



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



**EVALUACIÓN DE NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE LOS**  
**METALES TÓXICOS EN LAS AGUAS DEL RIO PARATÍA,**  
**LAMPA, PUNO 2020**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**HUGO ALEXANDER CHOQUE CRUZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO METALURGISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

A mis padres Flavio Clemente Choque Quico y Cristina Cruz de Choque, por todo el sacrificio para conmigo.

A mis hermanas Gloria, Gladys y Olga, por su apoyo incondicional y por los alientos incansables del día a día para poder culminar la presente tesis; gracias por estar pendiente siempre de mí.

A Alexandra, por ser la persona máspreciada de mi vida, por ser el motivo de mis superaciones.

A mis Sobrinas Ericka, karol y mi sobrino Iker por el cariño puro y sincero.

*Hugo Alexander.*



## AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, por ser el guía y por ser el protector de mis pasos, a toda mi familia por todo el apoyo económico moral e incondicional y por ser el empuje para mi desarrollo profesional.

A la grandiosa Universidad Nacional del Altiplano, por haberme acogido durante los años de permanencia de mis estudios, a la Facultad de Ingeniería Geológica e Ingeniería Metalúrgica, y con inmenso cariño a mi escuela profesional de Ingeniería Metalúrgica, a todos mis docentes por brindarme una enseñanza de calidad.

A mi asesor de Tesis, D.Sc. Esteban Rey Chavez Gutierrez por el apoyo incansable, por la motivación, por la paciencia y la orientación, los cuales han servido para culminar el presente trabajo de investigación.

A mis docentes miembros del jurado dictaminador M.Sc. Fernando Bernedo Colca, M. Sc. Dalmiro Aurelio Cornejo Olarte y M. Sc. Ruby Juniors Alvarez Arteaga, por sus observaciones, por las orientaciones y por las recomendaciones durante la etapa de investigación.

Al M.Sc. Jose Nestor Mamani Quispe, por el apoyo incondicional en compartir sus conocimientos para el desarrollo de mi Tesis.

A todas las personas que hicieron posible este sueño, siempre les estaré agradecido, y los llevaré en mi corazón.

*Hugo Alexander.*



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**INDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 11**

**ABSTRACT..... 12**

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 14**

**1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ..... 16**

1.2.1. Problema general..... 16

1.2.2. Problemas específicos ..... 16

**1.3. JUSTIFICACIÓN ..... 16**

**1.4. HIPÓTESIS ..... 18**

1.4.1. Hipótesis general ..... 18

1.4.2. Hipótesis específicas ..... 18

**1.5. OBJETIVOS..... 19**

1.5.1. Objetivo general ..... 19

1.5.2. Objetivos específicos..... 19

## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... 20**



|  |           |
|--|-----------|
| 2.1.1. Antecedentes internacionales .....                                  | 20        |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales .....                                       | 21        |
| 2.1.3. Antecedentes regionales .....                                       | 23        |
| <b>2.2. MARCO TEÓRICO .....</b>  | <b>24</b> |
| 2.2.1. Metales Tóxicos .....   | 24        |
| 2.2.2. Medidas sanitarias para controlar los metales pesados .....         | 30        |
| <b>2.3. CALIDAD DE AGUA .....</b>  | <b>30</b> |
| 2.3.1. Carga contaminante.....   | 31        |
| 2.3.2. Evaluación de la calidad del agua .....                             | 31        |
| 2.3.3. Características físicas .....                                       | 32        |
| 2.3.4. Características químicas .....                                      | 32        |
| 2.3.5. Características biológicas .....                                    | 33        |
| <b>2.4. MARCO LEGAL .....</b>  | <b>34</b> |
| 2.4.1. Calidad .....   | 38        |
| 2.4.2. Estándares mínimos permisibles para efluentes líquidos – minam..... | 38        |
| <b>2.5. DESCRIPCIÓN DE METALES .....</b>                                   | <b>39</b> |
| 2.5.1. Arsénico (As) .....   | 39        |
| 2.5.2. Mercurio (Hg) .....   | 40        |
| 2.5.3. Plata (Ag) .....  | 41        |
| 2.5.4. Aluminio (Al).....  | 42        |
| 2.5.5. Boro (B).....   | 43        |
| 2.5.6. Bario (Ba).....   | 44        |
| 2.5.7. Berilio (Be).....   | 45        |
| 2.5.8. Calcio (Ca) .....   | 45        |
| 2.5.9. Cadmio (Cd).....  | 46        |



|                              |    |
|------------------------------|----|
| 2.5.10. Cobalto (Co).....    | 47 |
| 2.5.11. Cromo (Cr).....      | 49 |
| 2.5.12. Cobre (Cu).....      | 50 |
| 2.5.13. Hierro (Fe).....     | 51 |
| 2.5.14. Potasio (K).....     | 51 |
| 2.5.15. Litio (Li).....      | 51 |
| 2.5.16. Magnesio (Mg).....   | 52 |
| 2.5.17. Manganeseo (Mn)..... | 52 |
| 2.5.18. Molibdeno (Mo).....  | 53 |
| 2.5.19. Sodio (Na).....      | 53 |
| 2.5.20. Níquel (Ni).....     | 54 |
| 2.5.21. Fosforo (P).....     | 54 |
| 2.5.22. Plomo (Pb).....      | 55 |
| 2.5.23. Antimonio (Sb).....  | 57 |
| 2.5.24. Selenio (Se).....    | 57 |
| 2.5.25. Estaño (Sn).....     | 58 |
| 2.5.26. Estroncio (Sr).....  | 58 |
| 2.5.27. Titanio (Ti).....    | 59 |
| 2.5.28. Talio (Tl).....      | 59 |
| 2.5.29. Vanadio (V).....     | 59 |
| 2.5.30. Zinc (Zn).....       | 60 |

### **CAPITULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| <b>3.1. MATERIALES.....</b>  | <b>61</b> |
| <b>3.2. METODOLOGÍA.....</b> | <b>61</b> |



|  |    |
|--|----|
| 3.2.1. Ubicación de área de estudio..... | 62 |
| 3.2.2. Técnicas de muestreo .....        | 62 |
| 3.2.3. Estrategias de Muestreo .....     | 63 |
| 3.2.4. Determinaciones Analíticas.....   | 64 |

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

|   |           |
|---|-----------|
| <b>4.1. ANÁLISIS DE CONTENIDO DE METALES TÓXICOS EN AGUAS DE LA ZONA DE ESTUDIO .....</b> | <b>66</b> |
| 4.1.1. Arsénico .....   | 67        |
| 4.1.2. Cadmio .....   | 68        |
| 4.1.3. Cromo.....   | 70        |
| 4.1.4. Mercurio .....   | 72        |
| 4.1.5. Plomo .....  | 74        |
| <b>4.2. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS.....</b>                                   | <b>75</b> |
| <b>V. CONCLUSIONES.....</b>   | <b>78</b> |
| <b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>  | <b>79</b> |
| <b>VII. REFERENCIAS.....</b>  | <b>80</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>  | <b>84</b> |

**Área:** Medio ambiente y seguridad en procesos metalúrgicos

**Tema:** Evaluación de niveles de concentración de los metales tóxicos en las aguas del río Paratía Lampa Puno – 2022.

**Fecha de sustentación:** 14 de setiembre del 2022



## INDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Muestra del rio Paratía .....                      | 14 |
| <b>Figura 2.</b> Preparación para la toma de muestra .....          | 63 |
| <b>Figura 3.</b> Coordenadas programadas para la muestra.....       | 63 |
| <b>Figura 4.</b> Puntos de muestras a tomar en el rio Paratía ..... | 64 |
| <b>Figura 5.</b> Resultados de las muestras con el Arsénico .....   | 67 |
| <b>Figura 6.</b> Resultados de muestras con Cadmio.....             | 68 |
| <b>Figura 7.</b> Resultados de las muestras con Cromo.....          | 70 |
| <b>Figura 8.</b> Resultados de las muestras con Mercurio .....      | 72 |
| <b>Figura 9.</b> Resultados de las muestras con Plomo .....         | 74 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Tabla 1.</b>  | Estándar de Calidad Ambiental según DS 004 – 2017 .....  | 35 |
| <b>Tabla 2.</b>  | Límites Máximos Permisibles en descargas para efluentes líquidos en las actividades metalúrgicas ..... | 38 |
| <b>Tabla 3.</b>  | Coordenadas de Puntos de muestra.....  | 64 |
| <b>Tabla 4.</b>  | Resultados comparativos con las muestras del río Paratía.....  | 66 |
| <b>Tabla 5.</b>  | Resultados de muestras de arsénico .....   | 67 |
| <b>Tabla 6.</b>  | Resultados de muestras de Cadmio.....  | 68 |
| <b>Tabla 7.</b>  | Resultados de muestras de Cromo .....  | 70 |
| <b>Tabla 8.</b>  | Resultados de muestras de Cromo .....  | 72 |
| <b>Tabla 9.</b>  | Resultados de muestras de Plomo.....   | 74 |
| <b>Tabla 10.</b> | Resultados de Parámetros Físico Químicos .....   | 75 |



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló con la iniciativa de los constantes reclamos de la población por las grandes contaminaciones en la cuenca del río de Paratía, teniendo informes y análisis de investigación sin resultados, donde se tuvo como objetivo evaluar la concentración de los metales tóxicos en las aguas del río Paratía, que ayudaran para tomar una decisión y tener como conocimiento el nivel de contaminación generada en nuestras muestras, tomando como fuente contaminante el relave de la minera CIEMSA, ubicado en el distrito de Paratía, Provincia de Lampa del Departamento de Puno a una altura de 4370 msnm; en el estudio se realizó 4 muestras tomadas en octubre del 2020 en diferentes coordenadas elaborando un plan de muestreo. Para el trabajo realizado se utilizó la metodología aplicada de tipo cuantitativa – analítica, comparando los resultados por los laboratorios analíticos del sur con los niveles máximos permitidos y los estándares de calidad ambiental establecidos por el ministerio del medio ambiente en el año 2010 y 2017 respectivamente y teniendo como resultados la evaluación de los niveles de contaminación que se encuentran por encima de los Niveles Máximos Permisibles de los metales contenidos como el Cadmio en más de 700% de los NMP y más de 1000% en los ECA, el Plomo superando el 1000% a los ECA, esta elevada contaminación genera la no utilización de las aguas de los ríos de Paratía para la potabilización por tratamiento o la muerte de varias especies dentro de las cuencas del río así como generando la sedimentación decolorada en las orillas del río siendo contaminantes ambientales en la cuenca.

**Palabras Clave:** Contaminación, evaluar, extracción, metales tóxicos, niveles de concentración.



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

|                  |   |
|------------------|---|
| $\mu\text{S/cm}$ | : Micro siemens por centímetro                                    |
| BCRP             | : Banco Central de Reservas del Perú                              |
| CIEMSA           | : Consorcio Ingenieros Ejecutores Mineros S.A.                    |
| ECA              | : Estándar de Calidad Ambiental                                   |
| KM               | : Kilómetros  |
| LAS              | : Laboratorio Analítico del Sur                                   |
| mg/L             | : Miligramo por litro   |
| mS/cm            | : mili siemens por centímetro                                     |
| MSNM             | : Metros sobre el nivel del mar                                   |
| NMP              | : Niveles Máximos Permisibles                                     |
| OMS              | : Organización Mundial de la Salud                                |
| PBI              | : Producto Bruto Interno  |
| pH               | : Potencial de Hidrogeno  |
| PPM              | : Partículas por millón   |
| SMEWW            | : Método Estándar para la Examinación de Aguas y Aguas Residuales |



## ABSTRACT

The present research work was developed with the initiative of the constant claims of the population due to the large contaminations in the Paratía river basin, having reports and research analysis without results, where the objective was to evaluate the concentration of toxic metals. in the waters of the Paratía River, which will help to make a decision and be aware of the level of contamination generated in our samples, taking as a contaminant source the tailings of the CIEMSA mining company, located in the Paratía district, Lampa Province of the Department of Puno at a height of 4370 meters above sea level; In the study, 4 samples were taken in October 2020 at different coordinates, preparing a sampling plan. For the work carried out, the applied quantitative-analytical methodology was used, comparing the results by the analytical laboratories of the south with the maximum permitted levels and the environmental quality standards established by the Ministry of the Environment in 2010 and 2017, respectively. having as results the evaluation of the contamination levels that are above the Maximum Permissible Levels of the contained metals such as Cadmium in more than 700% of the NMP and more than 1000% in the ECA, Lead exceeding 1000% to the ECAs, this high contamination generates the non-use of the waters of the rivers of Paratía for purification by treatment or the death of several species within the river basins as well as generating discolored sedimentation on the banks of the river being environmental contaminants in the basin.

**Keywords:** Pollution, evaluate, extraction, toxic metals, concentration levels.



## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

En el Perú se tiene actividades minero metalúrgicas desde la extracción hasta el procesamiento y refinación de metales, estos procesos nos llevan a realizar la evaluación de concentración de metales tóxicos (arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo), debido a la medición y evaluación de los estándares utilizando las técnicas para la liberación de dichos metales de esa manera ayudará a mejorar los procesos de liberación, por lo que la presente investigación la realice en las aguas superficiales del río Paratía, ubicado en la provincia de Lampa, del departamento de Puno, realizado en el período 2020, debido a la presencia de una laguna de depósitos de relaves de la Planta Concentradora La Inmaculada de la empresa minera CIEMSA S.A.C. Dicha planta en mención se dedica al procesamiento de minerales polimetálicos como son plata, cobre, zinc, plomo y oro. Sabiendo que los metales tóxicos se encuentran en su forma natural y son contaminantes ambientales.

El objetivo de este trabajo es determinar los niveles de concentración los metales tóxicos como arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo en las aguas del río Paratía. La cuantificación de concentraciones de los metales tóxicos se determinó por el análisis Físico Químico en las muestras de las aguas superficiales del río Paratía donde se realizó en cuatro puntos de muestreo, estableciendo salidas de campo a las zonas de estudio, se tomaron las muestras de las aguas del río, posteriormente fueron llevados a Laboratorios Analíticos del Sur para su correspondiente evaluación. La metodología que se aplicó es de tipo cuantitativa, se caracterizó los parámetros físicos, químico de las aguas del río Paratía.



*Figura 1.* Muestra del río Paratía

Así mismo el presente trabajo de investigación centrara su interés en realizar la evaluación en la temporada seca, ya que en las temporadas lluviosas el caudal del río de Paratía aumenta considerablemente y esto afectaría nuestro trabajo en campo.

En esta investigación realizada se cumplió con indicar la concentración de metales tóxicos y teniendo las muestras que fueron analizadas acorde al período de tiempo el cual serán evaluados. Este trabajo investigativo busca en ser el punto de apoyo de manera vital para desarrollar estudios posteriores desarrollados en el monitoreo, desarrollo de biorremediación y desarrollar la toma de medidas en forma integral para la debida protección ambiental de las aguas del río Paratía.

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En nuestra naturaleza existe la presencia de metales tóxicos en estado natural, donde a partir de la revolución industrial se dio utilidad haciendo que cada día sea más necesario en nuestras vidas y consecuencia de ello es que sus costos asciendan de manera acelerada en los mercados internacionales, de esa manera también se incrementó la explotación de dichos metales haciendo que las emisiones sean cada vez mayores y más



en los metales comúnmente utilizados en la minería como el plomo, cobre, zinc que son los mayormente presentes en la contaminación ambiental.

