



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CROMO, CADMIO
Y PLOMO EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES EN EL RIO
APURÍMAC DE LA PROVINCIA DE CAYLLOMA –AREQUIPA**
TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. MARGOTH DAYSEE, CALSIN CHOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

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

A mi Esposo Omar pilco Chavez e Hija Leilany Pilco Calsin que siempre me demuestran su apoyo, compañía incondicional por motivarme y darme la mano. a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Margoth Daysee



AGRADECIMIENTO

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

A la Universidad del Altiplano – UNAP, en especial a la Facultad de Biología por permitirme alcanzar el objetivo de mi formación profesional, por darme la oportunidad de una educación superior, y a su plana docente por haberme acogido en mis estudios de pre grado.

A la Mg. Vallenas Gaona, María Isabel, por su apoyo, orientación y paciencia durante el asesoramiento y culminación de la tesis de pre grado.

A la Mg. Aparicio Saavedra Martha Elizabeth, por su apoyo, orientación y paciencia durante el asesoramiento de la tesis de pre grado.

A la Ing. Ramos Calcina Alcides, por su orientación en la tarea de investigación y por su apoyo incondicional.

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

Margoth Daysee



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 9

ABSTRACT 10

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO GENERAL 13

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 13

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 14

2.2. MARCO TEÓRICO:..... 20

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO 46

3.2. MATERIALES: 51

3.3. METODOLOGÍA..... 53

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**4.1. DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES
PESADOS 62**

**4.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS Y VULNERABLES A
LA CONTAMINACIÓN..... 72**

V. CONCLUSIONES..... 79



VI. RECOMENDACIONES	80
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS	90

Área: Ciencias Biomédicas

Línea: Calidad Ambiental

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 31 de julio del 2020



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica.....	40
Figura 2: Plano de ubicación de los puntos de muestreo.....	50
Figura 3: Análisis de Variación “ANVA”.....	60
Figura 4: Niveles de Plomo (Pb) en los sedimentos superficiales del río Apurímac por punto de muestreo, de la provincia Caylloma.....	64
Figura 5: Niveles de Cromo (Cr) en los sedimentos superficiales del río Apurímac por punto de muestreo, de la provincia de Caylloma.....	66
Figura 6: Niveles de Cadmio (Cd) en los sedimentos superficiales del río Apurímac por punto de muestreo, de la provincia de Caylloma.....	67
Figura 7: Presencia y concentración de Plomo en la cuenca.....	68
Figura 8: Promedio de presencia de Cromo (Cr) en la cuenca.....	70
Figura 9: Presencia y concentración de Cadmio en la cuenca.....	71
Figura 10: comportamiento de la Ph.....	74
Figura 11: comportamiento de la conductividad.....	75



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valor de pH.....	26
Tabla 2: Los efectos de los metales sobre la salud.....	37
Tabla 3: Límites permisibles para metales en sedimentos establecidos por la norma canadiense.....	40
Tabla 4: Puntos de muestreo, lugar y localización en coordenadas UTM.....	49
Tabla 5: Ubicación y codificación de los puntos en estudio.....	53
Tabla 6: ” Concentración de metales pesados, según Canadá/OME"	62
Tabla 7: Resultados de laboratorio	63
Tabla 8: Estadísticos descriptivos de la presencia de Cadmio, Cromo, y Plomo en los sedimentos superficiales del río Apurímac.....	64
Tabla 9: Estadísticos descriptivos de los niveles de pH y conductividad en los sedimentos superficiales del río Apurímac	73
Tabla 10: Análisis de varianza (ANVA) de la presencia de Plomo (Pb), Cromo (Cr) y Cadmio (Cd).....	77
Tabla 11: Prueba de comparaciones múltiples de Duncan.....	78



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

$\mu\text{S/cm}$: Micro siems por centímetro

ANA: Autoridad Nacional del Agua.

CND: Conductividad eléctrica.

Cu.: Cromo.

ECA: Estándares de Calidad Ambiental.

ISQG: Interim Freshwater Sediment Quality Guidelines.

LMP.: Límites máximos permisibles.

Mg/km: Miligramos por kilogramos.

MINA: Ministerio del ambiente.

Pb.: Plomo

PEL: Provisional effect level (nivel de efecto provisional)

pH: Potencial de hidrogeno

UTM: Universal terminator marcator

SQGs: Soil Quality Guideline studies (Estudios de calidad de sedimentos)



RESUMEN

El distrito de Caylloma se encuentra en la provincia de Caylloma de la Región de Arequipa a una altitud de 4320 msnm. La contaminación por la actividad antropogénica (minera) ha sido uno de los problemas fundamentales en el marco ambiental, principalmente en los cuerpos de agua, los metales pesados muchas veces se encuentran en depósitos de sedimentos como contaminantes de las aguas, resultando importante a evaluar la concentración de metales pesados. El objetivo del presente trabajo fue Evaluar la presencia y el grado de contaminación de las concentraciones de cadmio, cromo, y plomo en los sedimentos superficiales en el río Apurímac del distrito de Caylloma – Arequipa. Se seleccionaron cuatro puntos de muestreo (Puente Chuncho, Tica Tica, Hacienda Holleria y Leon Pampa), las concentraciones, realizado en el mes de Enero, Febrero y Marzo con el tipo de investigación cuantitativa, el método de análisis fue por espectrometría de absorción atómica. Las concentraciones de Plomo fueron: Puente Chuncho 2.000 mg/kg, Tica tica 2.278 mg/kg, Hacienda Holleria 0.833 mg/kg y Leon Pampa 1.500 mg/kg y Cromo(Cr) fueron: Puente Chuncho 1.622 mg/kg , Tica tica 3.006 mg/kg , Hacienda Holleria 2.478 mg/kg y Leon Pampa 1.194 mg/kg. Las cuales se encuentran por debajo de los estándares Sediment Quality Guidelines (SQG - Líneas guía sobre la Calidad de los Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática) y para Cadmio (Cd) fueron: Puente chuncho 3.561 mg/kg, Tica tica 4.094 mg/kg, Hacienda holleria 4.204 mg/kg y Leon pampa 5.183 mg/kg encontrándose por encima de los estándares Sediment Quality Guidelines. Concluyendo que existe la presencia de metales pesados específicamente Plomo, Cromo y Cadmio en los sedimentos del río Apurímac a lo largo de los cuatro puntos de evaluación. Afirmando que la cuenca está contaminada por Cadmio.

Palabras Clave: Contaminación, Efectos biológicos, metales pesados, sedimentos superficiales.



ABSTRACT

The district of Caylloma is located in the province of Caylloma of the Region of Arequipa at an altitude of 4320 meters above sea level. The contamination by the anthropogenic activity (mining) has been one of the fundamental problems in the environmental frame, mainly in the bodies of water, the heavy metals often are in deposits of sediments like polluting of the waters, turning out to be important to evaluate the concentration of the heavy metals. The objective of the present work was to evaluate the presence and degree of contamination of cadmium, chrome, and lead concentrations in surface sediments in the Apurimac River in the district of Caylloma - Arequipa. Four sampling points were selected (Puente Chuncho, Tica Tica, Hacienda Holleria and Leon Pampa), the concentrations, carried out in January, February and March with the type of quantitative investigation, the method of analysis was by atomic absorption spectrometry. Lead concentrations were: Puente Chuncho 2.000 mg/kg, Tica tica 2.278 mg/kg, Hacienda Holleria 0.833 mg/kg and Leon Pampa 1.500 mg/kg and Chromium(Cr) were: Puente Chuncho 1.622 mg/kg , Tica tica 3.006 mg/kg , Hacienda Holleria 2.478 mg/kg and Leon Pampa 1.194 mg/kg. Those below the Sediment Quality Guidelines (SQG) and for Cadmium (Cd) were: Puente Chuncho 3,561 mg/kg, Tica tica 4,094 mg/kg, Hacienda Holleria 4,204 mg/kg and Leon Pampa 5,183 mg/kg which are above the Sediment Quality Guidelines (SQG). Concluded that heavy metals specifically Lead, Chrome and Cadmium are present in the Apurimac River sediments throughout the four assessment points. Affirming that the basin is contaminated by Cadmium.

Keywords: Contamination, biological effects, heavy metals, surface sedimen.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Las actividades antropogénicas han generado importantes transformaciones en los ambientes acuáticos durante las últimas décadas. El avance de la civilización humana ha planteado serias dudas sobre el uso seguro del agua de río para el consumo y otros fines (Paul. *et al.* 2017). los metales pesados es el resultado de la precipitación atmosférica directa, del desgaste geológico o de la descarga de residuos agrícolas, domésticos o industriales o mineros (Kumar *et al.* 2019).

La distribución de los metales pesados depende no solo de la proximidad a las fuentes de emisión, también a los medios que logran transportar. Incluso cuando las emisiones son aerotransportadas, los contaminantes terminan en el suelo. Dado que el suelo tiene varios constituyentes que interactúan con los cationes, éstos se encuentran en diferentes fracciones, en formas móviles o inmovilizadas (Vareda *et al.*, 2019).

La industria minera está estrechamente vinculada con el desarrollo económico, lo que conduce a impactos positivos y negativos. Las minas abandonadas contribuyen a un legado negativo de degradación ambiental del pasado antes de que se desarrollaran rigurosas regulaciones para el cierre de la mina. Además las actividades mineras llevadas a cabo por individuos, grupos, ya sea formalmente o a menudo de manera informal (ilegal), afectan negativamente al medio ambiente y plantean desafíos sociales y financieros que socavan gravemente el desarrollo sostenible de la nación (Otamonga and Poté, 2019). Por lo tanto, el tratamiento inadecuado de estos residuos para recuperar o eliminar los metales pesados entrará sub-secuencialmente en los cuerpos de los ríos, que luego pueden ser objeto de migraciones. y procesos de transformación, incluyendo la adsorción, desorción, precipitación y absorción biológica, en cuerpos de agua, sedimentos y organismos.(Zhu *et al.*, 2019).



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 tóxico, su presencia en el ambiente se debe principalmente a las actividades antropogénicas como la industria, la minería y la fundición (O'Reilly y Gordon, 1995). Pueden hacer que el agua y los sedimentos del fondo sean inadecuados para la vida acuática, desempeñan un papel en reducción de la abundancia de especies y el agotamiento de la especies nativas, afectan negativamente a los hábitats (Goher *et al.*,2019). la bioacumulación se produce a lo largo de todos los niveles de la cadena alimentaria (siendo particularmente importante para los seres humanos, situados en la parte superior de su cadena alimentaria), causando diferentes enfermedades y envenenamientos, la biomagnificación y la bioacumulación en los organismos vivos y en los cuerpos humanos pueden causar graves complicaciones no deseadas para la salud, como el cáncer y daños en los riñones y el hígado, que pueden provocar la muerte a una exposición muy alta. (Vareda *et al.*,2019).

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 es evaluar la presencia y el grado de contaminación de las concentraciones de cadmio, cromo, y plomo en los sedimentos superficiales del río Apurímac (río principal afluente de la futura represa angostura) en el área de los 4 puntos de muestreo de la provincia, de Caylloma en relación a las directrices de calidad de sedimentos Canadian Environmental Quality Guidelines.



1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la presencia y el grado de contaminación de las concentraciones de cadmio, cromo, y plomo en los sedimentos superficiales en el río Apurímac de la provincia, de Caylloma - Arequipa.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la presencia de Cadmio, Cromo, y Plomo en los sedimentos superficiales del río Apurímac en el área de los 4 puntos de muestreo, de la provincia de Caylloma, según directrices de calidad de sedimentos Canadian Environmental Quality Guidelines
- Identificar el punto crítico y vulnerable a la contaminación según los datos obtenidos entre los puntos en estudio.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

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

Manoj, *et al.* (2018) en su investigación tuvieron el objetivo de evaluar la contaminación por metales en sedimentos de Vembanad humedal, desde la ciudad urbana del sudoeste de la India. Para la metodología se llevó a lo largo de la longitud del sistema de humedales en marzo 2012 con un total de 17 muestras de sedimentos superficiales se recogieron de 2 a 7 m de profundidad utilizando el instrumento de Van-Veen sampler. Los resultados del estudio indican que la presencia de Cd mostró muy alto grado de enriquecimiento en los sedimentos superficiales. Los valores más altos de metales tales como Cd, As, Pb y Zn en la mayoría de los sitios del norte podrían ser resultado de la descarga de efluentes de industrias químicas cercanas y por el mayor uso de fertilizantes, pesticidas, insecticidas, refino de petróleo, procesamiento de metales y actividades urbanas a través de Periyar y río Chithirapuzha y otros canales pequeños. Herrera Núñez, Rodríguez Corales, Coto Campo, Salgado Silva, & Barbón Alpizar (2013) durante su investigación tuvieron el objetivo de evaluar las concentraciones de metales pesados en sedimentos superficiales del río Pirro. La metodología para la recolección de muestras se consideró como criterio la incrementación del caudal



no genere cambios dinámicos fluviales de los cuerpos de agua. El producto del estudio señala que “la aglomeración de metales en el río Pirro son muy elevadas, la gran proporción de las sustancias analizadas en todos los puntos de muestreo se deduce que los sedimentos más abundantes son las inorgánicas”. Concluyendo que la naturaleza poco orgánica de los sedimentos y el pH de agua tienen una gran coincidencia en la movilidad y biodisponibilidad de los metales pesados.

En el artículo de investigación realizado por Pérez Contreras (2004), se tuvo el objetivo de determinar la presencia de metales pesados en aguas y sedimentos del río Haina de República Dominicana y conocer si está dentro de los estándares establecidos por norma de Canadian Environmental Quality Guidelines. La metodología de muestreo fue al azar del río y la época de muestreo fue en épocas de estiaje y lluvias, los análisis realizados fueron por espectrofotometría de adsorción atómica. Los resultados de la investigación indican que en agua solo se encontró presencia de hierro y cobre fuera del estándar nacional y en caso de sedimentos resultó existencia de presencia de cromo, plomo, hierro, níquel y cobre los más altos en su concentración superando los estándares de la norma canadiense.

