

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA**



**EVALUACION DE LA CONCENTRACION DE METALES PESADOS  
(CROMO, CADMIO Y PLOMO) EN LOS SEDIMENTOS  
SUPERFICIALES EN EL RIO COATA, 2017**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**RAUL FERNANDO QUISPE YANA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRICOLA**

**PUNO – PERÚ**

**2017**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



TESIS

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (CROMO, CADMIO, Y PLOMO) EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES EN EL RIO COATA, 2017.

PRESENTADA POR:

Bach. RAUL FERNANDO QUISPE YANA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRICOLA

APROBADA POR:

PRESIDENTE:

M. Sc. Oscar Raúl Mamani Luque

PRIMER MIEMBRO:

Mg. Roberto Alfaro Alejo

SEGUNDO MIEMBRO:

M. Sc. José Antonio Mamani Gómez

DIRECTOR / ASESOR:

D. Sc. Germán Belizario Quispe

Área : Recursos Hídricos

Tema : Evaluación de los metales pesados en los sedimentos superficiales

fecha de sustentacion: 13 - 07 - 2017

## DEDICATORIA

*A Dios nuestro, por iluminarme a lo largo del camino de la vida para hacer realidad unos de mis sueños más anhelados: ser profesional.*

*Gracias por siempre Marcial Quispe y María Yana, mis queridos padres.*

*A mis hermano (as) David Alfredo, Maryluz, y Karen Yoseli, que por su cariño y apoyo incondicional para cumplir esta meta.*

*Esta tesis lo dedico con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.*

**RAUL FERNANDO QUISPE YANA**

## AGRADECIMIENTO

Expreso mis agradecimientos a los docentes de mi alma mater la Universidad Nacional del Altiplano – UNAP, en especial a la Facultad de Ingeniería Agrícola por permitirme alcanzar el objetivo de mi formación profesional.

Un agradecimiento especial a los ingenieros: Dr. German Belizario Quispe, M. Sc. Oscar Raúl Mamani Luque, Mg. Roberto Alfaro Alejo, M. Sc. José Antonio Mamani Gómez y al M. Sc. Dalmiro Cornejo Olarte por su apoyo académico y profesional en el desarrollo de la presente investigación.

A mi familia que fue mi fuente de apoyo constante e incondicional en toda mi vida y más aún en mis duros de carrera profesional y en especial quiero expresar mi más gran agradecimiento a mis padres que sin su ayuda hubiera sido imposible de culminar mi carrera profesional.

Finalmente quiero agradecer a todos mis compañeros y amigos, quienes me brindaron su apoyo y acompañamiento en muchos momentos durante la elaboración de este proyecto de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCION .....	1
<b>1.1. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACION.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>3</b>
1.2.1. EN AMÉRICA LATINA.....	3
1.2.2. EN EL PERÚ .....	4
1.2.3. EN LA REGIÓN PUNO.....	5
<b>1.3. HIPÓTESIS DE INVESTIGACION.....</b>	<b>7</b>
1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	7
1.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	7
<b>1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>8</b>
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	8
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	8
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	9
<b>2.1. MARCO TEORICO .....</b>	<b>9</b>
2.1.1. CONTAMINACIÓN .....	9

2.1.2.	SEDIMENTO SUPERFICIAL.....	12
2.1.3.	PARÁMETROS FÍSICOS .....	13
2.1.4.	METALES PESADOS .....	19
2.1.5.	CADMIO (Cd) .....	20
2.1.6.	PLOMO (Pb).....	24
2.1.7.	CROMO (Cu).....	26
2.1.8.	DESCRIPCIÓN DE LOS METALES PESADOS Y SUS EFECTOS ..	26
2.1.9.	IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS DE LOS METALES.....	30
2.1.10.	MARCO LEGAL .....	31
2.1.11.	IMPACTOS AL ECOSISTEMA.....	37
2.1.12.	ANTECEDENTES DE LA ESPECTROSCOPIA ATÓMICA .....	39
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	42
<b>3.1.</b>	<b>AREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>42</b>
3.1.1.	UBICACIÓN POLÍTICA DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	42
3.1.2.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	42
3.1.3.	UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO .....	44
3.1.4.	PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS IMPORTANTES.....	45
3.1.5.	DELIMITACIÓN SOCIAL.....	46
3.1.6.	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	47
3.1.7.	ÉPOCAS DE MUESTREO .....	47
<b>3.2.</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>48</b>
3.2.1.	MATERIALES PARA EL MUESTREO .....	48
3.2.2.	EQUIPOS (MATERIALES DE CÓMPUTO Y OTROS).....	49
3.2.3.	MAQUINARIAS Y TRANSPORTE.....	49
<b>3.3.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>50</b>

3.3.1.	PRESENCIA Y LAS CONCENTRACIONES DE LOS METALES.....	50
3.3.2.	EVALUACIÓN DE LOS METALES PESADOS .....	54
3.3.3.	PUNTO MÁS CRÍTICO Y VULNERABLE A LA CONTAMINACIÓN .	55
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
<b>4.1.</b>	<b>PRESENCIA Y LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS..</b>	<b>56</b>
<b>4.2.</b>	<b>EVALUACION DE LOS METALES EN LOS SEDIMENTOS .....</b>	<b>59</b>
4.2.1.	EVALUACIÓN DEL CADMIO EN LOS SEDIMENTOS .....	59
4.2.2.	EVALUACIÓN DE CROMO EN LOS SEDIMENTOS.....	61
4.2.3.	EVALUACIÓN DE PLOMO EN LOS SEDIMENTOS.....	63
<b>4.3.</b>	<b>PUNTO MÁS CRÍTICO Y VULNERABLE A LA CONTAMINACION .....</b>	<b>65</b>
4.3.1.	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CND en uS/cm) .....	65
4.3.2.	POTENCIAL DE HIDROGENO .....	66
V.	CONCLUSIONES.....	70
VI.	RECOMENDACIONES .....	71
VII.	REFERENCIAS.....	72
VIII.	ANEXOS .....	76
a.	PANEL FOTOGRÁFICO .....	76
b.	RESULTADOS DEL LABORATORIO DEL PRIMER MUESTREO.....	81
c.	RESULTADOS DEL LABORATORIO DEL SEGUNDO MUESTREO.....	92
d.	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO.....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: escala de pH menor de 7 simboliza pHs ácidos, mayor que 7 básicos..	15
Figura 2: rango y valores de potencial hidrogeno para algunas sustancias.....	16
Figura 3: sub cuenca de río Coata.....	43
Figura 4: cuenca del río Coata.....	43
Figura 5: ubicación de los puntos en la cuenca baja del río Coata .....	45
Figura 6: medición in situ de parámetros físico y químico.....	46
Figura 7: caudal Medio Mensual (m <sup>3</sup> /s) Estaciones de Aforo puente Unocolla. ..	48
Figura 8: muestreo del sedimento superficial.....	52
Figura 9: muestras en el laboratorio.....	53
Figura 10: muestras en el laboratorio de espectrometría de emisión atómica. ....	54
Figura 11: comportamiento de Cadmio en sedimentos superficiales. ....	60
Figura 12: comportamiento del Cromo en sedimentos superficiales.....	62
Figura 13: comportamiento del Plomo en sedimentos superficiales. ....	64
Figura 14: comportamiento de la Conductividad en las 02 épocas.....	66
Figura 15: comportamiento del pH en las 02 épocas del año .....	67
Figura 16: comportamiento de Cadmio en relación de la distancia recorrida.....	68
Figura 17: comportamiento de Cromo en relación de la distancia recorrida. ....	68
Figura 18: comportamiento de Plomo en relación de la distancia recorrida.....	69
Figura 19: punto N° 1 (Pte. Independencia - Juliaca) en el primer muestreo.....	76
Figura 20: punto N° 1 (Pte. Independencia - Juliaca) en el segundo muestreo ....	76
Figura 21: punto N° 2 (desembocadura del río Torococha) primer muestreo. ....	77
Figura 22: punto N° 2 (desembocadura del río Torococha) segundo muestreo....	77
Figura 23: punto N° 3 (Mayoesquina – Caracoto) en el primer muestreo. ....	78
Figura 24: punto N° 3 (Mayoesquina – Caracoto) en el segundo muestreo.....	78
Figura 25: punto N° 4 (Puente Grande – Coata) en el primer muestreo. ....	79
Figura 26: punto N° 4 (Puente Grande – Coata) en el segundo muestreo.....	79
Figura 27: punto N° 5 (desembocadura del río Coata) en el primer muestreo.....	80
Figura 28: punto N° 5 (desembocadura del río Coata) en el segundo muestreo ..	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: los efectos de los metales sobre la salud.....	19
Tabla 2: estándares de calidad ambiental para suelo del Ministerio de Ambiente.	32
Tabla 3: estándares de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos .	35
Tabla 4: estándares para sedimentos no contaminados según Canadá.....	35
Tabla 5: ubicación y codificación de los puntos en estudio.....	50
Tabla 6: metales pesados en los sedimentos en la época de avenida. ....	57
Tabla 7: metales pesados en los sedimentos en la época de estiaje.....	58
Tabla 8: resultados de las concentraciones de Cadmio en las dos épocas. ....	59
Tabla 9: resultados de las concentraciones de Cromo en las dos épocas.....	61
Tabla 10: resultados de las concentraciones de Plomo en las dos épocas. ....	64
Tabla 11: resultados de la medición de la Conductividad Eléctrica en agua.....	65
Tabla 12: resultados de la medición de pH en el agua. ....	67
Tabla 13: ficha de muestreo.....	103

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

$\mu\text{S/cm}$	:	Micro siems por centímetro
ANA	:	Autoridad Nacional del Agua
Cd.	:	Cadmio
CNA	:	Consejo Nacional del Agua.
CND	:	Conductividad eléctrica
Cu.	:	Cromo
D.S.	:	Decreto supremo
ECA.	:	Estándares de calidad ambiental.
EIA	:	evaluación del impacto ambiental
EPA	:	Environmental Protection Agency.
APA	:	Agencia de Protección Ambiental
LMP.	:	Límites máximos permisibles
mg.	:	Miligramo
mg/Kg.	:	Miligramo por kilogramo
MINAM	:	Ministerio del ambiente
$^{\circ}\text{C}$	:	Grados Celsius
OMS	:	Organismo mundial de salud
Pb.	:	Plomo
pH	:	Potencial de hidrogeno
ATSDR	:	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
WHO (OMS)	:	World Health Organization (organización mundial de la salud)
UTM	:	Universal terminator marcator

## RESUMEN

En la región de Puno a la actualidad, la contaminación por la actividad antropogénica ha sido uno de los problemas fundamentales en el marco ambiental, principalmente en los cuerpos de agua así como en los ríos afluentes al lago Titicaca. El río Coata se encuentra contaminada directamente por residuos sólidos producto de la actividad humana de la ciudad de Juliaca, el ingreso de los metales tóxicos y contaminantes al río, ocasionando la contaminación del agua, sedimentos y otro componentes de la diversidad ecológica. Nuestro objetivo es evaluar la presencia y el grado de contaminación de las concentraciones de los metales pesados (cadmio, cromo y plomo) en los sedimentos superficiales, para ello se han realizado muestreos en dos épocas (avenidas y estiaje) en cinco puntos estratégicos, analizándose la concentración de los metales en mención en cada punto por el método de Espectrometría por emisión atómica. La concentración mínimo de Cadmio fue 0.00mg/kg, del cromo 4.10 mg/kg y del plomo 3.75 mg/kg; siendo cromo la que se encuentra por encima, mientras cadmio y plomo se encuentran por debajo de las Estándares de Calidad Ambiental para suelo del Ministerio del Ambiente. El estudio comprueba que parte de la contaminación del río Coata es provocada principalmente por la descarga incontrolada de las agua residuales y residuos sólidos a lo largo de la ciudad de Juliaca.

**Palabras Clave:** Contaminación, evaluación, metales pesados, sedimentos superficiales, río Coata

## ABSTRACT.

In the present-day Puno region, pollution by anthropogenic activity has been one of the fundamental problems in the environmental context, mainly in water bodies as well as in rivers affluent to Lake Titicaca. One of them is the Coata river, which is directly contaminated by solid waste produced by the human activity of the city of Juliaca, the entrance of toxic metals and pollutants into the river, causing pollution of water, sediments and other components of diversity environmentally friendly. The objective of this study was to evaluate the presence and degree of contamination of the concentrations of heavy metals (cadmium, chromium and lead) in the surface sediments. For this purpose, samples were taken in two periods (avenues and lows) at five strategic points, the concentration of the metals mentioned at each point by the atomic emission spectrometry method. The minimum concentration of Cadmium was 0.00 mg/kg, of chromium 4.10 mg/kg and of lead 3.75 mg/kg; Being chromium that is above, while cadmium and lead are below the Environmental Quality Standards for soil of the Ministry of the Environment. According to the results obtained. The study verifies that part of the pollution of the Coata river is caused mainly by the uncontrolled discharge of waste water and solid waste throughout the city of Juliaca.

**Keywords:** Pollution, evaluation, heavy metals, surface sediments, Coata river.

## I. INTRODUCCION

El mundo en la actualidad afronta una serie de problemas ecológicos, siendo la contaminación unos 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).

Los compuestos que contienen metales pesados se pueden alterar, pero los elementos metálicos permanecen en el ambiente, pudiendo ser acumulados como iones o como integrantes de compuestos orgánicos en los organismos por largos periodos de tiempo Campos, (1990); así mismo tienden a bioacumularse en diferentes cultivos, por otro lado los metales pesados pueden incorporarse a un sistema de abastecimiento de agua por medio de residuos industriales que son vertidos sin previos tratamientos, los que posteriormente se depositan en lagos, ríos y distintos sistemas acuíferos (Angelova V., Ivanova, Delibaltova y Ivanov, 2004).

Los metales pesados más comunes y ampliamente distribuidos como contaminantes ambientales incluyendo plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y arsénico (As). El plomo, por ejemplo, es un contaminante ambiental altamente toxico, su presencia en el ambiente se debe principalmente a las actividades antropogénicas como la industria, la minería y las fundición (O`Reilly y Gordon, 1995).

La salud de la población se afectaría en gran consideración ya que los metales pesados pueden ingresar a su organismo por distintas vías, es por ello nuestro objetivo evaluar la presencia y el grado de contaminación de las concentraciones de metales pesados (Cadmio, Cromo, y Plomo) en los sedimentos superficiales en la parte baja de la cuenca de río Coata (Juliaca – desembocadura del río) según el estándar de calidad ambiental del suelo.

### **1.1. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACION**

En el aspecto social el crecimiento poblacional genera el incremento de parque automotor, producción de residuos sólidos y líquidos domésticos e industriales que contribuyen a la contaminación del cauce de río. En el presente proyecto de investigación se plantea la problemática en la evaluación de las concentraciones de metales pesados (Cadmio, Cromo, y Plomo) en los sedimento superficiales en el río Coata.

En el aspecto técnico los sedimentos superficiales están constituidos principalmente por la fracción sedimentable, orgánica y mineral de los sólidos suspendidos que ingresan al cauce por aporte de aguas domésticas y escorrentía superficial. Los metales pesados provienen en gran medida de fuentes antropogénicas, como desechos domésticos, agrícolas e industriales, y constituyen un peligro para la biota acuática y el ser humano, así como un factor de deterioro ambiental. Estos elementos se acumulan principalmente en los sedimentos superficiales de los ríos, aunque pueden encontrarse concentraciones relativamente elevadas a una profundidad de 15 cm y guardan una estrecha relación con el tamaño de las partículas que constituyen el sedimento (limo, arcilla y arena) y con la cantidad de materia orgánica sedimentaria.

En el aspecto ambiental el presente trabajo de investigación proporciona la información descriptiva de las concentraciones de los metales pesados como cadmio, cromo y plomo encontrados en los sedimentos superficiales en la cuenca baja del río Coata, asimismo evalúa la presencia de estos metales con los estándares de calidad ambiental para suelo, por consiguiente permite entender el grado de contaminación de este afluente principal de lago Titicaca. Luego de haber revisado los diversos estudios realizados sobre la contaminación de las cuencas en estudio, es de considerar que el presente trabajo contiene sustanciales aportes, como la comprobación de la existencia de los metales pesado, el comportamiento de estos metales a lo largo del río y el punto más crítico y vulnerable a la contaminación. Los resultados obtenidos, permitirá disponer de información necesaria para la toma de conciencia para el desecho de los residuos sólidos y el tratamiento de las aguas residuales antes del ingreso al río.

## **1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. EN AMÉRICA LATINA**

Existe una gran cantidad de investigaciones vinculadas al estudio de metales pesados en sedimentos en América Latina. Entre los estudios más recientes, se tiene el trabajo de Granada y Escobar (2012), en el cual se analizaron y cuantificaron metales pesados (plomo, cadmio, níquel y mercurio) en sedimentos del río Cauca (Colombia) y se concluyó que los niveles de cadmio, plomo y níquel, no representaron riesgos potenciales puesto que no exceden los límites permisibles de la legislación ambiental colombiana. Sin embargo, el mercurio superó los límites establecidos por la norma colombiana, posiblemente debido a las actividades mineras que tienen lugar a lo largo de la cuenca del río.

Márquez et al., (2012) investigaron los niveles de metales pesados en sedimentos superficiales del río Orinoco (Venezuela), el propósito de este trabajo fue estudiar la variación temporal de los metales pesados y el impacto en la zona. Con el trabajo finalizado, los autores concluyeron que en algunas estaciones, los valores de cobre, níquel, zinc y plomo fueron superiores a los valores reportados en la literatura para sedimentos no contaminados, lo cual evidencia la existencia de intervención antrópica. Sin embargo, los promedios de los resultados obtenidos estuvieron por debajo de las concentraciones medias de algunos ríos del mundo.

Determinaciones de cadmio, plata, selenio, estaño, níquel, cromo, cobre, boro, zinc mercurio, bario, plomo, manganeso, arsénico y aluminio realizadas en los 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 metalmecánicas a lo largo de la microcuenca (Herrera, Rodríguez, Coto, Salgado y Borbón, 2012).

### **1.2.2. EN EL PERÚ**

Sotero y Alva (2013), en su investigación de los niveles de metales pesados en agua y sedimento en el bajo río Nanay, en la Amazonía Peruana. Los resultados de este estudio indicaron la presencia de altas concentraciones de mercurio en los sedimentos riverinos como consecuencia de las actividades mineras que se desarrollan en la cuenca Amazónica. Igualmente, los estudios realizados en

sedimentos del medio y bajo río Orinoco (Venezuela), indicaron que los sedimentos de este importante río poseen una abundancia atípica de hierro, zinc, cromo y plomo hacia las adyacencias de la zona industrial Matanzas, probablemente debido a las descargas procedentes de industrias siderúrgicas y a la sedimentación de partículas de mineral de hierro derivadas de las industrias mineras.

Paredes (2013), ha investigado la concentración de Plomo y Cadmio en la cuenca media del río Moche-La Libertad, concluyo que se encontraron como valores máximos de Plomo dentro del rango de 0.515mg/L-0.35 mg/L en Samne y Shirán superando los límites permisibles en la categoría IV de los Estándares de Calidad. Y también se encontró que el valor máximo para Cadmio Cd fue de 0.009 mg/L en Samne y Shirán considerado ligeramente fuera del límite permisible por la categoría IV de los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas (ECAs).