En la extracción metalúrgica existen varios métodos esenciales para la separación de minerales y trabajar con seguridad y tecnología haciendo un medio ambiente más limpio, donde mayor sean las operaciones a trabajar serán mayores las concentraciones de metales tóxicos, asimismo sabemos que el cuerpo humano tiene pequeñas concentraciones de elementos para el funcionamiento adecuado. Los metales que requieren nuestro organismo son cobalto, cobre, hierro, manganeso, magnesio, estroncio, vanadio, zinc que son útiles para diferentes actividades como la del hierro que es importante en nuestra sangre, sin embargo, en una gran cantidad nos llega a causar una intoxicación o más severo una radiación causando mutación genética en nuestro organismo y dejarnos vulnerables.

En los procesos de relave tenemos empleado muchos metales extraídos de la naturaleza y otros que por los procesos son necesarios en los componentes encontrándose en mayor proporción en el agua como coloides, sus partículas de estos metales están suspendidas (p) en fase disuelta en forma de cationes o aniones complejos. Estas fases son capturadas en partículas en forma de adsorción o absorción en forma de arcilla o hidróxidos y de esa manera se hacen mezclas dando a constituir fases que llegan a capturar iones de todo tipo formando sustancias muy contaminantes como el metilmercurio  $(\text{CH}_3\text{Hg})^3$ .

Según BCRP, (2020) Nuestro País genero una producción minero metalúrgica de un 11% del PBI neto, por lo que también las extracciones e inversiones aumentaron en nuestro País de esa manera las explotaciones aumentaron y la contaminación tuvo una creciente. Por lo que en nuestro proyecto de investigación determinaremos los niveles



generados de contaminación de la Cuenca de Paratía en específico de la zona de Paratía.  
Aplicando espectrofotometría de absorción atómica.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo afecta la concentración de los metales tóxicos al medio ambiente en las aguas del río Paratía – Lampa – Puno?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo afecta los contenidos existentes de metales tóxicos en las aguas del río Paratía?
- ¿Cómo afecta la calidad del agua del río Paratía acorde a estándares nacionales de calidad ambiental para agua?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad las aguas continentales tienen una gran importancia, debido a la longitud en los ríos, por la superficie en los embalses, por el volumen y debido a la calidad, ya que llegan a tener un gran impacto de forma directa en la flora y fauna. Las variadas y complejas causas desarrollaron un progresivo y producen un veloz deterioro en los ríos, generalmente se desarrolló una crecida en estos años, debido a ello se tiene las fuertes amenazas al ecosistema acuático y su conjunto hacen una persistencia de la fauna en general.

La debida contaminación en aguas naturales que fueron vertidas debido a la desviación, canalización o alteración de cauces y el inadecuado furtivismo, entre otras diferentes actividades humanas, fueron fuertes causas que afecten en una forma decisiva en la vida acuática el cual dio como resultado a generar alteraciones relativamente sustanciales y en un factor negativo teniendo un rango entre difícil y llegar a una forma imposible de recuperación. El agua de los ríos para nuestro hábitat es un recurso en forma



renovable y evaluando el peligro que es la contaminación y más aún por culpa de la actividad humana, el cual actualmente se requiere de su evaluación sistemática que permita establecer la predicción de su calidad y cantidad.

En este estudio de investigación justifico científicamente la razón de los metales tóxicos que fluyen en las aguas dando como resultado la afectación al medio ambiente, evaluando el factor de consumo humano se tendría un envenenamiento masivo.

La contaminación debido a los metales tóxicos, es cuando metales como el arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo, están incrustados en las rocas y son expuestos en las vetas o excavadas en una mina de tipo subterránea, pues tienden a entrar en contacto directo con el agua. Dichos metales se procesan por extracción y son llevados a las plantas causando el desplazamiento río abajo mientras en la superficie rocosa el agua lava dichos metales. Inclusive los metales que son removidos a través de las condiciones de pH bajo, establecidos en drenajes de forma acida por la minería.

En los ríos la contaminación en forma química al agua se produce de manera que los agentes químicos tales como: el ácido sulfúrico o el cianuro, que son empleados por las diferentes empresas mineras que son utilizados para separar el material que desean, los cuales gotean o llegan a derramarse, o son trasladados del lugar minero hacia un cuerpo de agua. Debido a ello los elementos químicos empleados son altamente tóxicos para la flora, fauna y los humos albergados en el hábitat.

Si se observa a los contaminantes orgánicos, los metales que afectan al medio ambiente usualmente son (de forma toxica tales como: As, Cd, Cr, Hg y Pb) que entran en contacto con los ecosistemas acuáticos tienden a no eliminarse por procesos naturales esto es debido a que los elementos no son biodegradables. Por lo cual, se observa que la concentración de metales tóxicos hallados en ecosistemas acuáticos tiende a persistir y es debido a los fenómenos químicos, físicos y biológicos tróficas, y por ello en el presente



trabajo de investigación se determinará la cuantificación de los metales tóxicos en el río Paratía.

Con respecto en el entorno del medio ambiente esta investigación proporcionará datos informativos de forma descriptiva en las concentraciones de metales tóxicos hallados entre las aguas del río Paratía, así mismo se evaluará el contenido de dichos metales y serán analizados con estándares nacionales en calidad ambiental elaborado y regulado por el ministerio del ambiente, por lo cual esto nos permitirá comprender y mostrar el nivel de contaminación en el afluente que es de vital importancia para las poblaciones aledañas a esta cuenca. Al obtener estos resultados podremos informarnos de forma técnica y poder tener un mejor entendimiento en la afectación y el desecho de residuos sólidos, así como elaborar un plan de tratamiento de las aguas residuales en los afluentes del río. Socialmente altera el bienestar y desarrollo del entorno, políticamente existen una serie de conflictos entre empresa y comunidad.

El problema a resolver, es tener una mejor información y poder estudiar a detalle a la contaminación en las aguas del río Paratía, para poder apoyar y estudiar mejor el problema es informar a detalle el factor contaminante o la acción y que factores son los que nos conlleva a este problema.

## **1.4. HIPÓTESIS**

### **1.4.1. Hipótesis general**

La concentración de los metales tóxicos en el río Paratía, afectará negativamente a las aguas del río Paratía.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- Al evaluarse la concentración de metales tóxicos, se determinará los diferentes parámetros físicos y químicos que afecten negativamente a las aguas del río Paratía.



- Las concentraciones de metales tóxicos en las aguas del río Paratía, superan los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por los estándares nacionales de calidad ambiental.

## **1.5. OBJETIVOS**

### **1.5.1. Objetivo general**

Evaluar los niveles de concentración de los metales tóxicos en las aguas del río Paratía, Lampa, Puno 2020.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la concentración de los metales tóxicos en las aguas del río Paratía utilizando los parámetros físicos y químicos relevantes.
- Analizar la calidad del agua del río Paratía con respecto a los estándares nacionales de calidad ambiental para agua.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Se tiene investigaciones anteriores en el área ambiental que se ejecutaron observando la contaminación de metales tóxicos el cual generan sustancias químicas y que resultan contaminantes siendo albergadas en las aguas de forma natural tales como lagos, ríos, sin embargo, en la cuenca del río Paratía no existe antecedentes.

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Reyes et al. (2016), en su artículo de investigación publicada en la revista Ingeniería Investigación y Desarrollo, concluyen que a nivel global y local se identifica un creciente problema de contaminación por metales pesados, que compromete severamente la salud, seguridad alimentaria y medio ambiente. Por lo que se tiene que los límites máximos permisibles en la concentración de metales tóxicos están establecidos en el líquido elemento del agua, no obstante falta establecer límites que muestren la concentración y riego de As, Cd y Hg en vegetales como legumbres, hortalizas y cereales, con el cual se pueda establecer y elaborar estudios de cómo afecta en la contaminación y como se realizan la mitigación de la contaminación y la disminución de los efectos que tienen en el medio ambiente.

En esta investigación se basa en la investigación comparada con los límites máximos permisibles y esa evaluación correcta ayuda a analizar y realizar una mejora de los límites debido a que elementos contaminantes como el Hg no están bien definidos, sin embargo, la comparación de estos límites es establecido por la Unión Europea y la FAO, el cual son más flexibles a los ECA en nuestro país.

Según Chávez (2011), en su tesis de maestría titulada “Detección de metales pesados en agua” menciona que los resultados de la detección de metales por la



transmitancia relativa en el rango de luz ultravioleta donde analizando llega a un rango de 100 ppm y 10000 ppm, en el agua tiene un rango de 200 a 400 nm para la detección de contaminación por metales pesados.

En esta tesis nos muestra que pueden existir muchos métodos de la detección y tratamiento de los metales tóxicos en el agua, sin embargo al tener una exposición elevada de rayos ultravioletas dependerá mucho la conductividad del agua que tenga y la turbidez para poder analizar adecuadamente, debido a que en Perú, existen muestras que exceden los rangos que analiza este tipo de muestras por lo que para esta investigación se determinó realizar con muestras de laboratorio ASTM D 1125, y ensayos acreditados.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Según Sotero & Alva, (2013), en su artículo de investigación de la Universidad Científica del Perú, menciona que encontraron aun altas concentraciones de plomo y mercurio en las aguas del río Nanay, por lo que se debe considerar que este río contiene sedimentos que contienen contaminación de metales pesados.

En esta investigación se evidencia que el plomo y mercurio son metales tóxicos en el agua pueden transportarse en largas distancias por lo cual estos metales son suspendidos y causando un problema en la contaminación ambiental.

Según Zevallos (2018), en su tesis de maestría titulada “Calidad de agua, bioacumulación de metales pesados y niveles de estrés en la trucha arcoíris en Challhuahuacho Apurímac” menciona que los parámetros fisicoquímicos, las concentraciones de coliformes termo tolerantes, y las concentraciones de metales pesados en agua del río Challhuahuacho fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para agua y se demostró que estos factores no presentan un riesgo para el equilibrio del ecosistema acuático.



En esta investigación podemos deducir que la concentración de metales analizados con los estándares de calidad ambiental nos ayuda a demostrar y poner el equilibrio del ecosistema acuático y generar confianza en la población para realizar minería segura.

Según Alva (2018) en su tesis de pregrado titulada “Determinación de la calidad del agua de la laguna azul de sauce para su uso según estándares de calidad ambiental (ECAs)”, menciona los parámetros como los nitratos, fosfatos y sólidos totales disueltos no se encontraron alterados, pero el pH que excede lo ideal de estar dentro del 6.5 al 8.5, al tener 8.55, y la turbidez superando el valor de 5 UNT, junto con el color que llega promediamente a medir 40 UPC, de los 15 UPC, según los Estándares de Calidad de Agua.; esto debido a la fuerte contaminación y presencia turística en la zona.

En esta investigación observamos que la contaminación es elevada y teniendo pH encima de los ECAs, con una turbiedad elevada y el pH encima de 8.5 valor máximo permisible sin embargo no encontró contaminación de metales tóxicos en sus análisis por lo que refuerza la idea de llevar con un estándar y un método de ensayo aprobado y acreditado para tener mejores resultados.

Según Torres (2016), en su tesis de maestría titulada “Principio de Gradualidad, Análisis del Proceso de adecuación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (ECA - Agua) en la actividad de la gran y mediana minería en curso desde el año 2008 al 2016.” Concluye que el desarrollo de las actividades de la gran y mediana minería, los titulares mineros que contaban con Instrumento de Gestión Ambiental aprobado, con anterioridad a la vigencia de los ECA - Agua, debían aplicar los valores límites establecidos en el Reglamento de la Ley N° 17752, Ley General de Aguas, aprobado por Decreto Supremo N° 261-69-AP, los cuales, con las disposiciones que regulan el proceso de adecuación a los nuevos ECA - Agua, debían ser actualizados tomando como referencia los nuevos ECA - Agua, a través de la modificación del Plan



Manejo Ambiental; no obstante, del universo de administrados, ni siquiera el 10% cumplió con presentar dicho instrumento de adecuación.

En esta investigación analizamos lo importante que es tener estudios y análisis actualizados debido a la toma de decisiones y las normas cambiantes por lo que debería de establecerse un mecanismo para hacer cumplir las normas, debido a que en 8 años transcurridos no hicieron un análisis o seguimiento de la contaminación realizada en la minería a los ríos que son importantes en nuestro equilibrio ambiental.

### **2.1.3. Antecedentes regionales**

Según Villanueva (2018) en su tesis de pregrado titulada “Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas superficiales del río Ayaviri para fines de riego” menciona que el punto más crítico y vulnerable de la contaminación según sus datos obtenidos se encuentran en el punto de monitoreo inicial, teniendo una mayor concentración de metales pesados en el río Chacapalca.

Mencionando la investigación realizada el punto de monitoreo inicial, resalto que tiene alto grado de contaminación llegando a ser crítico y vulnerable, por lo que se tomara como evidencia para poner una toma de monitoreo anterior al agente contaminador para hacer un descarte de emisión toxica natural o del área de procesamiento.

Según Salas (2014), en su artículo de investigación en la revista de investigaciones de la Universidad Nacional del Altiplano concluye que los resultados mostrados mencionan que las concentraciones de arsénico, cobre, plomo y zinc. En los resultados mostrados se tiene que sobrepasaron los límites máximos permisibles el cual el metal como el mercurio y cadmio tienen como resultados indicadores que están bajo los límites permisibles. En los resultados de las aguas descargadas en la actividad minera y especial la aurífera sobrepasan los límites máximos permisibles teniendo como amenaza principal



y verificando que la calidad del agua está comprometida en el tema de la biodiversidad que está asociada al medio ambiente.

En esta investigación realizada en el río Ananea menciona la minería artesanal y la contaminación emitida a los ríos con metales tóxicos, por lo que superan los límites permisibles en las descargas de agua que realizan por la utilización de la actividad minera realizada.

Flores (2018), menciona que, según los resultados del análisis de aguas, estos indican que los valores de los metales tóxicos en evaluación Al, Pb, As, Fe en los puntos 1 y 2, Fe en el punto 5 y Ni en el punto 3 de la primera evaluación (época de lluvias), se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental de aguas. La contaminación por movimiento de grandes cantidades de material que se realiza para recuperar el oro por: dragado y lavado, genera materia en suspensión (silicio como coloide), por lo que algunos mineros están utilizando coagulantes, por eso aparece altas concentraciones de Aluminio, convirtiéndose ambos (Al y Si) en elementos tóxicos haciendo al río Grande no apto para riego y consumo humano antes de ser tratada adecuadamente. El pH es ligeramente ácido por lo cual solubiliza y moviliza cierto número de metales tóxicos como el Pb, As, Al y Ni y son arrastrados río abajo y se refleja en el incremento de la conductividad.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Metales Tóxicos**

Según Londoño et al. (2016) menciona que los metales tóxicos son aquellos elementos químicos que tienen una alta densidad (mayor a 4 g/cm<sup>3</sup>), su masa y peso atómico son generalmente por encima de 20, y son tóxicos en concentraciones bajas. Se tienen: aluminio (Al), bario (Ba), berilio (Be), cobalto (Co), cobre (Cu), estaño (Sn), hierro (Fe), manganeso (Mn), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As),



cromo (Cr), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), selenio (Se), talio (Tl), vanadio (Va), oro (Au) y zinc (Zn).

Según Londoño et al. (2016), menciona que los metales pueden ser negativos en nuestra salud, sin embargo también menciona que son beneficiosos y esenciales en nuestra dieta diaria debido a que su deficiencia o exceso nos lleva a tener problemas de salud, el organismo requiere de hierro, cobre, cobalto, hierro, molibdeno, manganeso, vanadio, estroncio y zinc. Sin embargo, los demás metales no cumplen una función fisiológica conocida, alteran la salud y es mejor evitarlos siempre.

Según Beltran (2015), menciona que en nuestro ambiente la mayor parte de contaminación por metales es producida por la utilización de actividades antrópicas y por ende la fabricación de solventes orgánicos generando una problemática ambiental donde determina un problema ambiental y sanitario. Ferré et al. (2007), para cada metal existen varias formas de exposición en cada zona como aire, suelo y agua para entender el riesgo que es asociado con la toxicidad en el cuerpo de los metales pesados, por lo que los estudios realizados solo se realizan en zonas muy concretas, sin embargo, no se analizan las verdaderas causas de contaminación y establecer estándares para disminuir y evaluar los riesgos ambientales por lo que es necesario realizar evaluaciones constantes.