Jimenez, (2012) tuvo como objetivo de determinar las concentraciones de metales pesados en agua superficial, sedimentos y organismos (*Crassostrea columbiensis*) ostión de Mangle en el Puente Portete del Estero Salado (Guayaquil)”. La metodología de muestra fue de manera aleatoria para agua y sedimentos. Los resultados en valores de sedimentos y ostión mostraron que existe concentraciones altas en cadmio, cromo, níquel y plomo, relegando lo ambiguo del medio existente del ecosistema generado por la actividad antropogénica acelerada ocasionando deterioro en el medio.

López, *et al.*, (2006) en la investigación que realizaron tuvieron el objetivo de determinar el fraccionamiento geoquímico de los metales en sedimentos superficiales de la laguna de Píritu - Venezuela, la metodología de muestreo en sedimentos superficiales fue aplicada la técnica de extracción química selectiva,



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

Bravo, *et al.*, (2012) en su investigación tuvieron el objetivo de determinar el efecto de las actividades antropogénicas de las comunidades aledañas de los metales pesados. La metodología de recolección de muestreo se contó con cinco puntos de muestreo y tres adicionales con el fin de valorar la condición de los sedimentos utilizando la norma establecida por el Ministerio del Ambiente de Ontario, Canadá”. Concluyendo a través de los resultados que las comunidades aledañas ejercen impactos negativos respecto a la calidad de los sedimentos, el efecto de contaminación generado por tales actividades se clasificó como efecto menor.

2.1.2. Antecedentes nacionales:

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 rivereños como consecuencia de las actividades mineras que se desarrollan en la cuenca Amazónica. Igualmente, los estudios realizados en 5 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.

El estudio que realizan Huaranga, *et al.*, (2011) en la investigación tuvieron el objetivo de determinar las concentraciones de metales pesados en sedimentos procedentes de actividades mineras en Cuenca del río Jequetepeque. En su



metodología para la recolección de muestras recomienda que sean puntos para los que se conozcan información de datos históricos de calidad del agua; en primer lugar, se desarrolló el estudio de distribución de metales entre sedimentos, además se evaluó la capacidad de extraer metales pesados en sedimentos a diferentes valores de pH con el ácido nítrico.

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

2.1.3. Antecedentes locales

Incahuanaco, (2018). En su estudio se seleccionaron trece estaciones mediante el muestreo por conveniencia no probabilístico, realizado en el mes de octubre con el tipo de investigación descriptivo – transversal, el método de análisis fue por espectrometría de absorción atómica para Cd, Pb, Hg y As. Los resultados fueron comparados con la norma ambiental estándares de la Sediment Quality Guidelines (SQG - Líneas guía sobre la Calidad de los Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática), donde se reportan dos límites: ISQG (Interim Sediment Quality Guideline) y PEL (Probable Effect Level) para la evaluación de sedimentos; fueron E6 (Pb) y E3 (Hg) concentraciones en sedimentos sin efectos biológicos adversos, E4 (Cd) y E6 (Cd) concentraciones en los sedimentos con efectos biológicos ocasionales y se presentaron nueve estaciones para As con concentraciones en los sedimentos de efectos biológicos adversos frecuentes. Se concluye la existencia de cuatro estaciones (E1, E3, E4 y E6) como puntos críticos en concentraciones en los sedimentos que presentan efectos biológicos ocasionales, por exposición a metales tóxicos.

Monge, (2018) cuantifico la concentración de los metales pesados como arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg), plomo (Pb) y zinc (Zn) en muestras de sedimentos del Río Chili y que comparados con la Línea Guía sobre la Calidad de Sedimentos para la Protección de Vida Acuática, de las



Directrices Canadienses de Calidad Ambiental (CEQG). Se tomaron diez (10) puntos de monitoreo en el tramo del Río Chili, que transita por la ciudad de Arequipa, la toma de muestra fue realizada en la época húmeda y seca, en los meses de mayo y setiembre respectivamente. Se transportaron las muestras de los sedimentos a un laboratorio acreditado por Instituto Nacional de la Calidad (INACAL), los resultados de la caracterización muestran que la concentración de los metales pesados se encuentra por debajo de la normativa internacional canadiense. Los resultados del análisis de los sedimentos con respecto al arsénico podemos observar una variación de la concentración de la época seca con respecto a la época húmeda, dichos valores no sobrepasan la normativa internacional canadiense; el cadmio en la época seca en las estaciones de monitoreo SED-01, SED-03, SED-05 y SED-06 se encuentran por encima del límite (0.6 mg/Kg), con unas concentraciones de 0.63 mg/Kg, 0.71 mg/Kg, 0.69 mg/Kg y 0.63 mg/Kg, respectivamente; el cobre, el cromo, el mercurio, el plomo y zinc, se encuentra por debajo de la normativa internacional canadiense, tanto en la época seca como en la época húmeda.

Checalla, (2017) en su investigación denominada “Efectos de iones químicos y micro-organismos existentes en los sedimentos de la bahía interior de la ciudad de Puno - 2017”, realizada en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Obteniendo resultados: Cadmio (Cd), Arsénico (As), Cromo (Cr), cobre (Cu), fueron presentes como elementos tóxicos de la bahía interior del lago Titicaca de la ciudad de Puno, como nos indica la Calidad de los sedimentos canadienses, Directrices para la protección, De la vida acuática. También se obtuvo los resultados bacteriológicos de los sedimentos de la bahía interior del lago Titicaca dando como resultado lo siguiente: NMP coliformes totales 210×10^6 MNP/100ml de lodo, NMP coliformes termoresistentes 90×10^6 MNP/100ml de lodo.

Quispe, (2017). En su investigación tuvo como objetivo 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 mínima 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 residual y residuos sólidos a lo largo de la ciudad de Juliaca.

Los resultados de la investigación en la primera temporada del 2016 realizada en épocas de lluvia, indican que los valores sobrepasan los estándares del MINAM en aluminio, plomo, arsénico, hierro y en el monitoreo de la segunda temporada de estiaje resultaron valores altos en níquel y hierro, silicio y aluminio, con el pH entre 5.40 – 5.80 que son ligeramente ácidas por lo que se solubilizan y movilizan cierto número de metales tóxicos como el plomo, arsénico, aluminio, níquel que son arrastrados río abajo y aumentando la conductividad. Concluyendo que la contaminación se presenta por el movimiento de grandes cantidades de mineral que se realizan para la recuperación de oro, y que el río Grande no es apto para riego y consumo humanos sino antes de ser tratada adecuadamente.

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

Los resultados según el reporte de concentraciones de ECA-Perú en agua superó en Pb, As y Hg, y en sedimentos según USEPA-USA se mostró alto en As, Hg y Pb. Concluyendo que el deterioro y la alteración acelerada del ecosistema se debe a las actividades mineras medianas y artesanales, que son originadas en las cabeceras de la cuenca como es La Rinconada y Ananea, añadiendo además la generación de pasivos ambientales de la minera Ceciclia, San Rafael y Arasi.



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.

2.2. MARCO TEÓRICO:

2.2.1. 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). 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).

El progreso tecnológico, en un parte genera crecimiento demográfico que produce alteraciones al medio, llegando en algunos casos a atentar contra el equilibrio biológicos de la tierra. El avance de la tecnología debe de tener compatibilidad y mantenimiento con el equilibrio ecológico (Apaza, 2016).

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. 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, 2012).

Origen de metales en el ambiente acuático

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



Los metales pueden tener diferentes orígenes como los siguientes:

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

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

2.2.2. 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).

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

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



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

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

2.2.2. 1. 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.

2.2.2. 2. Parámetros físicos – 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)

2.2.3. Parámetros físicos

a. 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 $[H^+]$ 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_2 y CO_2 disueltos en la atmósfera, CO_3 de los suelos calizos, porque provienen de los seres vivos o por el ácido sulfúrico procedente de algunos minerales. Las aguas contaminadas con zonas de descargas industriales pueden tener un pH muy ácido (EPA, 1992).

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

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.

Tabla 01. Valor de pH

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

Fuente: Ibarra Castillo, Ruiz Corral, Gonzales Eguiarte, Flores Gamica, yDiaz Padilla (2009)

b. 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:



Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) x f = 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 $\mu\text{hos}/\text{cm}$. 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 ($\mu\text{homs}/\text{cm}$) por un factor empírico.

Según Cabrera, (2012) la conductividad del agua potable en los Estados Unidos oscila entre 50 y 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 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 μS .

- **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 $\mu\text{S}/\text{cm}$ = 1ppm o 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ = 1 ppm (partes por millón de CaCO_3).

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).

2.2.4. 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/cm³, 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.

2.2.5. 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.

2.2.5.1. 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, *et al.*, 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).

2.2.6. 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 grisazulado 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.

2.2.7. 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 ferrocromo 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).

2.2.8. 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 encuentra entre 10 y 40 μg . en zonas contaminadas se ha observado que alcanza varios cientos de μg 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 un consumo diario de 140- 260 μg de cadmio durante toda la vida, o una ingesta acumulativa de unos 2000 mg o más, produce en el ser humano 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 $\mu\text{g/L}$ 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 deltaaminolevulínico 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).

2.2.8.1. 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).

2.2.8.2.Efectos por su presencia

Tabla 2: 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)



2.2.9. 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).

2.2.9.1. 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).

2.2.10. Marco normativo legal:

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

A. Normas nacionales

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

- Ley N° 28611: Ley General del Ambiente.

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

B. Normas internacionales

a. OMS:

Organismo de la Organización de la Naciones Unidas (ONU), especializado a gestionar políticas de prevención y intervención en salud a nivel mundial. Inicialmente fue organizada por el consejo económico y social de las naciones unidas, que impulsó la redacción de los primeros estatutos de la OMS en Ginebra 1948. (Checalla, 2017)

b. Canadá

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

Norma Ontario Canadiense “(Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life) muestra las directrices de calidad de sedimentos canadienses para la protección de la vida acuática, Canadian Environmental Quality Guidelines, según el Consejo Canadiense de ministros del medio ambiente de 1999, actualizado en 2001”.

Tabla 03: Límites permisibles para metales en sedimentos establecidos por la norma canadiense (CEQG).

Norma		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
		(mg/kg)							
CEQG	ISQG	5.9	0.6	37.3	35.7	0.17	-	35	123
	PEL	17	3.5	90	197	0.486	-	91.3	315

Fuente: *Canadá (1991)*

CEQG: Guías de Calidad Ambiental Canadiense (por sus siglas en inglés, *Canadian Environmental Quality Guidelines*) para sedimentos de cuerpos de agua continental. ISQG: Guía Provisional de Calidad del Sedimento (por sus siglas en inglés, *Interim Sediment Quality Guideline*). PEL: Nivel de Efecto Probable (por sus siglas en inglés, *Probable Effect Level*).

c. 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).

d. 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 en cargo del suministro de agua a implementar acciones para corrección y disminución de este parámetro, (UACH., 2013).

2.2.11. 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).



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

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).

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

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



2.2.11.2. 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.

2.2.12. 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



demonstró, 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 las 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.

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).

2.2.12.1. 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 esta línea mayor es su concentración. En los instrumentos de EEA, la flama atomiza y excita los componentes de las 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).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en la parte alta de la cuenca del río Apurímac, Teniendo las siguientes coordenadas geográficas Latitud. $15^{\circ} 11' 15''$ sur y Longitud $71^{\circ} 46' 21''$ oeste, exactamente desde el puente Chunchu hasta León pampas del río Apurímac.

3.1.1. Ubicación política del área de estudio

El área de estudio se encuentra en el distrito de Caylloma, provincia de Caylloma de la Region de Arequipa.

3.1.2. Ubicación geográfica del área de estudio

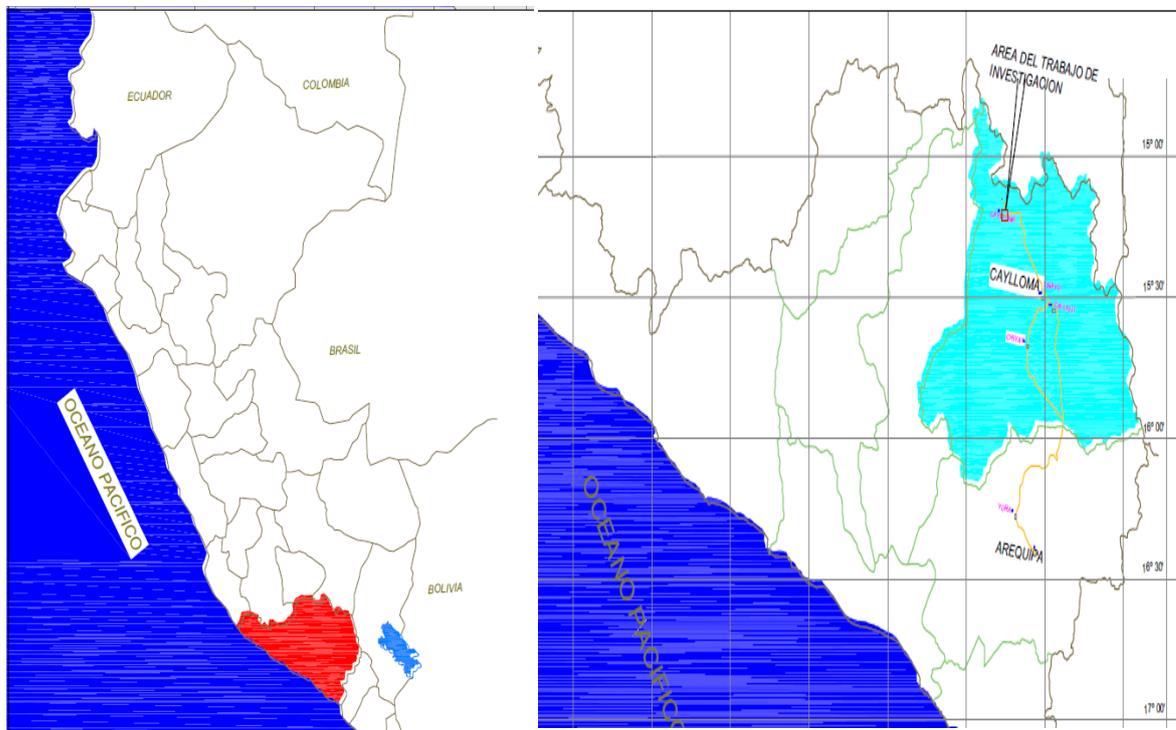


Figura 1. ubicación geográfica.