En Enero del 2006 la Universidad Agraria La Molina realizó una investigación para determinar la contaminación del río Rímac por metales pesados y su impacto en la agricultura del Cono Este de Lima metropolitana concluye que los metales de más alto riesgo para el ecosistema son el Plomo, Arsénico y Cadmio. Mismos que son muy fáciles de ser bioacumulados sobre todo en las hortalizas cultivadas en el mencionado sector (Juárez, 2006).

### **1.2.3. EN LA REGIÓN PUNO**

Machaca (2013), en su artículo publicado concluye que el resultado de las investigaciones realizadas en la laguna Choquene y suelos actuales de la mina Regina Palca 11 y cuenca abajo no se encuentran restaurado, ni realizado en

plan de cierre de mina; La concentración de los metales pesados caracterizados en los escombros y los diques cola; es cobre (0.40 – 0.08), As (1.40 – 2.50), plomo (0.08 – 0.12), hierro (0.01 – 0.60) y plata (0.00 – 0.02) expresados mg/L, señalados en el cuadro No 3; mientras que las concentraciones anómalas de cobre (24.5 ppm), Fe (10.6 ppm), plomo de 27.6 ppm, As (62.5 – 1410 ppm), minerales que son responsables de generar el drenaje ácido de mina. Concentraciones analizadas en la laguna son altas y generan toxicidad en las proximidades de la laguna Choquene y cuenca debajo de la Comunidad de Condoraque Quilcapunco Putina.

Apaza (2015), en su proyecto de tesis concluye que la concentración inicial de los metales Pb (0.2889mg/l), Zn (2.38mg/l) presentes en las aguas del río Torococha, las cuales superan la Ley de recursos hídricos en su Categoría 3, donde para Pb es (0.05mg/l) y Zn (2.00mg/l).

Salas (2014), en su artículo de investigación concluye que 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.

Cornejo y Pacheco (2014), concluye en su artículo científico que los sedimentos se reportó concentraciones por encima de los límites permitidos (EPA): arsénico (máx. 152mg/Kg), mercurio (máx. 0.140mg/Kg) y plomo (máx. 55mg/Kg), estas variaciones son producto del uso desmedido de mercurio en recuperación del

oro en La Rinconada y Ananea, que generan además, grandes cantidades de sólidos en suspensión y como consecuencia sedimentos superficiales. Los pasivos mineros de la mina Cecilia (plomo-zinc), San Rafael y Arasi estarían contribuyendo a los procesos de contaminación registrados.

### **1.3. HIPÓTESIS DE INVESTIGACION**

#### **1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Si hay la presencia de las concentraciones de metales pesados (Cadmio, Cromo, y Plomo) en los sedimentos superficiales en la parte baja del río Coata y se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental del suelo.

#### **1.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- Si hay la presencia y concentración de los metales pesados (cadmio, cromo, y plomo) en los sedimentos superficiales en la parte baja del río Coata.
- El grado de contaminación de las concentraciones de los metales pesados (cadmio, cromo, y plomo) en los sedimentos superficiales del río Coata se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental para el suelo, en los distintos puntos de estudio.
- El punto de la desembocadura del río Torococha al río Coata se encuentra el más crítico y vulnerable por la contaminación entre las puntos en estudio.

## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la presencia y el grado de contaminación de las concentraciones de metales pesados (cadmio, cromo, y plomo) en los sedimentos superficiales en la parte baja de la cuenca de río Coata (Juliaca – desembocadura del río) según el estándar de calidad ambiental del suelo.

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la presencia y las concentraciones de metales pesados (cadmio, cromo, y plomo) en los sedimentos superficiales en la parte baja de la cuenca de río Coata (Juliaca – desembocadura del río).
- Evaluar el grado de contaminación por las concentraciones de los metales pesados (cadmio, cromo, y plomo) en los sedimentos superficiales de la cuenca baja del río Coata con los estándares de calidad ambiental para el suelo.
- Identificar el punto más crítico y vulnerable a la contaminación según los datos obtenidos entre los puntos en estudio.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. MARCO TEORICO

#### 2.1.1. CONTAMINACIÓN

Contaminación se define como la presencia en el ambiente de cualquier agente químico, físico o biológico o de una combinación de varios agentes, en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, seguridad o bienestar de la población, o perjudiciales para la vida animal o vegetal. Asimismo, la contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a nuestro mundo y surge cuando se produce un desequilibrio, como resultado de la adición de cualquier sustancia al medio ambiente, en cantidad tal, que cause efectos adversos en el hombre, en los animales, vegetales o materiales expuestos a dosis que sobrepasen los niveles aceptables en la naturaleza (Juárez, 2006).

La contaminación puede ser química (mediante elementos o compuestos químicos en estado sólido, líquido o gaseoso), física (calor, ruido, radioactividad), o biológica (bacterias, virus y otros microorganismos) (Bautista, 1999).

La contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, ya sea debido a residuos urbanos o industriales, puede realizarse a través de una serie de agentes: bacterias, virus y otros microorganismos, materia orgánica, metales pesados (mercurio, cadmio, arsénico, cobre, zinc, cromo y vanadio), detergentes, insecticidas, fungicidas, etc. Los principales contaminantes que

llegan a los mares son: aguas residuales de origen urbano, metales pesados, herbicidas, pesticidas, desechos y productos industriales, sustancias radioactivas, petróleo y sus derivados. A medida que aumenta el poder del hombre sobre la naturaleza y aparecen nuevas necesidades como consecuencia de la vida en sociedad, el medio ambiente que lo rodea se deteriora cada vez más (Bautista, 1999).

Los suelos pueden contaminarse con los desechos urbanos, entre los contaminantes más frecuentes emitidos a la atmósfera se hallan los propelentes de aerosoles (propano, butano), óxidos de azufre (principalmente anhídrido sulfuroso), monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno (óxido nítrico y dióxido de nitrógeno), hidrocarburos (ej. etileno), compuestos halogenados (cloro, fluoruro de hidrógeno, cloruro de hidrógeno y ciertos haluros), metales tóxicos como el plomo y el mercurio (Campos, 1990).

El comportamiento social del hombre, que lo condujo a comunicarse por medio del lenguaje, que posteriormente formó la cultura humana, le permitió diferenciarse de los demás seres vivos. Pero mientras ellos se adaptan al medio ambiente para sobrevivir, el hombre adapta y modifica ese mismo medio según sus necesidades (Jimenez, 2012).

El progreso tecnológico, por una parte y el acelerado crecimiento demográfico, por la otra, producen la alteración del medio, llegando en algunos casos a atentar contra el equilibrio biológico de la Tierra. No es que exista una incompatibilidad absoluta entre el desarrollo tecnológico, el avance de la civilización y el mantenimiento del equilibrio ecológico, pero es importante que el hombre sepa armonizarlos. Para ello es necesario que proteja los recursos renovables y no

renovables y que tome conciencia de que el saneamiento del ambiente es fundamental para la vida sobre el planeta (Jimenez D. , 2012).

### **Tipos de contaminación**

#### **a. Contaminación del suelo**

- ✓ Las causas de éste tipo de contaminación más frecuentes, se deben a la presencia de compuestos químicos procesados y que se producen por la ruptura de tanques de almacenamiento subterráneos filtración de desechos líquidos industriales o domésticos.
- ✓ Tecnología agrícola nociva.
- ✓ Eliminación inadecuada de basuras y desechos industriales.

#### **b. Contaminación atmosférica**

Este tipo de contaminación se debe específicamente a la presencia dentro del aire, de sustancias tóxicas como gases nocivos o partículas sólidas que produzcan riesgos y daños graves a personas, animales, vegetales o bienes de cualquier naturaleza o generen olores desagradables (Badillo, 1985).

#### **c. Contaminación acuática**

La contaminación acuática es la incorporación de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales, metales pesados, aguas residuales, petróleo, basuras y demás que deterioran la calidad del agua y en ocasiones alteran sus propiedades físicas (comunican cierto sabor u olor ) y la hacen inútil para usos productivos (Badillo, 1985).

### **2.1.2. SEDIMENTO SUPERFICIAL**

Pérez (2012), define como “sedimentación” al proceso natural por el cual las partículas más pesadas que el agua, que se encuentran en su seno en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad.

Los sedimentos de un sistema ribereño sustentan la productividad primaria proporcionando los elementos esenciales para el desarrollo de los organismos autótrofos y heterótrofos, que resultan primordiales para el metabolismo de la biota acuática y del mismo sistema (Díaz *et al.*, 2005).

#### **Origen de sedimentos superficiales**

La fuente principal la constituyen los suelos y rocas que se encuentran en la cuenca, y el agua y el viento son, en nuestro medio, los principales agentes de erosión y de transporte. Por otro lado, dada la actividad del hombre en el medio que lo rodea, las fuentes del sedimento pueden clasificarse en naturales y artificiales.

#### **Parámetros físico – químico de los sedimentos**

Pansu y Gautheytou, (2006), los parámetros característicos que se analizan con mayor frecuencia en los sedimentos son:

- PH
- Capacidad de intercambio iónico
- Materia orgánica
- Nitrógeno
- Fosforo y

- Metales, ya sean los considerados como nutrientes o indicadores de contaminación.
- a. Como nutrientes:
- Potasio (K)
  - Níquel(Ni)
  - Calcio (Ca)
  - Cobre (Cu)
  - Manganeseo (Mn)
  - Zinc (Zn)
- b. Como indicadores de contaminación:
- Cadmio (Cd)
  - Cromo (Cr)
  - Mercurio (Hg)
  - Plomo (Pb)

### 2.1.3. PARÁMETROS FÍSICOS

#### a. Temperatura

Este factor es importante, está relacionado con el oxígeno disuelto (OD) y los cambios de metabolismo en los organismos que habitan en el ecosistema acuático. El aumento en temperatura disminuye la solubilidad de gases como el oxígeno y aumenta en general las sales. A temperaturas altas aumenta la putrefacción y en lugares de descargas de aguas calientes se afectan el área y los organismos. Los cuerpos de agua en puerto rico no deben exceder una temperatura de 90°C o 32.2°C, donde no exista una descarga termal.

En condiciones naturales la temperatura del agua varía entre 0°C y 30°C (Chapman, 1996).

#### **b. Potencial de Hidrogeno**

El pH es una medida de la acidez o de la alcalinidad de una sustancia. Ésta medida es necesaria porque muchas veces no es suficiente decir que el agua está caliente, o en ocasiones, no es suficiente decir que el jugo de limón es ácido, al saber que su pH es 2.3 nos dice el grado exacto de acidez, necesitamos ser específicos (Gonzales, 2004).

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

El pH se mide entre 0 a 14 en solución acuosa, siendo acidas 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<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> disueltos en la atmósfera, CO<sub>3</sub> 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).

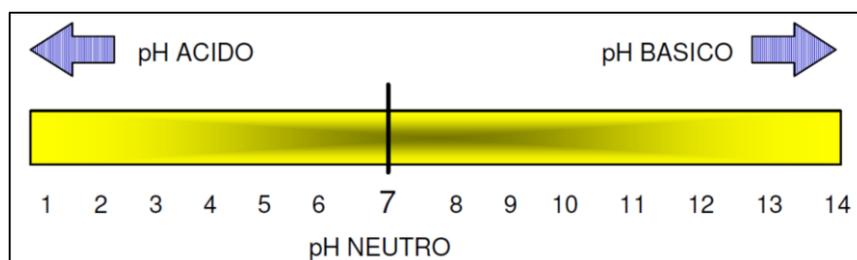
Por definición pH es el logaritmo inverso de la concentración de ión hidrogeno.

La medida del pH tiene amplia aplicación en el campo de las aguas naturales y residuales. Es una propiedad básica e importante que afecta a muchas reacciones químicas y biológicas. Valores extremos de pH pueden originar la muerte de peces, drásticas alteraciones en la flora y fauna, reacciones

secundarias dañinas (por ejemplo, cambios en la solubilidad de los nutrientes, formación de precipitados, etc.) (EPA, 1992).

El pH es un factor muy importante en los sistemas químicos y biológicos de las aguas naturales. El valor del pH compatible con la vida piscícola está comprendido entre 5 y 9.

Sin embargo, para la mayoría de las especies acuáticas, la zona de pH favorable se sitúa entre 6.0 y 7.2. Fuera de este rango no es posible la vida como consecuencia de la desnaturalización de las proteínas.



**Figura 1:** ESCALA DE pH, MENOR DE 7 SIMBOLIZA ÁCIDOS, MAYOR QUE 7 BÁSICOS.

El potencial hidrogeno (pH), es un parámetro de suma importancia tanto para aguas naturales como aguas residuales. El rango de pH en el cual pueden interactuar los ecosistemas y sobrevivir las especies que lo conforman, está sumamente restringido, por lo cual si este valor es alterado, los procesos biológicos que normalmente se llevan a cabo pueden ser perturbados y/o inhibidos y las consecuencias son adversas. Asimismo, la alcalinidad es la suma total de los componentes en el agua que tienden a elevar el pH del agua por encima de un cierto valor (bases fuertes, sales de bases fuertes y ácidos débiles), lógicamente, la acidez corresponde a la suma de componentes que implican un descenso de pH (dióxido de carbono, ácidos minerales, ácidos poco

disociados, sales de ácidos fuertes y bases débiles). Ambos, alcalinidad y acidez, controlan la capacidad de tamponamiento del agua, es decir, su capacidad para neutralizar variaciones de pH provocadas por la adición de ácidos o bases (EPA, 1992).

Jugo Gastrico en el estomago: 1.0-2.0	Sangre: 7.3-7.4
Jugo de Limón: 2.4	Leche de Magnesia: 10.6
Vinagre: 3.0	Limpiador domestico a
Jugo de Toronja: 3.2	Base de amoniaco: 11.5
Jugo de Naranja 3.5	Agua Pura: 7.0
Saliva 6.4-6.9	
Leche: 6.5	

**Figura 2:** RANGO Y VALORES DE POTENCIAL HIDROGENO PARA ALGUNAS SUSTANCIAS.

### c. Conductividad

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 (Liu *et al.*, 2001).

Según EPA (1992), 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:

$$\text{Conductividad } (\mu\text{S/cm}) \times f = \text{residuo fijo (mg/L)}$$

El valor de  $f$  varía entre 0.55 y 0.9.

El agua destilada en el laboratorio tiene una conductividad en el rango de: 0.5 a 3  $\mu\text{mhos/cm}$ . Cuando medimos la conductividad de una muestra de agua, ésta aumenta poco después de exponerse al aire y luego de entrar en contacto con el envase utilizado para tomar la muestra. La conductividad puede relacionarse a:

- a. La pureza química del agua (mientras más pura es el agua, menor es la concentración de electrolitos en el agua y por ende, mayor es la resistencia del medio a la transmisión de una corriente eléctrica).
- b. La cantidad de sólidos disueltos en una solución y a la eficiencia de procesos de tratamiento de agua.
- c. La concentración de sales en una salmuera o salar.
- d. La concentración de sólidos disueltos (mg/L), multiplicando la conductividad ( $\mu\text{homs/cm}$ ) por un factor empírico.

Según Cabrera (2012) la conductividad del agua potable en los Estados Unidos oscila entre 50 y 1500  $\mu\text{S/cm}$ , la conductividad de aguas usadas de origen doméstico puede tener valores muy cerca de los valores que presentan las fuentes de aguas locales, no obstante, algunas descargas industriales tienen valores de conductividad de alrededor de 10,000  $\mu\text{S}$ .

## Conductividad del agua

- a. Agua pura: 0.055  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- b. Agua destilada: 0.50  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- c. Agua de montaña: 1.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- d. Agua para uso doméstico: 500 a 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- e. Máx. para agua potable: 10,055  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- f. Agua de mar: 52 mS/cm.

La conversión de unidades:

$$1.4 \quad \mu\text{S}/\text{cm} = 1\text{ppm} \text{ o } 2 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm (partes por millón de CaCO}_3\text{)}.$$

La conductividad es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica, esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición. Las soluciones de la mayor parte de los compuestos inorgánicos son buenas conductoras. Las moléculas orgánicas al no disociarse en el agua, conducen la corriente en muy baja escala.

El efecto de la temperatura sobre la conductividad es muy complejo: por ejemplo, la conductividad del agua del mar a 30°C es casi el doble que a 0°C. Por lo tanto, para poder realizar comparaciones, es esencial que las medidas se corrijan para una temperatura de referencia seleccionada, habitualmente 25°C. Asimismo, cuanto mayor sea la conductividad, mayor es la cantidad de sólidos disueltos y después de cierto valor límite que fija la norma de calidad del agua, ya no es conveniente su consumo directo sin un tratamiento previo. En las normas de calidad de agua potable de la EPA, de la CNA o de la Unión Europea, la

conductividad o grado de salinidad del agua, no es un estándar primario (obligatorio), sino que es un estándar secundario (recomendado) (EPA, 1992).

**Efectos por su presencia**

**Tabla 1: LOS EFECTOS DE LOS METALES SOBRE LA SALUD.**

Contaminante	MNMC mg/l	NMC mg/l	Posibles efectos sobre la salud por exposición que supere el NMC.	Fuentes de contaminación comunes en agua potable.
Cadmio	0.005	0.005	Lesiones renales.	Corrosión de tubos galvanizados; erosión de depósitos naturales; efluentes de refinerías de metales; líquidos de escorrentía de baterías usadas y de pinturas.
Cromo (total)	0.1	0.1	Dermatitis alérgica.	Efluentes de fábricas de acero y papel; erosión de depósitos naturales.
Plomo	Cero	Nivel de acción= 0.015;	Bebés y niños: retardo en desarrollo físico o mental; los niños podrían sufrir leve déficit de atención y de capacidad de aprendizaje.  Adultos: trastornos renales; hipertensión	Corrosión de cañerías en el hogar; erosión de depósitos naturales.
pH	6.5	8.5	Puede afectar el sabor del agua. Corrosión en equipos en contacto con el agua.	

Fuente: Nordberg (2009)

**2.1.4. METALES PESADOS**

La contaminación en el suelo por éstos es un problema ambiental grande y difícil de regular, cuando el río recorre suelos con minerales y áreas urbanas es aún más difícil de regular la contaminación Clevers y Kooistra, (2003); Estos pueden

ser alterados o modificados químicamente por las actividades humanas aumentando así el riesgo de su toxicidad. El impacto ambiental de los metales en los recursos suelo y agua son dependientes estrictamente de las reacciones y respuestas a las condiciones fisicoquímicas y biológicas donde se encuentren (Chambi et al., 2012).

Según Cervantes y Moreno (2010), por lo general se acepta que son aquellos elementos cuya densidad es mayor a 5 g/ml y para la mayoría de los organismos es extremadamente tóxica 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 g/cm<sup>3</sup>, 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.

#### **2.1.5. CADMIO (Cd)**

El cadmio es una sustancia natural en la corteza terrestre. Generalmente se encuentra como mineral combinado con otras sustancias tales como oxígeno (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio), o azufre (sulfato de cadmio, sulfuro de cadmio). El cadmio entra al aire de fuentes como la minería, industria, y al quemar carbón y desechos domésticos. En el aire, partículas de cadmio pueden viajar largas distancias antes de depositarse en el suelo o en el agua.

