2 de 2

Estroncio (Sr)	0,178	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	0,087	0,0009	0,0028
Talio (Tl)	No detectable	0,0024	0,0071
Vanadio (V)	No detectable	0,0024	0,0073
Zinc (Zn)	0,014	0,0019	0,0057
*Mercurio (Hg)	No detectable	0,0025	0,0074

**OBSERVACIONES:**

- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad.
- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.
- (\*\*) Ensayo subcontratado.

*Ricardo A. Abril Ramírez*  
**Ricardo A. Abril Ramírez**  
 CQFDA 00624  
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



### 8.3. PLANO DE UBICACIÓN