3.1.3. La geomorfología:

La cordillera occidental, es el rasgo geográfico más importante en el cual nace el río Apurímac, se caracteriza por presentar relieves generales muy irregulares; constituidos por cadenas de cerros de diferentes alturas, formas y pendientes; que se hallan interceptados por numerosas quebradas, depresiones, llanuras, lomadas, colinas y un conjunto de valles por donde los ríos drenan sus aguas hacia las vertientes del Pacífico y el Atlántico

3.1.4. Geología:

Las unidades estratigráficas expuestas en el área del proyecto tienen edades desde el Mesozoico hasta el Cenozoico, no se exponen las rocas intrusivas e hipabisales, las unidades representativas del más antiguo al reciente están constituidas por rocas del Jurásico representada por las formaciones Puente y Cachios; el Cretáceo conformado por las rocas de las formaciones Labra, Gramadal, Hualhuani y Arcurquina; el Terciario constituida por las formaciones Orcopampa, Ichicollo, Sillapaca, Sencca y Pusa y el Cuaternario conformado por los grupos Barroso, Andagua y depósitos fluvioglaciares, aluviales, coluviales y bofedales.

3.1.5. Hidrografía:

El río Apurímac nace a 5000 msnm en la Región Arequipa, en el lugar que el río Acushanta se convierte en el río Calchumayo, ingresando a la laguna Huarhuaco del mismo modo que los ríos Challpo, Huancari, Talla y otras quebradas menores. Después de recorrer 2,5 kilómetros el río Calchumayo se une con el río Santiago tomando el nombre de Apurímac. Después de la confluencia, el río se dirige hacia el Oeste y después al Noreste, hasta llegar al sitio propuesto para la construcción de la presa Angostura, donde se junta con el río Hornillos.

se estiman en: un caudal mínimo medio mensual, que ocurre en el mes de octubre con 3,28 m³ /s y un caudal medio máximo en período de lluvias de 33,38 m³ /s, en el mes de marzo. Como promedio máximo anual se tiene 11,06 m³ /s y el promedio mínimo anual es de 2,73 m³ /s



3.1.5. Clima:

Los resultados del análisis de la información indican que las temperaturas medias mensuales fluctúan entre 4,01 °C en el mes de julio y 8,09 °C en el mes de noviembre y Diciembre en la Estación Angostura, mientras que la humedad relativa promedio mensual (1969-2009) varía de 42,9% a 67,5%. Por su parte la velocidad del viento (1976-1992) registra valores medios anuales de 1,4 a 1,5 m/s, mientras que la dirección predominante es NW y NE.

3.1.6. Flora:

se han identificado las principales familias que dominan el área de estudio: La familia Poaceae (*Festuca*, *Calamagrostis*, *Stipa*) se encuentra en el grupo de las mayores representantes del área de estudio. Integrando a los pastizales forrajeros, pastizales naturales, pastizales cultivados. La familia Asteraceae conformada por la especie vegetal de mayor presencia la “tola” (*Parastrephia lepidophylla*) o la “thola” (*Parastrephia quadrangularis*) identificado en las zonas desnudas, laderas y roquedales. En zonas de las montañas, predomina una vegetación saxicola como los líquenes (*Pycnophillum sp*) y matorrales como pajonales.

3.1.7. Fauna:

La fauna se presenta de acuerdo a las diferentes formaciones vegetales del área de estudio. Las ordenes de avifauna más características consisten en la presencia de tinamiformes, passeriformes, falconiformes, entre otros, además de otras especies características de la región. Está conformada por la fauna silvestre y doméstica como los ganados vacunos, ovinos, equidae y canidae. se puede encontrar una fauna diferenciada y distribuidas en base a las de formaciones vegetales: pajonales, roquedales, bofedales, orillas acuáticas y pastizales. La primera, caracterizada por especies como las kiulas o perdices; las vizcachas (*Lagidium peruvianum*) y algunos roedores pequeños ubicados en los roquedales; los bofedales y orillas acuáticas representados con las especies de aves como las parihuanas y los camélidos desplazándose en los pastizales. Los mamíferos mayores están representados por el zorro andino y la taruca. Los anfibios

integrados por los sapos comunes (*Bufo Spinulosus*) están registrados en los cuerpos receptores de la zona de estudio.

3.1.8. Aspecto socioeconómico:

Gran porcentaje de la población se encuentra en condiciones de pobreza y extrema pobreza, a nivel de viviendas existe una carencia notoria de servicios básicos mientras que en el campo de educación y salud se presenta serias limitaciones de infraestructura, especialmente en las comunidades campesinas. En el aspecto económico se tiene una población mayoritariamente dedicada a la ganadería y silvicultura, pero con muchas básicas insatisfecha.

3.1.9. Ubicación de los puntos de muestreo:

El área de estudio se ubica en la parte alta de la cuenca del río Apurímac con los siguientes puntos P – 1 puente Chuncho coordenadas 198781 Este; 8315467 Norte, P-2 Tica tica por el Este 201712; Norte 8317518, P-3 hacienda Holleria por el Este 203874; Norte 8318440, P-4 león pampas por el Este 209608; Norte 8320889.

Tabla 4: *Puntos de muestreo, lugar y localización en coordenadas UTM.*

Punto de Muestreo	Lugar	Localizacion en coordenadas UTM WGS84
P-1	puente Chuncho	E-198781, N-8315467
P-2	Tica tica	E -201712, N -8317518
P-3	hacienda Holleria	E -203874, N -8318440
P-4	león pampas	E -209608, N -8320889

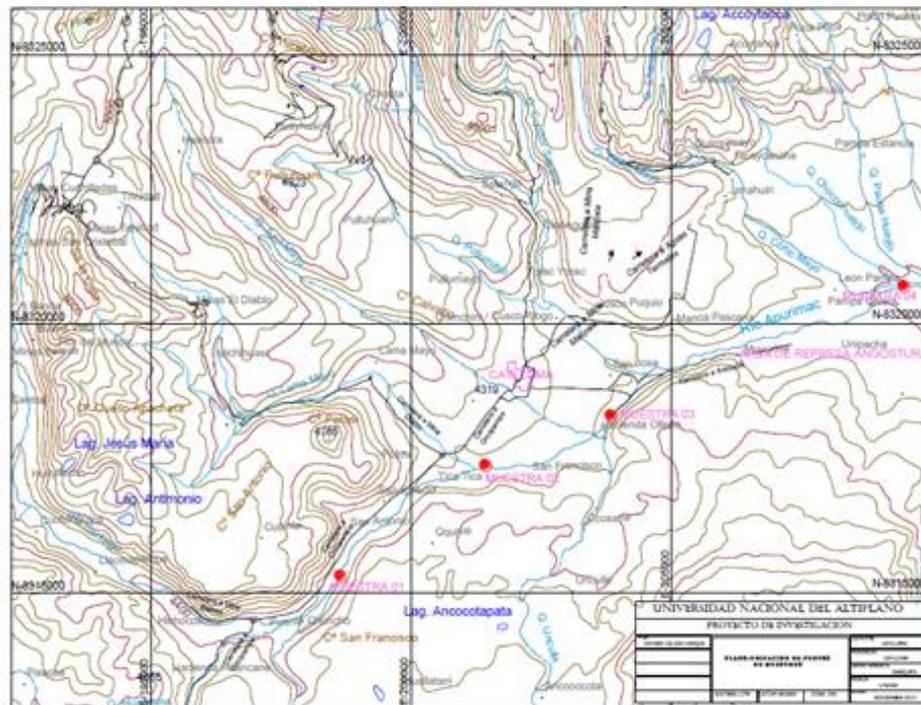


Figura 2. Plano de ubicación de los puntos de muestreo.

3.1.10. Evaluación de parámetros físicos y químicos importantes

a. 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.

b. Potencial de hidrogeniones “pH”

Las mediciones se realizaron con el medidor pH metro 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 pH metro utilizado.

3.1.11. 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.

3.1.12. Épocas de muestreo

La presente investigación se realizó en los meses de: enero, febrero y marzo, esto permite evaluar la variación de los metales (cromo, cadmio y plomo) en una temporada (avenida).

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

b. Servicios:

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

3.2.3. Maquinarias y transporte:

- Vehículo para movilizarse de un punto a otro.
- Transporte interdepartamental, con las muestras de sedimento de Caylloma 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. METODOLOGÍA.

3.3.1. Presencia y las concentraciones de los metales

3.3.1.1. Determinación de los puntos de muestreo:

Para la determinación de los puntos de muestreo se han fijado cuatro (04) puntos estratégicos, cada uno de ellos con la intención de saber el grado de contaminación producto de la actividad minera realizada alrededor de la provincia de Caylloma en las riberas del río Apurímac.

El estudio del proyecto se localizó los siguientes puntos P – 1 puente Chuncho coordenadas 198781 Este; 8315467 Norte, P-2 Tica tica por el Este 201712; Norte 8317518, P-3 hacienda Holleria por el Este 203874; Norte 8318440, P-4 león pampas por el Este 209608; Norte 8320889.

Tabla 5: *ubicación y codificación de los puntos en estudio*

Sitio y lugar	Distrito / Provincia	Código de Muestreo
Puente Chuncho	Caylloma	P-01
Tica Tica	Caylloma	P-02
Hacienda Holleria	Caylloma	P-03
León Pampas	Caylloma	P-04

3.3.1.2. Periodo de muestreo

Se realizó en los meses de: enero, febrero y marzo para poder evaluar la variación de los metales presencia de (cromo, cadmio y plomo) en una temporada (avenida).

3.3.1.3. 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 Chuncho –Caylloma) pasando por el P-02, 03 y 04 (León pampas).

Se tomaron muestras de sedimento superficial un peso de 1000 g, en recipientes de plástico estériles. Para la toma de la muestra, se ha sumergido la pala metálica hasta el fondo de del material que se encuentra por encima de la capa fija (10cm), La muestra se coloca en recipientes de polietileno previamente lavados (esterilizados) 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 y volumen; para luego ser transportado al laboratorio en la nevera bajo refrigeración. Las muestras se han etiquetado adecuadamente con las representaciones de P- 01, P-02, P-03 y P-04, de tal manera que el laboratorio de analiza con la misma representación 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.

La metodología aplicada en el laboratorio fue la espectrometría por emisión atómica, el método EPA 2007. Determinación de metales y traza de elementos en agua y residuos por acoplamiento inductivo plasma - método de espectrometría de emisión atómica.

Procesamiento

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

3.3.2. Análisis estadístico

El presente estudio se realizó mediante la estadística descriptiva de las cuales se detalla los resultado mínimo, máximo, media y desviación estándar de los cuatro puntos de muestreo y el **METODO ANVA**, es un modelo estadístico para pruebas dependientes, siendo una investigación ANALITICA – EXPERIMENTAL.

Método ANVA

El análisis de la varianza parte de los conceptos de regresión lineal.

El primer concepto fundamental es que todo valor observado puede expresarse mediante la siguiente función:

$$Y = B_0 + B_1 * X + e$$

Donde Y sería el valor observado (variable dependiente), y X el valor que toma la variable independiente.

B_0 Sería una constante que en la recta de regresión equivale a la ordenada en el origen, B_1 es otra constante que equivale a la pendiente de la recta, y e es una variable aleatoria que añade a la función cierto error que desvía la puntuación observada de la puntuación pronosticada.

Por tanto, a la función de pronóstico la podemos llamar "Y prima":



$$Y' = B_0 + B_1 * X$$

Podemos resumir que las puntuaciones observadas equivalen a las puntuaciones esperadas, más el error aleatorio:

$$Y = Y' + e_{(1.1)}$$

Sabiendo este concepto, podemos operar con esta ecuación de la siguiente forma:

1) Restamos a ambos lados de la ecuación (para mantener la igualdad) la media de la variable dependiente:

$$Y - \bar{Y} = Y' + e - \bar{Y}$$

2) Substituimos el error por la ecuación resultante de despejar la ecuación 1.1:

$$e = Y - Y'$$

Por tanto...

$$Y - \bar{Y} = Y' + (Y - Y') - \bar{Y}$$

Y reorganizando la ecuación:

$$Y - \bar{Y} = (Y' - \bar{Y}) + (Y - Y')$$

Ahora hay que tener en cuenta que la media de las puntuaciones observadas es exactamente igual que la media de las puntuaciones pronosticadas:

$$\bar{Y} = \bar{Y}'$$

Por tanto:

$$Y - \bar{Y} = (Y' - \bar{Y}') + (Y - Y')$$

Podemos ver que nos han quedado 3 puntuaciones diferenciales. Ahora las elevamos al cuadrado para que posteriormente, al hacer el sumatorio, no se anulen:



$$(Y - \bar{Y})^2 = [(Y' - \bar{Y}') + (Y - Y')]^2$$

Y desarrollamos el cuadrado:

$$(Y - \bar{Y})^2 = (Y' - \bar{Y}')^2 + (Y - Y')^2 + 2 * (Y' - \bar{Y}')(Y - Y')$$

Podemos ver que tenemos los numeradores de las varianzas, pero al no estar divididas por el número de casos (n), las llamamos Sumas de Cuadrados., excepto en el último término, que es una Suma Cruzada de Cuadrados (el numerador de la covarianza), y la covarianza en este caso es cero (por las propiedades de la regresión lineal, la covarianza entre el error y la variable independiente es cero).