El cadmio entra al agua y al suelo de vertederos y de derrames o escapes en sitios de desechos peligrosos, se adhiere fuertemente a partículas en la tierra, parte del cadmio se disuelve en el agua. No se degrada en el medio ambiente, pero puede cambiar de forma.

Las aguas residuales con Cadmio procedentes de las industrias mayoritariamente terminan en suelos.

El cadmio puede ser transportado a grandes distancias cuando es absorbido por el lodo, este lodo rico en cadmio puede contaminar las aguas superficiales y los suelos; el cadmio es fuertemente adsorbido por la materia orgánica del suelo. Los suelos y las rocas contienen cadmio en diversas cantidades, generalmente pequeñas, aunque a veces puede encontrarse en cantidades más grandes (por ejemplo, en algunos combustibles fósiles o fertilizantes) (ATSDR, 1999).

De acuerdo a la Canadian Environmental Quality Guidelines (ISQG-Interim Sediment Quality Guideline) (1997) el límite permisible de Cd en sedimentos es de 0.6 ppm.

## **Origen del cadmio en el ambiente**

### **a. Fuentes naturales**

El cadmio se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre en una concentración media de 0,1 mg/kg. (Osorio, Tovar, Fortoul y Palacios, 1997). Aunque los niveles altos de Cd en suelos se relacionan principalmente con la contaminación, pueden ser también de origen litológico; por ejemplo, existen hallazgos de cantidades anormalmente altas de cadmio en roca caliza de

algunas zonas de Francia, originarias del Jurásico y el Cretácico (Kabata-Pendias, 2000).

Gran parte de la dispersión del cadmio al ambiente tiene como causa del desgaste y erosión de las rocas, y el posterior transporte de grandes cantidades del metal a los océanos, cuyo contenido de cadmio es de alrededor de 0.1 µg/kg. Sin embargo, la actividad volcánica (incluyendo el vulcanismo subterráneo) es considerada la mayor fuente natural de liberación de cadmio a la atmósfera.

#### **b. Fuentes antropogénicas**

El cadmio continúa siendo un elemento relativamente raro en la litosfera. Sin embargo, a mediados del siglo XX la emisión antropogénica de cadmio comenzó a incrementarse notablemente; se puede afirmar que los procesos naturales por los cuales se libera cadmio son insignificantes como fuente de contaminación en comparación las actividades antrópicas.

- ✓ Minería y metalurgia: las actividades mineras de metales no ferrosos son la principal fuente de liberación de cadmio (subproducto de la obtención de zinc, por ejemplo), sobre todo al medio acuático. La contaminación puede provenir del agua de drenado de las minas, aguas residuales del procesamiento de los minerales, derrames de los depósitos de desechos, etc.
- ✓ Industria: fabricación de baterías y acumuladores, cables, células fotoeléctricas, PVC, colorantes de cadmio, fusibles, soldadura, etc.
- ✓ Producción y uso de fertilizantes fosfatados: el contenido de cadmio en los fertilizantes es muy variable y depende la procedencia geográfica de

las rocas empleadas para su fabricación. El Cd se encuentra sustituyendo al Ca en las rocas de tipo apatita.

- ✓ Otras fuentes: incineración de residuos de madera y plásticos, combustión de carburantes fósiles, fabricación de cementos, disposición de residuos sólidos en terraplenes. El cadmio y sus compuestos emitidos se distribuyen y presentan de modo diferente según las características del medio (Jumbo, 2015).

### c. Aplicaciones del cadmio

Aplicaciones de Cadmio se hacen según Osorio et al., (1997) y Badillo (1985):

- ✓ Galvanizado del acero, por sus propiedades anticorrosivas. Componente de diversas aleaciones.
- ✓ Estabilizadores de PVC y otros plásticos.
- ✓ Pigmentos (sulfuros y sulfoseleniuros de Cd) en plásticos y vidrios, esmaltes, tintas de impresión, textiles, etc. Joyería.
- ✓ Material de electrodos en baterías cadmio-níquel. Fabricación de fotoconductores y células solares fotoeléctricas.
- ✓ Fotografía, litografía, procesos de grabado.
- ✓ Barras de control de reactores nucleares.

Los principales productores de cadmio son los países europeos, Japón, Estados Unidos y Canadá. La mayor parte de la producción se emplea en Estados Unidos y en Europa. Su tiempo de utilización en términos históricos se considera relativamente corto en comparación con otros metales como el plomo, ya que su uso extensivo se desarrolló hacia la mitad del siglo XX.

En las últimas décadas las tendencias de uso del cadmio y sus compuestos se han visto sujetas a variaciones, debido a la incorporación de reglamentos más estrictos en materia ambiental y sanitaria, ya que el peligro que el cadmio supone para la salud es ampliamente conocido. Por tanto no es de extrañar que se haya notado el descenso de las emisiones de cadmio en algunos países; un ejemplo de ello es Finlandia, que pasó de emitir 6.3 ton a 1 ton entre 1990 y 1997 (Kabata-Pendias, 2000).

### **2.1.6. PLOMO (Pb)**

El plomo existe naturalmente en la corteza terrestre, de donde es extraído y procesado para usos diversos. El plomo no es biodegradable y persiste en el suelo, en el aire, en el agua y en los hogares. Las fuentes de contaminación por plomo son múltiples e incluyen a las fundidoras, las fábricas de baterías, algunas pinturas y la loza de barro vidriado cocida a baja temperatura. Todos los suelos del mundo contienen pequeñas cantidades de plomo de origen natural con un promedio de 10 miligramos por kilo. Los niveles más elevados de plomo (contaminación) normalmente se deben a las actividades humanas (p.ej., el uso de gasolina con plomo y la minería). Generalmente, el plomo se libera al medio ambiente a través de partículas que contienen residuos de plomo que se dispersan a través del aire y que pueden contaminar los suelos y el agua (Jimenez V. D., 2012).

El plomo es un metal pesado, de baja temperatura de fusión, de color gris-azulado que ocurre naturalmente en la corteza terrestre. Sin embargo, raramente se encuentra en la naturaleza en la forma de metal. Generalmente se encuentra combinado con otros dos o más elementos formando compuestos de plomo. Los niveles ambientales de plomo han aumentado más de mil veces durante los tres

últimos siglos como consecuencia de la actividad humana. Los vertederos pueden contener desechos de minerales de plomo proveniente de la manufactura de municiones o de otras actividades industriales como por ejemplo la manufactura de baterías. El plomo es removido del aire por la lluvia y por partículas que caen al suelo o a aguas superficiales. Una vez que el plomo cae al suelo, se adhiere fuertemente a partículas en el suelo y permanece en la capa superior del suelo (CEDEX, 2010).

Pequeñas cantidades de plomo pueden entrar a ríos, lagos y arroyos cuando partículas del suelo son movilizadas por el agua de lluvia. El plomo puede permanecer adherido a partículas del suelo o de sedimento en el agua durante muchos años. La movilización del plomo en el suelo dependerá del tipo de sal de plomo y de las características físicas y químicas del suelo.

Entre las fuentes de plomo en el agua de superficie o en sedimentos están la deposición de polvo que contiene plomo desde la atmósfera, el agua residual de industrias que manejan plomo (principalmente las industrias de hierro y acero y las que manufacturan plomo), agua de escorrentía en centros urbanos y apilamientos de minerales. El plomo se encuentra comúnmente en el suelo especialmente cerca de caminos, casas antiguas, huertos frutales viejos, áreas de minería, sitios industriales, cerca de plantas de energía, incineradores, vertederos y sitios de desechos peligrosos (ATSDR, 2007).

De acuerdo a la Canadian Environmental Quality Guidelines (ISQG Interim Sediment Quality Guideline, 1998), el límite permisible de Pb en sedimentos es de 35 ppm.

### **2.1.7. CROMO (Cu)**

El cromo de origen antropogénico proviene principalmente de la utilización en la elaboración de pigmentos, baterías de alta temperatura, fungicidas, curtidos de pieles, tratamiento de superficies, industrias papeleras (ejemplo: pulpa y cartón), química orgánica e inorgánica y factorías de textiles. El cromo también se utiliza en las industrias productoras de cemento. Además, se utiliza para producir ferro-cromo y cromo metálico que usualmente son aleados con Fe y Ni. Más del 60% del cromo utilizado por la industria metalúrgica lo es para la fabricación de acero inoxidable (Cr, Fe y Ni). También interviene en la tinción de fibras y textiles, en litografía y como recubrimiento protector de utensilios sometidos a intenso desgaste (Rozas, 2001).

Los diversos compuestos de este elemento, pueden atravesar la placenta, lo cual representa un alto riesgo para los embriones y fetos. La intoxicación aguda con compuestos del cromo hexavalente, se manifiesta por ejemplo, en lesiones renales, mientras que la intoxicación crónica, puede producir mutaciones en el tracto gastrointestinal, así como acumulación del elemento en el hígado, riñón, glándula tiroidea y en la médula ósea (Díaz y García, 2003).

### **2.1.8. DESCRIPCIÓN DE LOS METALES PESADOS Y SUS EFECTOS**

#### **a. Cadmio**

Se considera que el riñón es el órgano más dañado en las poblaciones expuestas. Las enfermedades crónicas obstructivas de las vías respiratorias están asociadas a la exposición prolongada e intensa por inhalación, hay pruebas de que esa exposición al cadmio puede contribuir al desarrollo de cáncer del pulmón aunque las observaciones en trabajadores expuestos han sido

difíciles de interpretar a causa de la presencia de factores que inducen a confusión (WHO, 1992).

El cadmio presente en los alimentos es la principal fuente de exposición para la mayoría de las personas, en la mayoría de las zonas no contaminadas con cadmio la ingesta diaria media con los alimentos se encuentran entre 10 y 40  $\mu\text{g}$ . en zonas contaminadas se ha observado que alcanza varios cientos de  $\mu\text{g}$  al día; en zonas no contaminadas, la absorción debida al consumo de tabaco puede igualar la ingestión de cadmio a partir de los alimentos.

Basándose en un modelo biológico, se ha estimado que con una diaria de 140-260  $\mu\text{g}$  de cadmio durante toda la vida, o una ingesta acumulativa de unos 2000 mg o más, se produce en el ser humano una asociación entre la exposición al cadmio y una mayor excreción de proteínas de bajo peso molecular en la orina (Apaza, 2015).

#### **b. Cromo**

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 (DAR-GRP, 2012).

Cuando es un compuesto en los productos de la piel, puede causar reacciones alérgicas, como es erupciones cutáneas. Después de ser respirado el Cromo (VI) puede causar irritación y sangrado de la nariz. Otros problemas de salud que son causado por el Cromo (VI) son: Erupciones cutáneas, malestar de estómago y úlceras, Problemas respiratorios, Debilitamiento del sistema inmune, Daño en

los riñones e hígado, Alteración del material genético y cáncer de pulmón (Gonzales, 2004)

### **c. PLOMO**

En el ser humano, el plomo puede tener una amplia variedad de efectos biológicos según el nivel y la duración de la exposición. Se han observado efectos en el plano subcelular y efectos en el funcionamiento general del organismo que van desde la inhibición de las enzimas hasta la producción de acusados cambios morfológicos y la muerte. Dichos cambios se producen a dosis muy diferentes; en general, el ser humano que se está desarrollando es más sensible que el adulto (Machaca, 2013).

Se ha mostrado que el plomo tiene efectos en muchos procesos bioquímicos; en particular, se han estudiado mucho los efectos en la síntesis del hemos en adultos y niños (Pb-H). Se observan niveles más altos de porfirina eritrocitaria sérica y mayor excreción urinaria de coproporfirina y de ácido delta-aminolevulínico cuando las concentraciones de Pb-H son elevadas. Con niveles más bajos se observa inhibición de las enzimas dehidratasa del ácido delta-aminolevulínico y reductasa de la dihidrobiopterina. Como resultado de los efectos del plomo en el sistema hematopoyético disminuye la síntesis de hemoglobina y se ha observado anemia en niños a concentraciones de Pb-H superiores a 40 µg/dl.

Por razones neurológicas, metabólicas y comportamentales, los niños son más vulnerables a los efectos del plomo que los adultos. Se sabe que el plomo provoca en los tubos proximales del riñón lesiones que se caracterizan por aminoaciduria generalizada, hipofosfatemia con hiperfosfaturia relativa y

glucosuria acompañada de cuerpos de inclusión nuclear, modificaciones mitocondriales y citomegalia de las células epiteliales de los tubos proximales (Bautista, 1999).

Los efectos tubulares se manifiestan después de una exposición relativamente breve y suelen ser reversibles, mientras que los cambios escleróticos y la fibrosis intersticial, que dan lugar a una disminución de la función renal y a una posible insuficiencia renal, requieren una exposición crónica a niveles elevados de plomo (Sotero y Alva., 2013).

### **Acumulación de los metales pesados**

Una vez liberados al ambiente, los metales pesados son transportados hacia los ríos debido a la escorrentía superficial integrándose en el ciclo biogeoquímico fluvial, quedando retenidos en los sedimentos suspendidos y en los sedimentos de fondo (Márquez et al., 2012).

Estos elementos se acumulan principalmente en los sedimentos superficiales de los ríos, aunque pueden encontrarse concentraciones relativamente elevadas a una profundidad de 15 cm. Las cantidades de metales pesados en sedimentos guardan una estrecha relación con el tamaño de las partículas que constituyen el sedimento (limo, arcilla y arena), debido a que estos tienden a adsorberse principalmente sobre el material fino (arcillas), ya que estas poseen una gran superficie específica con sitios similares a ligandos que acomplejan iones en solución. Igualmente, ciertos metales suelen asociarse a la materia orgánica sedimentaria, alterando el equilibrio ecológico y biogeoquímico del ecosistema (Herrera, Rodríguez, Coto, Salgado y Borbón, 2012)

### **2.1.9. IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS DE LOS METALES**

El análisis de metales pesados en sedimentos de río permite detectar la contaminación que puede escapar al análisis de las aguas y también proporciona información acerca de las zonas críticas del sistema acuático (Usero, 1997).

El estudio de la fracción biodisponible o móvil de metales ligados a sedimentos es más importante que la concentración total del metal en las corrientes fluviales. Se puede realizar dos tipos de determinaciones: 1) La concentración total de metales, que proporciona una evaluación del nivel de contaminación y, 2) La especiación o el estudio de las diferentes formas químicas en las que se encuentra el metal, esta proporciona información respecto a la biodisponibilidad en determinadas condiciones medioambientales (CEDEX, 2010).

#### **Vías de entrada y origen de los metales pesados**

En los sistemas acuáticos continentales (ríos, lagos, embalses, etc.) los metales pesados son introducidos como resultado de la acción de procesos naturales y antropogénicos. Por ello, se distingue entre un origen natural y otro antrópico (Jumbo, 2015).

##### **a. Origen natural**

El contenido de elementos metálicos de un suelo libre de interferencias humanas, depende principalmente de la composición de la roca madre originaria y de los procesos erosivos sufridos por los minerales que conforman la misma. La acción de los factores ambientales sobre las rocas y los suelos derivados de ellas determinan las diferentes concentraciones basales de metales pesados en los sistemas fluviales (aguas, sedimentos y biota).

## **b. Origen antrópico**

La liberación de los metales pesados puede tener un origen antrópico cuando existe la intervención humana en el ciclo biogeoquímico de los metales pesados, como por ejemplo en la actividad minera, industrial, etc. En la Región Sur del Ecuador, la actividad minera produce una aceleración del proceso de lixiviación de los elementos contenidos en la roca hacia el ambiente ocasionando graves problemas de contaminación por metales pesados tanto en aguas como en sedimentos (Jumbo, 2015).

### **2.1.10. MARCO LEGAL**

#### **a. D.S. 002-2013-MINAM aprueban Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para suelo**

Este decreto define al Estándar de Calidad Ambiental como los valores que indican el nivel de concentración de parámetros químicos, físicos y biológicos presentes en el aire, agua y suelo; estos valores no representan riesgo significativo para la salud de las personas y el medio ambiente. También propone que en el proceso de evaluación de estos parámetros se aplica el principio de gradualidad, ósea que se hará ajustes de estos valores durante el curso de la evaluación (MINAM, 2013).

Además establece al Ministerio del Medio Ambiente como una de sus funciones específicas la de aprobar los lineamientos, metodologías, procesos y planes para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el Suelo (MINAM, 2013).

**Tabla 2:** ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA SUELO DEL MINISTERIO DE AMBIENTE.

N°	Parámetros	Usos del Suelo			Método de ensayo
		Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivos	
I	<b>Orgánicos</b>				
1	Benceno (mg/kg MS)	003	003	003	EPA 8260-B EPA 8021-B
2	Tolueno (mg/kg MS)	37	37	37	EPA 8260-B EPA 8021-B
3	Etilbenceno (mg/kg MS)	0,082	0,082	0,082	EPA 8260-B EPA 8021-B
4	Xileno (mg/kg MS)	11	11	11	EPA 8260-B EPA 8021-B
5	Naftaleno (mg/kg MS)	1	6	22	EPA 8260-B
6	Fracción de hidrocarburos F1 (C5-C10) (mg/kg MS)	200	200	500	EPA 8015-B
7	Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28) (mg/kg MS)	1 200	1 200	5 000	EPA 8015-M
8	Fracción de hidrocarburos F3 (C28-C40) (mg/kg MS)	3 000	3 000	6 000	EPA 8015-D
9	Benzo(a) pireno (mg/kg MS)	1	7	7	EPA 8270-D
10	Bifenilos policlorados - PCB (mg/kg MS)	5	13	33	EPA 8270-D
11	Aldrin (mg/kg MS)	2	4	10	EPA 8270-D
12	Endrín (mg/kg MS)	001	001	001	EPA 8270-D
13	DDT (mg/kg MS)	7	7	12	EPA 8270-D
14	Heptacloro (mg/kg MS)	001	001	001	EPA 8270-D
II	<b>Inorgánicos</b>				
15	Cianuro libre (mg/kg MS)	9	9	8	EPA 9013-A/APHA-AWWA- WEF 4500 CN F
16	Arsénico total (mg/kg MS)	50	50	140	EPA 3050-B EPA 3051
17	Bario total (mg/kg MS)	750	500	2 000	EPA 3050-B EPA 3051

18	Cádmio total (mg/kg MS)	14	10	22	EPA 3050-B EPA 3051
19	Cromo VI (mg/kg MS)	0.4	4	14	DIN 19734
20	Mercurio total (mg/kg MS)	66	66	24	EPA 7471-B
21	Plomo total (mg/kg MS)	70	140	1 200	EPA 3050-B EPA 3051

Fuente: (MINAM, 2013)

**Suelo:** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad (MINAM, 2013).

**Suelo agrícola:** Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas (MINAM, 2013).

**Suelo comercial:** Suelo en el cual, la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.

**Suelo industrial/extractivo:** Suelo en el cual, la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.

**Suelo residencial/parques:** Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas: incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento (MINAM, 2013).

Los estándares de calidad ambiental son los niveles permisibles de contaminantes en el aire, agua, suelo y otros recursos. Los contaminantes son cualquier materia o energía cuya naturaleza, ubicación, o cantidad (concentración) en el aire, agua o suelo produce o puede producir efectos no deseados de la salud humana o a los límites de la utilidad del recurso para el uso presente o futuro. Estos pueden estar presentes en la solución en forma de suspensiones coloidales, adsorbidas en fase sólida, o como fase separados (Aranda, 2013).