Según García et al. (2020), menciona que el agua afecta las propiedades del suelo incrementando la acumulación de metales pesados teniendo con las aguas residuales el incremento de valores de la conductividad eléctrica y pH, donde los suelos regados con estas aguas presentaran altas concentraciones de plomo en las capas superficiales e internamente contendrá cobre y cadmio, sin embargo la volatilización de metales hacen que estén dentro de los límites permisibles.



Según Salas et al. (2020), en su publicación mencionan los metales acumulados como contaminantes inorgánicos son un grave problema a nivel mundial, la distribución y la acumulación en cuerpos de agua dulce son potencialmente peligrosos que producen la toxicidad en la salud y en los organismos vivos que destruyen la cadena trófica.

Toda exposición a metales tóxicos ya sea en acumulación de agua dulce o por distribución de caudales genera constantemente el riesgo y la afectación a la salud, por lo que se debe establecer diferentes estándares para poder regular estos riesgos.

Según Pabon et al. (2020), en la actualidad los sistemas de producción industrial utilizan metales pesados para la extracción del material y mayormente para elementos de refinación que es el resultado de un producto deseado, asimismo al utilizar tantos metales se presenta los altos niveles de contaminación ambiental.

Es inevitable actualmente la utilización de diferentes metales tóxicos, sin embargo, con los cambios actuales de la tecnología existen mejores formas de extracción y refinación para el procesamiento, así como técnicas y estándares que ayudan a mejorar la producción y proteger nuestro medio ambiente.

#### **a. Metales pesados en los sistemas acuáticos**

Los metales pesados pueden ingresar en los sistemas acuáticos por medio de diversos procesos geoquímicos o como resultado de las actividades antropogénicas. Respecto a estas últimas, la contaminación acuática por metales pesados puede ocurrir a través del vertido directo, ya sea intencional o accidental de aguas residuales y/o por la filtración de estas al subsuelo, contaminando los mantos subterráneos. Cuci et al (2001) cuantificaron Pb, Cr, Ni y Cd tanto en el efluente como en los lodos de las unidades de tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Elazig. Los resultados demostraron que estos contienen grandes cantidades de Cr, Ni y Pb y al ser usados como fertilizantes o disposición en tierra son un problema grave que involucran la contaminación del suelo y



el agua subterránea. En las cercanías de los lugares altamente industriales o recintos mineros se observaron altas concentraciones de metales pesados que son contaminantes y están juntos a cuerpos acuáticos adyacentes, en estos lugares la contaminación es mayor a zonas donde las corrientes de agua son reducidas disminuyendo en el mar abierto.

Los metales pesados ingresando al sistema acuático pueden permanecer en el agua o el depósito en sedimentos. En las vertientes de agua en la mayoría los metales pesados tienen una solubilidad limitada en pH alcalino, consecuencia a ello tienden a separarse del agua principalmente a través de reacciones inorgánicas de oxidación, formando óxidos e hidróxidos insolubles que se depositan en el fondo o modo de partículas muy diminutas.

Barrón (1990) evidenció que los organismos acuáticos mueren, los Metales pesados quedan liberados en la inter fase agua sedimento y posteriormente se incorporan en el sedimento.

Según Calva & Torres (2003) mencionan el ingreso de metales pesados a los sistemas acuáticos se da por diferentes procesos geoquímicos o procesos antropogénicos, el cual generan una contaminación al medio ambiente y a los suelos el cual se genera más en las industrias mineras llegando a contaminar los cuerpos de agua o sedimentaciones en los suelos.

Según Rosas (2001), la suspensión de metales pesados en los sistemas acuáticos es debido a la geología, orografía, vegetación, caudal y la pendiente que influye y es mayormente debido a las precipitaciones generados que se generan coloides enriquecidos el cual hace más difícil la sedimentación y más fácil la filtración de estos metales pesados.

#### **b. Toxicidad de Metales pesados**

Los contaminantes de metales pesados tienen una alta persistencia en el ambiente debido a que su degradación es muy lenta y no pueden degradarse ni biológica ni



químicamente en la naturaleza; por lo que pueden permanecer por largos periodos de tiempo y estar disponibles para los organismos representando un serio problema de contaminación.

Los metales pesados se dividen en fracciones biodisponibles en los sedimentos que representan un alto riesgo para organismos, debido a que son formas intercambiables o lábiles en las que fácilmente pueden a disposición de los organismos para ser bioconcentrados o bioacumulados (Ponce y Botello, 1991).

Según Reyes et al. (2016) menciona que los metales más contaminantes y que afectan a la salud son el AS, Cd, Pb, Hg ya que son metales que no pueden ser degradados por procesos biológicos o antropogénicos, lo cual dentro de los sistemas acuáticos estos llegan a transformarse y se distribuyen en varias especies con diferentes características físico químicas.

Según Rodríguez (2017), establece que la toxicidad de los metales con mayor alerta figuran el mercurio, plomo, cadmio, plata, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel, zinc, arsénico, aluminio, cobalto, molibdeno, antimonio, vanadio, los cuales tienden a las afecciones de la salud afectando a los micronutrientes de nuestra naturaleza y resultan nocivos en un gran exceso a la exposición de estos.

Wilson (1988), menciona que tanto los sedimentos como los organismos tienen la capacidad para concentrar los contaminantes frecuentemente en varios ordenes de magnitud, comúnmente en ppm, en sedimentos y organismos se divide en partes por billón. En el agua los metales pesados se pueden captar a partir de tres procesos:

1. Absorción por procesos activos o pasivos de difusión de los iones metálicos del agua a través de membranas semipermeables y superficies corporales. Este mecanismo se ha determinado con los moluscos (bivalvos), crustáceos y tunicados.



2. Ingestión de los iones en el alimento o en combinación con materiales en suspensión y su posterior absorción a través de las paredes intestinales (Romeril, 1971). Este modo es el más importante en ostiones, almejas, cangrejos, langostas y peces.
3. A través de las branquias.

### **c. Eliminación de metales pesados**

Existen métodos de eliminación por medios de procesos de excreción. (Bryan, 1971) existen dos mecanismos de excreción, ya sea a través de la superficie del cuerpo o por medio de los desechos fecales y la orina. EL balance entre los mecanismos de absorción y excreción determinan que los metales pesados en los organismos se concentren en una tasa superior a la que pueden metabolizar; este fenómeno se conoce como bioacumulación.

La toxicidad de los Metales pesados en los organismos está determinada por el estado en el que se encuentran los metales del sistema acuático (adsorbidos al sedimento, en solución como iones o quelatos), así como diversas variables ambientales (temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto y nutrientes) y aspectos fisiológicos (edad de los organismos, talla, madurez, hábitos alimenticios). Asimismo, se pudo fijar algunas concentraciones de metales pesados (Cd, Co, Hg, Zn), que son letales para moluscos, crustáceos, equinodermos, poliquetos y peces. Junto a lo anterior se observó algunos efectos subletales en una gran variedad de organismos y que estos incluyen cambios morfológicos, histológicos, enzimáticos, conductuales, alteración de la capacidad de respiración y fotosíntesis.

Según Ferré et al. (2007), en las concentraciones de agua de consumo se tiene que evaluar según las dosis estimadas o permitidas desde la ingesta hasta la absorción dérmica de los contaminantes en el agua los cuales ayudaran a una evaluación para la salud y la exposición a la contaminación de los medios acuáticos.



### **2.2.2. Medidas sanitarias para controlar los metales pesados**

Según Romero & Eróstegui (2014) mencionan que para la contaminación de los metales pesados no existe una forma directa de descontaminación por lo que puede prevenirse y evitar que lleguen al agua y al suelo afectando al medio ambiente y la salud donde se propone aplicar la remediación a todo cuerpo de agua y suelos contaminados para poder generar menos impactos.

En las medidas sanitarias se analizan estudios para determinar el grado de afección de los metales pesados en la salud el cual (Londoño et al., 2016) mencionan un 400% más de metales pesados en nuestro cuerpo que a comparación de hace 100 años atrás, el cual nos exponemos diariamente a estos metales y no existe una conciencia para evitar o reducir estas contaminaciones. En lo que concluyen que debería disminuirse la utilización de estos metales pesados.

Según Espín et al. (2017), mencionan que la mejor alternativa para el tratamiento de salud y la aplicación del medio ambiente son la gestión de relaves donde se debe de optimizar el uso del agua y no desperdiciar, el correcto y adecuado manejo de relaves aplicando técnicas de recirculación de aguas.

Huillca (2007) nos menciona la barrera geológica es impedir la contaminación del suelo, de las aguas subterráneas y garantizar la recolección de los lixiviados generados con un correcto tratamiento elaborando un sistema unificado de los suelos generando una disminución significativa del 1% al 17% en filtración de metales pesados y evitando contaminaciones.

### **2.3. CALIDAD DE AGUA**

Según Cepe (1995) La calidad del agua son las características físicas, químicas y biológicas necesarias para sostener los usos adecuados, siendo importante que al terminar

de ser utilizada retorna al sistema hidrológico y si no se trata adecuadamente puede afectar el medio ambiente gravemente.

Según Sierra (2011), menciona que la calidad del agua es una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas donde se tendrá variaciones según los factores que influyan en este por la masa siendo factores interno o ya sea factores externos a los cuerpos de agua.

### **2.3.1. Carga contaminante**

Según Sierra (2011) nos menciona que las vertimientos líquidos se expresan en términos de carga ( $W$ ) donde la masa de un contaminante se halla acorde al caudal que transporta dicho contaminante como explica la siguiente formula.

$$W = Q * C = Q * \frac{m}{V} \Rightarrow W = \frac{m}{t}$$

En el cual se puede determinar por procedimiento de laboratorio la cantidad de carga contaminante generada en el transporte de dichos metales pesados.

### **2.3.2. Evaluación de la calidad del agua**

En nuestro consumo como seres humanos el agua es de vital importancia para nosotros y más aún el agua dulce esto es gracias a su baja concentraciones de iones contenidos bajos en sales en la solución. Asimismo, podemos clasificar el agua en diversas formas como evaluaciones físico químicas

Según Tejada et al. (2015), la extracción de metales generan biomasa de tipo residuales en donde se tiene tres tipos de adsorción tales como el de atracción, intercambio y el de adsorción. Donde se establece diferentes tipos según las características de biomasa acumuladas.



### 2.3.3. Características físicas

Para medir las características físicas del agua se tiene

- a) Sólidos: Son partículas que se clasifican según su tamaño y estado, se clasifican en los sedimentos y su medida es ppm (partes por millón) que pueden ser suspendidos, coloidales o disueltos.
- b) Turbidez: Conocido como grado de claridad donde se verifica la penetración de la luz en el agua a través del líquido.
- c) Olor: Donde nos indica la materia orgánica por descomposición o por presencia de minerales que es atribuido a la reducción de sulfatos por la actividad microbiana.
- d) Temperatura: es la medición del agua que altera el número de características del agua y el estado del agua
- e) Color: Detecta la manera coloidal del estado del agua.

### 2.3.4. Características químicas

Para medir las características químicas del agua se tiene:

- a) Iones mayores en agua: Están incluidos los cationes de calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), sodio ( $\text{Na}^{+}$ ) y potasio ( $\text{K}^{+}$ ), y los aniones bicarbonato ( $\text{HCO}_3^{-}$ ), cloruros ( $\text{Cl}^{-}$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3^{-}$ ). Las interacciones entre iones determinan muchas características químicas
- b) Iones menores en agua: Comprenden cationes como aluminio ( $\text{Al}^{+3}$ ), amonio ( $\text{NH}_4^{+}$ ), arsénico ( $\text{As}^{+}$ ), bario ( $\text{Ba}^{+2}$ ), borato ( $\text{BO}_4^{-3}$ ), cobre ( $\text{Cu}^{+2}$ ), hierro ( $\text{Fe}^{+3}$ ) y manganeso ( $\text{Mn}^{+2}$ ), al igual que aniones como bisulfato ( $\text{HSO}_4^{-}$ ), bisulfito ( $\text{HSO}_3^{-}$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{-2}$ ), flúor ( $\text{F}^{-}$ ), hidróxido ( $\text{OH}^{-}$ ), monofosfatos ( $\text{H}_2\text{PO}_4^{-2}$ ), difosfatos ( $\text{HPO}_4^{-3}$ ), trifosfatos ( $\text{PO}_4^{-3}$ ), sulfuro ( $\text{S}^{-2}$ ) y sulfito ( $\text{SO}_3^{-2}$ )



- c) Especies Inorgánicas: Principalmente metales tóxicos, entre ellos: arsénico ( $As^{+3}$ ), bario ( $Ba^{+2}$ ), cadmio ( $Cd^{+2}$ ), cromo ( $Cr^{+3}$  y  $Cr^{+6}$ ), plomo ( $Pb^{+2}$ ), mercurio ( $Hg^{+2}$ ), selenio (Se), plata ( $Ag^{+2}$ ), zinc ( $Zn^{+2}$ ) y cianuro ( $CN^{-}$ ).
- d) Fosforo y Nitrógeno: Son especies inorgánicas que se encuentran en los ecosistemas de forma terrestre. Estos elementos se pueden encontrar en diferentes fertilizantes utilizados en plantas el cual al aplicarse llegan a verter en las cuencas y las aguas y se toma en las aguas residuales o conocidos como el retorno agrícola en los cuerpos de agua. Por lo que se tiene compuestos como: nitratos ( $NO_3^{-}$ ), nitritos ( $NO_2^{-}$ ), amonio ( $NH_4^{+}$ ), nitrógeno total (N total), ortofosfatos ( $Na_3 PO_4$  o  $Na_2 HPO_4$ ) y fósforo total (P Total)
- e) pH: Es el ion de hidrógeno establecido en su concentración, el cual se tiene la neutralidad, en condiciones de alcalinidad o acidez en el agua. Es de vital importancia al determinar las diferentes reacciones de forma química.
- f) Alcalinidad: Es una propiedad del agua que se utiliza para neutralizar a los ácidos más conocido como basicidad.
- g) Conductividad: Es el parámetro que podemos utilizar para medir la forma de conducción de corriente eléctrica a través de los iones de electrones en la solución.
- h) Dureza. Es la concentración de calcio junto con el magnesio el cual se muestra en los compuestos.

### **2.3.5. Características biológicas**

Son aquellas que se relacionan con poblaciones de microorganismos acuáticos que afectan directamente la calidad del agua en las que se asocian en desechos animales o humanos y depositados de manera inadecuada, los principales organismos que se encuentran en aguas dulces o residuales son bacterias, algas, protozoarios, helmintos, rotíferos, y crustáceos.



Internacionalmente la mayoría de evaluaciones que se consideran son las de alcalinidad, cloruros, coliformes fecales, color, conductividad, dureza, pH, sólidos suspendidos, fosfatos, grasas, aceites, nitrógeno amoniacal, nitratos y oxígeno disuelto.

## **2.4. MARCO LEGAL**

En el Perú existe la implementación de las Normas ambientales donde están amparadas principalmente por nuestra Constitución Política del Perú y sus derivados como normas de calidad, normas de emisiones y normas técnicas.

Según *Constitución Política Del Perú* (1993), menciona en su art. 2 Derechos Fundamentales de la persona inciso 22 manifiesta “Se tiene derecho a la paz, tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida”.

Así como en el artículo 67. Política Ambiental donde menciona “El estado determina la política nacional del ambiente, Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales”.