Por tanto:

$$(Y - \bar{Y})^2 = (Y' - \bar{Y}')^2 + (Y - Y')^2$$

O lo mismo que:

$$SS_{total} = SS_{fact} + SS_{error}$$

De un factor, que es el caso más sencillo, la idea básica del análisis de la varianza es comparar la variación total de un conjunto de muestras y descomponerla como:

$$SS_{total} = SS_{fact} + SS_{int}$$

Donde:

SS_{fact} es un número real relacionado con la varianza, que mide la variación debida al "factor", "tratamiento" o tipo de situación estudiado.

SS_{int} es un número real relacionado con la varianza, que mide la variación dentro de cada "factor", "tratamiento" o tipo de situación.



En el caso de que la diferencia debida al factor o tratamiento no sea estadísticamente significativa puede probarse que las varianzas muestrales son iguales:

$$\hat{s}_{fact} = \frac{SS_{fact}}{a - 1}, \quad \hat{s}_{int} = \frac{SS_{int}}{a(b - 1)}$$

Donde:

a es el número de situaciones diferentes o valores del factor se están comparando.

b es el número de mediciones en cada situación se hacen o número de valores disponibles para cada valor del factor.

Así lo que un simple test a partir de la F de Snedecor puede decidir si el factor o tratamiento es estadísticamente significativo.

Existen tres clases conceptuales de estos modelos:

1. El Modelo de efectos fijos asume que los datos provienen de poblaciones normales las cuales podrían diferir únicamente en sus medias. (Modelo 1)
2. El Modelo de efectos aleatorios asume que los datos describen una jerarquía de diferentes poblaciones cuyas diferencias quedan restringidas por la jerarquía. Ejemplo: El experimentador ha aprendido y ha considerado en el experimento sólo tres de muchos más métodos posibles, el método de enseñanza es un factor aleatorio en el experimento. (Modelo 2)
3. El Modelo de efectos mixtos describen situaciones que éste puede tomar. Ejemplo: Si el método de enseñanza es analizado como un factor que puede influir donde están presentes ambos tipos de factores: fijos y aleatorios.

Supuestos previos



El ANOVA parte de algunos supuestos que han de cumplirse:

- La variable dependiente debe medirse al menos a nivel de intervalo.
- Independencia de las observaciones.
- La distribución de los residuales debe ser normal.
- Homocedasticidad: homogeneidad de las varianzas.

La técnica fundamental consiste en la separación de la suma de cuadrados (SS, 'sum of squares') en componentes relativos a los factores contemplados en el modelo. Como ejemplo, mostramos el modelo para un ANOVA simplificado con un tipo de factores en diferentes niveles. (Si los niveles son cuantitativos y los efectos son lineales, puede resultar apropiado un análisis de regresión lineal)

$$SS_{\text{Total}} = SS_{\text{Error}} + SS_{\text{Factores}}$$

El número de grados de libertad (gl) puede separarse de forma similar y corresponde con la forma en que la distribución chi-cuadrado (χ^2 o Ji-cuadrada) describe la suma de cuadrados asociada.

$$gl_{\text{Total}} = gl_{\text{Error}} + gl_{\text{Factores}}$$

Grados de libertad

Los grados de libertad pueden descomponerse al igual que la suma de cuadrados. Así, $GL_{\text{total}} = GL_{\text{entre}} + GL_{\text{dentro}}$. Los GL_{entre} se calculan como:

$a - 1$, donde a es el número de tratamientos o niveles del factor. Los GL_{dentro} se calculan como $N - a$, donde N es el número total de observaciones o valores de la variable medida (la variable respuesta).

- **Pruebas de significación**

El análisis de varianza lleva a la realización de pruebas de significación estadística, usando la denominada distribución F de Snedecor.

Tablas ANVA

Una vez que se han calculado las sumas de cuadrados, las medias cuadráticas, los grados de libertad y la F, se proceden a elaborar una tabla que reúna la información, denominada:

Figura N° 3: Análisis de Variación “ANVA”

F.V.	G.L.	Suma de Cuadrados	C.M.	Fc.
Inter – grupo	$t - 1$	SS_{Factores}	$T = \frac{SS_{\text{Factores}}}{t - 1}$	$F = \frac{T}{E}$
Error experimental	$N - t$	SS_{Error}	$E = \frac{SS_{\text{Error}}}{N - t}$	
Total	$N - 1$	SS_{Total}		

Método de DUNCAN

Se utiliza para comparar todos los pares de medias. Donde la estadística de Prueba

es denotado, por q_p

$$q_p = \frac{Y_i - Y_{i'}}{\sqrt{CM_{\text{error}}/r}}$$

Donde p es el número de medias inclusive entre las dos medias a comparar para diseños balanceados.

Para determinar el error estándar (desviación estándar) de cada promedio, $S_{\bar{Y}_i}$, el cual es dado por la expresión:

Donde el CM_{EE} es obtenido de la tabla F de medias

$$S_{\bar{Y}_i} = \sqrt{\frac{CM_{EE}}{r}}$$

3.3.3. Directrices de evaluación para pH

Para la evaluación de los resultados de potencial de hidrógeno (pH) se realizaron de acuerdo al DS N° 004-2017 MINAM (MINAM, 2017) dentro de la categoría de riego de vegetales y bebida de animales; debido a la interacción agua – sedimento y el uso que se le da al agua ya que la zona es considerada ganadera, en ese sentido los valores deberían de oscilar entre 6.5 a 8.4 en cuerpos de agua, considerados en relación a la calidad de sedimentos superficiales.

3.3.4. Directrices de evaluación para Conductividad

Para la evaluación de los resultados de Conductividad se realizaron de acuerdo al DS N° 004-2017 MINAM (MINAM, 2017) dentro de la categoría de riego de vegetales y bebida de animales; debido a la interacción agua – sedimento y el uso que se le da al agua ya que la zona es considerada ganadera, en ese sentido los valores deberían de oscilar en 500 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en cuerpos de agua, considerados en relación a la calidad de sedimentos superficiales.

3.3.1. Directrices de evaluación para sedimentos

El procedimiento de evaluación para determinar el grado de contaminación por metales no existe norma de calidad de sedimentos en el Perú por la cual se realizó con norma de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática en aguas dulces, según norma de Canadá / OME (Canada/OM, 1999) actualizado en 2001, como se muestra en la Tabla 07 detallando dos criterios de calificación que dependerán según las concentraciones obtenidas en los resultados

Directrices provisionales de sedimentos de agua dulce de calidad

Tabla 6: "Concentración de metales pesados, según Canadá/OME"

Código del punto de control	Metales en mg/kg		
	Pb	Cr	Cd
ISQGS	35,0	37,3	0,6
PEL	91,3	90	3,5



Fuente: Canadian Environmental Quality Guidelines for the Protection of Aquatic

- Concentración en los sedimentos $< \text{ISQG} = \text{Sin efectos biológicos adversos}$
- Concentración en los sedimentos $> \text{ISQG}, < \text{PEL} = \text{Efectos biológicos ocasionales}$
- Concentración en los sedimentos $> \text{PEL} = \text{Efectos biológicos Adversos frecuentes}$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS

Los resultados emitidos por el laboratorio al muestreo que se ha realizado en las épocas de avenida, establecen la presencia de concentración de metales pesados en los sedimentos superficiales, para los diferentes puntos de estudio, apreciable en la tabla 7.

Tabla 7. Resultados de laboratorio.

<i>Meses</i>	<i>Número de estaciones</i>	<i>Plomo(Pb)</i>	<i>Cromo (Cr)</i>	<i>Cadmio (Cd)</i>	<i>pH</i>	<i>Conductividad (µS/cm)</i>
		(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)		
<i>Enero</i>	01 Puente Chuncho	0,000	0,833	3,333	6,95	205,00
	02 Tica Tica	0,000	2,917	7,083	6,85	180,00
	03 hacienda Holleria	0,000	3,333	4,563	6,95	153,00
	04 León Pampas	0,000	1,250	5,000	6,96	160,00
<i>Febrero</i>	01 Puente Chuncho	2,000	1,033	3,350	6,83	202,00
	02 Tica Tica	2,333	3,100	4,200	6,98	151,00
	03 Hacienda Holleria	1,000	2,100	4,050	6,80	145,00
	04 León Pampas	1,000	1,333	5,050	6,90	138,06
<i>Marzo</i>	01 Puente Chuncho	4,000	3,000	4,000	6,73	202,00
	02 Tica Tica	4,500	3,000	1,000	6,80	146,00
	03 Hacienda Hollaría	1,500	2,000	4,000	6,89	141,00
	04 León Pampas	3,500	1,000	5,500	6,90	149,10

Según la tabla 7 detalla los resultados de evaluación de metales pesados, se debe de considerar además que el monitoreo fue realizado en época de avenida. La presencia de metales pesados tiene una denotación en sedimentos superficiales en las cuatro estaciones.

En las siguientes tablas se muestran los resultados de pruebas estadísticas descriptivos, detalla el resumen estadístico para cadmio, Cromo y Plomo de las 12 muestras de sedimento de la cuenca Apurímac.

Tabla 8. Estadísticos descriptivos de la presencia de Cadmio, Cromo, y Plomo en los sedimentos superficiales del río Apurímac por punto de muestreo, de la provincia de Caylloma.

PUNTO DE MUESTREO	Plomo (Pb)	Cromo (Cr)	Cadmio (Cd)
	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)



Puente Chuncho	Recuento	3	3	3
	Mínimo	0	0,833	3,333
	Máximo	4	3	4
	Media	2	1,622	3,561
	Desv. estándar	2	1,198	0,38
Tica tica	Recuento	3	3	3
	Mínimo	0	2,917	1
	Máximo	4.5	3,1	7,083
	Media	2.278	3,006	4,094
	Desv. estándar	2.251	0,092	3,043
Hacienda Holleria	Recuento	3	3	3
	Mínimo	0	2	4
	Máximo	1.5	3,333	4,563
	Media	0,833	2,478	4,204
	Desv. estándar	0,764	0,742	0,312
León pampas	Recuento	3	3	3
	Mínimo	0	1	5
	Máximo	3,5	1,333	5,5
	Media	1.5	1,194	5,183
	Desv. estándar	1,803	0,173	0,275
Total	Recuento	12	12	12
	Mínimo	0	0,833	1
	Máximo	4.5	3,333	7,083
	Media	1.653	2,075	4,261
	Desv. estándar	1.635	0,957	1,454

4.1.1. Determinación de los metales pesados:

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 los directrices de calidad de sedimentos Canadian Environmental Quality Guidelines y de esta forma ver en las figuras el comportamiento de cada uno de los metales en análisis.

4.1.1.1. Resultados del análisis de plomo

Se tiene en la tabla 8, los estadísticos descriptivos de la presencia de Plomo en los sedimentos superficiales por punto de muestreo, para cada punto de Muestreo; Tica tica presenta el promedio más alto con 2.278 mg/kg y hacienda Holleria con

0.833 mg/kg con el promedio más bajo, así mismo, los puntos de Puente Chuncho y Tica tica presentan las mayores variaciones en sus medidas (ver figura 4).

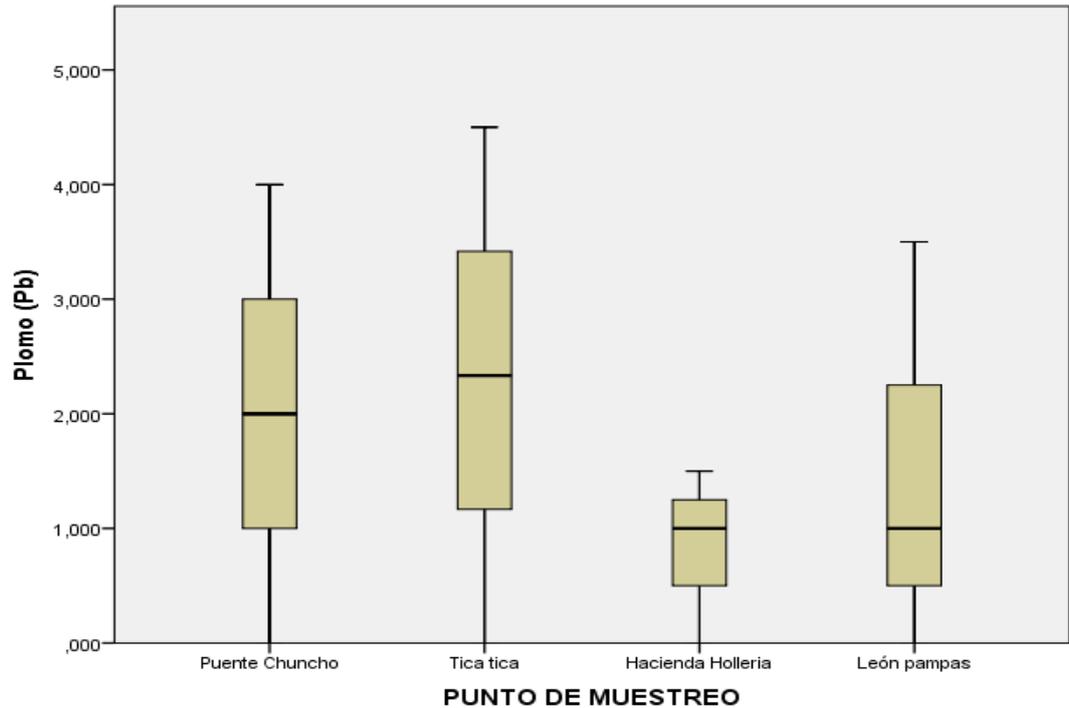


Figura 4. Niveles de Plomo (Pb) en los sedimentos superficiales del río Apurímac por punto de muestreo, de la provincia de Caylloma.