Los estándares de calidad ambiental para el agua o suelo establece el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físico, químico y biológico presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental (El Peruano, 2008).

Finalmente un estándar de calidad ambiental, es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente art. 4 (Nº015-2006-EM) (OEFA, 2014).

#### **b. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA, 1991)**

Criterios para evaluar las concentraciones de metales en sedimentos establecidos por la Agencia de Protección de Estados Unidos (USEPA, 1991),

todas las unidades se expresan en µg/g. (Comisión Unión Internacional, 1982) (USEPA, 1991).

**Tabla 3:** ESTÁNDARES DE LA AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ESTADOS UNIDOS

<b>Metal</b>	<b>No contaminado</b>	<b>Contaminación moderada</b>	<b>Contaminación alta</b>
Cromo	<25	25-75	>75
Cobre	<25	25-50	>50
Plomo	<40	40-50	>60
Cadmio			
Hierro	-	-	-
Manganeso	-	-	-

Fuente: USEPA, (1991).

**c. Canadá**

Concentración de metales traza, expresadas en ppm en sedimentos no contaminados según Canadá/OME (Canada/OME, 1991).

**Tabla 4:** ESTÁNDARES PARA SEDIMENTOS NO CONTAMINADOS DE CANADÁ.

<b>Metal</b>	<b>Canadá/OME</b>
Arsénico	5.9 ppm
Cromo	37.3 ppm
Cobre	35.7 ppm
Plomo	35 ppm
Cadmio	0.6 ppm
Manganeso	-

Fuente: Canadá (1991).

#### **d. Estándares primarios**

Existe una serie de características como pH y turbidez, que el agua debe tener para cumplir con la norma. También otros componentes como: flúor, arsénico, plomo, nitratos, plaguicidas, orgánicos sintéticos no deben estar en una concentración mayor a la permitida por la norma.

Estos son llamados estándares primarios, son obligatorios y el organismo que proporciona el servicio deberá cumplir con ellos o tomar las acciones correctivas necesarias o de lo contrario se hace acreedor a una negativa de explotación del suministro de agua (CNA, Comisión Nacional del Agua es quien toma esta acción), y a una multa si hubiera lugar.

La razón de limitar su concentración máxima de estos elementos o compuestos se debe a que se tienen evidencias bien fundamentadas de que causan daños o tienen efectos tóxicos cuando están por arriba de los valores máximos establecidos (UACH., 2013).

#### **e. Estándares secundarios**

Estos son valores establecidos por la normatividad pero son valores guía o valores recomendados y que no son obligatorios porque son indeseables por sus efectos pero no causan daños en la salud del consumidor. Un ejemplo de un estándar secundario pudiera ser la dureza: la dureza excesiva es indeseable, pero como no tiene efectos negativos en la salud, no está obligado el organismo encargado del suministro de agua a implementar acciones para corrección y disminución de este parámetro, (UACH., 2013).

### **2.1.11. IMPACTOS AL ECOSISTEMA**

Según Vélez (2014), la actividad minera genera varios contaminantes que no son biodegradables y por lo tanto su permanencia en el ambiente plantea una amenaza a largo plazo para la salud pública y la vida silvestre, en donde los cambios biológicos debido a la contaminación ocurren en todos los niveles de organización, desde el cambio a nivel molecular hasta cambios considerables a niveles de comunidad.

Se sabe muy poco sobre los efectos de los metales en los ecosistemas. En los lugares en que aguas de drenaje de minas fluyen en cursos de agua dulce se producen con frecuencia efectos ecológicos evidentes como, por ejemplo, una gran reducción de la fauna invertebrada y la ausencia de peces (Gonzales, 2004).

#### **Impactos al ambiente**

La actividad minera incide directa o indirectamente sobre los impactos ambientales que se generan en los ecosistemas. En sus etapas productivas, se ve reflejado el constante uso de los recursos naturales, la generación de residuos sólidos y peligrosos, las emisiones de material particulado a la atmósfera y a los ríos y los vertidos de aguas residuales. Principalmente, la minería tiene una gran incidencia en el ambiente cuando no se maneja adecuadamente (Vélez, 2014).

La peligrosidad de los metales pesados es mayor al no ser química ni biológicamente degradables.

Una vez emitidos, pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años. Además, su concentración en los seres vivos aumenta a medida que son ingeridos por otros, por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados

puede provocar síntomas de intoxicación. Dicho fenómeno se da con los metales mercurio y aluminio, en mamíferos consumidores de pescado y en pájaros insectívoros respectivamente (Gonzales, 2004).

### **Impactos al ser humano**

Granada y Escobar, (2012), algunos de los metales pesados potencialmente tóxicos para los seres vivos son Cr, Fe, Se, V, Cu, Co, Ni, Cd, Hg, As, Pb y Zn. Bajo ciertas condiciones ambientales, los metales pesados pueden acumularse hasta niveles muy altos tanto en los sedimentos como en la biota, causando graves daños ecológicos. A altas concentraciones, los metales pesados tienen una gran incidencia en la salud humana y pueden causar diversas enfermedades.

Las dos principales vías de acceso del plomo y sus compuestos químicos son el tracto gastrointestinal y los pulmones. Cerca del 10 % del plomo ingerido es excretado en la orina y en menor cantidad a través del sudor, el pelo y las uñas. El 90 % del plomo que se encuentra en el cuerpo humano se deposita en el esqueleto óseo y es relativamente inerte, mientras que el 10 % restante pasa a través del torrente sanguíneo y puede depositarse en los tejidos. Los signos más comunes de intoxicación por plomo son los gastrointestinales y sus síntomas comprenden anorexia, náusea, vómito, diarrea y constipación, seguida de cólicos. El plomo también, puede afectar la síntesis de la hemoglobina y el tiempo de vida media de los glóbulos rojos, así como, al sistema nervioso central y periférico (Vélez, 2014).

En el hombre los compuestos de mercurio provocan alteraciones en la mucosa intestinal e inhibición de ciertas enzimas, mientras que en las mujeres

embarazadas puede provocar trastornos teratogénicos graves (Granada y Escobar, 2012).

La contaminación ambiental es uno de los principales problemas de nuestro planeta. Las actividades humanas producen una ingente cantidad de residuos que al final acaban llegando al mar a través de los estuarios.

### **2.1.12. ANTECEDENTES DE LA ESPECTROSCOPIA ATÓMICA**

El término espectroscopia significa la observación y el estudio del espectro, o registro que se tiene de una especie tal como una molécula, un ion o un átomo, cuando estas especies son excitadas por alguna fuente de energía que sea apropiada para el caso (Rocha, 2000).

Uno de los pioneros en la espectroscopia fue Isaac Newton, quien a principios de 1600 observó y estudió el comportamiento de la luz solar cuando esta atraviesa por un prisma. En 1831, J.F. Herschel demostró, que las sales de diferentes metales producen distintas coloraciones a la flama cuando las sales disueltas o en forma directa son puestas en contacto con ésta. Así por ejemplo la sales de calcio dan a la flama un color naranja, las de sodio un color amarillo, las de potasio un color violeta, las de cobre un verde azulado, las de estroncio un color verde amarillo, etc. Estas observaciones fueron corroboradas posteriormente por otros investigadores sugiriendo que de esta forma podría identificarse el metal formador de la sal en un compuesto químico específico.

Kirschhoff y Bunsen (1859) ampliaron el conocimiento de la naturaleza de este fenómeno, cuando la luz colorida producida por el metal en la flama la hicieron incidir en un depósito óptico que separa la radiación emitida por el metal, de la luz solar. En éste instrumento que fue llamado espectroscopio (espectroscopio=

observación del espectro) se observa que cada metal que emite radiación de diferente color, presenta líneas que aparecen en diferentes posiciones en la pantalla o campo de observación, y esto es independientemente de las condiciones en que se realiza el experimento así como de la naturaleza de la sal metálica y únicamente depende del metal. Adicionalmente, la intensidad de la línea está directamente relacionada a la concentración del elemento en solución.

De esta manera se tiene una forma inequívoca de identificar el elemento (Por la posición de sus líneas), así como una manera de identificar éste (por la intensidad de las líneas producidas).

A principios del siglo XX no se conocían todos los elementos de la tabla periódica y frecuentemente se incurría en errores, al dar por descubiertos elementos nuevos cuando en realidad eran elementos ya conocidos.

Gracias al desarrollo de la espectroscopia cuando se daba la noticia de haber encontrado algún elemento nuevo, se observaba su espectro. Si este ya coincidía con los elementos ya conocidos se descartaba la novedad del elemento, si por el contrario no coincidía con ninguno de los espectros de elementos ya conocidos la prueba era inobjetable y se consideraba uno más de la lista de elementos químicos.

A pesar de que como se ha mencionado antes, el potencial de la espectroscopia en el análisis cuantitativo era conocido desde fines del siglo pasado, su desarrollo y amplia aplicación en el análisis químico es tan reciente que apenas en 1952 tuvo desarrollo el primer equipo comercial de espectroscopia de absorción atómica para la cuantificación de metales.

Esta lentitud en la adaptación de técnicas espectroscópicas al análisis químico cuantitativo ha sido compensada por el alto grado de desarrollo que ha alcanzado en los últimos años (Rocha, 2000).

### **Espectroscopia de emisión en átomos**

La espectroscopia de emisión en átomos se basa en medir la intensidad de una línea de emisión específica del elemento que se desea determinar. Cuanto mayor sea la intensidad de ésta línea mayor es su concentración (Rocha, 2000).

En los instrumentos de EEA, la flama atomiza y excita los componentes de la muestras. Estos emiten radiación electromagnética de diferentes longitudes de onda que son separadas en el monocromador y la línea de interés llega al detector, al amplificador y finalmente al sistema de lectura. Las relativamente bajas temperaturas de la flama, limitan la aplicación práctica de la EEA en flama a los elementos más fáciles de excitar, o en bajos potenciales de ionización, como son los elementos alcalinos (Li, Na, K, Rb, Cs) y los alcalinotérreos (Ca, Mg, Sr, etc.) (Rocha, 2000).

### III.MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en la parte baja de la cuenca del río Coata, exactamente agua abajo desde la ciudad de Juliaca hasta la desembocadura del río Coata, ubicado en el lago Titicaca.

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

La cuenca baja del río Coata se ubica íntegramente dentro del departamento de Puno, ocupa las superficies de las provincias de Puno y San Román, los distritos afectados se tiene a Juliaca, Caracoto y Coata.

##### 3.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

**Limites hidrográficos.** La cuenca baja del río Coata limita con las siguientes cuencas hidrográficas: por el NORTE la cuenca Ramis; por el SUR se encuentra la cuenca Illpa; por el ESTE se encuentra el Lago Titicaca y por el OESTE se encuentra la cuenca de río Lampa y la cuenca del río Cabanillas.

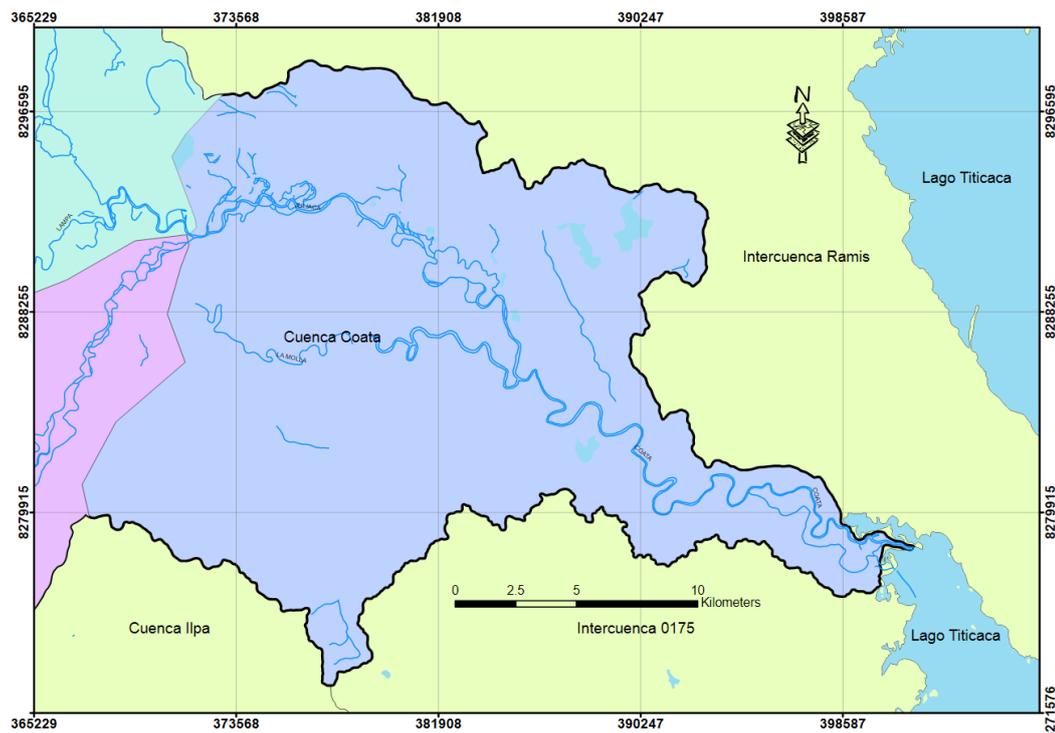


Figura 3: SUB CUENCA DE RÍO COATA.

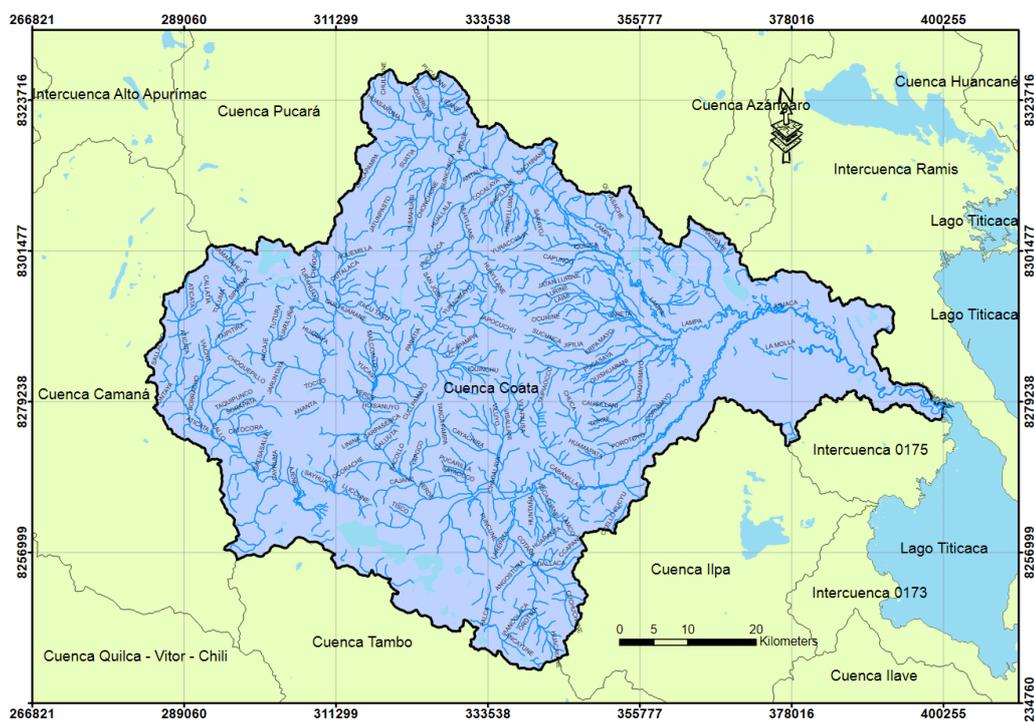


Figura 4: CUENCA DEL RÍO COATA.

### 3.1.3. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Los cinco (05) puntos de muestreo se ubican en diferentes partes del río Coata, así como se puede describir:

El punto N° 01: ubicado en Puente Independencia de la ciudad de Juliaca, con las siguientes coordenadas UTM (WGS84) Este: 381478.13, Norte: 8290421.62; y altitud: 3833 msnm

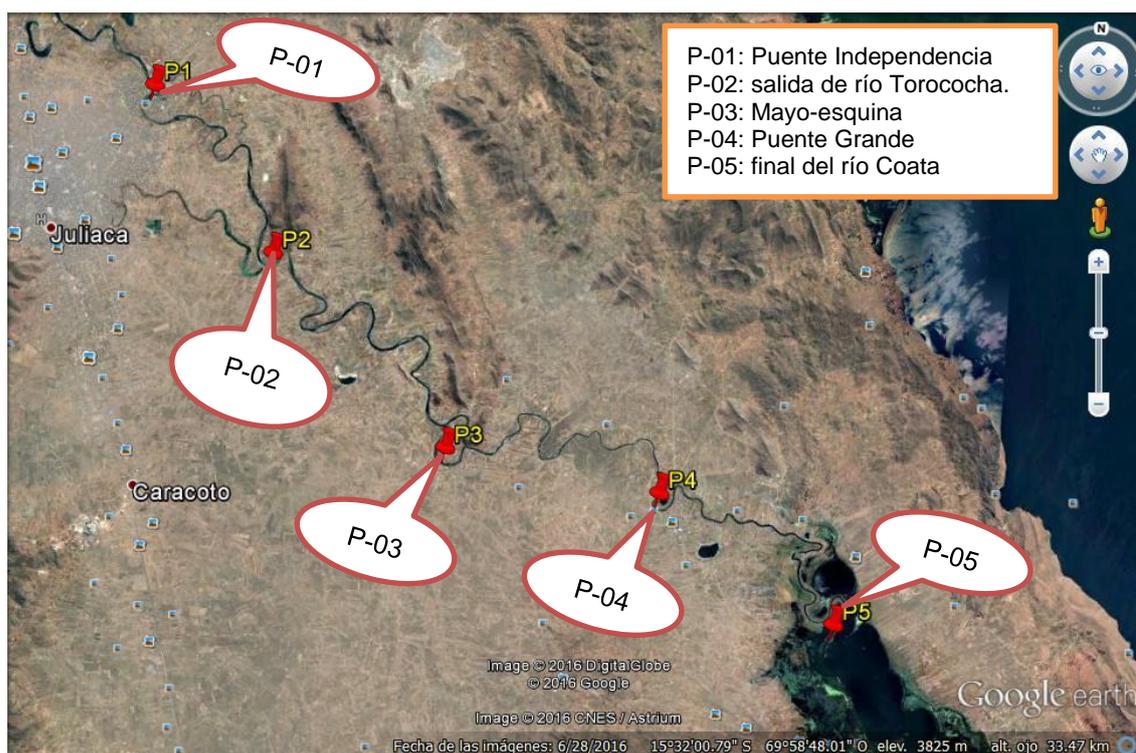
El punto N° 02: ubicado en la desembocadura del río Torococha en la jurisdicción del distrito de Caracoto, con las siguientes coordenadas UTM (WGS84) Este: 385267.51, Norte: 8285422.64; y altitud: 3830 msnm.

El punto N° 03: ubicado en mayo-esquina en la jurisdicción del distrito de Caracoto, con las siguientes coordenadas UTM (WGS84) Este: 390758.44, Norte: 8280058.72; y altitud: 3828 msnm.