Según la “Ley General Del Ambiente 28611” (2013) menciona en su art. 31 “Estándar de Calidad Ambiental” (ECA), donde establece los niveles de concentración de elementos o sustancias en factores físicos, químicos y biológicos que estén presentes en el aire, agua y el suelo el cual establece su concentración en máximos y mínimos permisibles.

Según MINAM (2017), aprueba los estándares de calidad de agua según su uso en el cual tiene 4 categorías diferentes para aplicar acorde a la actividad a desarrollar, para nuestro trabajo de investigación estableceremos en la categoría 4 Conservación del ambiente acuático Sub categoría E2 Ríos.

**Tabla 1.***Estándar de Calidad Ambiental según DS 004 – 2017*

| Parámetros      | Unidad de medida | A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento Físico Químico | D2: Bebida de animales | E2: Ríos - Sierra |
|-----------------|------------------|---|------------------------|-------------------|
| pH              | Unidad de pH     | 5,5 a 9,0   | 6,5 a 8,4              | 6,5 a 9,0         |
| CE              | ( $\mu$ S/cm)    | 1600  | 5000                   | 1 000             |
| Antimonio       | mg/L             | 0,02  | -                      | 0,64              |
| Arsénico        | mg/L             | 0,01  | 0,2                    | 0,15              |
| Bario           | mg/L             | 0,7   | -                      | 0,7               |
| Cadmio Disuelto | mg/L             | 0,005   | 0,05                   | 0,00025           |
| Cobre           | mg/L             | 2   | 0,5                    | 0,1               |
| Cromo VI        | mg/L             | 0,05  | 1                      | 0,011             |
| Mercurio        | mg/L             | 0,002   | 0,01                   | 0,0001            |
| Níquel          | mg/L             | 0,007   | 1                      | 0,052             |
| Plomo           | mg/L             | 0,05  | 0,05                   | 0,0025            |
| Selenio         | mg/L             | 0,04  | 0,05                   | 0,005             |
| Talio           | mg/L             | -   | -                      | 0,0008            |
| Zinc            | mg/L             | 5   | 24                     | 0,12              |

Fuente: MINAM DS 004-2017

Según (DIGESA, 2006) INFORME N° 1714 - 2006/DEEPA-APRHI/DIGESA (2006), Nos informa en su oficio de referencia, desde el Laboratorio Referencial de Salud Pública de la DIRESA - Puno el cual consigna 05 muestras de laboratorio en agua de tipo efluente en relaves y también de río verde, que fueron tomadas en el distrito de Paratía, donde se menciona la posibilidad de tener los residuos sólidos y contaminantes, el cual fue tomado en el desborde de la posa de relave del proyecto minero, donde se tomaron los análisis que corresponden; así mismo, se tiene que estas muestras son tomadas por personal calificado y técnico en la REDESS Lampa.

Se tiene el documento Alerta Epidemiológica que fue comunicado a DIGESA en fecha 06/07/2006, por la Oficina epidemiológica de la DIRESA Puno que se comunica a



DIGESA en fecha 04/072006 en horas 12:50 aproximadamente, se constató en el presente informe que una porción del tabique de contención ubicado en la laguna y al ser un relave, el cual es de propiedad de la empresa CIEMSA S.A., el cual se tuvo el desborde y producto de ello se desembalsamo en alrededor de 15 000 m<sup>3</sup> el cual desplazándose 500 m donde se tuvo la desembocadura final en el río Paratía y por consecuencia se tuvo los daños tales como: contaminación exponencial en el río Paratía, Acumulación de lodos de forma parcial en canales que sirven para riego, elevación en la contaminación las pozas de maceración, envenenamiento por metales pesados a los animales causando la muerte en los peces, asimismo se cubrió los pastizales con sedimentos y lodos que son contaminantes evitando el consumo y utilización como alimento de los mismos en las riberas del río Paratía; como conclusión se tiene que en la situación que se encuentra la zona de estudio es delicada declarándola como emergencia sanitaria y mejorar trabajos de remediación.

En tal contaminación se incrementa el riesgo de que la población de la zona pueda adquirir enfermedades debido a la exposición elevada de metales pesados, el cual se recomienda realizar en el área afectada ejecutar medidas como prevenir y controlar los daños de la salud de los pobladores activando la alerta verde que según indica la directiva establecida. Las muestras fueron tomadas en estaciones según los siguientes códigos: Relave, salida de poza de desborde (M-01); Poza, cruce aprox. a 1.5 Km de la poza de desborde (M-02); Rio verde, puente Choroma (M-03); Rio verde, comunidad Choroma (M-3.1). Según la evaluación Los parámetros determinados en 04 puntos de muestreo fueron: arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro (Fe), manganeso (Mn), plomo (Pb) y zinc (Zn). La quinta muestra no fue analizada por tener poco volumen (20ml). Las muestras M-01 y M-02 no se evalúan por proceder de vertimientos de aguas residuales.



En las estaciones M-03 y M-3.1 se observan valores de Cd, Cu, Pb y Zn que sobrepasan elevadamente los valores límites de la Ley General de Aguas - clase III, no cumpliendo con esta norma sanitaria peruana predominantemente, como consecuencia de los impactos negativos causados por el desborde de relaves de la empresa minera CIEMSA S.A.; en tanto que las concentraciones de As y Cr están por debajo de la referida norma. Así mismo en dicho informe concluyen que en las muestras se obtuvo concentraciones muy altas de metales pesados como: Cadmio, Plomo, zinc y cobre el cual no realiza el cumplimiento de la Ley General de Aguas y sus Reglamentos, debido a los desbordes de relave en la empresa minera CIEMSA S.A. también mencionan que las lagunas del recurso hídrico afectado no son aptas para el consumo humano.

Autoridad Nacional del Agua - ANA (2012). La presente lleva por titulado "resultados del monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca Coata" el cual tuvo por objetivo evaluar la calidad del agua de los ríos y quebradas que se encuentran en el ámbito de la cuenca Coata, ubicada en el departamento de Puno, para la definición de la estrategia de gestión integrada de la vigilancia y control de la calidad del agua en dichas cuencas, se realizaron monitoreos en las cuencas de Coata, Illpa, Ilave y embalse Pasto Grande en las fechas del 16 al 24 de agosto del 2011, en donde según el informe concluyen que el Manganeseo es el único parámetro que sobrepasa el Valor del ECA de la Categoría 3 en el río Paratía después del vertimiento autorizado de la Unidad Minera el Cofre de la empresa CIEMSA. Así mismo indican que el río Paratía está contaminado con coliformes totales, debido a que el vertimiento doméstico en el distrito de Paratía no tiene tratamiento. Finalmente mencionan que Paratía no presentaba problemas de contaminación con metales pesados.

### 2.4.1. Calidad

- Calidad de Aguas
- Índices de calidad de agua

Se menciona a la técnica de utilizar herramientas matemáticas para integrar varios parámetros, transformando cantidades de datos en una escala de medición del agua según la ANA. En el cual mediante resolución jefatural N° 068-2018-ANA donde aprobó la metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales.

### 2.4.2. Estándares mínimos permisibles para efluentes líquidos – minam

Según (Montenero, 2020), nos menciona el DS 010-2010 donde se aprueba los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas.

**Tabla 2**

*Límites Máximos Permisibles en descargas para efluentes líquidos en las actividades metalúrgicas*

| Parámetros                    | Unidad | Limite en cualquier momento | Límite para el promedio anual |
|-------------------------------|--------|-----------------------------|-------------------------------|
| pH                            |        | 6-9                         | 6-9                           |
| Solidos totales en suspensión | mg/L   | 50                          | 25                            |
| Aceites y Grasas              | mg/L   | 20                          | 16                            |
| Cianuro Total                 | mg/L   | 1                           | 0.8                           |
| Arsénico Total                | mg/L   | 0.1                         | 0.08                          |
| Cadmio Total                  | mg/L   | 0.05                        | 0.04                          |
| Cromo Hexavalente             | mg/L   | 0.1                         | 0.08                          |
| Cobre Total                   | mg/L   | 0.5                         | 0.4                           |
| Hierro (disuelto)             | mg/L   | 2                           | 1.6                           |
| Plomo total                   | mg/L   | 0.2                         | 0.16                          |
| Mercurio Total                | mg/L   | 0.002                       | 0.0016                        |
| Zinc Total                    | mg/L   | 1.5                         | 1.2                           |

Fuente: D.S. 010 – 2010 - MINAM



## 2.5. DESCRIPCIÓN DE METALES

### 2.5.1. Arsénico (As)

Según (Lenntech, n.d.), encontramos a este metal en su forma natural como mineral de cobalto, generalmente está en la superficie de las rocas combinado con azufre o metales como Mn, Fe, Co, Ni, Ag o Sn. Asimismo, se tiene como mineral predominante y abundante del arsénico es la  $\text{FeAsS}$  (arsenopirita, pilo); y existen otros arseniuros metálicos tales como minerales  $\text{FeAs}_2$  (lollingita),  $\text{NiAs}$  (nicolita),  $\text{CoAsS}$  (cobalto brillante),  $\text{NiAsS}$  (gersdorfita) y  $\text{CoAs}_2$  (esfaltita). Los tioarseniatos y arseniuros naturales se encuentran comúnmente por lo que en gran medida los minerales de sulfuro tienen en su composición arsénico. La  $\text{As}_4\text{S}_6$  (oropimente) y  $\text{As}_4\text{S}_4$  (realgarita) se considera como el mineral importante el cual su contenido es azufre. El óxido, arsenolita,  $\text{As}_4\text{O}_6$ , se tiene debido a la alteración agregada con los agentes atmosféricos incluyendo a otros minerales que tienen en su contenido arsénico, asimismo se tiene la recuperación de polvos establecidos en los conductos entre la extracción de Cu, Ni, y Sn; asimismo se tiene al calcinar estos elementos con arseniuros de Co, Fe o Ni incluyendo el oxígeno o aire.

En el Arsénico está considerado como uno de los más tóxicos, la contaminación generalmente se produce por el contacto en la piel a través del suelo o del agua que en su contenido este el Arsénico. Generalmente en los alimentos existe arsénico en cantidades bajas, en una mayor cantidad se encuentra en los peces y mariscos esto es a consecuencia que los peces llegan a absorber el elemento del agua en donde viven. Por lo que la exposición en forma inorgánica es mucho mayor y llega a causar problemas severos y efectos fuertes contra la salud de los animales marinos y por ende por la ingesta de ellos la salud de los humanos a través de la irritación del estómago e intestinos, disminución



en la producción de glóbulos rojos y blancos, cambios en la piel, e irritación de los pulmones.

### 2.5.2. Mercurio (Hg)

Según (Lenntech, n.d.), es un líquido blanco plateado a temperatura ambiente (punto de fusión  $-38.4^{\circ}\text{C}$  o  $-37.46^{\circ}\text{F}$ ); considerado como un metal noble, soluble únicamente en soluciones oxidantes. El elemento mercurio en su forma sólida su dureza es ligera comparada como el plomo. En este caso el elemento como metal y todos sus derivados son demasiado contaminantes. La ventaja de este elemento es debido al formar soluciones o amalgamar con otros metales forman compuestos y estos elementos son la plata, el oro, platino, cobre, uranio potasio y sodio. En estos elementos, el mercurio lo podemos encontrar en estados de 2+, 1+ y más bajos en oxidación tales como:  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  o  $\text{Hg}_3(\text{AsF}_6)_2$  y  $\text{HgCl}_2$ . Generalmente en este proceso se encuentra con átomos que tienen dos enlaces de forma covalente; tales como:  $\text{Cl-Hg-Hg-Cl}$ , o también como  $\text{Cl-Hg-Cl}$ . Por lo cual también se encuentran sales de mercurio (II), como:  $\text{Hg}(\text{ClO}_4)_2$  o también como  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  o, que se ven demasiado solubles en el agua que generalmente están enlazadas entre ellas. Nuestro elemento lo encontramos casi siempre como  $\text{HgS}$  en su forma de sulfuro, el color que comúnmente se le encuentra es de color rojo de cinabrio, pero sin embargo también lo encontramos en color negro como metalcinabrio.

Generalmente el metal mercurio en forma metálico en aire seco tienden a no oxidarse, sin embargo, luego de bastante tiempo expuesto y en condiciones de aire húmedo el elemento se cubrirá con una capa de óxido de grosor delgado. Para disolverlo en ácidos que sean oxidantes tales como el ácido nítrico ácido sulfúrico concentrado sin embargo no se disuelve en ácido clorhídrico o en ácido sulfúrico diluido.

Los peces muestran concentraciones altas de mercurio excediendo altamente los niveles de mercurio debido a las aguas que tiene como hábitat. En la crianza de animales



también se tiene grandes cantidades de mercurio, sin embargo, el mercurio no es encontrado en las plantas, aunque eso no impide que el ser humano lo adquiera a través de los cultivos o los vegetales.

Este metal pesado está en el medio ambiente debido a la exposición de los minerales de rocas y el suelo que debido a los vientos o el agua es liberado, en su estado natural el mercurio permanece en sus rocas. Pero son transportados al medioambiente por la actividad humana y su utilización del mismo.

Cuando el mercurio es liberado generalmente es el aire la primera fuente de contaminación esto es debido a las actividades humanas, son generados generalmente por la quema en los productos fósiles, fundiciones en la minería y la combustión de los residuos sólidos. Algunas formas de actividades humanas liberan Mercurio directamente al suelo o al agua, por ejemplo, la aplicación de fertilizantes en la agricultura y los vertidos de aguas residuales industriales. Todo el Mercurio que es liberado al ambiente eventualmente terminará en suelos o aguas superficiales

En este metal se tiene que los valores del pH cuando muestran que están entre cinco a siete, sus concentraciones en el agua tendrán un incremento por la movilización del mercurio en el suelo. Debido a ello los peces son los primeros organismos absorbentes de este mineral el cual es debido a la contaminación superficial de río acumulándose en los tejidos y las cadenas alimenticias que desencadena como parte del ecosistema.

### **2.5.3. Plata (Hg)**

Según (Lenntech, n.d.), menciona que es un metal lustroso de color blanco-grisáceo. Desde el punto de vista químico, es uno de los metales pesados y nobles; en la mayor parte de sus aplicaciones, la plata se alea con uno o más metales. La plata, que posee las más altas conductividades térmica y eléctrica de todos los metales, se utiliza en



puntos de contacto eléctricos y electrónicos. También se emplea mucho en joyería y piezas diversas. Algunas veces se encuentra en la naturaleza como elemento libre (plata nativa) o mezclada con otros metales. Sin embargo, la mayor parte de las veces se encuentra en minerales que contienen compuestos de plata. Los principales minerales de plata son la argentita, la cerargirita o cuerno de plata y varios minerales en los cuales el sulfuro de plata está combinado con los sulfuros de otros metales.

El metal pesado Ag conocido como plata es generalmente un mineral relativamente suave (entre 2.5 a 3 según la dureza de Mohs), este mineral es de color blanco es relativamente más consistente que el oro. Al pulir este metal toma el color brillante reflejando hasta un 95% la luz que cae en ella. Este metal tiene una densidad de 10.5 con respecto al agua y la expresión del elemento es de 1000 partes por el total del metal. Por lo que la plata comercial adquiere una pureza de 999 según la ley 0.999.

#### **2.5.4. Aluminio (Al)**

Según (Lenntech, n.d.), menciona este metal es puro y blando teniendo una poca resistencia mecánica, pero puede formar aleaciones con otros elementos para aumentar su resistencia y adquirir varias propiedades útiles. Debido a las propiedades químicas, físicas como también las metalúrgicas, este metal adquirió versatilidad en la industria siendo el metal no ferroso con gran utilidad en el entorno cotidiano.