4.1.1.2. Resultados del análisis de Cromo.

En la tabla 8 se tienen, los estadísticos descriptivos de la presencia de Cromo en los sedimentos superficiales por punto de muestreo, al igual que el plomo, Tica tica presenta el promedio más alto con 3.006 mg/kg y León pampas con 1.194 mg/kg, con el mas bajo, así mismo, estos puntos son lo que presentan la menor variación en sus medidas (ver figura 5).

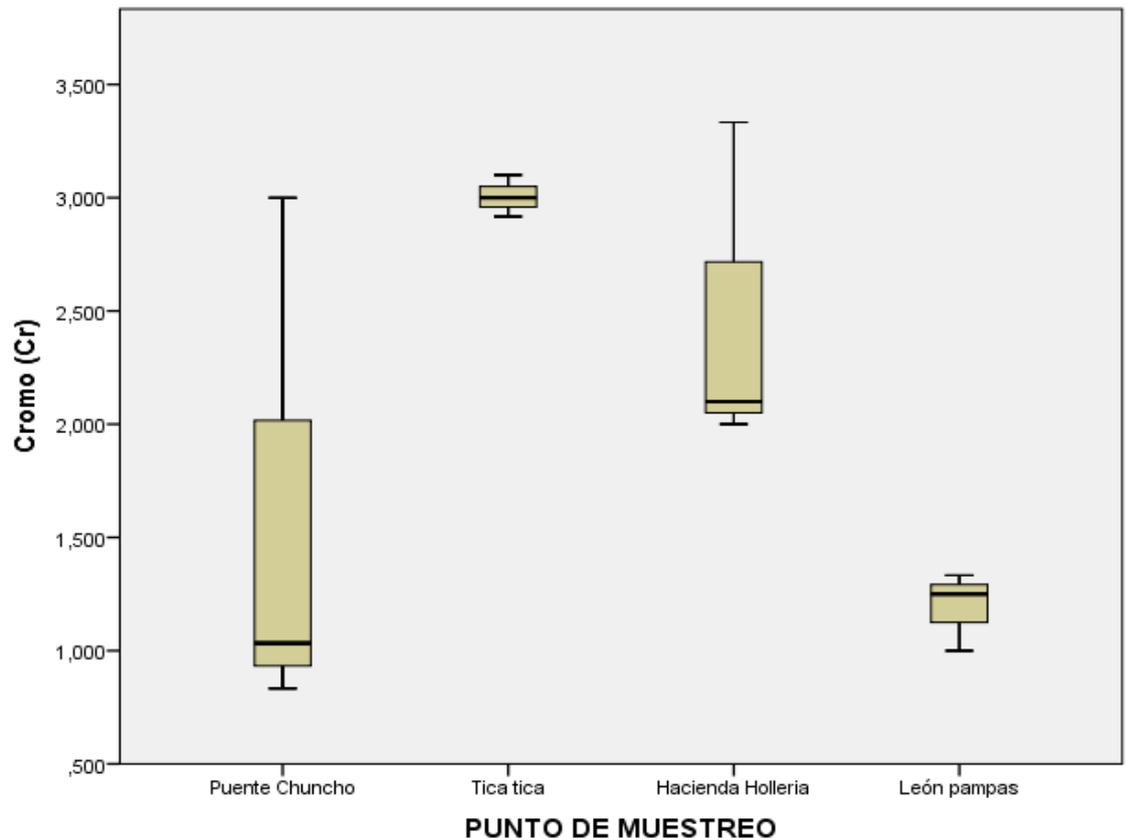


Figura 5. Niveles de Cromo (Cr) en los sedimentos superficiales del río Apurímac por punto de muestreo, de la provincia de Caylloma.

4.1.1.3. Resultados de análisis de Cadmio.

La tabla 8 y la figura 6, se muestran los estadísticos descriptivos de la presencia de Cadmio en los sedimentos superficiales por punto de muestreo, León pampas presenta el promedio más alto con 5.138 mg/kg y Puente Chuncho con 3.565 mg/kg con el promedio más bajo, es importante mencionar que el punto de muestro Tica tica presenta la mayor variación en sus medidas.

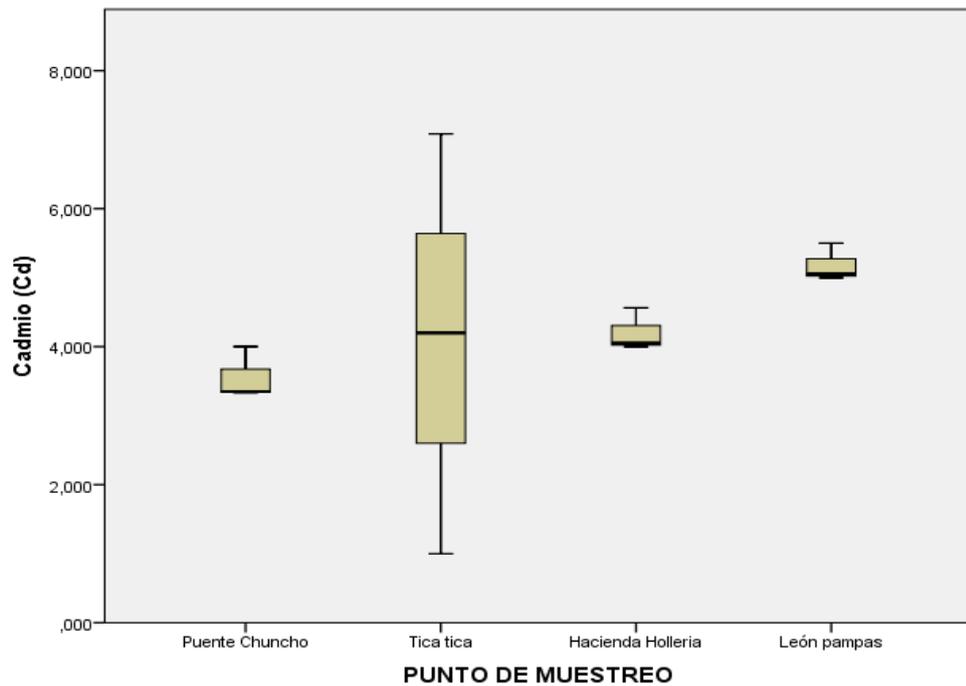


Figura 6. Niveles de Cadmio (Cd) en los sedimentos superficiales del río Apurímac por punto de muestreo, de la provincia de Caylloma.

4.1.2. discusión de los resultados según las directrices de calidad.

Comparando los promedios de Plomo, Cromo y Cadmio con las directrices de calidad de sedimentos Canadian Environmental Quality Guidelines, se tiene el siguiente análisis.

➤ **Plomo.**

El resultado de Plomo respecto a las concentraciones en los sedimentos superficiales de la cuenca Apurímac se muestra en la siguiente figura.

En la figura 7 nos muestra que, el promedio de Plomo está por debajo de los límites permisibles del ISQG, lo que nos indica que la concentración de plomo en los sedimentos no tiene efectos biológicos adversos.

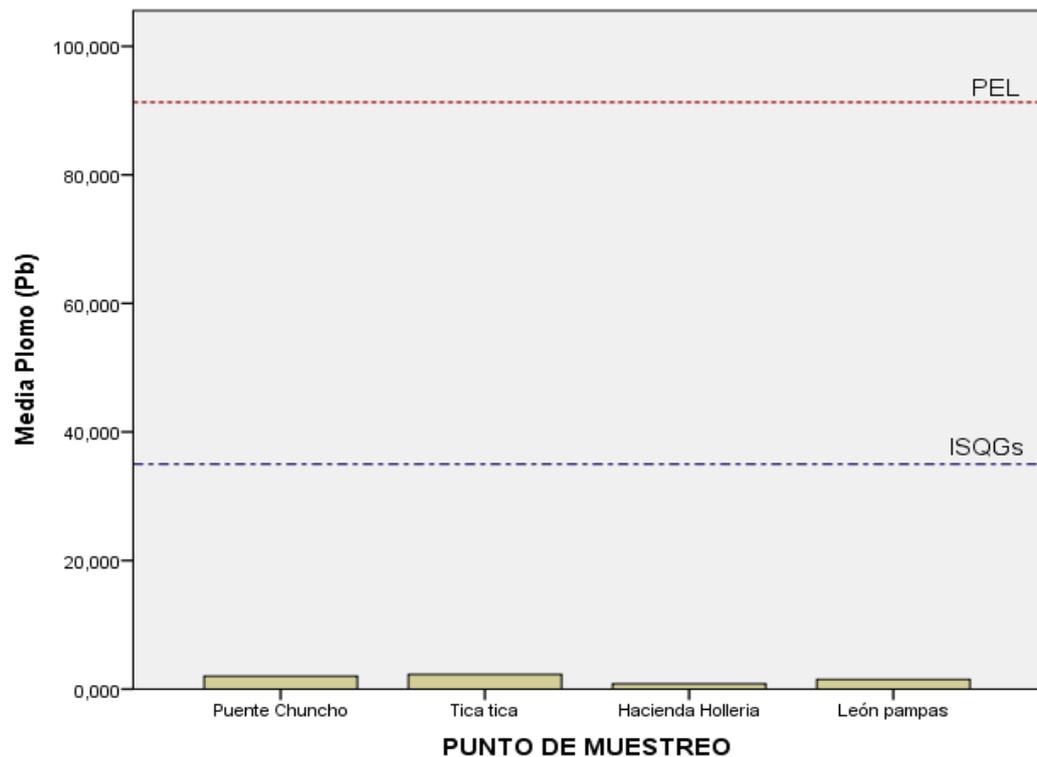


Figura 7. Presencia y concentración de Plomo en la cuenca.

La presencia de plomo según la Figura 5 todos los Promedio de Plomo (Pb) en los sedimentos superficiales del río Apurímac por punto de muestreo, son de menor impacto y no presentan ni un tipo de riesgo ya que en ningún punto supera valores de ISQGs que son los valores que no tienen ningún efecto biológico adverso en la cuenca Apurímac.

Dado que de acuerdo a la relación a las directrices de la norma ambiental ISQG, los resultados del análisis muestran una dispersión heterogénea en los puntos de muestreo, además de presentar las concentraciones de menor impacto y no presentan ningún riesgo, la concentración en los sedimentos $< ISQG =$ Sin efectos biológicos adversos en la cuenca Apurimac. Respecto a los valores de PEL



ninguno alcanza el nivel de concentración con presencia de efectos adversos con frecuencia.

Según Incahuanaco, (2018). En su proyecto de investigación todas las de concentraciones de Plomo son de menor impacto y no presentan ni un tipo de riesgo ya que en ningún punto supera valores de ISQGs que son los valores que no tienen ningún efecto biológico adverso en la subcuenca cruceiro, pero la estación seis (E6) con 29.09 mg/kg que muestra valor cercano al límite de ISQGs que se debe a los ríos que afluyen cerca de este se ven influenciados por la actividad minera.

Según Monge, (2018). El Plomo en ambas épocas, se encuentran por debajo del límite guía para la salud humana y la vida acuática (ISQC); por lo tanto, cumplen con lo establecido en la Línea Guía sobre la Calidad de Sedimentos para la Protección de Vida Acuática, de las Directrices Canadienses de Calidad Ambiental (CEQG).

➤ **Cromo.**

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



Figura 8. Promedio de presencia de Cromo (Cr) en la cuenca.

En la figura 8 nos muestra que, el promedio de Cromo, señalando que en 4 puntos de muestreo son inferiores a la mínima concentraciones que no presenta efectos biológicos de ningún tipo, por lo que no se considera con concentración en los sedimentos $<$ ISQG que es sin efectos biológicos adversos. Respecto a los valores de PEL ninguno alcanza el nivel de concentración con presencia de efectos adversos con frecuencia.

Según Monge, (2018). El Cromo en ambas épocas, se encuentran por debajo del límite guía para la salud humana y la vida acuática (ISQC); por lo tanto, cumplen con lo establecido en la Línea Guía sobre la Calidad de Sedimentos para la Protección de Vida Acuática, de las Directrices Canadienses de Calidad Ambiental (CEQG).

➤ **Cadmio.**

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

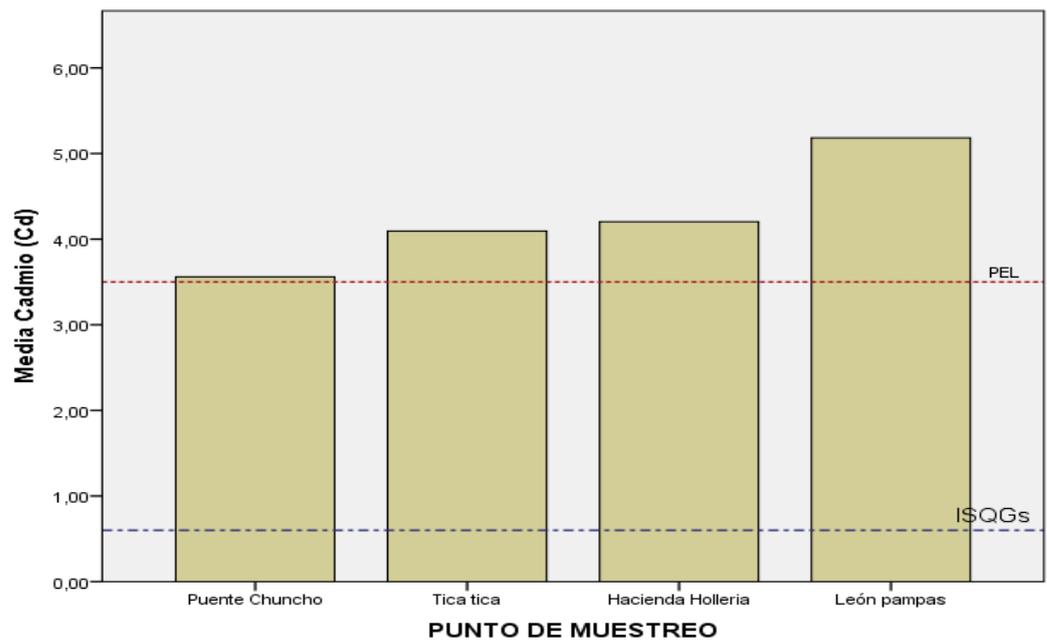


Figura 9. Presencia y concentración de Cadmio en la cuenca.