El punto N° 04: ubicado en Puente Grande, en la jurisdicción del distrito de Coata, con las siguientes coordenadas UTM (WGS84) Este: 397450.95, Norte: 8278882.54; y altitud: 3825 msnm.

El punto N° 05: ubicado en la desembocadura del río Coata a lago Titicaca, en la jurisdicción del distrito de Coata, con las siguientes coordenadas UTM (WGS84) Este: 402797.59, Norte: 8275181.69; y altitud: 3821 msnm.

Se muestra en la siguiente figura adjunta:



**Figura 5:** UBICACIÓN DE LOS PUNTOS EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO COATA

El cauce del río Coata presenta una pendiente media de 0.007%. El cauce en su recorrido presenta formas meándricas y divagantes a consecuencia de la baja pendiente del cauce.

### 3.1.4. PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS IMPORTANTES

#### a. Temperatura (°C)

La lectura de la temperatura se realizó en el mismo lugar de muestreo, extrayendo en recipiente de plástico un litro de agua y sumergiendo un termómetro digital en el interior de la muestra tomada, en cada punto de muestreo y esperando hasta que se logre una lectura constante.

#### b. Conductividad eléctrica

La lectura de la conductividad eléctrica se realizó en el mismo lugar de muestreo, extrayendo en recipiente de plástico un litro de agua y sumergiendo un

multiparametro en el interior de la muestra tomada, en cada punto de muestreo y esperando hasta que se logre una lectura constante, esta evaluación se realizó in situ.

Una vez que se realizó la lectura, se anotó los valores obtenidos en cada punto muestreado con cifras significativas.

### c. Potencial de hidrogeniones “pH”

La medición se realizaron con el medidor pHmetro digital, el mismo que detecta de forma rápida y precisa el valor de pH, se tomaron las muestras de agua en cada punto y se procedió a tomar las medidas de pH. Se anotó el valor de obtenido con cifras significativas de acuerdo a la precisión del medidor del pHmetro utilizado.



**Figura 6:** MEDICIÓN IN SITU DE PARÁMETROS FÍSICO Y QUÍMICO.

### 3.1.5. DELIMITACIÓN SOCIAL

El presente estudio sirve para que las instituciones relativas al medio ambiente tomen todo el interés por la conservación de la biodiversidad del lugar; asimismo

por la descontaminación de la cuenca del río Coata. Es útil también como base para futuras investigaciones en el tema y en otros en las que se requiera estudios medioambientales, y en su mayor parte sirve para que las empresas prestadoras de servicios de recojo de residuos sólidos en el espacio geográfico aledaño tomen conciencia del daño, tal vez irreversible, que ocasionan al ecosistema del lugar y aguas abajo.

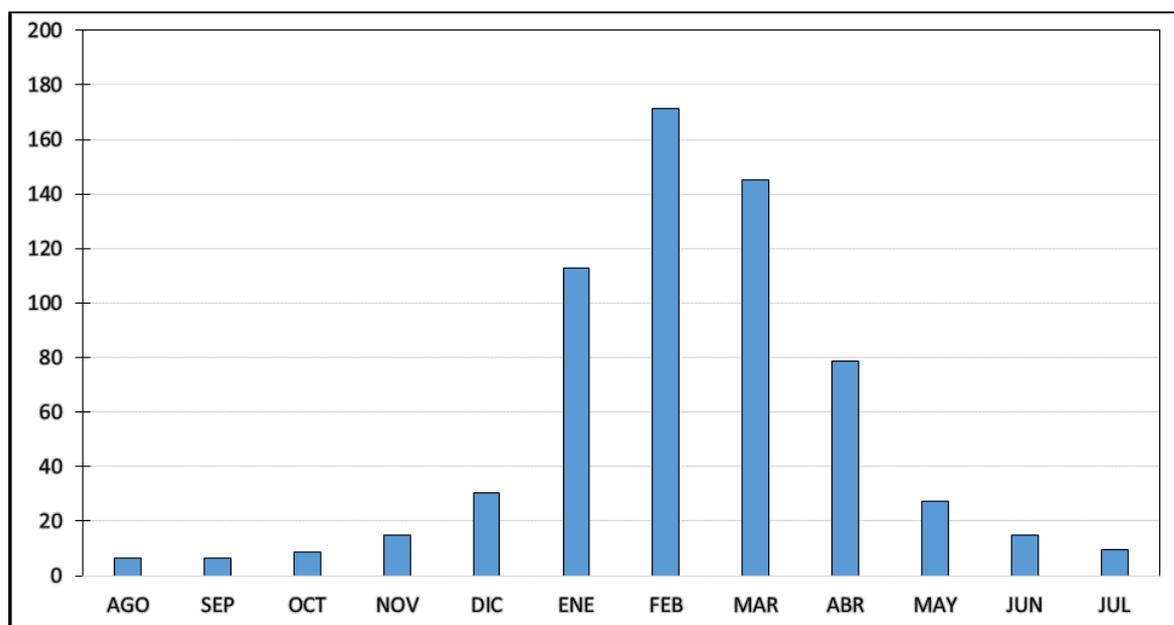
### 3.1.6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo cuantitativa, primeramente, se caracterizó los parámetros físicos-químico del sedimento en el río tomando las muestras, luego se realizó la caracterización de metales pesados. Los datos se han obtenido en el Laboratorio acreditado de Ensayo y Control de Calidad en la Universidad Católica de Santa María – Arequipa.

### 3.1.7. ÉPOCAS DE MUESTREO

Para el presente trabajo de investigación se ha planteado dos diferentes fechas para el muestreo así como las épocas de avenida y las épocas de estiaje:

- a. **La primera:** fue en mes de marzo, cuando el río tenía caudal máximo, y
- b. **La segunda:** fue en mes de junio cuando el río tenía caudal mínimo.



**Figura 7:** CAUDAL MEDIO MENSUAL (M3/S) Estaciones de Aforo puente Unocolla. (ATDR – Juliaca, 2007).

### 3.2. MATERIALES

Los materiales utilizados para el siguiente proyecto de tesis.

#### 3.2.1. MATERIALES PARA EL MUESTREO

- Un recipiente de plástico
- Una pala metálica
- Un multiparametro que mide (pH, Conductividad, y temperatura).
- Guante de jebe.
- Botas de jebe.
- Libreta de apuntes.
- GPS
- Marcadores
- Cinta masking

### 3.2.2. EQUIPOS (MATERIALES DE CÓMPUTO Y OTROS)

Entre los materiales, instrumentos, equipos y servicios utilizados para la ejecución del siguiente proyecto de tesis.

#### a. Materiales y equipos de gabinete

- Papel Bond 75g formato A-4
- Folder manila
- Lapiceros
- Impresora HP
- Tóner para impresora
- CDs
- Computadora portátil (con los programas necesarios)
  - Software Microsoft office (Excel, Word, Power Point)
  - Software google Earth
  - Software Map Source
  - Y otros.

#### b. Servicios

- Servicio de ploteo.
- Servicio de fotocopia.
- Servicio de impresión y escaneo.

### 3.2.3. MAQUINARIAS Y TRANSPORTE

- Vehículo motorizado (camioneta) para movilizarse de un punto a otro.
- Transporte interdepartamental, con las muestras de sedimento de Juliaca al terminal terrestre de la ciudad de Arequipa. Y viceversa.

- Transporte urbano, llevando las muestras de sedimento desde el terminal terrestre hasta el laboratorio acreditado de ensayo y control de calidad de la Universidad Católica de Santa María – Arequipa, y viceversa.

### 3.3. METODOLOGIA

#### 3.3.1. PRESENCIA Y LAS CONCENTRACIONES DE LOS METALES

##### a. Determinación de los puntos de muestreo

Para la determinación de los puntos se han fijado cinco (05) puntos estratégicos, cada uno de ellos con la intención de saber el grado de contaminación producto de la actividad humana realizada alrededor de la ciudad de Juliaca a riberas del río. Tal como se puede notar en el siguiente cuadro:

**Tabla 5:** UBICACIÓN Y CODIFICACIÓN DE LOS PUNTOS EN ESTUDIO.

Sitio o lugar	Distrito / Provincia	Código de Muestreo
Puente Independencia	Juliaca / San Román	P-01
Desembocadura del río Torococha	Caracoto / San Román	P-02
Mayo esquina	Caracoto / San Román	P-03
Puente Grande	Coata / Puno	P-04
Desembocadura del Río Coata a Lago Titicaca.	Coata / Puno	P-05

##### b. Periodo de muestreo

Para el presente trabajo se ha muestreado en dos temporadas del año como las épocas de avenida (marzo) y las épocas de estiaje (junio), para poder evaluar la

variación en la presencia de los metales pesados en las dos diferentes etapas de estudio, la cual es nuestro propósito de trabajo.

La época de avenida (mes de marzo) se ha registrado un caudal mayor que la de febrero y enero, es por ello que se ha fijado esta fecha de manera estratégica en coordinación con los asesores del presente trabajo de investigación.

La época de estiaje (mes de junio) se ha fijado que el caudal del río ha sido mínimo y de manera constante, razón por la cual se ha planteado el segundo muestreo de manera estratégica y en coordinación con los asesores del presente trabajo de investigación.

### **c. Toma de muestras de sedimentos superficial**

Para la recolección de las muestras se ha alistado todos los materiales para el momento del muestreo y para poder ingresar a extraer los sedimentos superficiales en el cauce del río.

Las muestras de sedimentos de fondo se recolectaron siguiendo los criterios descritos en las directrices para la colecta de sedimentos de la Agencia de Protección Ambiental de Ohio (Ohio – EPA, 2001).

Las muestras fueron tomadas, empezando desde el P-01 (puente Independencia – Juliaca) pasando por el P-02, 03, 04 y P-05 (desembocadura del río Coata).

Se tomaron muestras de sedimento superficial un peso de 500 g, en recipientes de plástico estériles.

Para la toma de la muestra, se ha sumergido la pala metálica hasta el fondo de la corriente de agua y se hizo el arrastre para la toma de muestra en la porción

del material que se encuentra por encima de la capa fija (10cm), La muestra se coloca en recipientes de polietileno previamente lavados con ácido nítrico al 10% y enjuagados con agua destilada.

Esta acción se repite tres veces en cada punto de muestreo, y luego de ello se ha tenido que mezclar las tres muestras y una de ellas se ha almacenado con su etiqueta que indique el lugar, fecha, volumen y la temperatura; para luego ser transportado al laboratorio en la nevera bajo refrigeración.



**Figura 8:** MUESTREO DEL SEDIMENTO SUPERFICIAL.

Las muestras se han etiquetado adecuadamente con las representaciones de P-01, P-02, P-03, P-04, y P-05, de tal manera que el laboratorio de analiza con la misma representación.



**Figura 9:** MUESTRAS EN EL LABORATORIO.

En las horas de la tarde se han etiquetado nuevamente verificado la permanencia de los apuntes realizado anteriormente de la siguiente manera: código de muestra, fecha y hora de la toma de muestra, país, departamento, provincia, distrito, nombre del lugar y referencia del lugar de la zona de estudio; finalmente el nombre del recolector. Las muestras de sedimentos recolectados, fueron llevadas hacia el laboratorio acreditado de Ensayo y Control de Calidad de la Universidad Católica Santa María – Arequipa – Perú.



**Figura 10:** MUESTRAS EN EL LABORATORIO DE ESPECTROMETRÍA DE EMISIÓN ATÓMICA.

La metodología aplicada en el laboratorio fue la espectrometría por emisión atómica, el método EPA 200.7. Determinación de metales y traza de elementos en agua y residuos por acoplamiento inductivo plasma - método de espectrometría de emisión atómica.

### **3.3.2. EVALUACIÓN DE LOS METALES PESADOS**

Los resultados emitidos por el laboratorio, se ha evaluado la concentración de los metales pesado existente como cadmio, cromo y plomo, con las estándares de calidad ambiental para suelo del Ministerio del Ambiente, de la siguiente manera.

Se ha utilizado el software Excel para realizar un cuadro de 6x5, en donde se indica en sentido vertical la simbología de todos los puntos de muestreo (P-01, P-02, P-03, P-04 y P-05), y en horizontal se ha indicado la unidad de medida, los valores de las estándares de calidad ambiental para el suelo, y los resultados de las concentraciones de los metales pesados en cada etapa de muestreo (avenida y estiaje).

Luego de ello se ha realizado una figura de acuerdo a los resultados para ver el comportamiento del metal pesado, en la línea horizontal va los puntos de muestreo (P-01, P-02, P-03, P-04 y P-05), mientras en vertical va la concentración de los metales pesados respectivamente tanto de la etapa de avenidas, estiaje y los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo.

Al tener la figura de correlación de los metales pesados con respecto a los estándares de calidad, se ha hecho la descripción de la figura, indicando los máximos y mínimos, así como también si se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de los estándares de calidad ambiental para suelo.

### **3.3.3. PUNTO MÁS CRÍTICO Y VULNERABLE A LA CONTAMINACIÓN**

Para poder saber el punto más crítico de los cinco (05) puntos de muestreo se ha realizado el análisis de correlación de los metales pesados en estudio con la distancia.

Teniendo la concentración de todos los metales se ha armado un cuadro en el software Excel, en el eje X se ha colocado los cinco puntos en estudio, y en eje vertical se ha colocado los valores de la concentración de los metales pesado en estudio, que se ha obtenido del laboratorio y la distancia, empezando desde P-01 como punto de inicio de la medición de la distancia hasta culminar en el P-05 (desembocadura del río Coata). Luego se ha realizado una correlación entre los puntos en estudio y el metal pesado resultados de los sedimentos superficiales del río Coata.

Luego de ello se ha realizado la descripción de los resultados de la figura cartesiana indicando si uno aumenta el otro componente cómo se comporta y así llegar a indicar el punto más crítico.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tomamos como tema importante en este estudio, porque a nivel nacional y más a nivel regional la contaminación por residuos sólidos es de manera informal e incontrolada y que se encuentran y permanece en un claro descuido por parte de las entidades responsables y por la falta de fiscalización del gobierno, los mismos siguen exponiendo a la población a niveles altos de contaminación, es por ello que en este estudio nos trazamos en analizar la presencia y evaluar el grado de contaminación de las concentraciones de los metales pesados en los sedimentos superficiales, que causan la alteración del ecosistema de la región y de la cuenca mismo.

### 4.1. PRESENCIA Y LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS

En las tablas que a continuación presentamos queremos demostrar si hay la presencia o no de las concentraciones de los metales pesados (cadmio, cromo y plomo) respectivamente a lo largo del río Coata, desde la ciudad de Juliaca hasta la desembocadura del río.

Según los resultados emitidos por el laboratorio del primer muestreo que se ha realizado en las épocas de avenida, se ve la clara presencia de la concentración de los metales pesados en los sedimentos superficiales, en los diferentes puntos de estudio, así como se puede apreciar en la tabla 6.

**Tabla 6:** METALES PESADOS EN LOS SEDIMENTOS EN LA ÉPOCA DE AVENIDA.

Punto de muestreo	Unidad de medida	Época de avenida		
		Cadmio	Cromo	Plomo
P-01	mg/kg	0.70	4.10	16.50
P-02	mg/kg	0.60	8.60	16.00
P-03	mg/kg	0.50	7.40	14.20
P-04	mg/kg	0.10	14.80	5.70
P-05	mg/kg	0.20	8.10	8.30
<b>Máximo</b>		<b>0.70</b>	<b>14.80</b>	<b>16.50</b>
<b>Mínimo</b>		<b>0.10</b>	<b>4.10</b>	<b>5.70</b>

Como se puede observar en la tabla 6 que corresponde a los resultados de la época de avenida que el valor máximo de cadmio ha sido 0.70mg/kg y mínimo 0.10mg/kg que corresponden al primer y cuarto punto de muestreo; así mismo el valor máximo de cromo ha sido 14.80mg/kg y mínimo 4.10mg/kg que corresponden al cuarto y primer punto de muestreo. Y por otro lado el valor máximo de plomo es 16.50 mg/kg y mínimo es 5.70 mg/kg que corresponde al primer y cuarto punto de muestreo.

Según los resultados emitidos por el laboratorio del segundo muestreo que se ha realizado en las épocas de estiaje, se ve la clara presencia de las concentraciones de los metales pesados cadmio, cromo y plomo en los sedimentos superficiales, en los diferentes puntos de estudio, así como se puede apreciar en la tabla 7. A excepción de cadmio en el punto P-04 que no se ha registrado este metal.

**Tabla 7:** METALES PESADOS EN LOS SEDIMENTOS EN LA ÉPOCA DE ESTIAJE

Punto de muestreo	Unidad de medida	Época de estiaje		
		Cadmio	Cromo	Plomo
P-01	mg/kg	0.33	13.33	7.50
P-02	mg/kg	0.16	7.25	3.75
P-03	mg/kg	0.25	27.00	5.50
P-04	mg/kg	0.00	16.50	10.83
P-05	mg/kg	0.08	28.42	4.58
<b>Máximo</b>		<b>0.33</b>	<b>28.42</b>	<b>10.83</b>
<b>Mínimo</b>		<b>0.00</b>	<b>7.25</b>	<b>3.75</b>

Se observa que en la tabla 7 que corresponde a la época de estiaje, el valor más alto de Cadmio ha sido 0.33 mg/kg y mínimo 0.00 mg/kg que corresponden al primer y cuarto punto de estudio; mientras que el valor más alto de Cromo ha sido 28.42 mg/kg y mínimo 7.27 mg/kg que corresponden al quinto y segundo punto de estudio; y por otro lado el valor más altos de Plomo es 10.83 mg/kg y mínimo es 3.75 mg/kg que corresponde al cuarto y segundo punto en estudio.

Así también podemos ver en los estudios realizados en las diferentes cuencas, las presencia de los metales.

Los resultados reportaron altas concentraciones con respecto al ECA (máx. 0.08mg/L), que corresponden a las zonas comprendidas entre la unión del río Caraba ya (Crucero o Grande) y el río proveniente del valle de la mina Cecilia (río Cecilia), lugar donde existen pasivos mineros de plomo-zinc-cobre; En la sub cuenca Ayaviri, las concentraciones se encuentran dentro de los límites de ECA y el reporte es similar para la sub cuenca Ramis hasta desembocar en el lago Titicaca (Cornejo y Pacheco, 2014).

La sub cuenca Azángaro en estudio, mostró un alto contenido de sedimento superficial (arcilla) ocasionado por el lavado de chutes para concentrar oro en la zona de trabajo minero artesanal de Ananea. Se encontró capas de hasta 15cm de espesor (parte superior del río Crucero o Carabaya) a 3 o 5cm de espesor (río abajo hasta la unión con el río Asillo), que en tiempo de lluvias son arrastrados a las partes más bajas con su carga de iones, metaloides, metales tóxicos y materia orgánica (Cornejo y Pacheco, 2014).

#### 4.2. EVALUACION DE LOS METALES EN LOS SEDIMENTOS

En esta parte del estudio pretendemos hacer saber si los metales pesados como cadmio, cromo y plomo se encuentran por debajo o por encima de los límites máximos permisibles de las estándares de calidad ambiental (ECAs) para suelo, y de manera secundaria también analizar con las normas Canadienses, y de esta forma ver en las figuras el comportamiento de cada uno de los metales en análisis.