Cuando estos minerales se disuelven, según las condiciones químicas, es posible precipitar el aluminio en forma de arcillas minerales, hidróxidos de aluminio o ambos

La forma soluble en agua del Aluminio causa efectos perjudiciales, estas partículas son llamadas iones. Son usualmente encontradas en soluciones de Aluminio combinadas con otros iones, por ejemplo, cloruro de Aluminio. El Aluminio es un riesgo para ciertos ambientes de trabajo, como son las minas, donde se puede encontrar en el agua. La gente que trabaja en fábricas donde el Aluminio es aplicado durante el proceso



de producción puede aumentar los problemas de pulmón cuando ellos respiran el polvo de Aluminio. El Aluminio puede causar problemas en los riñones de los pacientes, cuando entra en el cuerpo durante el proceso de diálisis.

Elevadas concentraciones de Aluminio no sólo causan efectos sobre los peces, pero también sobre los pájaros y otros animales que consumen peces contaminados e insectos y sobre animales que respiran el Aluminio a través del aire.

### **2.5.5. Boro (B)**

Según (Lenntech, n.d.), menciona que el boro se clasifica como metaloide y es el único elemento no metálico con menos de cuatro electrones en la capa externa, es un sólido quebradizo, muy duro siendo de color negro azabache a gris plateado con brillo metálico. Muchas propiedades del boro no están lo suficientemente establecidas en forma experimental por la pureza discutible de algunas fuentes de boro.

Sus compuestos tienen muchas aplicaciones en diversos campos, aunque el boro elemental se emplea principalmente en la industria metalúrgica. Su gran reactividad a temperaturas altas, en particular con oxígeno y nitrógeno, lo hace útil como agente metalúrgico desgasificante. Se utiliza para refinar el aluminio y facilitar el tratamiento térmico del hierro maleable. El boro incrementa de manera considerable la resistencia a alta temperatura, característica de las aleaciones de acero. El boro elemental se emplea en reactores atómicos y en tecnologías de alta temperatura. El boro aparece en aguas subterráneas en cantidades inferiores.

En nuestra vida cotidiana el Boro llega a tener mucha utilidad en la fabricación del vidrio, así como también la liberación de partículas de Boro son liberadas a través de efectos naturales como la erosión.

A diferencia de otros elementos, el mineral no se concentra en los peces o en la carne por lo que no incrementa la acumulación de Boro en nuestros organismos y por



consecuencia no se acumula en los tejidos animales. Por consiguiente, se tiene que el Boro no se puede exponer por el agua o el aire siendo difícil que se produzca contaminación por esos medios, sin embargo, la exposición del polvo del Boro ocurre y produce obstrucción pulmonar como también el consumo de cosméticos o productos para lavar.

#### **2.5.6. Bario (Ba)**

Según (Lenntech, n.d.), menciona que ocupa el decimoctavo lugar en abundancia en la corteza terrestre, en donde se encuentra en un 0.04%, los compuestos de bario se obtienen de la minería y por conversión de dos minerales de bario. La barita, o sulfato de bario, es el principal mineral y contiene 65.79% de óxido de bario.

La witherita, algunas veces llamada espato pesado, es carbonato de bario y contiene 72% de óxido de bario. El metal reacciona con el agua más fácilmente que el estroncio y el calcio, pero menos que el sodio; se oxida con rapidez al aire y forma una película protectora que evita que siga la reacción, Este mineral es químicamente activo el cual reacciona amalgamada con muchos metales, esto es debido a que es dúctil y/o maleable; al ser cortado tiene apariencia de color blanca-gris al combinarse con el acetato o el cianuro de bario es utilizado en las industrias como el área metalúrgica los trozos recién cortados tienen una apariencia gris-blanca lustrosa. El acetato y cianuro de bario se usan en la industria como reactivo químico y en metalurgia, respectivamente.

Los efectos sobre la salud del Bario dependen de la solubilidad de los compuestos del Bario que se disuelven en agua pueden ser dañino para la salud humana. La toma de gran cantidad de Bario que es soluble puede causar parálisis y en algunos casos incluso la muerte. Pequeñas cantidades de Bario soluble en agua puede causar en las personas dificultad al respirar, incremento de la presión sanguínea, arritmia, dolor de estómago,



debilidad en los músculos, cambios en los reflejos nerviosos, inflamación del cerebro y el hígado. Daño en los riñones y el corazón.

El Bario es liberado al aire por las minas, proceso de refinado, y durante la producción de compuestos de Bario. Puede entrar también al aire durante la combustión del carbón y aceites. Algunos compuestos del Bario que son liberados durante procesos industriales se disuelven fácilmente en agua y son encontrados en lagos, ríos y arroyos.

### **2.5.7. Berilio (Be)**

Conforme menciona (Lenntech, n.d.), describe que es un metal raro, es uno de los metales estructurales más ligeros, su densidad es cerca de la tercera parte de la del aluminio, teniendo propiedades poco comunes e incluso únicas. El principal uso del berilio metálico se encuentra en la manufactura de aleaciones berilio-cobre y en el desarrollo de materiales moderadores y reflejantes para reactores nucleares. El berilio tiene muchos usos en la energía nuclear porque es uno de los materiales más eficientes para disminuir la velocidad de los neutrones, así como para reflejarlos. En consecuencia, se utiliza en la construcción de reactores nucleares como moderador y soporte, o en aleaciones con elementos combustibles.

El berilio entra en el aire, agua y suelo como resultado de procesos naturales y actividades humanas. Esto ocurre de forma natural en el medio ambiente en pequeñas cantidades. El hombre añade berilio a través de la producción de metal y de la combustión de carbón y aceite. Entra en el agua durante los procesos de desintegración de suelos y rocas. Las emisiones industriales añaden berilio al aire y al agua residual y éstas serán posteriormente traspasadas al agua. Normalmente precipita en el sedimento.

### **2.5.8. Calcio (Ca)**

Conforme menciona (Lenntech, n.d.), menciona el calcio es el tercer metal más abundante en la corteza terrestre. Es menos reactivo químicamente que los metales



alcalinos y que los otros metales alcalinotérreos. La distribución del calcio es muy amplia; se encuentra en casi todas las áreas terrestres del mundo. Este elemento es esencial para la vida de las plantas y animales, ya que está presente en el esqueleto de los animales, en los dientes, en la cáscara de los huevos, en el coral y en muchos suelos. El cloruro de calcio se halla en el agua del mar en un 0.15%.

Los iones calcio disueltos en el agua forman depósitos en tuberías y calderas cuando el agua es dura es decir cuando contiene demasiado calcio o magnesio. Esto se puede evitar con los ablandadores de agua. El metal producido en forma comercial reacciona fácilmente con el agua y los ácidos y produce hidrógeno que contiene cantidades notables de amoníaco e hidrocarburos como impurezas.

### **2.5.9. Cadmio (Cd)**

A detalle menciona (Lenntech, n.d.), manifiesta que el cadmio tiene relación estrecha con el zinc, con el que se encuentra asociado en la naturaleza. Es un metal dúctil, de color blanco argentino con un ligero matiz azulado. Es más blando y maleable que el zinc, pero poco más duro que el estaño. La greenockita (sulfuro de cadmio), único mineral de cadmio, no es una fuente comercial de metal. Casi todo el que se produce es obtenido como subproducto de la fundición y refinamiento de los minerales de zinc, los cuales por lo general contienen de 0.2 a 0.4%.

De forma natural grandes cantidades de Cadmio son liberadas al ambiente, sobre 25.000 toneladas al año. La mitad de este Cadmio es liberado en los ríos a través de la descomposición de rocas y algún Cadmio es liberado al aire a través de fuegos forestales y volcanes. El resto del Cadmio es liberado por las actividades humanas, como es la manufacturación. Las aguas residuales con Cadmio procedentes de las industrias mayoritariamente terminan en suelos. Las causas de estas corrientes de residuos son por ejemplo la producción de Zinc, minerales de fosfato y las bioindustrias del estiércol. El



Cadmio de las corrientes residuales puede también entrar en el aire a través de la quema de residuos urbanos y de la quema de combustibles fósiles.

Debido a las regulaciones sólo una pequeña cantidad de Cadmio entra ahora en el agua a través del vertido de aguas residuales de casas o industrias. Otra fuente importante de emisión de Cadmio es la producción de fertilizantes fosfatados artificiales. Parte del Cadmio terminará en el suelo después de que el fertilizante es aplicado en las granjas y el resto del Cadmio terminará en las aguas superficiales cuando los residuos del fertilizante son vertidos por las compañías productoras.

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. Cuando el Cadmio está presente en el suelo este puede ser extremadamente peligroso, En ecosistemas acuáticos el Cadmio puede bioacumularse en mejillones, ostras, gambas, langostas y peces.

La susceptibilidad al Cadmio puede variar ampliamente entre organismos acuáticos. Organismos de agua salada se sabe que son más resistentes al envenenamiento por Cadmio que organismos de agua dulce. Animales que comen o beben Cadmio algunas veces tienen la presión sanguínea alta, daños del hígado y daños en nervios y el cerebro.

#### **2.5.10. Cobalto (Co)**

Mediante (Lenntech, n.d.), menciona que el cobalto se parece al hierro y al níquel, tanto en estado libre como combinado. Se encuentra distribuido con amplitud en la naturaleza y forma, aproximadamente, el 0.001% del total de las rocas ígneas de la corteza terrestre. Se halla en meteoritos, estrellas, en el mar, en aguas dulces, suelos, plantas, animales y en los nódulos de manganeso encontrados en el fondo del océano. Se observan trazas de cobalto en muchos minerales de hierro, níquel, cobre, plata, manganeso y zinc;



pero los minerales de cobalto importantes en el comercio son los arseniuros, óxidos y sulfuros.

Al metal no lo afectan el agua ni el aire en condiciones normales, y lo atacan con rapidez.

El Cobalto está ampliamente dispersado en el ambiente de los humanos por lo que estos pueden ser expuesto a él por respirar el aire, beber agua y comer comida que contengan Cobalto. El Contacto cutáneo con suelo o agua que contenga Cobalto puede también aumentar la exposición. Este puede también entrar en el aire y el agua y depositarse sobre la tierra a través del viento y el polvo y entrar en la superficie del agua a través de la escorrentía cuando el agua de lluvia corre a través del suelo y rocas que contienen Cobalto. Los humanos añaden Cobalto por liberación de pequeñas cantidades en la atmósfera por la combustión de carbón y la minería, el procesado de minerales que contienen Cobalto y la producción y uso de compuesto químicos con Cobalto.

El Cobalto se mueve sólo bajo condiciones ácidas, pero al final la mayoría del Cobalto terminará en el suelo y sedimentos. Los suelos que contienen muy bajas cantidades de Cobalto puede que las plantas que crecen en ellos tengan una deficiencia de Cobalto. Cuando los animales pastorean sobre estos suelos ellos sufren una carencia de Cobalto, el cual es esencial para ellos.

Por otra parte, los suelos cercanos a las minas y las fundiciones pueden contener muy altas cantidades de Cobalto, así que la toma por los animales a través de comer las plantas puede causar efectos sobre la salud. El Cobalto se acumulará en plantas y en cuerpos de animales que comen esas plantas, pero no es conocido que el Cobalto sufra biomagnificación en la cadena alimentaria. Debido a que las frutas, vegetales, peces y otros animales que nosotros comemos usualmente no contienen altas cantidades de Cobalto.

### 2.5.11. Cromo (Cr)

Según (Lenntech, n.d.), menciona que el cromo es un metal de color blanco plateado, duro y quebradizo. Siendo relativamente suave y dúctil cuando no está tensionado o cuando está muy puro. El cromo elemental no se encuentra en la naturaleza. Su mineral más importante por abundancia es la cromita. Es de interés geoquímico el hecho de que se encuentre 0.47% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  en el basalto de la Luna, proporción que es de 3-20 veces mayor que el mismo espécimen terrestre.

El nivel de Cromo en el aire y el agua es generalmente bajo. En agua para beber el nivel de Cromo es usualmente bajo como en el agua de pozo, pero el agua de pozo contaminada puede contener el peligroso Cromo (VI); Cromo hexavalente. Para la mayoría de la gente que come comida que contiene Cromo III es la mayor ruta de entrada de Cromo, como Cromo III ocurre naturalmente en muchos vegetales, frutas, carnes, levaduras y granos. Varias maneras de preparación de la comida y almacenaje pueden alterar el contenido de Cromo en la comida. Cuando la comida es almacenada en tanques de acero o latas las concentraciones de Cromo pueden aumentar. El Cromo III es un nutriente esencial para los humanos y la falta de este puede causar condiciones del corazón, trastornos metabólicos y diabetes. Pero la toma de mucho Cromo III puede causar efectos sobre la salud también, por ejemplo, erupciones cutáneas.

Hay varias clases diferentes de Cromo que difieren de sus efectos sobre los organismos. El Cromo entra en el aire, agua y suelo en forma de Cromo (III) y Cromo (VI) a través de procesos naturales y actividades humanas. El Cromo (III) es un elemento esencial para organismos que puede interferir en el metabolismo del azúcar y causar problemas de corazón, cuando la dosis es muy baja. El Cromo (VI) es mayoritariamente tóxico para los organismos. Este puede alterar el material genético y causar cáncer.



### 2.5.12. Cobre (Cu)

Como detalla (Lenntech, n.d.), menciona que el cobre es uno de los metales de transición importante de tipo metal no ferroso. Su utilidad se debe a la combinación de sus propiedades químicas, físicas y mecánicas, así como a sus propiedades eléctricas. La mayor parte del cobre del mundo se obtiene de los sulfuros minerales como la calcocita, covelita, calcopirita, bornita y enargita.

Los minerales oxidados son la cuprita, tenorita, malaquita, azurita, crisocola y brocantita. El Cobre es una sustancia muy común que ocurre naturalmente y se extiende a través del ambiente a través de fenómenos naturales, los humanos usan ampliamente el Cobre. Por ejemplo, este es aplicado en industrias y en agricultura. La producción de Cobre se ha incrementado en las últimas décadas y debido a esto las cantidades de Cobre en el ambiente se ha expandido.

El Cobre puede ser encontrado en muchas clases de comidas, en el agua potable y en el aire. Debido a que absorbemos una cantidad eminente de cobre cada día por la comida, bebiendo y respirando. La absorción del Cobre es necesaria, porque el Cobre es un elemento traza que es esencial para la salud de los humanos. Aunque los humanos pueden manejar concentraciones de Cobre proporcionalmente altas, mucho Cobre puede también causar problemas de salud.

El Cobre termina en el medioambiente debido a los ríos que están depositando barro en sus orillas que están contaminados con Cobre, debido al vertido de aguas residuales contaminadas con Cobre. El Cobre es a menudo encontrado cerca de minas, asentamientos industriales, vertederos y lugares de residuos. En el agua superficial el cobre puede viajar largas distancias, tanto suspendido sobre las partículas de lodos como iones libres.



### 2.5.13. Hierro (Fe)

Según (Lenntech, n.d.), menciona que es un metal maleable, tenaz, de color gris plateado y magnético. Los dos minerales principales son la hematita,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , y la limonita,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Las piritas,  $\text{FeS}_2$ , y la cromita,  $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$ , se explotan como minerales de azufre y de cromo, respectivamente. El hierro se encuentra en muchos otros minerales y está presente en las aguas freáticas y en la hemoglobina roja de la sangre. La presencia del hierro en el agua provoca precipitación y coloración no deseada. Existen técnicas de separación del hierro del agua

El hierro (III)-O-arsenito, pentahidratado puede ser peligroso para el medio ambiente; se debe prestar especial atención a las plantas, el aire y el agua. Se recomienda que no se permita que el producto entre en el medio ambiente porque persiste en éste.

### 2.5.14. Potasio (K)

Según (Lenntech, n.d.), menciona que este metal reactivo es ligero y blando. Se parece mucho al sodio en su comportamiento en forma metálica. El cloruro de potasio se utiliza principalmente en mezclas fertilizantes. Sirve también como material de partida para la manufactura de otros compuestos de potasio. El hidróxido de potasio se emplea en la manufactura de jabones líquidos y el carbonato de potasio para jabones blandos.