En la figura 9 se muestra promedio de presencia de Cadmio (Cd) en los sedimentos superficiales del río Apurímac por punto de muestreo, de la provincia de Caylloma según directrices de calidad de sedimentos Canadian Environmental Quality Guidelines.

En la Figura 6 nos muestra que, el promedio de Cd es superior a los límites permisibles indicando la existencia de los cuatro puntos de muestreo una concentración en sedimentos $> ISQG > PEL$ que representa efectos biológicos ocasionales que superan las concentraciones de ISQGs, encontrándose en el P.1 con 3.561 mg/kg, P.2 4.94 mg/kg, P.3 4.204 mg/kg y el P.4 5.183 mg/kg señalando que debe de considerarse concentraciones que presentan efecto biológico ocasionales en la cuenca del río Apurímac. Esto debido a que se relaciona con la actividad minera de la zona, así como los pasivos ambientales en las orillas de río.

Según Incahuanaco, (2018) en su proyecto de investigación visualiza los niveles de concentración de Cd de acuerdo a las directrices de la norma Canadiense, se muestra una dispersión heterogénea indicando la existencia de dos estaciones Concentración en los sedimentos $> ISQG < PEL$ que representa efectos biológicos



ocasionales que superan las concentraciones de ISQGs en la E4 con 1.93 mg/kg y la E6 con 1.547 mg/kg señalando que debe de considerarse concentraciones que presentan efecto biológico ocasionales en la subcuenca del rio Crucero.

Según Monge, (2018) el Cadmio en épocas húmedas se encuentran por debajo del límite para la salud humana y la vida acuática (ISQC); por lo tanto, cumplen con lo establecido en la Línea Guía sobre la Calidad de Sedimentos para la Protección de Vida Acuática, de las Directrices Canadienses de Calidad Ambiental (CEQG).

4.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS Y VULNERABLES A LA CONTAMINACIÓN.

Para la identificación de los puntos críticos se tomarán en cuenta los niveles de pH y conductividad, establecidos en la tabla 9 el cual muestra los estadísticos descriptivos de estas variables. De los resultados obtenidos el promedio alto de pH lo tiene el punto León pampa con 6.92 y el promedio general de pH es de 6.88 con una desviación estándar de 0.08.

Tabla 9. Estadísticos descriptivos de los niveles de pH y conductividad en los sedimentos superficiales del río Apurímac por punto de muestreo, de la provincia de Caylloma

PUNTO DE MUESTREO		pH	Conductividad
			($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Puente Chuncho	Recuento	3	3
	Mínimo	6.73	202
	Máximo	6.95	205
	Media	6.84	203
	Desv. Estándar	0.11	1.73
Tica Tica	Recuento	3	3
	Mínimo	6.8	146
	Máximo	6.98	180
	Media	6.88	159
	Desv. Estándar	0.09	18.36
Hacienda Holleria	Recuento	3	3
	Mínimo	6.8	141
	Máximo	6.95	153
	Media	6.88	146.33
	Desv. Estándar	0.08	6.11
León pampas	Recuento	3	3
	Mínimo	6.9	138.06
	Máximo	6.96	160
	Media	6.92	149.05
	Deviation estándar	0.03	10.97
Total	Recuento	12	12
	Mínimo	6.73	138.06
	Máximo	6.98	205
	Media	6.88	164.35
	Desv. estándar	0.08	25.65

4.2.1. Potencial de Hidrógeno (pH).

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

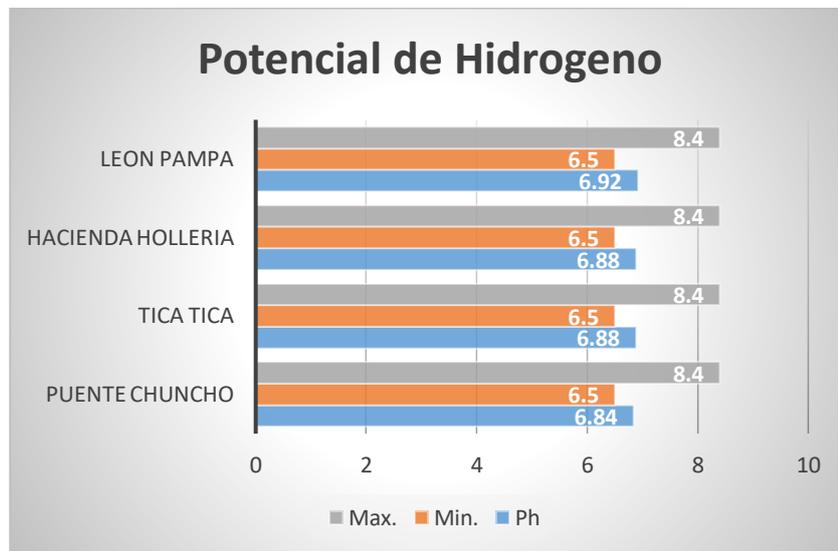


Figura 10: comportamiento del pH

La figura 10 muestra los valores del potencial de hidrógeno en la cuenca Apurímac, presentando con un pH ligeramente ácido en la estación P. 1 con pH 6.84, P.2 con pH 6.88, P. 3 con pH 6.88, P.4 con pH 6.92.

valores que no superan el pH óptimo de acuerdo al DS N° 004-2017 MINAM (MINAM, 2017) dentro de la categoría de riego de vegetales y bebida de animales, en el estudio.

Chapman, (1996); WHO (2011) 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

Ruiz, (2012) menciona que 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

Según Incahuanaco, (2018). Muestra los valores del potencial de hidrógeno en la subcuenca Crucero, presentando con un pH ligeramente alcalino en la estación E5 con pH 8.7, E7 con pH 8.5, E8 con pH 8.68, E9 con pH 8.77, la E10 con pH de 8.74 y la E11 con pH de 8.55, valores que superan el pH óptimo esto puede deber a que las aguas diluidas se encontrarían con alto contenido de materia orgánica, y valores altos en aguas eutróficas.

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

4.2.2. Conductividad Eléctrica (uS/cm)

En la época de avenida el valor mínimo fue $146.33\mu\text{S}/\text{cm}$ (Hacienda hollería del río Apurímac), y el valor máximo fue $202.00\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto de muestreo puente chuncho; y en general el promedio de conductividad es de $164.35\mu\text{S}/\text{cm}$ con una desviación estándar de 25.65. así como se puede mostrar en el cuadro 11.

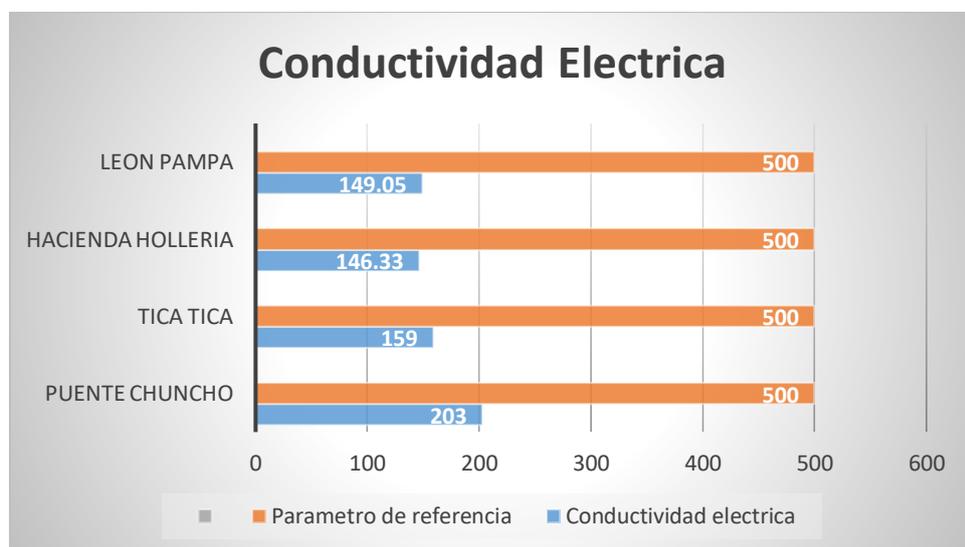


figura 11: *comportamiento de la conductividad*



Los reportes en la cuenca del río Apurímac, se encuentran en el rango de los límites permisibles de acuerdo al DS N° 004-2017 MINAM (MINAM, 2017) dentro de la categoría de riego de vegetales y bebida de animales.

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

Para Quispe, (2017) en la época de avenida los valores fueron desde 160 μ S/cm (en la desembocadura del río Coata), hasta 380 μ S/cm en la (unión de los ríos Coata y Torococha); mientras en la época de estiaje el resultado ha dado como mínimo 455 μ S/cm (en la desembocadura del río Coata) y máximo 1680 μ S/cm (en la desembocadura del río Torococha).

Para Cornejo, (2011) los valores fueron desde 100 μ S/cm (agua de deshielo), hasta 900 μ S/cm en la unión de los ríos Ayaviri y Azángaro y se mantiene entre 700 a 800 μ S/cm (sub cuenca Ramis) hasta desembocar al lago Titicaca. Los reportes en la cuenca del Ramis, muestran un aumento de la conductividad por presencia de sales, iones disueltos y materia orgánica disuelta.

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

4.2.3. Análisis de varianza (ANVA) correspondiente a un diseño completo al azar.

Para identificar los puntos críticos de contaminación, se realiza el análisis de varianza (ANVA) correspondiente a un diseño completo al azar (DCA) con un factor (punto de muestreo), cuyos resultados nos permitirán determinar si existieran diferencias entre los puntos de muestro para el contenido de los metales en los sedimentos

Tabla 10. *Análisis de varianza (ANVA) de la presencia de Plomo (Pb), Cromo (Cr) y Cadmio (Cd) en los sedimentos superficiales del río Apurímac por punto de muestreo.*

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Plomo (Pb)	Ptos de muestreo	3,618	3	1,206	0,374	0,774
	Error Exp.	25,796	8	3,225		
	Total	29,414	11			
Cromo (Cr)	Ptos de muestreo	6,027	3	2,009	3,971	0,053
	Error Exp.	4,048	8	,506		
	Total	10,075	11			
Cadmio (Cd)	Ptos de muestreo	4,115	3	1,372	0,573	0,649
	Error Exp.	19,153	8	2,394		
	Total	23,268	11			

De la tabla ANVA, se tiene que la presencia de plomo en los 4 puntos de muestreo es estadísticamente igual ($p < \alpha$), es decir que, no hay diferencias en sus promedios.

Con respecto a la presencia de cromo es relativamente no significativo ($p < \alpha$), es decir, que no habría diferencias en los puntos de muestreo, debido a la figura 5 la cual nos da altos indicios de presentar diferencias en las medias, realizaremos la prueba múltiple de Duncan para verificar lo mencionado; en este caso la tabla 11 nos muestra que si existen diferencias ($p < \alpha$) en el promedio de cromo de los puntos León pampas y Tica tica.

Finalmente, la presencia de cadmio en los 4 puntos de muestreo es estadísticamente iguales ($p < \alpha$), es decir que, no hay diferencias en sus promedios.



Tabla 11. Prueba de comparaciones múltiples de Duncan para la presencia Cromo (Cr) en los sedimentos superficiales del río Apurímac por punto de muestreo.

Duncan^a

Punto de muestreo	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
León pampas	3	1,19433	
Puente Chuncho	3	1,62200	1,62200
Hacienda Holleria	3	2,47767	2,47767
Tica tica	3		3,00567
Sig.		0,067	0,052

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

- a. Utiliza el tamaño de las muestras de la media armónica = 3, 000



V. CONCLUSIONES

A la evaluación del grado de contaminación se establece que: el metal Cadmio, presenta concentraciones estimados de 1.000 mg/kg como mínimo y 7.083 mg/kg como máximo, encontrándose por encima de la Línea Guía sobre la Calidad de Sedimentos para la Protección de Vida Acuática, de las Directrices Canadienses de Calidad Ambiental (CEQG), con lo que respecta a Plomo se tiene como mínimo 0.000 mg/kg y máximo 4.500 mg/kg y para Cromo se tiene como mínimo 0.833 mg/kg y máximo 3.333 mg/kg, tanto para plomo y cromo se encuentran por debajo de los límites permisibles (CEQG). Lo que nos indica que no tiene efectos biológicos adversos, por lo que concluyo que existe alteraciones en las concentraciones de Cadmio, para los cuatro puntos de muestreo, producto de las actividades antropogénicas.

Para la determinación del punto crítico y vulnerable a la contaminación de la zona de muestreo en estudio, se encontró para las 4 estaciones valores altos en Cadmio siendo los valores P1 3,561 mg/kg, P2 4,094 mg/kg, P3 4,204 mg/kg Y P4 5,183 mg/kg concluyendo que la cuenca Apurímac está siendo contaminada por Cadmio por que las concentraciones superan los valores de PEL de la calidad de sedimentos. afirmando que, si existe alteraciones con respecto a cadmio.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con los estudios de evaluación de metales pesados incidiendo más en el metal cadmio en diferentes épocas en los mismos puntos de muestreo del río Apurímac, con el fin de descartar el arrastre de sólidos en suspensión durante los periodos de lluvia.
- Se recomienda realizar los estudios de evaluación de metales pesados que no han sido evaluados (mercurio) en el presente trabajo de investigación.
- Se recomienda a la Facultad de Ciencias Biológicas 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.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- Apaza Porto, H. R. (2016). *Determinación del Contenido de Mercurio en Agua y Sedimentos del Rio Suches - Zona Bajp Paria Cojata - Puno*. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Geológica e ingeniería Metalúrgica, Escuela de Profesional de Ingeniería Metalúrgica. Puno, Perú. Retrieved from http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2854/Apaza_Porto_Hernan.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 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-3 Atlanta, Georgia 30333.
- Bautista, Z. F. (1999). Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales. Vol.1. UADY.
- Bravo Chaves, F. M., Piedra Marín, G., & Piedra Castro, L. (2012). Evaluación Físico-Química De Los Sedimentos en el Estero Tamarindo y sus Tributarios, Guanacaste, Costa Rica. *Uniciencia*, 26, 41–50.
- Canada/OME. (1991). Concentración de metales traza en sedimentos no contaminados.
- CONAMA (2004). Guía para el establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas. Puno-Perú.