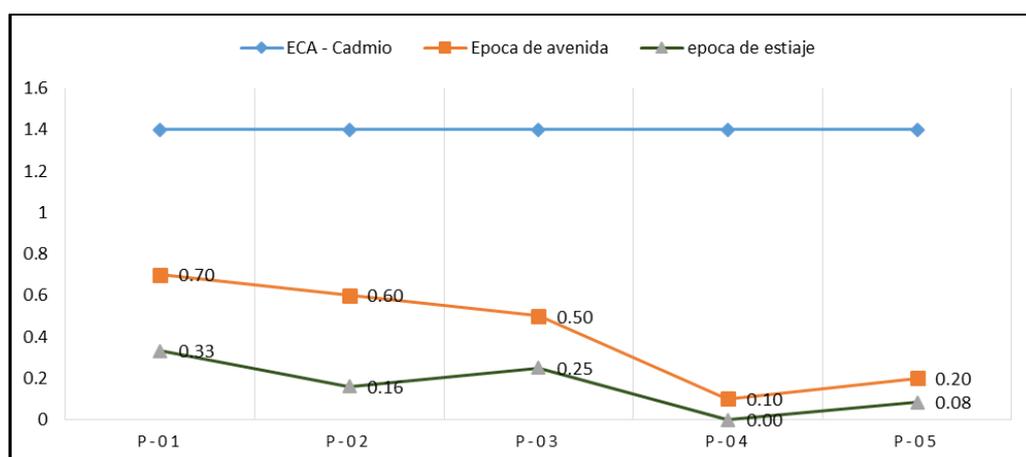
##### 4.2.1. EVALUACIÓN DEL CADMIO EN LOS SEDIMENTOS

**Tabla 8:** RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES DE CADMIO

PUNTO	Unidad de medida	ECA - Cadmio	Época de avenida	época de estiaje
P-01	mg/kg	1.40	0.70	0.33
P-02	mg/kg	1.40	0.60	0.16
P-03	mg/kg	1.40	0.50	0.25
P-04	mg/kg	1.40	0.10	0.00
P-05	mg/kg	1.40	0.20	0.08
<b>máximo</b>	<b>mg/kg</b>		<b>0.70</b>	<b>0.33</b>
<b>mínimo</b>	<b>mg/kg</b>		<b>0.10</b>	<b>0.00</b>

**Cadmio:** las concentraciones de Cd en los sedimentos superficiales se encuentran por debajo de los ECA para suelo (Figura 11), ya que el máximo fue 0.70 mg/kg que corresponde al primer punto de la época de avenida y mínimo 0.00 mg/kg.

Así como se puede ver en la figura 11, el comportamiento del metal pesado cadmio va disminuyendo su concentración así como va recorriendo a lo largo del río Coata hasta desembocar sus agua a lago, tanto en la época de avenida y estiaje, esto debido a que el peso específico del metal es 8.650 gr/cm<sup>3</sup> más alta que el agua.



**Figura 11:** COMPORTAMIENTO DE CADMIO EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES.

Según la figura 11 el comportamiento del cadmio en sedimentos superficiales, se encuentran por debajo de los estándares de calidad ambiental (ECA) para el suelo, en todos los puntos, en la época de avenidas y estiaje.

Se puede notar que los resultados del primer muestreo se encuentran por encima de los resultados del segundo muestreo, de donde se puede deducir que a mayor caudal es mayor la concentración de este metal pesado en los sedimentos superficiales.

#### 4.2.2. EVALUACIÓN DE CROMO EN LOS SEDIMENTOS

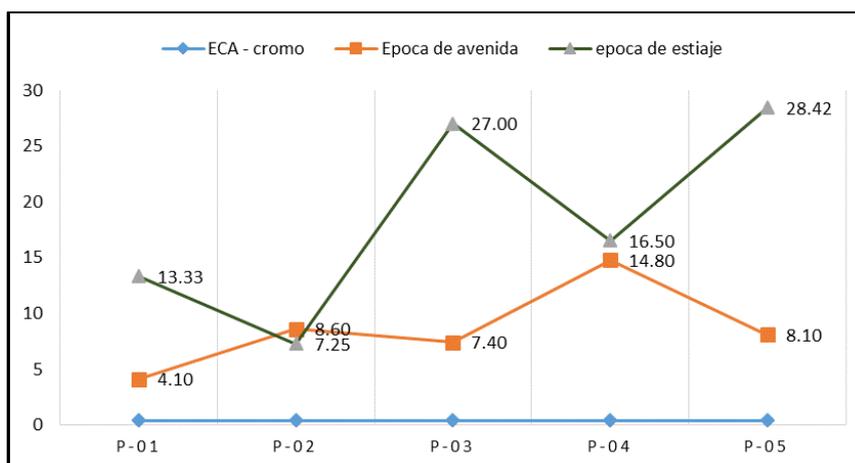
En esta parte de la investigación se pretende evaluar el metal cromo si se encuentra por encima o por debajo de los estándares de calidad ambiental para suelo.

**Cromo:** las concentraciones de Cr en los sedimentos superficiales se encuentran muy superior con respecto al ECA para suelo, ya que el mínimo fue 4.10 mg/kg que corresponde al primer punto de la época de avenida y máximo 28.42 mg/kg, el estándar de calidad ambiental para este metal es 0.40mg/kg que indica el Ministerio del Ambiente.

**Tabla 9:** RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES DE CROMO.

PUNTO	Unidad de medida	ECA - cromo	Época de avenida	época de estiaje
P-01	mg/kg	0.40	4.10	13.33
P-02	mg/kg	0.40	8.60	7.25
P-03	mg/kg	0.40	7.40	27.00
P-04	mg/kg	0.40	14.80	16.50
P-05	mg/kg	0.40	8.10	28.42
máximo	mg/kg		<b>14.80</b>	<b>28.42</b>
mínimo	mg/kg		<b>4.10</b>	<b>7.25</b>

Como se puede demostrar en la figura 12, que el comportamiento del metal cromo, se encuentra por encima de los estándares de calidad ambiental para suelo, tanto los resultados del primer y segundo muestreo.



**Figura 12:** COMPORTAMIENTO DEL CROMO EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES.

En el primer, tercer, cuarto y quinto punto en estudio hay un incremento en la concentración de cromo, en relación de la primera y segunda temporada de muestreo (avenida y estiaje).

De manera general, las concentraciones de los metales pesados han incrementado desde el puente Independencia (P-01) hasta la desembocadura del río Coata (P-05), y en relación a las épocas de muestreo. Así, las concentraciones de plomo y cadmio en la cuenca baja estuvieron por debajo de los límites máximos establecidos por las estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo, (MINAM, 2013), excepto el cromo que se encuentra por encima de la ECA, en todos los puntos de muestreo para la época de venida del año 2017.

El impacto sobre el recurso suelo, agua por efecto de las altas concentraciones de los elementos estudiados ha generado una serie de problemas sociales en el área de estudio entre los que se encuentran muerte de animales, enfermedades crónicas degenerativas en las personas, baja o nula productividad agrícola, así como enfrentamientos entre la empresa prestadora de servicios de recojo de residuos sólidos de la ciudad de Juliaca y los pobladores de los distritos

afectados Coata, Huata, Capachica y Caracoto, las que se encuentran en la parte baja de la cuenca del río Coata.

Los metales pesados como el Pb, Fe, Cu, Zn, As, Cr, Cd, Mg, y algunos reactivos químicos utilizados en las plantas de tratamiento de minerales, en el corto plazo no se degradan, biológica ni químicamente en la naturaleza; por lo que son considerados tóxicos para la mayor parte de organismos (Chiang, 1989).

Campos (1990) sostiene que los compuestos que contienen metales pesados, se pueden alterar, pero los elementos metálicos permanecen en el ambiente, pudiendo ser acumulados como iones o como integrantes de compuestos orgánicos en los organismos por largos períodos de tiempo.

Los países europeos al ver la problemática de la producción de residuos se encuentra en continuo avance y en el que la actividad económica vinculada a los residuos alcanza cada vez mayor importancia, tanto en su envergadura como por su repercusión directa a la sostenibilidad, es en donde hace la revisión de sus leyes vinculadas a la problemática.

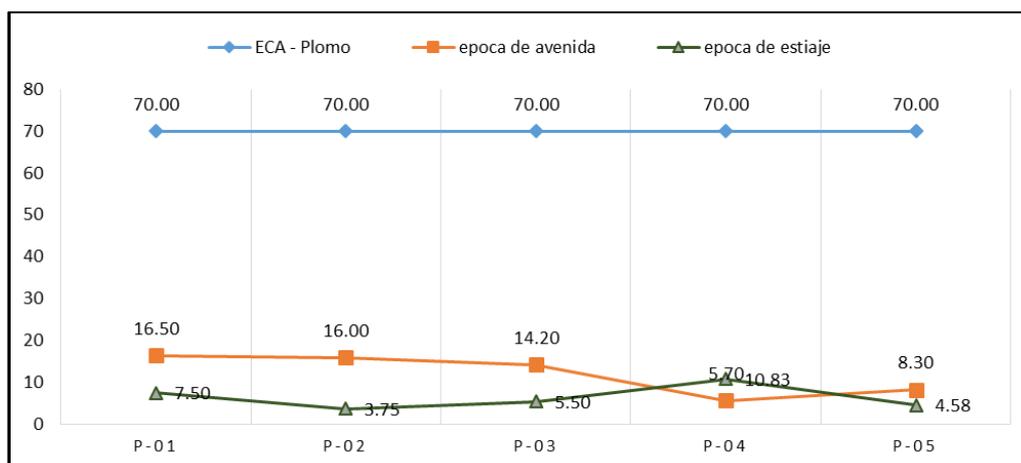
#### **4.2.3. EVALUACIÓN DE PLOMO EN LOS SEDIMENTOS**

**Plomo:** las concentraciones de Pb en los sedimentos superficiales se encuentran por debajo de los ECAs para suelo, ya que el máximo fue 16.5 mg/kg que corresponde al primer punto de la época de avenida y mínima 3.75 mg/kg del P-02 de la época de estiaje.

**Tabla 10:** RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO.

PUNTO	unidad de medida	ECA - Plomo	época de avenida	época de estiaje
P-01	mg/kg	70.00	16.50	7.50
P-02	mg/kg	70.00	16.00	3.75
P-03	mg/kg	70.00	14.20	5.50
P-04	mg/kg	70.00	5.70	10.83
P-05	mg/kg	70.00	8.30	4.58
<b>máximo</b>	<b>mg/kg</b>		<b>16.50</b>	<b>10.83</b>
<b>mínimo</b>	<b>mg/kg</b>		<b>5.70</b>	<b>3.75</b>

En relación a los estándares de calidad ambiental para suelo y estándares de la norma Canadiense los resultados estuvieron por debajo de estos parámetros, tanto de la época de avenida y la época de estiaje.



**Figura 13:** COMPORTAMIENTO DEL PLOMO EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES.

Según la figura 13 el comportamiento del metal pesado plomo se encuentra por debajo de los estándares de calidad ambiental para el suelo (ECA), en todos los puntos en estudio, tanto en la época de avenidas y estiaje, también es una preocupación por razones medio ambientales, puesto que el metal acumulado en sedimentos puede ser liberado hacia el agua y esta ser utilizada en riego de pastizales y para uso doméstico.

Como se puede apreciar los resultados tanto de la época de avenida y estiaje han disminuido como el primer, segundo, tercer y quinto, a excepción del cuarto punto (P-04) que ha incrementado, esto debido a que en esta zona se llega a extraer arena con maquinaria pesada, como también los pobladores de la zona dan de beber a sus ganados directamente al río.

### 4.3. PUNTO MÁS CRÍTICO Y VULNERABLE A LA CONTAMINACION

#### 4.3.1. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CND en $\mu\text{S/cm}$ )

En la época de avenida los valores fueron desde  $160\mu\text{S/cm}$  (en la desembocadura del río Coata), hasta  $380\mu\text{S/cm}$  en la (unión de los ríos Coata y Torococha); mientras en la época de estiaje los resultados ha dado como mínimo  $455\mu\text{S/cm}$  (en la desembocadura del río Coata) y máximo  $1680\mu\text{S/cm}$  (en la desembocadura del río Torococha) así como se puede mostrar en el siguiente cuadro:

**Tabla 11:** MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN AGUA.

PUNTO	Época de avenida	Época de estiaje
P-01	164	870
P-02	380	1680
P-03	170	460
P-04	175	915
P-05	160	455
<b>máximo</b>	<b>380</b>	<b>1680</b>
<b>mínimo</b>	<b>160</b>	<b>455</b>

Como se puede demostrar en la figura 14, el comportamiento de la conductividad eléctrica en el punto de muestreo de la desembocadura del río Torococha se ha elevado debido a al ingreso del agua residual y los residuos sólidos de la ciudad de Juliaca.

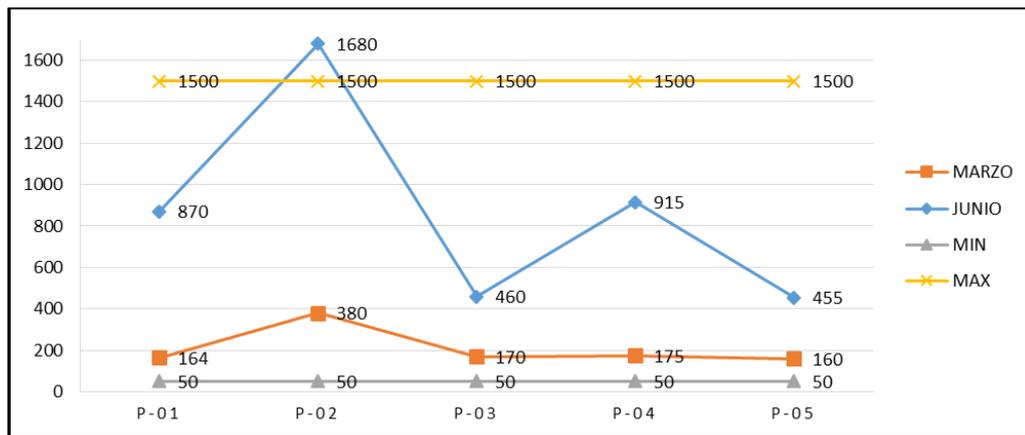


Figura 14: COMPORTAMIENTO DE LA CONDUCTIVIDAD EN LAS 02 ÉPOCAS.

Los reportes en la cuenca del río Coata, muestran un aumento de la conductividad por presencia de sales, iones disueltos y materia orgánica disuelta. La conductividad pudo haber sido influenciado por el pH encontrado, ya que son condiciones adecuadas para generar eutrofización en las partes bajas de la cuenca y el lago Titicaca.

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).

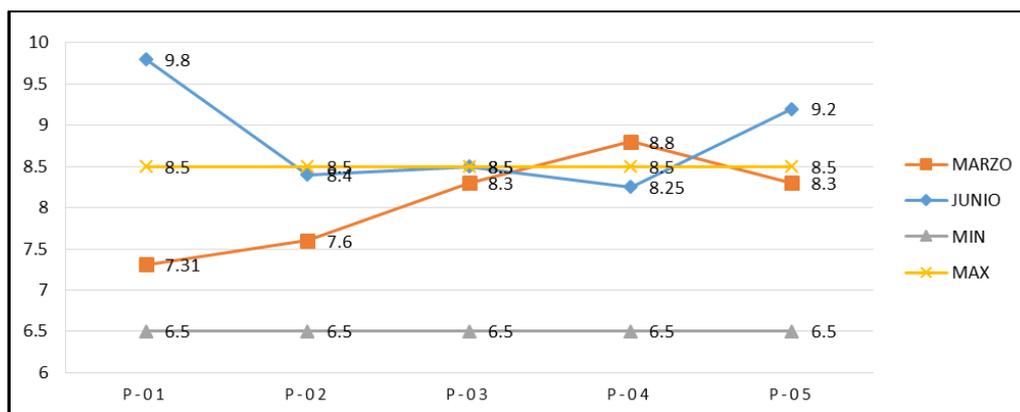
**4.3.2. POTENCIAL DE HIDROGENO**

El estudio realizado reportó mínimas de 7.31 (P-1) y máximas de 8.80 (P-4) en las épocas de avenida, mientras en las épocas de estiaje el valor mínimo 8.25 (P-4) y las máximas 9.80 (P-01). Se puede demostrar que las aguas son más básicas o alcalinas.

**Tabla 12:** RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE pH EN EL AGUA.

PUNTO	Época de avenida	Época de estiaje
P-01	7.31	9.80
P-02	7.60	8.40
P-03	8.30	8.50
P-04	8.80	8.25
P-05	8.30	9.20
<b>máximo</b>	<b>8.80</b>	<b>9.80</b>
<b>mínimo</b>	<b>7.31</b>	<b>8.25</b>

Como se muestra en la figura siguiente sobre el comportamiento del pH del agua tanto de la época de estiaje y avenida, y los parámetros máximos y mínimos establecidos y recomendados.



**Figura 15:** COMPORTAMIENTO DEL pH EN LAS 02 ÉPOCAS DEL AÑO

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 (Chapman, 1996; WHO 2011). 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 (Ruiz, 2012).

En la figura siguiente se muestra una correlación negativo debido al análisis el metal cadmio tiende a disminuir su concentración a menudo que va recorriendo la distancia del río Coata en la época de avenida, así como se puede mostrar en la figura 16.

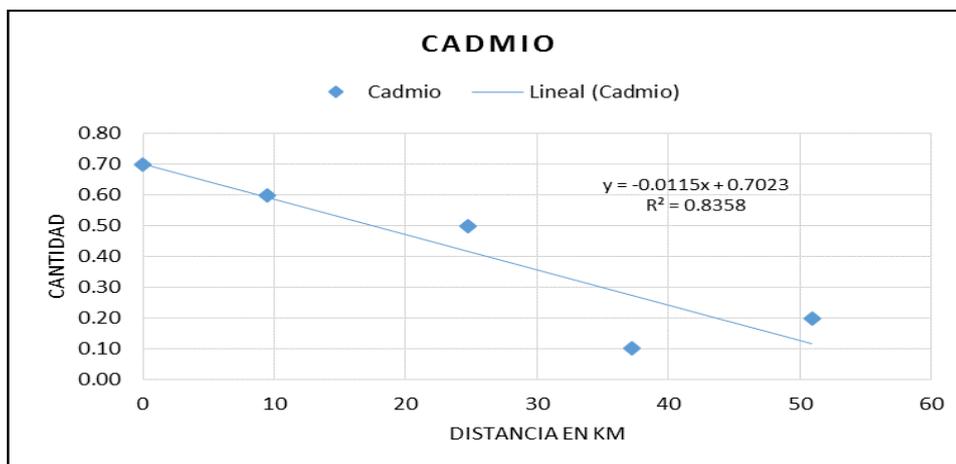


Figura 16: COMPORTAMIENTO DE CADMIO EN RELACIÓN DE LA DISTANCIA.

En la figura siguiente se muestra una correlación positiva debido a que el metal cromo tiende a incrementarse a menudo que va recorriendo a lo largo del río Coata, tal como se muestra en la figura 17.