El carbonato de potasio es también un material de partida importante en la industria del vidrio. El nitrato de potasio se utiliza en fósforos, fuegos pirotécnicos y en artículos afines que requieren un agente oxidante. Elevados niveles de potasio soluble en el agua pueden causar daños a las semillas en germinación, inhiben la toma de otros minerales y reducen la calidad del cultivo.

### 2.5.15. Litio (Li)

Según (Lenntech, n.d.), menciona el litio se encuentra como una mezcla de los isótopos  $\text{Li}6$  y  $\text{Li}7$ . Es el metal sólido más ligero, es blando, de bajo punto de fusión y



reactivo. Muchas propiedades físicas y químicas son tan o más parecidas a las de los metales alcalinotérreos que a las de su grupo. La reacción del litio metálico con agua es un extremo vigoroso.

El Litio reacciona violentamente con el agua, formando gas hidrógeno altamente inflamable y vapores corrosivos de hidróxido de litio. El litio metálico reacciona con el nitrógeno, el oxígeno, y el vapor de agua en el aire. Consecuentemente, la superficie del litio se recubre de una mezcla de hidróxido de litio (LiOH), carbonato de litio (Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), y nitruro de litio (Li<sub>3</sub>N). El hidróxido de litio representa un peligro potencialmente significativo porque es extremadamente corrosivo. Se debe prestar especial atención a los organismos acuáticos.

#### **2.5.16. Magnesio (Mg)**

Según (Lenntech, n.d.), menciona que el magnesio es blanco plateado y muy ligero, el magnesio se conoce desde hace mucho tiempo como el metal estructural más ligero en la industria, debido a su bajo peso y capacidad para formar aleaciones mecánicamente resistentes. Los iones magnesio disueltos en el agua forman depósitos en tuberías y calderas cuando el agua es dura, es decir, cuando contiene demasiado magnesio o calcio. Esto se puede evitar con los ablandadores de agua. Es utilizado en muchas propiedades químicas y metalúrgicas deseables que lo hacen apropiado en una gran variedad de aplicaciones no estructurales.

#### **2.5.17. Manganeso (Mn)**

Según (Lenntech, n.d.), menciona el manganeso es poco conocido o usado en su forma pura, reviste gran importancia práctica en la fabricación de acero, donde se oxida con facilidad en el aire para formar una capa castaña de óxido. Este mineral en su forma sólida reacciona lentamente, aunque está considerado como un metal bastante reactivo en el polvo tiende a reaccionar fácilmente y es más amalgama bien en el medio ambiente.



Este mineral al ser calentado en medio ambiente como el aire o el oxígeno presenta un estado de óxido rojizo  $Mn_3O_4$ , En la mezcla con el agua en temperatura normal forma el hidróxido de manganeso (II),  $Mn(OH)_2$ . Este mineral se encuentra en partículas pequeñas en el agua y en su forma natural es encontrado en los suelos en forma sólida.

#### **2.5.18. Molibdeno (Mo)**

Según (Lenntech, n.d.), menciona es uno de los elementos de transición. Metal gris plateado donde en su mayoría este metal proviene de las minas, siendo utilizado para la recuperación del mineral de mena. El material restante es obtenido para ser utilizado como subproducto en otras operaciones amalgamadas con el cobre. Para este metal se tiene compuestos formados según a su estado de oxidación, 0, 2+, 3+, 4+, 5+, 6+. El molibdeno es observado como un catión ionizable, sin embargo, no se conocen muchas especies catiónicas.

Basado en experimentación animal, el molibdeno y sus compuestos son altamente tóxicos. Se ha informado de alguna evidencia de disfunción hepática con hiperbilirrubinemia en trabajadores crónicamente expuestos a una planta de molibdeno y cobre. Además, se han encontrado signos de gota en trabajadores de fábricas y entre los habitantes de zonas de Armenia ricas en molibdeno.

#### **2.5.19. Sodio (Na)**

Según (Lenntech, n.d.), menciona es un metal suave, reactivo y de bajo punto de fusión, el sodio reacciona con rapidez con el agua, y también con nieve y hielo, para producir hidróxido de sodio e hidrogeno. El sodio establecido en su forma sólida es duro sin embargo no evita que absorba la humedad, en su forma líquida el hidróxido de sodio es filtrado fácilmente en el suelo, y tiene posibilidades de contaminar reservas de agua.

### 2.5.20. Níquel (Ni)

Según (Lenntech, n.d.), menciona el níquel es un elemento bastante abundante, constituye cerca de 0.008% de la corteza terrestre y 0.01% de las rocas ígneas. Se observó que en algunos meteoritos existen muestras apreciables de níquel, el cual se deduce que el centro de nuestra tierra contiene Níquel en grandes cantidades. Con las observaciones se tiene a dos sulfuros importantes tales como el hierro y níquel, pentlandita y pirrotita  $(Ni, Fe)_{xSy}$ ; en el área comercial se tiene también como garnierita,  $(Ni, Mg) SiO_3 \cdot nH_2O$ ,

A este metal lo tenemos presente en plantas como también en los animales en pequeñas cantidades, asimismo en el mar y el petróleo sin embargo El níquel se presenta en pequeñas cantidades en plantas y animales. Por lo general se tiene que esperar un periodo largo para que el níquel sea eliminado en condiciones naturales por nuestro aire.

Este metal también puede presentarse en la superficie del agua y generalmente en las aguas residuales. Pero el níquel puede ser absorbido por compuestos de sedimentos o partículas que es la mejor forma para poder filtrar y limpiar el líquido elemento de este metal asimismo al unirse con suelos ácidos llega a inmovilizarlo en cierto grado, pero eso no evita que llegue a aguas subterráneas y sean contaminantes.

### 2.5.21. Fosforo (P)

Según (Lenntech, n.d.), menciono en todas las formas de vida, los fosfatos desempeñan un papel esencial en los procesos de transferencia de energía, como el metabolismo, la fotosíntesis, la función nerviosa y la acción muscular. Otras aplicaciones importantes son como relleno de detergentes, nutrientes suplementarios en alimentos para animales, ablandadores de agua, aditivos para alimentos y fármacos, agentes de revestimiento en el tratamiento de superficies metálicas, aditivos en metalurgia, plastificantes, insecticidas y aditivos de productos petroleros.



El incremento de la concentración de fósforo en las aguas superficiales aumenta el crecimiento de organismos dependientes del fósforo, como son las algas. Estos organismos usan grandes cantidades de oxígeno y previenen que los rayos de sol entren en el agua. Esto hace que el agua sea poco adecuada para la vida de otros organismos. El fenómeno es comúnmente conocido como eutrofización.

### **2.5.22. Plomo (Pb)**

Según (Lenntech, n.d.), menciona que el plomo es un metal pesado de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es relativamente resistente al ataque de los ácidos sulfúrico y clorhídrico, pero se disuelve con lentitud en ácido nítrico. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. Los compuestos del plomo son tóxicos y han producido envenenamiento de trabajadores por su uso inadecuado y por una exposición excesiva a los mismos. Sin embargo, en la actualidad el envenenamiento por plomo es raro.

Uno de los más grandes peligros con el Plomo es la inhalación a través del vapor o absorción de polvo. Asimismo, se puede absorber por la piel por compuestos organoplúmbicos y es muy relevante para la salud. Este metal del plomo podemos encontrarlo con rareza en su forma elemental, en cambio podemos encontrar el plomo en abundancia como sulfuro, la galeana, asimismo este mineral existe de manera comercial como anglesita, el carbonato, cerusita, y el sulfato, que a la vez son escasos. Existe en minerales como el uranio y torio partículas de plomo y es debido a la desintegración radiactiva o conocido como decaimiento radioactivo.

Se utilizan una gran variedad de compuestos de plomo, como los silicatos, los carbonatos y sales de ácidos orgánicos, El nitrato de plomo,  $Pb(N_3)_2$ , es el detonador estándar para los explosivos. El plomo es uno de los cuatro metales que tienen un mayor



efecto dañino sobre la salud humana. Este puede entrar en el cuerpo humano a través de la comida (65%), agua (20%) y aire (15%).

El Plomo puede entrar en el agua potable a través de la corrosión de las tuberías. Esto es más común que ocurra cuando el agua es ligeramente ácida. Este es el porqué de los sistemas de tratamiento de aguas públicas son ahora requeridos llevar a cabo un ajuste de pH en agua que sirve para el uso del agua potable.

El Plomo puede terminar en el agua y suelos a través de la corrosión de las tuberías de Plomo en los sistemas de transportes y a través de la corrosión de pinturas que contienen Plomo. Las funciones del fitoplancton son afectadas en la interferencia con el plomo. El fitoplancton vemos que es vital para la generación de oxígeno en todo el ambiente acuático vital para la vida y la generación de alimentos en los seres vivos marinos se alimentan de él.

En condiciones normales el plomo no reacciona con el agua. Sin embargo, cuando el plomo se pone en contacto con aire húmedo, la reactividad con el agua aumenta. En la superficie del metal se forma una pequeña capa de óxido de plomo ( $PbO$ ); en presencia de oxígeno y agua, el plomo metálico se convierte en hidróxido de plomo ( $Pb(OH)_2$ ). El agua contaminada con compuestos de plomo procedía de minerales de la industria minera, esto fue ya advertido por el arquitecto Vitruvio, en el 20 A.C., cuando dio a conocer advertencias a cerca de sus efectos sobre la salud. En Roma el plomo se liberaba como un subproducto de la minería de la plata.

El plomo y los compuestos de plomo son generalmente contaminantes tóxicos. Las sales de plomo II y los compuestos orgánicos del plomo son dañinos desde un punto de vista toxicológico. Las sales de plomo tienen en el agua un peligro de clase 2, y por lo tanto son dañinas. Lo mismo se aplica a otros compuestos como el acetato de plomo, óxido de plomo, nitrato de plomo y carbonato de plomo.



El plomo existe en forma de 4 isótopos estables, y no en menos de 26 isótopos inestables. La eliminación de plomo en el agua se lleva a cabo mediante coagulación, filtración de arena e intercambio iónico, así como carbón activo y osmosis inversa.

#### **2.5.23. Antimonio (Sb)**

Según (Lenntech, n.d.), menciona el antimonio no es un elemento abundante en la naturaleza; raras veces se encuentra en forma natural, donde se presenta en dos formas: amarilla y gris. La forma amarilla es metaestable, y se compone de moléculas  $Sb_4$ , se le encuentra en el vapor de antimonio y es la unidad estructural del antimonio amarillo; la forma gris es metálica, la cual cristaliza en capas formando una estructura romboédrica. El antimonio se puede encontrar en los suelos, agua y aire en cantidades muy pequeñas. El antimonio contamina principalmente los suelos, puede viajar grandes distancias con las aguas subterráneas hacia otros lugares y aguas superficiales.

#### **2.5.24. Selenio (Se)**

Según (Lenntech, n.d.), menciona la abundancia de este elemento, ampliamente distribuido en la corteza terrestre, sus minerales no se encuentran en suficiente cantidad para tener utilidad, como fuente comercial del elemento, y por ello los minerales de sulfuro de cobre seleníferos son los que representan la fuente primaria. Este elemento es utilizado para la composición de exposímetros fotográficos asimismo es utilizado para aditivo en la metalurgia mejorando la capacidad de aceros y más resistentes para su maniobra. Al disolverse en agua se genera el seleniuro de hidrogeno el cual se precipitan iones de metal pesados. En su composición orgánica con enlaces C- existen una gran variedad desde simples selenoles como  $RSeOH$ ; haluros organil selénicos,  $RSeH$  ácido selénico,  $RSeX$ ; seleniuros diseleniuros y diorganílicos,  $R_2Se$  y  $R_2Se_2$ , y llega a ver actividades biológicas tales como selenoaminoácidos y los selenopéptidos.



Este metal es presentado en su forma natural y expuesto en el medio ambiente. El cual observamos que a través de procesos naturales como las actividades humanas podemos encontrar dicho metal. Lo importante, como toda materia este elemento no es creado y no puede ser destruido, pero como toda materia se puede cambiar la capacidad de sus componentes y forma.

#### **2.5.25. Estaño (Sn)**

Según (Lenntech, n.d.), menciona los productos químicos de estaño, tanto inorgánicos como orgánicos, se utilizan mucho en las industrias de galvanoplastia, cerámica y plásticos, y en la agricultura. Existen dos formas alotrópicas del estaño: estaño blanco y estaño gris.

En el elemento de estaño en su forma orgánica la característica es la dispersión en los sistemas acuáticos, debido a que son absorbidos por las partículas en residuo que están suspendidas. Por consecuencia causan daños elevados a los ecosistemas acuáticos, esto debido a que el estaño es muy tóxico para la flora en especial a los seres vivos como los hongos, algas y en especial el fitoplancton que es el principal eslabón del sistema acuático siendo el más importante es un eslabón muy importante en el ecosistema acuático, debido a que el fitoplancton proporciona oxígeno y que proporciona oxígeno al resto de los organismos acuáticos. También es una parte importante de la cadena alimenticia acuática.

#### **2.5.26. Estroncio (Sr)**

Según (Lenntech, n.d.), menciona que el estroncio es el menos abundante de los metales alcalinotérreos. Y los principales minerales son la celestita,  $\text{SrSO}_4$ , y la estroncianita,  $\text{SrCO}_3$ . Los compuestos del estroncio que pueden ser solubles darán el resultado de realizar las reacciones de forma química. Los compuestos solubles del estroncio en contacto con el medio ambiente se mueven con mucha más facilidad debido a ello las concentraciones de Estroncio son incrementados en el suelo y teniendo



actividades cotidianas y son generadas en cenizas de carbón o mineralización y también movidas por residuos industriales.

#### **2.5.27. Titanio (Ti)**

Según (Lenntech, n.d.), menciona que el Titanio se encuentra en su forma natural como anatasita y la brooquita. Tanto la anatasita puro y el rutilo se observó que el color blanco es su contexto. Asimismo, el óxido que se tiene como básico negro,  $\text{FeTiO}_3$ , es el que se tiene de manera natural y es conocido como ilmenita; por lo que se tiene que es primera fuente comercial de titanio.

Con sobre exposición de titanio en polvo en su forma de dióxido de titanio las mayores causas serian dolor en el pecho, toz y dificultad para respirar, por lo que es por el contacto con la piel, sin embargo, en la clasificación con el cáncer está clasificado en el grupo 3, el cual no es un agente en su carnogenicidad y no causa cáncer este elemento en su contaminación.

#### **2.5.28. Talio (Tl)**

Según (Lenntech, n.d.) El Talio produce que el cuerpo humano lo absorbe eficientemente y generalmente es a través de la piel, los órganos respiratorios y el tracto digestivo el cual causa dolores estomacales y el sistema nervioso será dañado. En algunos casos los daños son irreversibles y la muerte sigue pronto.

Al disolverse el Talio en el agua la consecuencia es la flotación y la sedimentación en los lodos juntándose en grandes cantidades.

#### **2.5.29. Vanadio (V)**

Según (Lenntech, n.d.), menciona que el Vanadio causa efectos sobre la salud humana, y generalmente cuando es acumulado a través del aire, puede causar bronquitis y neumonía generando la irritación de pulmones, garganta, ojos y cavidades nasales.



### **2.5.30. Zinc (Zn)**

Según (Lenntech, n.d.), menciona que si las personas absorben demasiado Zinc lo que ocasiona es la pérdida de apetito, generando también la disminución de sensibilidad y provocando defectos en el nacimiento, asimismo causa problemas de salud severos como úlcera de estómago, irritación de la piel, vómitos, náuseas y anemia ocasionando malestar de salud general desde los recién nacidos a las personas mayores.