- 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.
- Cornejo Olarte, D. A., & Pacheco Tanaka, M. E. (2014). Contaminación de Aguas y Sedimentos por As, Pb Y Hg de la Cuenca del Rio Ramis, Puno - Perú. *Escuela de Posgrado*, 5(4), 14. <https://doi.org/2077-8686>
- Chambi, L. J., Orsag, V., & Niura, A. (2012). Evaluación de la Presencia de metales pesados y arsénico en suelos agrícolas y cultivos en tres microcuencas del Municipio de Poopo. Pág. 2-3. Retrieved from http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S02505460201200100012&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.
- Checalla C. (2017). Efectos de iones químicos y microorganismos existentes en los sedimentos de la bahía interior de la ciudad de Puno-2017. Universidad Nacional del Altiplano.
- Chen, Ming, et al. "Distribution and Ecological Risks of Heavy Metals in River Sediments and Overlying Water in Typical Mining Areas of China." *Marine Pollution Bulletin*, vol. 146, no. March, Elsevier, 2019, pp. 893–99, doi:10.1016/j.marpolbul.2019.07.029.
- Clevers y Kooistra, (2003). Assessment of heavy metal contamination in river floodplain by using the red-edge index. Centre Geo-information (CGI), Wageningen.



- 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.
- EPA, A.C. (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y Residuales. Díaz de Santos, Madrid.
- Garcia, M., Sanchez, F., Marin, R., Guzman, H., Verdugo, N., Dominguez, E., ... Cortes, G. (2002). El agua. *Ideam*, 115–189. Retrieved from <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/000001/cap4.pdf>
- 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.
- Goher, Mohamed E., et al. "Heavy Metals Contents in Nasser Lake and the Nile River , Egypt : An Overview." *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, no. xxxx, National Institute of Oceanography and Fisheries, 2019, doi:10.1016/j.ejar.2019.12.002.
- 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.
- Huaranga Moreno, F., Méndez García, E., Quilcat León, V., & Huaranga Arévalo, F. (2012). Pollution by heavy metals in the Moche River Basin, 1980 - 2010, La Libertad - Peru. *Scientia Agropecuaria*.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.03.05>
- Jimenez Verdesoto, D. B. (2012). “*Cuantificación de Metales Pesados (Cadmio, Cromo, Niquel y Plomo) en Agua Superficial, Sedimentos y Organismos (Crassostrea Columbiensis) Ostion de Mangle en el Puente Portete del Estero Salado (Guayaquil).*” as Naturales, Escuela Biológica. Guayaquil, Ecuador.
- 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.
- 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.
- Ibarra Castillo, D., Ruiz Corral, J. A., Gonzales Eguiarte, R. D., Flores Garnica, J. G., & Díaz Padilla, G. (2009). Distribución Espacial del pH de los suelos Agrícolas de Zapopan, 95
- Incahuanaco Quispe, Vanesa, (2018). Identificación de puntos críticos por contaminación de metales tóxicos (Cadmio, Mercurio, Plomo y Arsénico) mediante análisis de sedimentos superficiales de la Subcuenca del Río Crucero, Cuenca Azángaro – Puno, 2018. Univercidad Peruana Union, Facultad de Ingeniaria y Arquitectura, Escuela Profecional de Ingenieria Ambiental. Puno – Peru.



- Jalisco, México. *Agricultura Técnica En México*, 35(3), 267–276. 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.
- Kabata-Pendias, (2000). Trace Elements in Soils and Plants. 3ra ed., CRC Press.
- Kumar, Vinod, et al. “Global Evaluation of Heavy Metal Content in Surface Water Bodies: A Meta-Analysis Using Heavy Metal Pollution Indices and Multivariate Statistical Analyses.” *Chemosphere*, vol. 236, Elsevier Ltd, 2019, p. 124364, doi:10.1016/j.chemosphere.2019.124364.
- 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.
- López, F., Senior, W., Fermín, I., Marquéz, A., & Martínez, G. (2006). Fraccionamiento de los Metales Pesados Fe, Cd, Cr y Pb en los Sedimentos Superficiales de la Laguna de Píritu Estado Anzoátegui, Venezuela. *Bol. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad Oriente.*, 45(1), 51–60.
- Machaca, H. E. (2013). *Determinación de metales pesados en la laguna Choquene, Quilcapunco - Putina - Puno. Rev. Investig. Altoandina, Vol 15 Nro 2: 213 - 224.*
- Manoj, M. C., Thakur, B., Uddandam, P. R., & Prasad, V. (2018). Assessment of metal contamination in the sediments of Vembanad wetland system, from the urban city of southwest India. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 41. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2018.07.004>
- Otamonga, Jean Paul, and John W. Poté. “Abandoned Mines and Artisanal and Small-Scale Mining in Democratic Republic of the Congo (DRC): Survey and Agenda for Future Research.” *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 208, no. September 2018, Elsevier, 2020, p. 106394, doi:10.1016/j.gexplo.2019.106394.



- 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.*
- Molina, U. N. A. la, & Minas, M. de E. y. (1999). *Investigación y Monitoreo de los Ríos Carabaya - Ramis y Cabanillas y del Lago Titicaca.* Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd08/carabaya.pdf>.
- MINAM. (2013). Ministerio del Ambiente: aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo. Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM - Peru.
- Mondal, Priyanka, et al. "Seasonal Assessment of Trace Element Contamination in Intertidal Sediments of the Meso-Macrotidal Hooghly (Ganges) River Estuary with a Note on Mercury Speciation." *Marine Pollution Bulletin*, vol. 127, no. July 2017, Elsevier, 2018, pp. 117–30, doi:10.1016/j.marpolbul.2017.11.041.
- Monge Quispe, Karina. (2018). *Determinación de la Concentración de los Metales Pesados en los Sedimentos en el rio Chili de la provincia de Arequipa Región Arequipa 2018.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ingeniería DE Procesos, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental Arequipa- Perú.
- Norberg F. 2009. Historical perspective on cadmium toxicology. *Toxicol Appl Pharmacol.* 238(3):192-200.
- 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.
- Paul, Dipak. "Research on Heavy Metal Pollution of River Ganga: A Review." *Annals of Agrarian Science*, vol. 15, no. 2, Elsevier Ltd, 2017, pp. 278–86, doi:10.1016/j.aasci.2017.04.001.



- 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.
- Pansu y Gautheyto, (2006). Handbook of Soil Analysis. Springer. Berlín. 432-689.
- Pérez Contreras, J. B., Mendoza, C. L., & Gomez, A. (2004). Determinación de Metales Pesados en Aguas y Sedimentos del Río Haina. *Ciencia y Sociedad - Redalyc*, 29(1), 38–71. <https://doi.org/0378-7680>
- Quispe Yana, R. F. (2017). *Evaluación de la Concentración de Metales Pesados (Cromo, Cadmio y Plomo) en los Sedimentos Superficiales en el Río Coata, 2017*. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola. Puno, Perú.
- Pérez (2012). Los efectos del Cadmio en la Salud. Revista de Especialidad de Medicina Quirúrgica.
- Romero Guadarrama, J. A. (2011). *Geoquímica de As, Hg, Pb y Zn y Minerología en Sedimentos Superficiales de la Cuenca de Drenaje del Distrito Minero el Triunfo, B.C.S. MÉXICO*. Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marina. La Paz Baja California Sur, México. <https://doi.org/Tesis de Maestría en Ciencia en Manejo de Recursos Marinos>
- Rocha, C. E. (2000). Principios de Espectroscopia. México: Editorial UNCh – págs 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



- 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.
- 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>
- Usero, J. (1997). Contaminación por metales en sedimentos acuáticos. Tecnología del Agua.
- Vareda, João P., et al. “Assessment of Heavy Metal Pollution from Anthropogenic Activities and Remediation Strategies: A Review.” *Journal of Environmental Management*, vol. 246, no. June, Elsevier, 2019, pp. 101–18, doi:10.1016/j.jenvman.2019.05.126.
- WHO, (1992). International programme of Chemical Safety (IPCS). Genova: Methylmercury. The International Labour Organization and the World Health Organization.
- Zhao, G., Ye, S., Yuan, H., Ding, X., Wang, J., & Laws, E. A. (2018). Surface sediment properties and heavy metal contamination assessment in river sediments of the Pearl River Delta, China. *Marine Pollution Bulletin*, 136(June), 300–308. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.035>.



Zhu, Yi, et al. “Nanomaterials and Plants: Positive Effects, Toxicity and the Remediation of Metal and Metalloid Pollution in Soil.” *Science of the Total Environment*, vol. 662, Elsevier B.V., 2019, pp. 414–21, doi:10.1016/j.scitotenv.2019.01.234

ANEXOS

A. Panel Fotográfico de Muestreo



Figura. A.1. *Punto de muestreo N° 1 (Puente Chunco)*



Figura. A.2. *Punto de muestreo N° 2 (Tica Tica)*



Figura. A.3. *Punto de muestreo N° 3 (Hacienda Holleria)*



Figura. A.4 *Punto de muestreo N° 4 (León Pampas)*



Figura. A.5 *GPS para la ubicación
(relaves mineros Antiguos)*



Figura A.6. *Pasivo ambiental
de los puntos de muestreo.*



Figura. A.7. *Recolección de muestras.*



B. RESULTADOS DEL LABORATORIO DE LAS MUESTRAS



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 - PERÚ



INFORME DE ENSAYO
N° DE INFORME: ANA02B18.003181A

Nombre del Cliente	: Margoth Daysee Calsin Choque
Dirección del Cliente	: Av El Triunfo 223 Urb San José I Etapa Juliaca Puno
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: Sedimento Puente Chuncho E198,781 N8315467
Tamaño de muestra	: 1000 g
Fecha de Recepción	: 02/02/2018
Fecha de Inicio del Ensayo	: 02/02/2018
Fecha de Emisión de Informe	: 09/02/2018
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
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 Revision 4.4	
Plomo (Pb)	No detectable
Cromo (Cr)	0,833
Cadmio (Cd)	3,333

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. Abrii Ramire
 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 - PERÚ



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA02B18.003181B

Nombre del Cliente : Margoth Daysee Calsin Choque
Dirección del Cliente : Av El Triunfo 223 Urb San José I Etapa Juliaca Puno
RUC : No corresponde
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Sedimento Tica-Tica E201712 N8317518
Tamaño de muestra : 1000 g
Fecha de Recepción : 02/02/2018
Fecha de Inicio del Ensayo : 02/02/2018
Fecha de Emisión de Informe : 09/02/2018
Página : 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
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 Revision 4.4	
Plomo (Pb)	No detectable
Cromo (Cr)	2,917
Cadmio (Cd)	7,083

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
✉ laboratoriodensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350
AREQUIPA - PERÚ



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA02B18.003181C

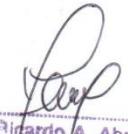
Nombre del Cliente	: Margoth Daysee Calsin Choque
Dirección del Cliente	: Av El Triunfo 223 Urb San José I Etapa Juliaca Puno
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: Sedimento Hacienda Holleria E203874 N8318440
Tamaño de muestra	: 1000 g
Fecha de Recepción	: 02/02/2018
Fecha de Inicio del Ensayo	: 02/02/2018
Fecha de Emisión de Informe	: 09/02/2018
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
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 Revision 4.4	
Plomo (Pb)	No detectable
Cromo (Cr)	3,333
Cadmio (Cd)	4,563

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


G.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQPDA 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 📄 Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA02B18.003181D

Nombre del Cliente	: Margoth Daysee Calsin Choque
Dirección del Cliente	: Av El Triunfo 223 Urb San José I Etapa Juliaca Puno
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: Sedimento León Pampa E209608 N8320889
Tamaño de muestra	: 1000 g
Fecha de Recepción	: 02/02/2018
Fecha de Inicio del Ensayo	: 02/02/2018
Fecha de Emisión de Informe	: 09/02/2018
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
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 Revision 4.4	
Plomo (Pb)	No detectable
Cromo (Cr)	1,250
Cadmio (Cd)	5,000

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
CQFPA 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: ANA02B18.003181A

Nombre del Cliente : Margoth Daysee Calsin Choque
Dirección del Cliente : Av El Triunfo 223 Urb San Jose I Etapa Juliaca Puno
RUC : No corresponde
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Sedimento Puente Chunchu E198,781 N8315467
Tamaño de muestra : 1000 g
Fecha de Recepción : 02/03/2018
Fecha de Inicio del Ensayo : 02/03/2018
Fecha de Emisión de Informe : 09/03/2018
Página : 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
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 Revision 4.4	
Plomo (Pb)	2,000
Cromo (Cr)	1,033
Cadmio (Cd)	3,350

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
CQPDA 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 - PERÚ



INFORME DE ENSAYO
N° DE INFORME: ANA02B18.003181B

Nombre del Cliente	: Margoth Daysee Calsin Choque
Dirección del Cliente	: Av El Triunfo 223 Urb San José I Etapa Juliaca Puno
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: Sedimento Tica-tica E281712 N8317518
Tamaño de muestra	: 1000 g
Fecha de Recepción	: 02/03/2018
Fecha de Inicio del Ensayo	: 02/03/2018
Fecha de Emisión de Informe	: 09/03/2018
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
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 Revision 4.4	
Plomo (Pb)	2,333
Cromo (Cr)	3,100
Cadmio (Cd)	4,200