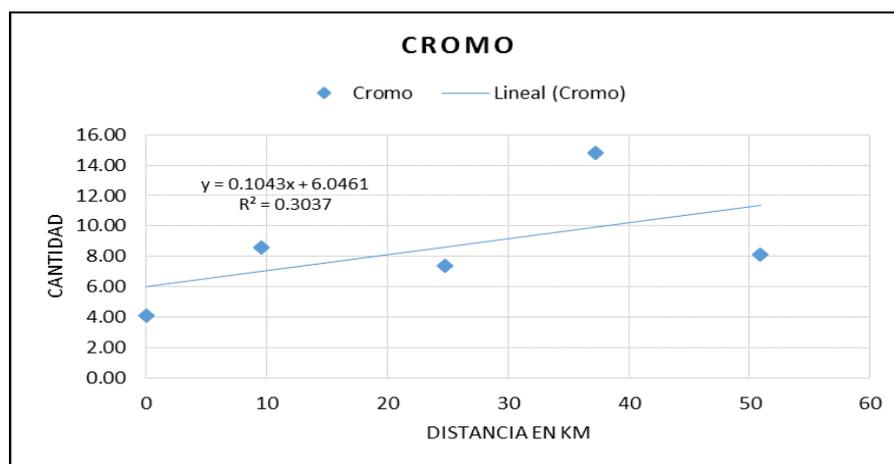
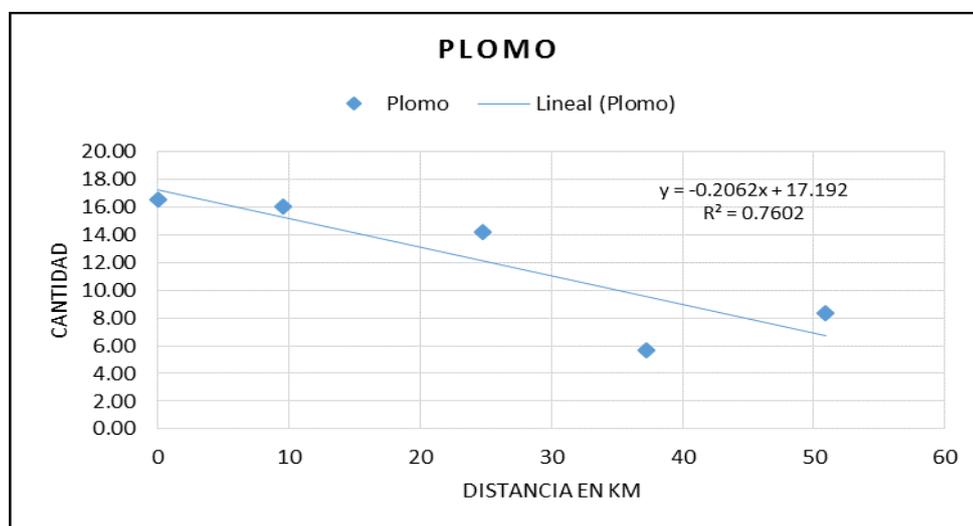


Figura 17: COMPORTAMIENTO DE CROMO EN RELACIÓN DE LA DISTANCIA.

En la figura siguiente se muestra una correlación negativa en donde el metal plomo tiende a disminuir su concentración a menudo que va recorriendo la distancia a lo largo del río Coata, tal como se muestra en la figura 18.



**Figura 18:** COMPORTAMIENTO DE PLOMO EN RELACIÓN DE LA DISTANCIA.

Cuando el valor obtenido es muy próximo a 1 ó a -1, lo que nos confirma que la correlación es fuertemente positiva o negativa respectivamente, mientras que los valores  $r$  son más próximos a 0 será menor la relación entre los datos de las variables de concentración de metales y la distancia recorrida y  $r$  es próximo a la unidad la relación es perfecta entre las variables de estudio.

## V. CONCLUSIONES

Se demuestra que hay la presencia de las concentraciones de los metales pesados como cadmio, cromo y plomo en los sedimentos superficiales de la parte baja de la cuenca del río Coata, debido a que dieron un valor mínimo de 0.00mg/kg, 4.10 mg/kg y 3.75 mg/kg y máximas de 0.70, 28.42 y 16.50 mg/kg respectivamente, Producto de las actividades humanas a las riberas del río.

Los metales pesados evaluados como cadmio y plomo se encuentran por debajo de los estándares de calidad para suelo, por que dieron un valor máximo de 0.70 mg/kg y 16.50 mg/kg respectivamente; mientras que el cromo se encuentra por encima de los ECAs debido a que su mínimo es 4.10mg/kg, de modo que en el mediano y largo plazo se podría esperar efectos a nivel de la biología y ecología de organismos asociados al río Coata.

De los puntos analizados el punto más crítico y vulnerable a la contaminación se encuentra en el punto (P-02) desembocadura del río Torococha, debido a que la conductividad eléctrica es 1680 uS/cm, debido a que por esta fuente ingresan las aguas residuales y los residuos sólidos de la ciudad de Juliaca producto de la actividad humana.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios de los metales pesados que no han sido evaluados en el presente trabajo de investigado.
- Se recomienda realizar estudios de evaluación en el agua, la sangre de los pobladores aledaños, plantas que se encuentran en las riberas del río, así también los peces para así poder determinar el grado de contaminación en la zona.
- Organizar charlas y campañas a la población sobre prácticas del cuidado del medio ambiente, dándoles a conocer los peligros que se podrían presentar en su salud y, así como en la flora y fauna.
- Se debería realizar la remediación como un mecanismo para detener la contaminación y así retornar a la región a sus condiciones naturales de antes.

## VII. REFERENCIAS

- Angelova V., Ivanova, R., Delibaltova, V., y and Ivanov, K. (2004). Bioaccumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp). *Industrial Crops and Products*, 19: 197–20.
- Apaza, A. D. (2015). Remoción De Metales Plomo (Pb) Y Zinc (Zn) de las aguas del río Torococha por precipitación alcalina en la ciudad de Juliaca. Puno - Perú: Tesis de grado de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno.
- Aranda, (2013). Estándares de Calidad Ambiental (en el Perú). VI/ Congreso Internacional de Legislación de Minería, Hidrocarburo y Electricidad. Lima, Peru: Printed. Retrieved from <http://www.ecologiahoy.com/estandares-de-calidadambiental>
- ATDR Juliaca (2007). Evaluación de los recursos hídricos en las cuencas de los ríos Cabanillas y Lampa, Administración Técnica del Distrito de Riego Juliaca.
- ATSDR, (1999). Toxicological Profile for Lead. Washington, DC: U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 1600 Clifton Road NE Mailstop F-32 Atlanta, Georgia 30333.
- Badillo, G. J. (1985). Curso básico de toxicología ambiental. p. 205-29. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Metepec; ECO; 1985. Tab.
- Bautista, Z. F. (1999). Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales. Vol.1. UADY.
- Cabrera Rodríguez, A. (2012). TESIS: Metales Pesados En Sedimentos Del Río Santiago Y Tanque Tenorio Y Su Efecto En El Crecimiento De Frijol Y Maíz. Universidad Autónoma De San Luis Potosí - BOLIVIA: Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.
- Campos, N. (1990). La contaminación por metales pesados en la Ciénaga Grande de Santa María. *Caribe Colombiano, Caldasia* Vol. 16. 231 - 144 p.
- Canada/OME. (1991). Concentración de metales traza en sedimentos no contaminados.
- CEDEX. (2010). Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. SEDIMENTOLOGIA, Química del sedimento. Sedimento. Centro de

Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX): Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino. Madrid, España.

Cervantes y Moreno (2010). Contaminación ambiental por metales pesados impacto en los seres vivos. AGT, Editor, S.A. México.

Chambi, L. J., Orsag, V., & Niura, A. (2012). Evaluación de la Presencia de metales pesados y arsénico en suelos agrícolas y cultivos en tres micro-cuenca del Municipio de Poopo. Pág. 2-3. Retrieved from [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602012000100012&script=sci\\_arttext](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602012000100012&script=sci_arttext)

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.

Chiang, A. (1989). Niveles de los metales pesados en los organismos, agua y sedimentos marinos, recolectados en la V Región de Chile. Memorias del Simposio Internacional sobre los recursos vivos, Santiago. Serie CPPS: 205 - 215 pp.

Clevers y Kooistra, (2003). Assessment of heavy metal contamination in river floodplain by using the red-edge index. Centre Geo-information (CGI), Wageningen.

Cornejo, D. A., y Pacheco, M. E. (2014). Contaminación De Aguas Y Sedimentos Por As, Pb y Hg De La Cuenca Del Rio Ramis, Puno. Puno - Perú: Instituto de Investigación de la Escuela de Posgrado-Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú.

DAR-GRP. (2012). Diagnóstico Ambiental Regional (DAR) De Puno. Gobierno Regional de Puno - Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente: C&A ECOEFICIENCIA SRL; pagina 93 - 97.

Díaz y García, (2003). Avances en toxicología de contaminantes químicos en alimentos. Segunda edición. Impreso y Editado por el programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) y la Universidad de la Frontera.

El Peruano, (2008). Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Normas Legales, pp. 1-6.

EPA, A.C. (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Díaz de Santos, Madrid.

Gonzales, A. (2004). Granulometría, sedimentación, composición y contenido total de metales pesados en los sedimentos del rio Cobre, de Santiago de Cuba. Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Química, Universidad de Oriente.

González, T. C. (2011). Monitoreo de la calidad del agua: El pH.

- Granada, N., y Escobar, D. (2012). Análisis y cuantificación de metales pesados (Pb, Cd, Ni y Hg) en agua, sedimentos y bioacumulación en la especie *Rhandia wagne* (barbudo) del Río Cauca en el Municipio de la Virginia. Trabajo de grado para optar al título de químico industrial. Pereira, Colombia.
- 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.
- Jimenez Verdesoto, D. B. (2012). TESIS: Cuantificación de Metales Pesados (Cadmio, Cromo, Níquel Y Plomo) en Agua Superficial, Sedimentos y Organismos (*Crassostrea Columbiensis*) Ostion de Mangle en el Puente Portete del Estero Salado (Guayaquil). Universidad De Guayaquil - Facultad De Ciencias Naturales - Guayaquil - Ecuador.
- Jimenez, D. (2012). Cuantificación de metales pesados (cadmio, cromo, níquel y plomo) en agua superficial, sedimentos y organismos (*crassostrea columbiensis*) ostión de mangle en el Puente Portete del Estero Salado (Guayaquil)". Tesis previa a la obtención del título de Biólogo. Guayaquil, Ecuador.
- Juárez, S. H. (2006). Contaminación del Río Rímac por Metales Pesados y efecto en la Agricultura en el cono Este de Lima, Lima - Perú: Tesis Maestría, UNALM. 35-75p.
- Jumbo, F. D. (2015). Tesis: "Metales Pesados en Sedimentos Riverinos de Cuencas Hidrográficas Impactadas por Minería en la Región Sur del Ecuador". Cuencas de los ríos Puyango y Zamora - Loja - Ecuador.
- Kabata-Pendias, (2000). Trace Elements in Soils and Plants. 3ra ed., CRC Press.
- Liu, Z. W., Correll, D., y Jordan, T. (2001). Effects of land cover and geology on stream chemistry in watersheds of Chesapeake Bay. Journal of the American Water Resources Association. Paper 00015.
- Machaca, H. E. (2013). Determinación de metales pesados en la laguna Choquene, Quilcapunco - Putina - Puno. Rev. Investig. Altoandina, Vol 15 Nro 2: 213 - 224.
- Márquez, A., García, O., Senior, W., Martínez, G., González, A., & Fermín., I. (2012). Metales pesados en sedimentos superficiales del Río Orinoco. Venezuela: Boletín Instituto Oceanográfico de Venezuela, 51 (1): 3-18.
- MINAM. (2013). Ministerio del Ambiente: aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo. Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM - Peru.
- Norberg F. 2009. Historical perspective on cadmium toxicology. Toxicol Appl Pharmacol. 238(3):192-200.
- O'Reilly, C., y Gordon., A. (1995). Survival strategies of poor woman in Urban Africa. The case of Zambia: NRI Socio economic Series 10 p.

- OEFA, (2014). Fiscalización Ambiental en Agua Residuales (Primera Edición ed.). (B. V. Franco, Ed.) Av. Arequipa 4558 Miraflores - Lima, Perú: Hecho en el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú No 2014-05991. Retrieved from [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827).
- Osorio, S. L., Tovar, T. A., Fortoul, v. d., y Palacios, L. A. (1997). Introducción a la toxicología ambiental. Capítulo 13 p. 211-26. Metepec; ECO.
- Pansu y Gautheytou, (2006). Handbook of Soil Analysis. Springer. Berlín. 432-689.
- Paredes, Q. E. (2013). Concentración de Plomo y Cadmio en la Cuenca Media del Río Moche-La Libertad, 2013. La Libertad - Trujillo: Tesis de grado en la Universidad Nacional de Trujillo.
- Pérez (2012). Los efectos del Cadmio en la Salud. Revista de Especialidad de Medicina Quirúrgica.
- Rocha, C. E. (2000). Principios de Espectroscopia. México: Editorial UNCh - pág 123-203.
- Rosas Rodríguez, H. (2001). Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat. Tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Catalunya - Departamento de Ingeniería minera: en <http://hdl.handle.net/10803/6978>.
- Salas, U. F. (2014). Determinación de Metales Pesados en las Aguas del río Ananea Debido a la Actividad Minera Aurífera, Puno. Puno - Perú: Instituto de Investigación de la Escuela de Posgrado-Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú.
- Sotero, V., y Alva., M. (2013). Contenido de metales pesados en agua y sedimento en el bajo Nanay en la Amazonia Peruana. Iquitos: Ciencia amazónica (Iquitos) 3(1): 24-32. 24.
- UACH. (08 de octubre de 2013). Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Obtenido de Estándares primarios y secundarios según EPA: <http://filtrosyequipos.com/breves/estandares.pdf>
- USEPA. (1991). Criterios para evaluar las concentraciones de metales en sedimentos establecidos. Agencia de Protección de Estados Unidos.
- Usero, J. (1997). Contaminación por metales en sedimentos acuáticos. Tecnología del Agua.
- WHO, (1992). International programme of Chemical Safety (IPCS). Genova: Methylmercury. The International Labour Organization and the World Health Organization.

## VIII. ANEXOS

### a. PANEL FOTOGRÁFICO



**Figura 19:** PUNTO N° 1 (PTE. INDEPENDENCIA - JULIACA) EN EL PRIMER MUESTREO.



**Figura 20:** PUNTO N° 1 (PTE. INDEPENDENCIA - JULIACA) EN EL SEGUNDO MUESTREO



**Figura 21:** PUNTO N° 2 (DESEMBOCADURA DEL RÍO TOROCOCHA) PRIMER MUESTREO.



**Figura 22:** PUNTO N° 2 (DESEMBOCADURA DEL RÍO TOROCOCHA) SEGUNDO MUESTREO.



**Figura 23:** PUNTO N° 3 (MAYOESQUINA – CARACOTO) EN EL PRIMER MUESTREO.



**Figura 24:** PUNTO N° 3 (MAYOESQUINA – CARACOTO) EN EL SEGUNDO MUESTREO



**Figura 25:** PUNTO N° 4 (PUENTE GRANDE – COATA) EN EL PRIMER MUESTREO.



**Figura 26:** PUNTO N° 4 (PUENTE GRANDE – COATA) EN EL SEGUNDO MUESTREO.



**Figura 27:** PUNTO N° 5 (DESEMBOCADURA DEL RÍO COATA) EN EL PRIMER MUESTREO.



**Figura 28:** PUNTO N° 5 (DESEMBOCADURA DEL RÍO COATA) EN EL SEGUNDO MUESTREO.

**b. RESULTADOS DEL LABORATORIO DEL PRIMER MUESTREO**



**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: ANA13C17.002604A**



<b>Nombre del Cliente</b>	: RAUL FERNANDO QUISPE YANA
<b>Dirección del Cliente</b>	: Av Juliaca N° 1601
<b>RUC</b>	: NO CORRESPONDE
<b>Condición del Muestreado</b>	: POR EL CLIENTE
<b>Descripción</b>	: Sedimento P1
<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/Kg) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
ANALISIS	RESULTADO
Plata (Ag)	0,500
Aluminio (Al)	6842,300
Arsénico (As)	1,700
Boro (B)	0,500
Bario (Ba)	55,600
Berilio (Be)	0,100
Calcio (Ca)	46,500
Cadmio (Cd)	0,700
Cobalto (Co)	2,700
Cromo (Cr)	4,100
Cobre (Cu)	11,100
Hierro (Fe)	4041,000
Potasio (K)	685,900
Litio (Li)	0,700
Magnesio (Mg)	21,000
Manganeso (Mn)	178,300
Molibdeno (Mo)	0,000
Sodio (Na)	103,600
Niquel (Ni)	4,700
Fosforo (P)	166,000
Plomo (Pb)	16,500
Antimonio (Sb)	0,000
Selenio (Se)	0,000
Silicio (Si)	46555,000





**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 📄 Apto. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA13C17.002604A**

<b>Nombre del Cliente</b>	: RAUL FERNANDO QUISPE YANA
<b>Dirección del Cliente</b>	: Av Juliaca N° 1601
<b>RUC</b>	: NO CORRESPONDE
<b>Condición del Muestreado</b>	: POR EL CLIENTE
<b>Descripción</b>	: Sedimento P1
<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)	0,000
Estroncio (Sr)	2,700
Titanio (Ti)	404,400
Talio (Tl)	0,000
Vanadio (V)	12,100
Zinc (Zn)	95,800
Mercurio (Hg)	0,3000

**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 Ramfrez  
 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 📄 Apto. 1350



**AREQUIPA - PERU**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA13C17.002604B**

<b>Nombre del Cliente</b>	: RAUL FERNANDO QUISPE YANA
<b>Dirección del Cliente</b>	: Av Juliaca N° 1601
<b>RUC</b>	: NO CORRESPONDE
<b>Condición del Muestreado</b>	: POR EL CLIENTE
<b>Descripción</b>	: Sedimento P2
<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/kg)	
Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
ANALISIS	RESULTADO
Plata (Ag)	0,500
Aluminio (Al)	11369,300
Arsénico (As)	2,400
Boro (B)	1,200
Bario (Ba)	63,300
Berilio (Be)	0,100
Calcio (Ca)	41,800
Cadmio (Cd)	0,600
Cobalto (Co)	4,400
Cromo (Cr)	8,600
Cobre (Cu)	14,200
Hierro (Fe)	6823,000
Potasio (K)	1340,800
Litio (Li)	1,200
Magnesio (Mg)	4,900
Manganeso (Mn)	251,900
Molibdeno (Mo)	0,000
Sodio (Na)	342,400
Niquel (Ni)	6,800
Fosforo (P)	308,500
Plomo (Pb)	16,000
Antimonio (Sb)	0,000
Selenio (Se)	0,000
Silicio (Si)	43545,000





**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: ANA13C17.002604B**



<b>Nombre del Cliente</b>	: RAUL FERNANDO QUISPE YANA
<b>Dirección del Cliente</b>	: Av Juliaca N° 1601
<b>RUC</b>	: NO CORRESPONDE
<b>Condición del Muestreado</b>	: POR EL CLIENTE
<b>Descripción</b>	: Sedimento P2
<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)	0,000
Estroncio (Sr)	3,100
Titanio (Ti)	806,300
Talio (Tl)	0,000
Vanadio (V)	21,600
Zinc (Zn)	101,600
Mercurio (Hg)	0,250