Los efectos de la contaminación de zinc se muestran en la acidez de las aguas en los ríos y generando grandes cantidades de sedimentos en las aguas acumulándose en los cuerpos de los peces y microorganismos el cual afectan la salud.



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES

En la investigación desarrollada utilice los siguientes materiales para determinar la calidad en las aguas del rio Paratía y son los siguientes materiales:

- Recipiente esterilizado
- Cinta adhesiva
- Tablero de campo
- Cubeta de 20 litros
- Etiquetas de identificación
- GPS Garmin eTrex 32x
- Bolsas de Polipropileno
- Cámara fotográfica
- Guantes de Nitrilo
- Hielera
- Plumón indeleble

#### 3.2. METODOLOGÍA

El proyecto se desarrolló utilizando la metodología de investigación de tipo Cuantitativa donde según (Charaja, 2011) menciona es el tipo de investigación que se construye mediante hechos reales que previamente se construye teóricamente, donde se trabajan con el objeto de observar y medir directa o indirectamente y que existe en la realidad y esa realidad es lo denominado hecho es decir el punto de referencia de la investigación y de Nivel analítico, Por lo que se conoce también como comparativo buscando identificar la causa o las causas del motivo de la investigación. El método de investigación es cuasi-experimental en la que se investigó experimentando y analizando



físicamente los niveles de contaminación de los diferentes tipos de metales tóxicos probando la hipótesis planteada y según por lo que pudimos analizar la cantidad de mg/L en nuestra muestra.

### **3.2.1. Ubicación de área de estudio**

Nuestra investigación está realizada en el distrito de Paratía Provincia de Lampa departamento de Puno, específicamente en la circunscripción de la minera CIEMSA.

El Rio Paratía tiene una longitud de 18 Km iniciando en las quebradas del cerro Chipcojaca a una altura de 4650 m.s.n.m. estando en una pendiente de 3° a 6° naciendo con un caudal mínimo de 1.5 l/seg. Para luego unirse con ríos y manantiales de los cerros Yanacaca, Huayracaca, Amayane, Choquesayani, para luego alimentar el rio verde de la cuenca Coata.

### **3.2.2. Técnicas de muestreo**

De acuerdo con (Charaja, 2011), para la toma de muestra se utilizó la técnica de muestreo aleatorio simple, donde se designó 4 puntos de muestreo realizándose acorde a los protocolos establecidos por Laboratorios Analíticos del Sur (LAS) utilizando los materiales establecidos y recomendados como recipientes esterilizados, cubetas con hielo, guantes de protección y el GPS de marca Garmin que se utilizó para establecer los puntos de ubicación de nuestra muestra.

Asimismo, para las muestras realizadas se tiene una probabilidad del 95% de confiabilidad, debido a la precisión mencionada en las hojas de ruta y siguiendo estrictamente la cadena de custodia establecida por LAS.



**Figura 2.** Preparación para la toma de muestra



**Figura 3.** Coordenadas programadas para la muestra

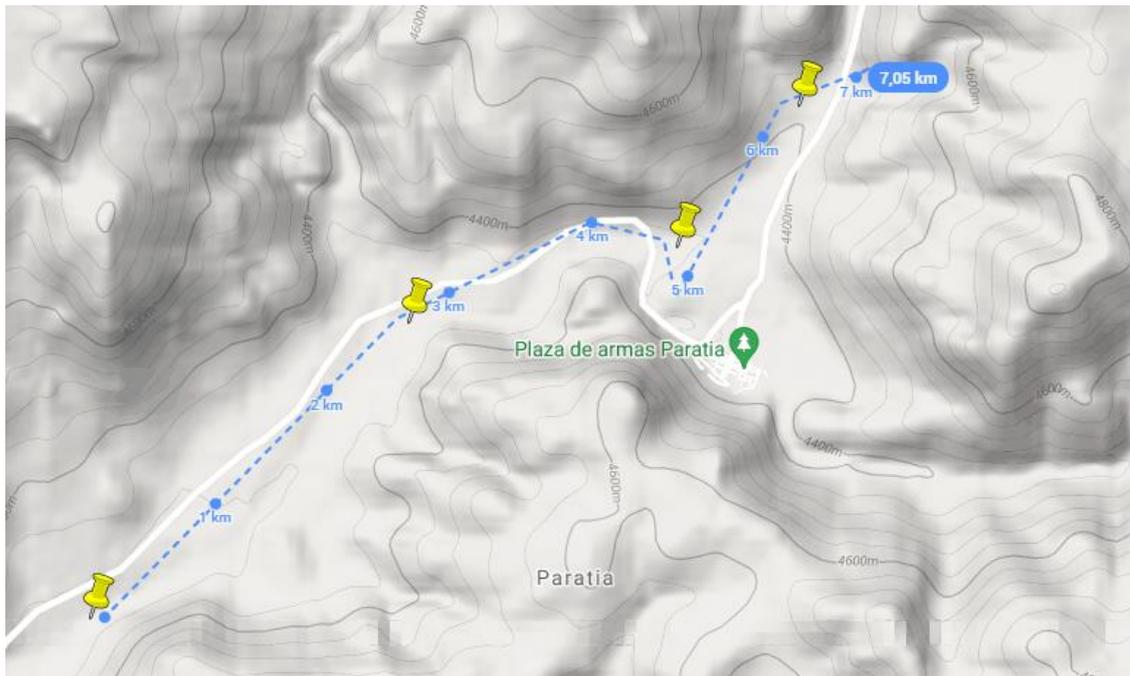
### 3.2.3. Estrategias de Muestreo

Se determinó cuatro puntos para el análisis de la investigación, delimitados en coordenadas UTM descritos de la siguiente forma.

**Tabla 3.**

*Coordenadas de Puntos de muestra*

|           | Latitud    | Longitud   | Altura  |
|-----------|------------|------------|---------|
| Punto 01: | -15.438745 | -70.595308 | 4362.00 |
| Punto 02: | -15.446678 | -70.603497 | 4313.50 |
| Punto 03: | -15.451008 | -70.618117 | 4291.00 |
| Punto 04: | -15.467857 | -70.636795 | 4287.00 |



**Figura 2.** Puntos de muestras a tomar en el río Paratía

### 3.2.4. Determinaciones Analíticas

Según el ECA D.S. 004-2017-MINAM establece que determinamos parámetros importantes para la evaluación del ECA teniendo sub categorías en los cuales se comparó con las subcategorías

A2: Potabilización del agua, D2: Bebida de animales y E2: Ríos, de los cuales se tiene los siguientes resultados:



- **Parámetros Físicos Químicos**

Según la OMS, los parámetros físicos son importantes y relacionados entre sí para determinar el tipo y calidad de agua que se tiene por lo que en esta investigación se analizara los siguientes parámetros físicos utilizando los estándares en temperatura y conductividad eléctrica el estándar ASTM D 1125-95 y el cual la medida está establecida en mili Siemens/cm (mS/cm), debido a que este método.

- **Potencial de Hidrogeno**

En esta investigación para medir el potencial de hidrogeno (pH) se utilizó el estándar SMEWW 22th Electrometric Method el cual este método describe la medida de iones de hidrogeno, el cual se estabilizo el agua a través de electrodos de platino, el cual este método nos ayuda a tener mayor precisión teniendo un error del 0.02 a 0.05.

- **Conductividad Eléctrica**

Es el reciproco de la resistencia a-c medida en ohm a una temperatura específica, el cual está establecida en mili siemens / centímetro el cual determina la cantidad de iones disueltos en el agua, conteniendo objetos extraños en varios parámetros asimismo se establece el método de solución de baja conductividad aplicado a las muestras para evitar errores y tener muestras más certeramente o exactas con mínimo error en las muestras tomadas.

- **Temperatura**

Para las muestras establecidas se tiene la importancia de la medición de temperatura bajo el estándar ASTM 1125-95 el cual nos ayuda a determinar la cantidad de elementos totales en la muestra y la alteración de estos en su temperatura viendo ya el contenido de estos metales y su toxicidad.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. ANÁLISIS DE CONTENIDO DE METALES TÓXICOS EN AGUAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Para el tratamiento del contenido de estos metales se desarrolló en los Laboratorios Analíticos del Sur en el cual se realizó con la debida cadena de custodia, teniendo un mejor análisis en la siguiente tabla y comparando a detalle cada muestra con los niveles máximos permisibles según D.S. 010 – 2010– MINAM y los estándares de calidad ambiental según el DS 004-2017-MINAM. Por lo que se detalla a continuación:

**Tabla 4.**

*Resultados comparativos con las muestras del rio Paratía*

| Puntos de Muestreo | As<br>mg/L | Cd<br>mg/L  | Cr<br>mg/L | Hg<br>mg/L  | Pb<br>mg/L  |
|--------------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| <b>ECA A2</b>      | 0.01       | 0.005       | 0.05       | 0.002       | 0.05        |
| <b>ECA D2</b>      | <b>0.2</b> | <b>0.05</b> | <b>1</b>   | <b>0.01</b> | <b>0.05</b> |
| <b>ECA E2</b>      | 0.15       | 0.00025     | 0.011      | 0.0001      | 0.0025      |
| Muestra 1          | 0.0012     | 0.00011     | 0.00265    | 0.0001      | 0.0026      |
| Muestra 2          | 0.0012     | 0.28092     | 0.00607    | 0.00041     | 0.0265      |
| Muestra 3          | 0.0014     | 0.00634     | 0.00372    | 0.00041     | 0.0026      |
| Muestra 4          | 0.0018     | 0.00238     | 0.00733    | 0.00041     | 0.0026      |

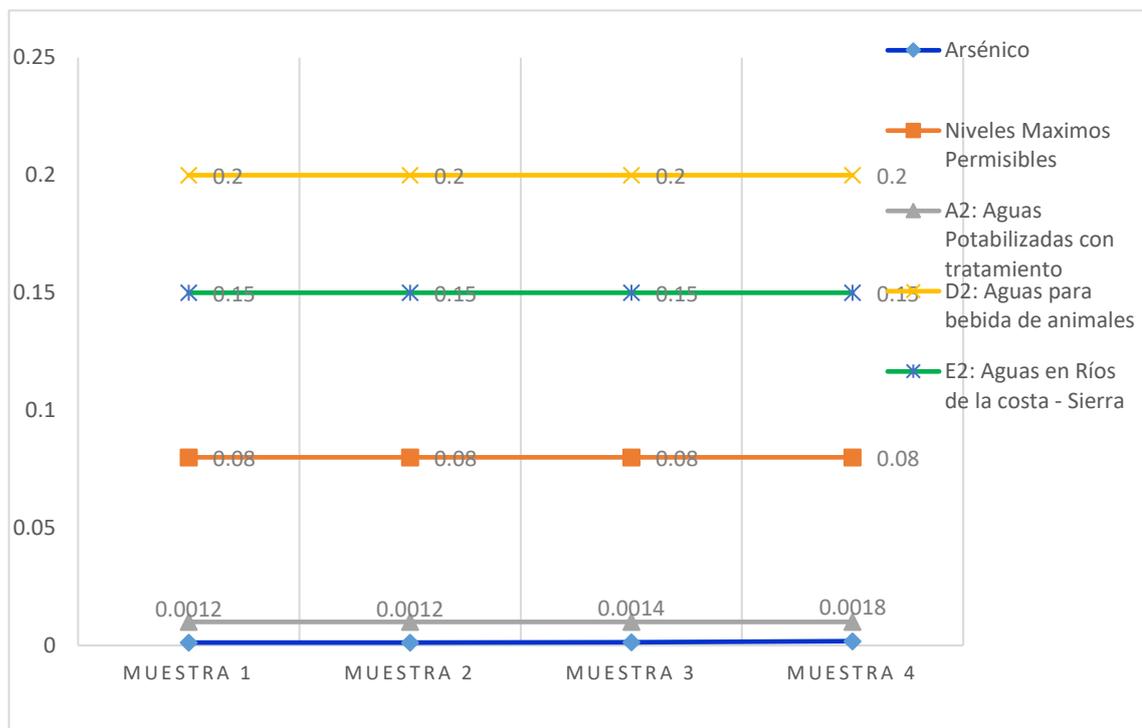
Elaboración propia

Los metales a analizar en nuestros resultados son el Arsénico, Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo. Asimismo, para la comparación con el ECA se utiliza a las tres sub categorías del ECA tales como **A2 (Población y recreacional:** Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional), **D2 (Riego de Vegetales: y bebida de animales:** Bebida de animales), **E2 (Conservación del ambiente acuático:** Ríos), se compara con tres grupos que están relacionados con la actividad metalúrgica y el cual se evidencia que el Arsénico (As) no supera los Niveles en ninguna sub categoría, sin

embargo el Cadmio (Cd) en la muestra 2 supera los estándares de calidad ambiental, así como el Arsénico (As) no supera los Niveles Máximos Permisibles.

La muestra 2 para el análisis del Manganeso exceden en 1258% al ECA teniendo una elevada concentración y la muestra 3 disminuye llegando a un 250% en el cual la muestra 4 disminuye a menor a los LMP y los ECA establecidos según se detalla a continuación.

#### 4.1.1. Arsénico



**Figura 3.** Resultados de las muestras con el Arsénico

**Tabla 5.**

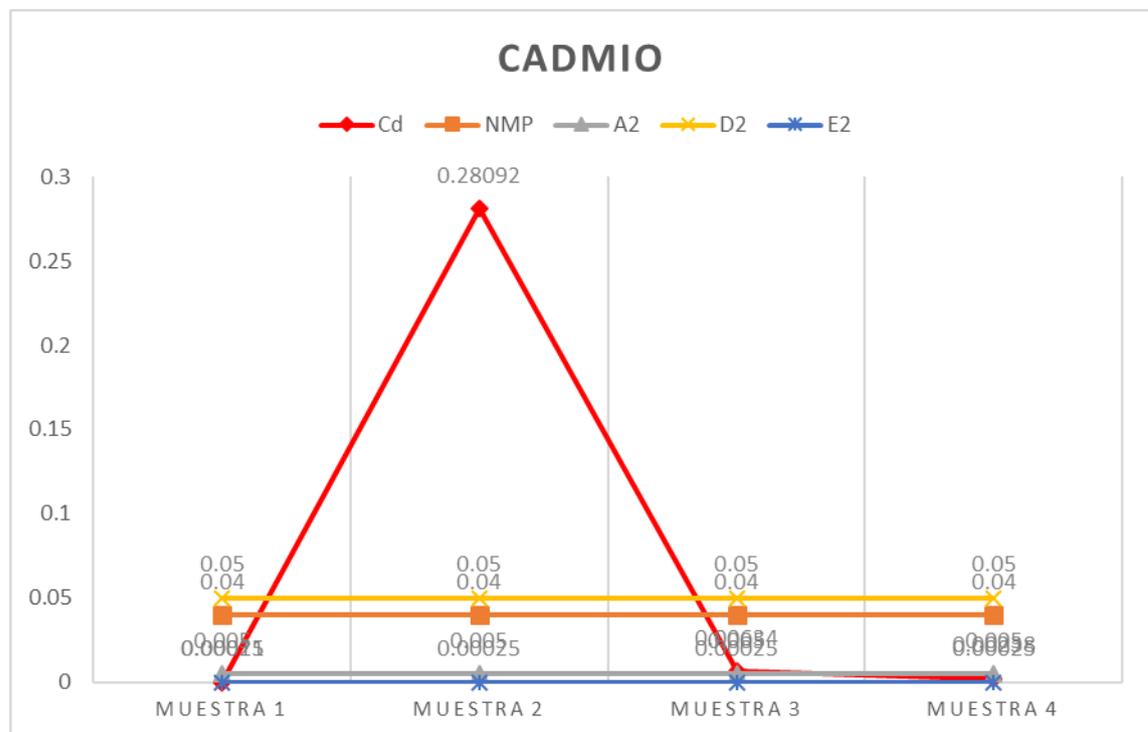
*Resultados de muestras de arsénico*

| Cantidad         | Arsénico |                             |       |   |        |                                   |       |  |       |  |
|------------------|----------|-----------------------------|-------|---|--------|-----------------------------------|-------|--|-------|--|
|                  | Arsénico | Niveles Máximos Permisibles |       | A2: Aguas Potabilizadas con tratamiento |        | D2: Aguas para bebida de animales |       | E2: Aguas en Ríos de la costa - Sierra |       |  |
| <b>Muestra 1</b> | 0.0012   | 0.08                        | 1.50% | 0.01                                    | 12.00% | 0.2                               | 0.60% | 0.15                                   | 0.80% |  |
| <b>Muestra 2</b> | 0.0012   | 0.08                        | 1.50% | 0.01                                    | 12.0%  | 0.2                               | 0.60% | 0.15                                   | 1%    |  |
| <b>Muestra 3</b> | 0.0014   | 0.08                        | 1.75% | 0.01                                    | 14.00% | 0.2                               | 0.70% | 0.15                                   | 1%    |  |
| <b>Muestra 4</b> | 0.0018   | 0.08                        | 2.25% | 0.01                                    | 18.00% | 0.2                               | 0.90% | 0.15                                   | 1.20% |  |

Elaboración propia

El arsénico en la zona se encuentra en su forma natural como (arsenopirita, pilo) en el mineral del cobalto, en las muestras realizadas ninguna supera o está cerca de los niveles máximos permisibles (NMP) o se encuentra dentro de los ECA con sus niveles máximos, donde se observa que se tiene una concentración promedio de 1.4  $\mu\text{g/L}$ , donde se tiene una creciente subida y una correlación positiva en la muestra de puntos, esto debido a la unión de ríos de las cuencas vecinas, teniendo así como en el punto 4 alejado de la planta de tratamiento se tiene una crecida de 0.4 $\mu\text{g/L}$ , por lo que no supera los límites máximos permisibles y no son considerados como contaminación por arsénico en los líquidos.