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
COFIDA 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: ANA02B18.003181C

Nombre del Cliente : Margoth Daysee Calsin Choque
Dirección del Cliente : Av El Triunfo 223 Urb San José I Etapa Juliaca Puno
RUC : No corresponde
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Sedimento Hacienda Holleria E203874 N8318440
Tamaño de muestra : 1000 g
Fecha de Recepción : 02/03/2018
Fecha de Inicio del Ensayo : 02/03/2018
Fecha de Emisión de Informe : 09/03/2018
Página : 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
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 Revision 4.4	
Plomo (Pb)	1,000
Cromo (Cr)	2,100
Cadmio (Cd)	4,050

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
COFDA 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 - PERÚ



INFORME DE ENSAYO
N° DE INFORME: ANA02B18.003181D

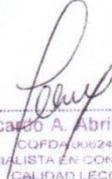
Nombre del Cliente : Margoth Daysee Calsin Choque
Dirección del Cliente : Av El Triunfo 223 Urb San José I Etapa Juliaca Puno
RUC : No corresponde
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Sedimento León Pampa E209608 N8320889
Tamaño de muestra : 1000 g
Fecha de Recepción : 02/03/2018
Fecha de Inicio del Ensayo : 02/03/2018
Fecha de Emisión de Informe : 09/03/2018
Página : 1 de 1

I. ANALISIS FISICO - QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
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 Revision 4.4	
Plomo (Pb)	1,000
Cromo (Cr)	1,333
Cadmio (Cd)	5,050

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. Abrii Ramírez
COPDA 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: ANA03D18.003273A

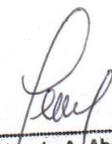
Nombre del Cliente	: Margoth Daysee Calsin Choque
Dirección del Cliente	: Av El Triunfo 223 Urb San José I Etapa Juliaca Puno
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: Sedimento Puente Chuncho E198, 781 N8315467
Tamaño de muestra	: 1000 g
Fecha de Recepción	: 03/04/2018
Fecha de Inicio del Ensayo	: 03/04/2018
Fecha de Emisión de Informe	: 12/04/2018
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
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 Revision 4.4	
Plomo (Pb)	4,000
Cromo (Cr)	3,000
Cadmio (Cd)	4,000

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 00924
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 - PERÚ



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA03D18.003275A

Nombre del Cliente : Margoth Daysee Calsin Choque
Dirección del Cliente : Av El Triunfo 223 Urb San José I Etapa Juliaca Puno
RUC : No corresponde
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Sedimento Tica-Tica E201712 N8317518
Tamaño de muestra : 1000 g
Fecha de Recepción : 03/04/2018
Fecha de Inicio del Ensayo : 03/04/2018
Fecha de Emisión de Informe : 12/04/2018
Página : 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
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 Revision 4.4	
Plomo (Pb)	4,500
Cromo (Cr)	3,000
Cadmio (Cd)	1,000

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


O.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 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 📄 Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA03D18.003274A

Nombre del Cliente : Margoth Daysee Calsin Choque
Dirección del Cliente : Av El Triunfo 223 Urb San José I Etapa Juliaca Puno
RUC : No corresponde
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Sedimento Hacienda Holleria E203874 N8318440
Tamaño de muestra : 1000 g
Fecha de Recepción : 03/04/2018
Fecha de Inicio del Ensayo : 03/04/2018
Fecha de Emisión de Informe : 12/04/2018
Página : 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
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 Revision 4.4	
Plomo (Pb)	1,500
Cromo (Cr)	2,000
Cadmio (Cd)	4,000

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
CQFPA 00924
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 - PERÚ



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA03D18.003276A

Nombre del Cliente : Margoth Daysee Calsin Choque
Dirección del Cliente : Av El Triunfo 223 Urb San José I Etapa Juliaca Puno
RUC : No corresponde
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Sedimento León Pampa E209608 N8320889
Tamaño de muestra : 1000 g
Fecha de Recepción : 03/04/2018
Fecha de Inicio del Ensayo : 03/04/2018
Fecha de Emisión de Informe : 12/04/2018
Página : 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
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 Revision 4.4	
Plomo (Pb)	3,500
Cromo (Cr)	1,000
Cadmio (Cd)	5,500

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
CQFCA 00924
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 - PERÚ



INFORME DE ENSAYO
N° DE INFORME: ANA03D18.003273B

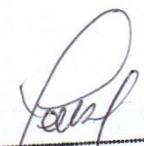
Nombre del Cliente	: Margoth Daysee Calsin Choque
Dirección del Cliente	: Av El Triunfo 223 Urb San José I Etapa Juliaca Puno
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: Agua Puente Chuncho E198, 781 N8315467
Tamaño de muestra	: 1000 g
Fecha de Recepción	: 03/04/2018
Fecha de Inicio del Ensayo	: 03/04/2018
Fecha de Emisión de Informe	: 12/04/2018
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE pH Método Instrumental Directo, Potenciometria	6,73
DETERMINACIÓN DE CONDUCTIVIDAD (uS cm-1) Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, Método B Pag 2-65	202,00

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
CQFPA 00924
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 - PERÚ



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA03D18.003275B

Nombre del Cliente	: Margoth Daysee Calsin Choque
Dirección del Cliente	: Av El Triunfo 223 Urb San José I Etapa Juliaca Puno
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: Agua Tica-Tica E201712 N8317518
Tamaño de muestra	: 1000 g
Fecha de Recepción	: 03/04/2018
Fecha de Inicio del Ensayo	: 03/04/2018
Fecha de Emisión de Informe	: 12/04/2018
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE pH Método Instrumental Directo, Potenciometría	6,80
DETERMINACIÓN DE CONDUCTIVIDAD (uS cm-1) Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, Método B Pag 2-65	146,00

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


C.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA00824
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 📄 Apto. 1350
AREQUIPA - PERÚ



INFORME DE ENSAYO
N° DE INFORME: ANA03D18.003274B

Nombre del Cliente : Margoth Daysee Calsin Choque
Dirección del Cliente : Av El Triunfo 223 Urb San José I Etapa Juliaca Puno
RUC : No corresponde
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Agua Hacienda Holleria E203874 N8318440
Tamaño de muestra : 1000 g
Fecha de Recepción : 03/04/2018
Fecha de Inicio del Ensayo : 03/04/2018
Fecha de Emisión de Informe : 12/04/2018
Página : 1 de 1

I. ANALISIS FISICO - QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE pH Método Instrumental Directo, Potenciometria	6,89
DETERMINACIÓN DE CONDUCTIVIDAD (uS cm-1) Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, Método B Pag 2-65	141,90

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


O.F. Ricardo A. Abril Ramirez
CQFDA 00924
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 📄 Apto. 1350
AREQUIPA - PERÚ



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA03D18.003276B

Nombre del Cliente	: Margoth Daysee Calsin Choque
Dirección del Cliente	: Av El Triunfo 223 Urb San José I Etapa Juliaca Puno
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: Agua León Pampa E209608 N8320889
Tamaño de muestra	: 1000 g
Fecha de Recepción	: 03/04/2018
Fecha de Inicio del Ensayo	: 03/04/2018
Fecha de Emisión de Informe	: 12/04/2018
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE pH(Unidades pH 20°C) Método Instrumental Directo, Potenciometría	6,90
DETERMINACIÓN DE CONDUCTIVIDAD (uS cm-1) Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, Método B Pag 2-65	149,10

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. CATEGORÍA 3 RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(μ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ ⁻ -N) + Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3

D. directrices de calidad de los sedimentos canadienses para la protección de la vida acuática



Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life

SUMMARY TABLES

Table 1. Interim freshwater sediment quality guidelines (ISQGs; dry weight), probable effect levels (PELs; dry weight), and incidence (%) of adverse biological effects in concentration ranges defined by these values.*

Substance	ISQG	PEL	% ≤ ISQG	ISQG < % < PEL	% ≥ PEL
Acenaphthene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Acenaphthylene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Anthracene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Aroclor 1254 [See Polychlorinated biphenyls (PCBs)]					
Arsenic	5.9 mg·kg ⁻¹	17.0 mg·kg ⁻¹	5	25	12
Benz(<i>a</i>)anthracene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Benzo(<i>a</i>)pyrene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Cadmium	0.6 mg·kg ⁻¹	3.5 mg·kg ⁻¹	11	12	47
Chlordane	4.50 µg·kg ⁻¹	8.87 µg·kg ⁻¹	2	17	70
Chromium	37.3 mg·kg ⁻¹	90.0 mg·kg ⁻¹	2	19	49
Chrysene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Copper	35.7 mg·kg ⁻¹	197 mg·kg ⁻¹	4	38	44
DDT's					
DDD [‡] (2,2-Bis(<i>p</i> -chlorophenyl)-1,1,-dichloroethane; Dichloro diphenyl dichloroethane)	3.54 µg·kg ⁻¹	8.51 µg·kg ⁻¹	3	30	85
DDE [‡] (1,1-Dichloro-2,2,bis(<i>p</i> -chlorophenyl)-ethene; Diphenyl dichloro ethylene)	1.42 µg·kg ⁻¹	6.75 µg·kg ⁻¹	6	20	47
DDT [‡] (2,2-Bis(<i>p</i> -chlorophenyl)-1,1,1-trichloroethane; Dichloro diphenyl trichloroethane)	1.19 µg·kg ⁻¹ ‡	4.77 µg·kg ⁻¹ §	8	5	59
Dibenz(<i>a,h</i>)anthracene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Dieldrin	2.85 µg·kg ⁻¹	6.67 µg·kg ⁻¹	1	10	60
Endrin	2.67 µg·kg ⁻¹	62.4 µg·kg ⁻¹	1	64	59
Fluoranthene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Fluorene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					

Continued.

Canadian Environmental Quality Guidelines
Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999, updated 2001

SUMMARY TABLES

Canadian Sediment Quality Guidelines
for the Protection of Aquatic Life

Table 1. Continued.

Substance	ISQG	PEL	% ≤ ISQG	ISQG < % < PEL	% ≥ PEL
Heptachlor epoxide	0.60 µg·kg ⁻¹	2.74 µg·kg ⁻¹	3	12	67
Hexachlorocyclohexane [See Lindane]					
Lead	35.0 mg·kg ⁻¹	91.3 mg·kg ⁻¹	5	23	42
Lindane (Hexachlorocyclohexane)	0.94 µg·kg ⁻¹	1.38 µg·kg ⁻¹	0	50	49
Mercury	0.17 mg·kg ⁻¹	0.486 mg·kg ⁻¹	8	34	36
2-Methylnaphthalene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Naphthalene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
PAHs [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
PCBs [See Polychlorinated biphenyls (PCBs)]					
PCDD/Fs [see Polychlorinated dibenzo- <i>p</i> -dioxins and polychlorinated dibenzofurans]					
Phenanthrene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Polychlorinated biphenyls (PCBs)					
Aroclor 1254	60 µg·kg ⁻¹ †	340 µg·kg ⁻¹ **			
Total PCBs	34.1 µg·kg ⁻¹	277 µg·kg ⁻¹	4	40	50
Polychlorinated dibenzo- <i>p</i> -dioxins and polychlorinated dibenzofurans	0.85 ng·TEQ/kg dw †††	21.5 ng·TEQ/kg dw †††	0 ^{††}	24 ^{††}	46 ^{†††}
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)					
Acenaphthene	6.71 µg·kg ⁻¹ †	88.9 µg·kg ⁻¹ §			
Acenaphthylene	5.87 µg·kg ⁻¹ †	128 µg·kg ⁻¹ §			
Anthracene	46.9 µg·kg ⁻¹ †	245 µg·kg ⁻¹ §			
Benz(<i>a</i>)anthracene	31.7 µg·kg ⁻¹	385 µg·kg ⁻¹	13	6	38
Benzo(<i>a</i>)pyrene	31.9 µg·kg ⁻¹	782 µg·kg ⁻¹	11	16	30
Chrysene	57.1 µg·kg ⁻¹	862 µg·kg ⁻¹	8	14	25
Dibenz(<i>a,h</i>)anthracene	6.22 µg·kg ⁻¹ †	135 µg·kg ⁻¹ §			
Fluoranthene	111 µg·kg ⁻¹ †	2355 µg·kg ⁻¹ §	8	23	49
Fluorene	21.2 µg·kg ⁻¹ †	144 µg·kg ⁻¹ §			
2-Methylnaphthalene	20.2 µg·kg ⁻¹ †	201 µg·kg ⁻¹ §			
Naphthalene	34.6 µg·kg ⁻¹ †	391 µg·kg ⁻¹ §			
Phenanthrene	41.9 µg·kg ⁻¹	515 µg·kg ⁻¹	4	17	44
Pyrene	53.0 µg·kg ⁻¹	875 µg·kg ⁻¹	7	16	32
Pyrene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Toxaphene	0.1 µg·kg ⁻¹ ††	— ††	5	32	36
Zinc	123 mg·kg ⁻¹	315 mg·kg ⁻¹	5	32	36

† ISQGs and PELs presented here have been calculated using a modification of the NSTP approach (CCME 1995).

‡ Sum of *p,p'* and *o,p'* isomers.

†† Provisional; adoption of marine ISQG.

††† Provisional; adoption of marine PEL.

§ Provisional; adoption of lowest effect level from Ontario (Persaud et al. 1993).

** Provisional; 1% TOC; adoption of severe effect level of 34 µg·g⁻¹ TOC from Ontario (Persaud et al. 1993).

†††† Provisional; 1% TOC; adoption of the chronic sediment quality criterion of 0.01 µg·g⁻¹ TOC of the New York State Department of Environmental Conservation (NYSDEC 1994).

††††† No PEL derived.

§§§ Values are expressed as toxic equivalency (TEQ) units, based on WHO 1998 TEF values for fish.

†††††† Note that the incidence of adverse biological effects below the TEL, between the TEL and PEL, and above the PEL, were 22%, 24% and 65%, respectively, prior to the application of a safety factor.