**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 📄 Apto. 1350

AREQUIPA - PERU

**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA13C17.002604C**



<b>Nombre del Cliente</b>	: RAUL FERNANDO QUISPE YANA
<b>Dirección del Cliente</b>	: Av Juliaca Nº 1601
<b>RUC</b>	: NO CORRESPONDE
<b>Condición del Muestreado</b>	: POR EL CLIENTE
<b>Descripción</b>	: Sedimento P3
<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/Kg)	
Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
ANALISIS	RESULTADO
Plata (Ag)	0,400
Aluminio (Al)	9687,300
Arsénico (As)	2,300
Boro (B)	2,500
Bario (Ba)	58,800
Berilio (Be)	0,100
Calcio (Ca)	45,800
Cadmio (Cd)	0,500
Cobalto (Co)	3,600
Cromo (Cr)	7,400
Cobre (Cu)	11,600
Hierro (Fe)	5631,000
Potasio (K)	1185,800
Litio (Li)	0,400
Magnesio (Mg)	9,300
Manganeso (Mn)	207,000
Molibdeno (Mo)	0,000
Sodio (Na)	333,200
Niquel (Ni)	5,700
Fosforo (P)	236,800
Plomo (Pb)	14,200
Antimonio (Sb)	0,000
Selenio (Se)	0,000
Silicio (Si)	36825,000





**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 📄 Apto. 1350

AREQUIPA - PERU

**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA13C17.002604C**



<b>Nombre del Cliente</b>	: RAUL FERNANDO QUISPE YANA
<b>Dirección del Cliente</b>	: Av Juliaca N° 1601
<b>RUC</b>	: NO CORRESPONDE
<b>Condición del Muestreo</b>	: POR EL CLIENTE
<b>Descripción</b>	: Sedimento P3
<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)	0,000
Estroncio (Sr)	3,800
Titanio (Ti)	661,600
Talio (TI)	0,000
Vanadio (V)	17,400
Zinc (Zn)	86,500
Mercurio (Hg)	0,261

**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**  
 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: ANA13C17.002604D**

<b>Nombre del Cliente</b>	: RAUL FERNANDO QUISPE YANA
<b>Dirección del Cliente</b>	: Av Juliaca N° 1601
<b>RUC</b>	: NO CORRESPONDE
<b>Condición del Muestreado</b>	: POR EL CLIENTE
<b>Descripción</b>	: Sedimento P4
<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/Kg)  
Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO
Plata (Ag)	0,400
Aluminio (Al)	13759,300
Arsénico (As)	0,900
Boro (B)	0,000
Bario (Ba)	53,500
Berilio (Be)	0,000
Calcio (Ca)	47,900
Cadmio (Cd)	0,100
Cobalto (Co)	4,800
Cromo (Cr)	14,800
Cobre (Cu)	9,200
Hierro (Fe)	7516,000
Potasio (K)	1972,800
Litio (Li)	0,000
Magnesio (Mg)	4,100
Manganeso (Mn)	191,300
Molibdeno (Mo)	0,000
Sodio (Na)	805,800
Niquel (Ni)	5,400
Fosforo (P)	321,800
Plomo (Pb)	5,700
Antimonio (Sb)	0,000
Selenio (Se)	0,000
Silicio (Si)	55185,000





**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 📠 Apto. 1350

AREQUIPA - PERU

**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA13C17.002604D**



<b>Nombre del Cliente</b>	: RAUL FERNANDO QUISPE YANA
<b>Dirección del Cliente</b>	: Av Juliaca N° 1601
<b>RUC</b>	: NO CORRESPONDE
<b>Condición del Muestreado</b>	: POR EL CLIENTE
<b>Descripción</b>	: Sedimento P4
<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)	0,000
Estroncio (Sr)	4,300
Titanio (Ti)	1111,100
Talio (Tl)	0,000
Vanadio (V)	28,000
Zinc (Zn)	80,800
Mercurio (Hg)	0,004

**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. Abtil Ramírez  
 QQFDA 00824  
 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 📄 Apto. 1350  
AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA13C17.002604E**

<b>Nombre del Cliente</b>	: RAUL FERNANDO QUISPE YANA
<b>Dirección del Cliente</b>	: Av Juliaca N° 1601
<b>RUC</b>	: NO CORRESPONDE
<b>Condición del Muestreado</b>	: POR EL CLIENTE
<b>Descripción</b>	: Sedimento P5
<b>Tamaño de muestra</b>	: 500 g
<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/Kg)	
Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
ANALISIS	RESULTADO
Plata (Ag)	0,400
Aluminio (Al)	12219,300
Arsénico (As)	0,800
Boro (B)	0,000
Bario (Ba)	53,600
Berilio (Be)	0,100
Calcio (Ca)	39,400
Cadmio (Cd)	0,200
Cobalto (Co)	3,800
Cromo (Cr)	8,100
Cobre (Cu)	10,600
Hierro (Fe)	5930,000
Potasio (K)	1723,800
Litio (Li)	0,000
Magnesio (Mg)	4,200
Manganeso (Mn)	198,200
Molibdeno (Mo)	0,000
Sodio (Na)	578,600
Niquel (Ni)	4,500
Fosforo (P)	276,800
Plomo (Pb)	8,300
Antimonio (Sb)	0,000
Selenio (Se)	0,000
Silicio (Si)	47895,000





**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 📄 Apto. 1350



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA13C17.002604E**

**Nombre del Cliente** : RAUL FERNANDO QUISPE YANA  
**Dirección del Cliente** : Av Juliaca N° 1601  
**RUC** : NO CORRESPONDE  
**Condición del Muestreado** : POR EL CLIENTE  
**Descripción** : Sedimento P5  
**Tamaño de muestra** : 500 g  
**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)	0,000
Estroncio (Sr)	3,900
Titanio (Ti)	785,700
Talio (Tl)	0,000
Vanadio (V)	19,700
Zinc (Zn)	89,900
Mercurio (Hg)	0,011

**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



**c. RESULTADOS DEL LABORATORIO DEL SEGUNDO MUESTREO**



**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 📄 Apto. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA12F17.002758A**

<b>Nombre del Cliente</b>	: Raúl Fernando Quispe Yana
<b>Dirección del Cliente</b>	: Av Juliaca N° 1601 Juliaca
<b>RUC</b>	: No corresponde
<b>Condición del Muestreado</b>	: Por el cliente
<b>Descripción</b>	: Sedimento superficial P1
<b>Tamaño de muestra</b>	: 500 g
<b>Fecha de Recepción</b>	: 12/06/2017
<b>Fecha de Inicio del Ensayo</b>	: 12/06/2017
<b>Fecha de Emisión de Informe</b>	: 14/06/2017
<b>Página</b>	: 1 de 2

**I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/kg) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
ANALISIS	RESULTADO
Plata (Ag)	0,250
Aluminio (Al)	8498,167
Arsénico (As)	9,167
Boro (B)	1,000
Bario (Ba)	18,500
Berilio (Be)	0,083
Calcio (Ca)	0,000
Cadmio (Cd)	0,333
Cobalto (Co)	4,917
Cromo (Cr)	13,333
Cobre (Cu)	14,167
Hierro (Fe)	8290,500
Potasio (K)	3210,917
Litio (Li)	2,083
Magnesio (Mg)	0,000
Manganeso (Mn)	318,500
Molibdeno (Mo)	0,000
Sodio (Na)	1143,583
Niquel (Ni)	6,667
Fosforo (P)	284,833
Plomo (Pb)	7,500
Antimonio (Sb)	0,000
Selenio (Se)	0,000
Silicio (Si)	1905,000
Estaño (Sn)	0,000
Estroncio (Sr)	17,167
Titanio (Ti)	1099,500





**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: ANA12F17.002758A**

<b>Nombre del Cliente</b>	: Raúl Fernando Quispe Yana
<b>Dirección del Cliente</b>	: Av Juliaca N° 1601 Juliaca
<b>RUC</b>	: No corresponde
<b>Condición del Muestreado</b>	: Por el cliente
<b>Descripción</b>	: Sedimento superficial P1
<b>Tamaño de muestra</b>	: 500 g
<b>Fecha de Recepción</b>	: 12/06/2017
<b>Fecha de Inicio del Ensayo</b>	: 12/06/2017
<b>Fecha de Emisión de Informe</b>	: 14/06/2017
<b>Página</b>	: 2 de 2

Talio (Tl)	0,000
Vanadio (V)	27,917
Zinc (Zn)	98,667

**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

  
 D.F. Ricardo A. Abriú 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 📄 Apto. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA12F17.002758B**

<b>Nombre del Cliente</b>	: Raúl Fernando Quispe Yana
<b>Dirección del Cliente</b>	: Av Juliaca N° 1601 Juliaca
<b>RUC</b>	: No corresponde
<b>Condición del Muestreado</b>	: Por el cliente
<b>Descripción</b>	: Sedimento superficial P2
<b>Tamaño de muestra</b>	: 500 g
<b>Fecha de Recepción</b>	: 12/06/2017
<b>Fecha de Inicio del Ensayo</b>	: 12/06/2017
<b>Fecha de Emisión de Informe</b>	: 14/06/2017
<b>Página</b>	: 1 de 2

**I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/Kg)	
Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
ANALISIS	RESULTADO
Plata (Ag)	0,333
Aluminio (Al)	6613,167
Arsénico (As)	3,500
Boro (B)	2,833
Bario (Ba)	48,750
Berilio (Be)	0,083
Calcio (Ca)	68,083
Cadmio (Cd)	0,167
Cobalto (Co)	3,083
Cromo (Cr)	7,250
Cobre (Cu)	12,333
Hierro (Fe)	5123,000
Potasio (K)	3604,250
Litio (Li)	3,750
Magnesio (Mg)	25,250
Manganeso (Mn)	115,417
Molibdeno (Mo)	0,000
Sodio (Na)	1876,917
Niquel (Ni)	4,583
Fosforo (P)	279,500
Plomo (Pb)	3,750
Antimonio (Sb)	0,083
Selenio (Se)	0,000
Silicio (Si)	2623,750
Estaño (Sn)	0,000
Estroncio (Sr)	15,333
Titanio (Ti)	624,917





**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 📄 Apto. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA12F17.002758B**

<b>Nombre del Cliente</b>	: Raúl Fernando Quispe Yana
<b>Dirección del Cliente</b>	: Av Juliaca N° 1601 Juliaca
<b>RUC</b>	: No corresponde
<b>Condición del Muestreado</b>	: Por el cliente
<b>Descripción</b>	: Sedimento superficial P2
<b>Tamaño de muestra</b>	: 500 g
<b>Fecha de Recepción</b>	: 12/06/2017
<b>Fecha de Inicio del Ensayo</b>	: 12/06/2017
<b>Fecha de Emisión de Informe</b>	: 14/06/2017
<b>Página</b>	: 2 de 2

Talio (TI)	0,000
Vanadio (V)	15,083
Zinc (Zn)	59,417

**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

*[Firma]*  
 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: ANA12F17.002758BC**

<b>Nombre del Cliente</b>	: Raúl Fernando Quispe Yana
<b>Dirección del Cliente</b>	: Av Juliaca Nº 1601 Juliaca
<b>RUC</b>	: No corresponde
<b>Condición del Muestreado</b>	: Por el cliente
<b>Descripción</b>	: Sedimento superficial P3
<b>Tamaño de muestra</b>	: 500 g
<b>Fecha de Recepción</b>	: 12/06/2017
<b>Fecha de Inicio del Ensayo</b>	: 12/06/2017
<b>Fecha de Emisión de Informe</b>	: 14/06/2017
<b>Página</b>	: 1 de 2

**I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/kg) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
ANALISIS	RESULTADO
Plata (Ag)	0,500
Aluminio (Al)	16106,500
Arsénico (As)	9,417
Boro (B)	3,167
Bario (Ba)	12,667
Berilio (Be)	0,167
Calcio (Ca)	68,083
Cadmio (Cd)	0,250
Cobalto (Co)	7,917
Cromo (Cr)	27,000
Cobre (Cu)	14,917
Hierro (Fe)	10367,167
Potasio (K)	4334,250
Litio (Li)	0,833
Magnesio (Mg)	15,750
Manganeso (Mn)	364,417
Molibdeno (Mo)	0,000
Sodio (Na)	1894,417
Niquel (Ni)	9,750
Fosforo (P)	442,333
Plomo (Pb)	5,500
Antimonio (Sb)	0,000
Selenio (Se)	0,000
Silicio (Si)	3557,500
Estaño (Sn)	0,000
Estroncio (Sr)	25,167
Titanio (Ti)	1295,333





**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 📄 Apto. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA12F17.002758BC**

**Nombre del Cliente** : Raúl Fernando Quispe Yana  
**Dirección del Cliente** : Av Juliaca N° 1601 Juliaca  
**RUC** : No corresponde  
**Condición del Muestreado** : Por el cliente  
**Descripción** : Sedimento superficial P3  
**Tamaño de muestra** : 500 g  
**Fecha de Recepción** : 12/06/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 12/06/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 14/06/2017  
**Página** : 2 de 2

Talio (Tl)	0,000
Vanadio (V)	51,500
Zinc (Zn)	146,417

**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**  
**Nº DE INFORME: ANA12F17.002758D**

<b>Nombre del Cliente</b>	: Raúl Fernando Quispe Yana
<b>Dirección del Cliente</b>	: Av Juliaca N° 1601 Juliaca
<b>RUC</b>	: No corresponde
<b>Condición del Muestreado</b>	: Por el cliente
<b>Descripción</b>	: Sedimento superficial P4
<b>Tamaño de muestra</b>	: 500 g
<b>Fecha de Recepción</b>	: 12/06/2017
<b>Fecha de Inicio del Ensayo</b>	: 12/06/2017
<b>Fecha de Emisión de Informe</b>	: 14/06/2017
<b>Página</b>	: 1 de 2

**I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/kg) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
ANALISIS	RESULTADO
Plata (Ag)	0,500
Aluminio (Al)	20431,500
Arsénico (As)	14,917
Boro (B)	3,500
Bario (Ba)	20,500
Berilio (Be)	0,417
Calcio (Ca)	51,500
Cadmio (Cd)	0,000
Cobalto (Co)	7,583
Cromo (Cr)	16,500
Cobre (Cu)	13,750
Hierro (Fe)	10818,000
Potasio (K)	3575,917
Litio (Li)	0,583
Magnesio (Mg)	3,083
Manganeso (Mn)	361,750
Molibdeno (Mo)	0,000
Sodio (Na)	1311,083
Niquel (Ni)	9,417
Fosforo (P)	527,500
Plomo (Pb)	10,833
Antimonio (Sb)	0,167
Selenio (Se)	0,000
Silicio (Si)	4315,000
Estaño (Sn)	0,000
Estroncio (Sr)	18,333
Titanio (Ti)	1544,500





**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 📄 Apto. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA12F17.002758D**

<b>Nombre del Cliente</b>	: Raúl Fernando Quispe Yana
<b>Dirección del Cliente</b>	: Av Juliaca N° 1601 Juliaca
<b>RUC</b>	: No corresponde
<b>Condición del Muestreado</b>	: Por el cliente
<b>Descripción</b>	: Sedimento superficial P4
<b>Tamaño de muestra</b>	: 500 g
<b>Fecha de Recepción</b>	: 12/06/2017
<b>Fecha de Inicio del Ensayo</b>	: 12/06/2017
<b>Fecha de Emisión de Informe</b>	: 14/06/2017
<b>Página</b>	: 2 de 2

Talio (Tl)	0,000
Vanadio (V)	40,583
Zinc (Zn)	137,250

**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**  
**Nº DE INFORME: ANA12F17.002758E**

<b>Nombre del Cliente</b>	: Raúl Fernando Quispe Yana
<b>Dirección del Cliente</b>	: Av Juliaca Nº 1601 Juliaca
<b>RUC</b>	: No corresponde
<b>Condición del Muestreado</b>	: Por el cliente
<b>Descripción</b>	: Sedimento superficial P5
<b>Tamaño de muestra</b>	: 500 g
<b>Fecha de Recepción</b>	: 12/06/2017
<b>Fecha de Inicio del Ensayo</b>	: 12/06/2017
<b>Fecha de Emisión de Informe</b>	: 14/06/2017
<b>Página</b>	: 1 de 2

**I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/kg) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
ANALISIS	RESULTADO
Plata (Ag)	0,583
Aluminio (Al)	16314,833
Arsénico (As)	7,083
Boro (B)	3,167
Bario (Ba)	12,583
Berilio (Be)	0,167
Calcio (Ca)	81,833
Cadmio (Cd)	0,083
Cobalto (Co)	8,000
Cromo (Cr)	28,417
Cobre (Cu)	17,250
Hierro (Fe)	10403,833
Potasio (K)	4048,417
Litio (Li)	1,000
Magnesio (Mg)	15,500
Manganeso (Mn)	326,250
Molibdeno (Mo)	0,000
Sodio (Na)	1691,917
Niquel (Ni)	10,833
Fosforo (P)	514,917
Plomo (Pb)	4,583
Antimonio (Sb)	0,000
Selenio (Se)	0,000
Silicio (Si)	3126,667
Estaño (Sn)	0,000
Estroncio (Sr)	24,500
Titanio (Ti)	1387,000





**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 📄 Apto. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA12F17.002758E**

**Nombre del Cliente** : Raúl Fernando Quispe Yana  
**Dirección del Cliente** : Av Juliaca Nº 1601 Juliaca  
**RUC** : No corresponde  
**Condición del Muestreado** : Por el cliente  
**Descripción** : Sedimento superficial P5  
**Tamaño de muestra** : 500 g  
**Fecha de Recepción** : 12/06/2017  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 12/06/2017  
**Fecha de Emisión de Informe** : 14/06/2017  
**Página** : 2 de 2

Talio (Tl)	0,000
Vanadio (V)	49,750
Zinc (Zn)	128,167

**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  
 CQFDA00624  
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



**d. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO**

**Tabla 13: FICHA DE MUESTREO.**

<b>FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DEL PROYECTO DE TESIS</b>			
<b>CODIGO DE MUESTRA</b>		P-01	
<b>FECHA Y HORA DE MUESTREO</b>			
<b>Fecha:</b>			1er muestreo
<b>Hora</b>			2do muestreo
<b>DESCRIPCION DE LUGAR</b>			
<b>País</b>	Perú		
<b>Departamento</b>	Puno		
<b>Provincia</b>	Puno y San Román		
<b>Distrito</b>	Juliaca, Caracoto y Coata		
<b>Nombre del lugar</b>			
<b>Referencias del lugar</b>			
<b>NOMBRE DEL RECOLECTOR DE LA MUESTRA</b>			
<b>Nombre:</b>	RAUL Fernando		
<b>Apellidos:</b>	Quispe Yana		
<b>ASESORES EN LA RECOLECCION DE DATOS</b>			
<b>1</b>	<b>Nombre:</b>	German	
	<b>Apellidos:</b>	Belizario Quispe	
<b>2</b>	<b>Nombre:</b>	Dalmiro	
	<b>Apellidos:</b>	Cornejo Olarte	
<b>DATOS A MEDIR EN CAMPO MISMO:</b>			
<b>Temperatura</b>			
<b>conductividad</b>			
<b>pH</b>			