#### 4.1.2. Cadmio



**Figura 4.** Resultados de muestras con Cadmio

**Tabla 6.**

*Resultados de muestras de Cadmio*

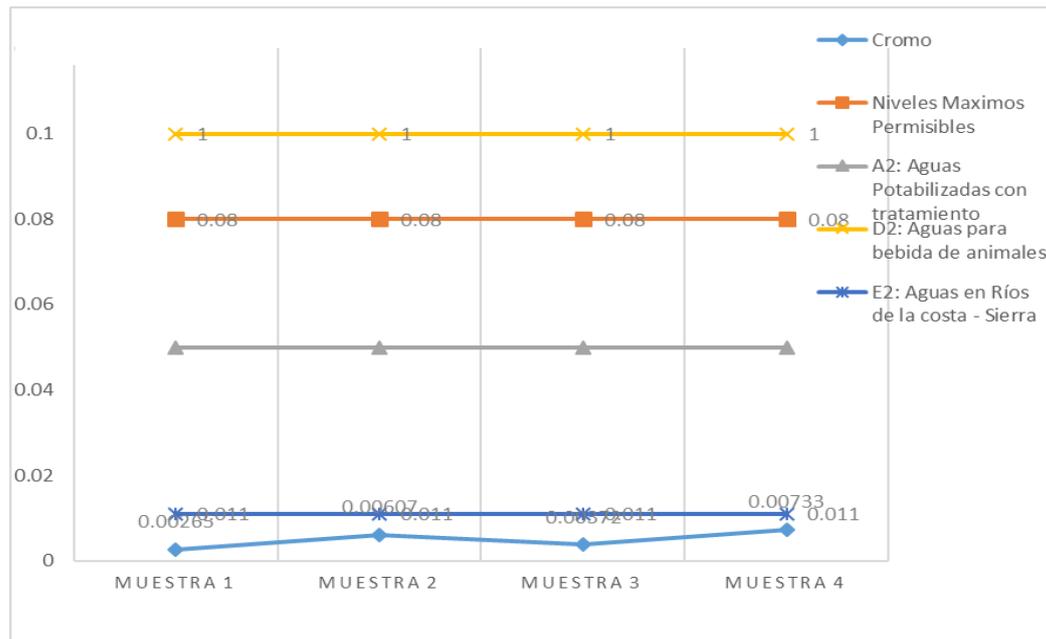
| Cadmio    |                |                             |                |   |                |                                   |                |  |                |
|-----------|----------------|-----------------------------|----------------|---|----------------|-----------------------------------|----------------|--|----------------|
| Cantidad  | Cadmio         | Niveles Máximos Permisibles |                | A2: Aguas Potabilizadas con tratamiento |                | D2: Aguas para bebida de animales |                | E2: Aguas en Ríos de la costa - Sierra |                |
| Muestra 1 | 0.00011        | 0.04                        | 0.28%          | 0.005                                   | 2.20%          | 0.05                              | 0.22%          | 0.00025                                | 44.00%         |
| Muestra 2 | <b>0.28092</b> | 0.04                        | <b>702.30%</b> | 0.005                                   | <b>5618.4%</b> | 0.05                              | <b>561.84%</b> | 0.00025                                | <b>112368%</b> |
| Muestra 3 | 0.00634        | 0.04                        | 15.85%         | 0.005                                   | 126.80%        | 0.05                              | 12.68%         | 0.00025                                | 2536%          |
| Muestra 4 | 0.00238        | 0.04                        | 5.95%          | 0.005                                   | 47.60%         | 0.05                              | 4.76%          | 0.00025                                | 952.00%        |



El Cadmio es un metal pesado muy contaminante el cual es aplicado en las plantas concentradoras como en los relaves mineros en nuestro estudio explicamos que en la zona natural o muestra 01 se encontró por debajo de los indicadores máximos (0.00011), alcanzando un máximo de 0.00025 equivalente a 44% del ECA para aguas en ríos de la sierra o menor a la mitad del estándar de calidad ambiental, el cual al encontrarse en su estado natural es un índice bajo, sin embargo en la muestra 02 se encontró con niveles muy encima de lo permitido (0.28092), y comparando con los Niveles Máximos permitidos se alcanza hasta 7 veces o 700% por encima de lo establecido, comparado con el ECA en el sub grupo de 5 veces o 500% de lo establecido, en el estándar ambiental o sub grupo E2, se alcanzó **110 veces** o lo que es equivalente a 112368% que es superior al estándar de calidad ambiental siendo excesivo y con los datos encontrados se produce una afectación ambiental, no estando permitida para el consumo de animales y en el tratamiento de agua potable al exceder excesivamente no se podrá utilizar para la potabilización, por la sedimentación de metales tóxicos en la siguiente muestra río abajo se muestra y denota la disminución abismal de la muestra el cual fue tomada 3 km abajo en la muestra 03 (0.00634) al tener un descenso drástico por el tratamiento aplicado en el transcurso de los relaves y la sedimentación disminuye y se encuentra dentro de los NMP llegando a estar dentro de lo aceptable en los ECA en el sub grupo A2, se excede en un 126%, concluyendo que aún no es conveniente la utilización de los cuerpos de agua, en el sub grupo D2 nos muestra que es aceptable, el cual se deduce que se puede utilizar para que puedan beber los animales, en el sub grupo E2: se excede la muestra aun elevada llegando a tener 25 veces superior al ECA establecido por lo que daña aun el medio ambiente y los pastizales aledaños, sin embargo en la muestra 4 se obtiene (0.00238) en nuestra muestra y al ser comparada con los NMP se encuentra muy debajo del rango establecido por lo que no tiene una consecuencia ambiental en comparación con los ECA

en el sub grupo A2: se muestra dentro del rango por lo que se puede utilizar para la potabilización del agua en el sub grupo D2 se obtiene incluso debajo de la muestra por lo que se puede beber para los animales, y en el sub grupo E2, aun no es aceptable excediendo 9 veces el ECA establecido por lo que aun todavía genera sedimentos y daños al medio ambiente.

#### 4.1.3. Cromo



**Figura 5.** Resultados de las muestras con Cromo

**Tabla 7.**

*Resultados de muestras de Cromo*

| Cantidad         | Cromo   | Niveles Máximos Permisibles | Cromo        |   |                                   |  |               |       |               |
|------------------|---------|-----------------------------|--------------|---|-----------------------------------|--|---------------|-------|---------------|
|                  |         |                             |              | A2: Aguas Potabilizadas con tratamiento | D2: Aguas para bebida de animales | E2: Aguas en Ríos de la costa - Sierra |               |       |               |
| <b>Muestra 1</b> | 0.00265 | 0.08                        | 3.31%        | 0.05                                    | 5.30%                             | 1                                      | 0.265%        | 0.011 | 24.09%        |
| <b>Muestra 2</b> | 0.00607 | 0.08                        | 7.59%        | 0.05                                    | 12.1%                             | 1                                      | 0.607%        | 0.011 | 55%           |
| <b>Muestra 3</b> | 0.00372 | 0.08                        | 4.65%        | 0.05                                    | 7.44%                             | 1                                      | 0.372%        | 0.011 | 34%           |
| <b>Muestra 4</b> | 0.00733 | 0.08                        | <b>9.16%</b> | 0.05                                    | <b>14.66%</b>                     | 1                                      | <b>0.733%</b> | 0.011 | <b>66.64%</b> |



El cromo es un metal pesado toxico aplicado en la metalurgia y la minería extractiva, sin embargo se encontró con niveles por debajo de los ECA establecidos por lo que no se tiene una alarma en los tratamientos de este metal pesado. Sin embargo, se observa que en nuestra muestra 4 se encontró los niveles más elevados, por lo que viene de otra corriente de agua debido a que en la muestra cercana a los relaves mineros o cualquier desembocadura de explotación minero metalúrgica no es el causante y originario.

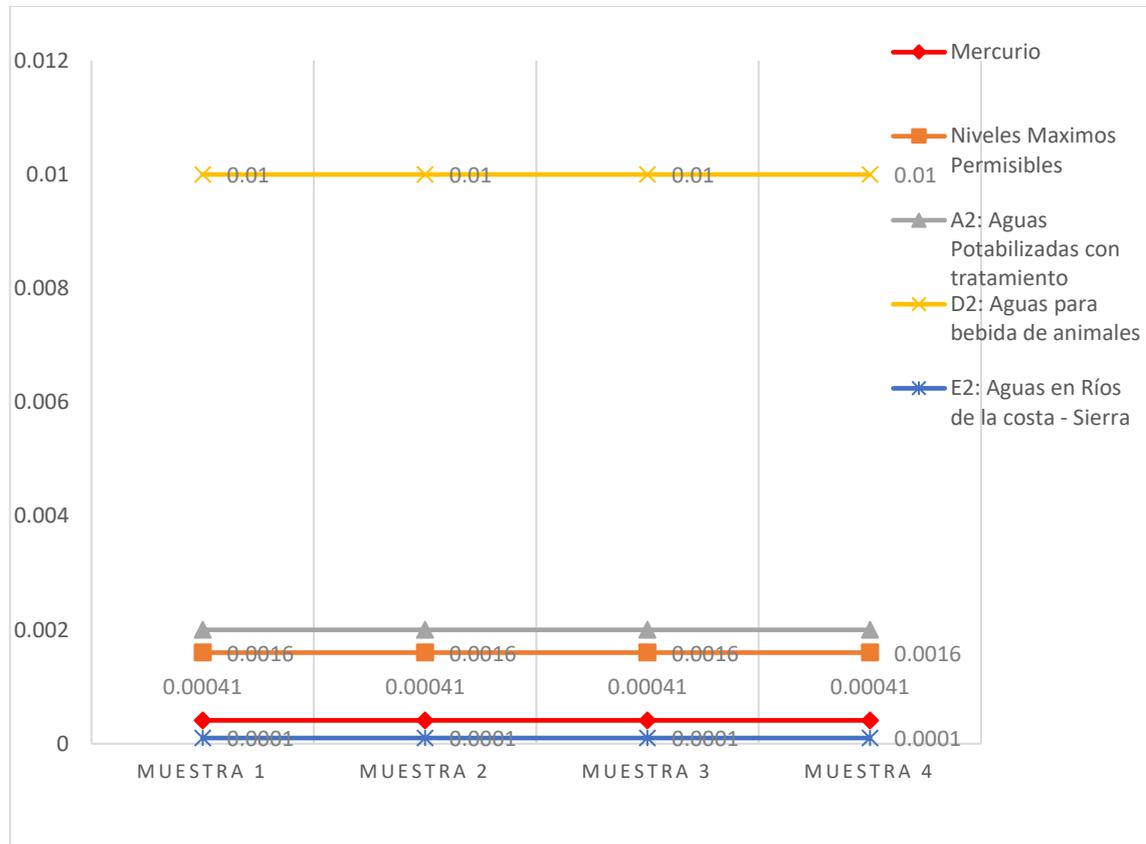
En la muestra 4 nos evidencia que el cromo en grandes cantidades o excesivas a los NMP o los ECA causa alteraciones a la salud que se pueden originar de excesos de pintura, excesiva disolución para el ablandamiento de agua, entre otros por lo que se descarta en su totalidad y se observa la disminución y el crecimiento repentino donde al final sube la pendiente en niveles de NMP se observa que de un 3% al final de la muestra crece llegando a un 9%, para lo cual no es alarmante en los Niveles máximos Permisibles, en el tratamiento con la legislación actual de los ECA se observa que para la potabilización de aguas en este elemento no se tendrá inconvenientes ya que las tomas a llevarse es mínima alcanzado en un 12% y la muestra 4 llego a alcanzar al 14.66% para la potabilización del agua.

Se obtiene que en la zona de estudio se disminuye en gran medida la contaminación por cromo teniendo un mayor cuidado y atención de los ECA en su nivel de conservación del medio ambiente alcanzo a tener un 66.64% de lo establecido en el ECA, por lo que no se debe descuidar y se debe disminuir cada vez los residuos por cromo, asimismo se tiene que el tratamiento no está incluido los metales con cromo.

Según las muestras halladas se indago por los desechos de cromo hallados en la zona donde cumplen a medida los respectivos desechos de metales tóxicos, para este caso

el cromo es un metal contaminante, pero sin embargo necesario en el tratamiento de la metalúrgica extractiva.

#### 4.1.4. Mercurio



**Figura 6.** Resultados de las muestras con Mercurio

**Tabla 8.**

*Resultados de muestras de Cromo*

| Cantidad         | Mercurio | Niveles Máximos Permisibles | A2: Aguas Potabilizadas con tratamiento | D2: Aguas para bebida de animales | E2: Aguas en Ríos de la costa - Sierra |
|------------------|----------|-----------------------------|---|-----------------------------------|--|
| <b>Muestra 1</b> | 0.00041  | 0.0016 25.63%               | 0.002 20.50%                            | 0.01 4.10%                        | 0.0001 410.00%                         |
| <b>Muestra 2</b> | 0.00041  | 0.0016 25.63%               | 0.002 20.50%                            | 0.01 4.10%                        | 0.0001 410.00%                         |
| <b>Muestra 3</b> | 0.00041  | 0.0016 25.63%               | 0.002 20.50%                            | 0.01 4.10%                        | 0.0001 410.00%                         |
| <b>Muestra 4</b> | 0.00041  | 0.0016 25.63%               | 0.002 20.50%                            | 0.01 4.10%                        | 0.0001 410.00%                         |

El mercurio es el metal pesado toxico utilizado en los relaves mineros constantemente, así como en los procesos de extracción, sin embargo, en la empresa no se utilizó el mercurio para ningún procedimiento, por lo que a la fecha se encuentra en



proceso de estudio, en las 4 muestras se tiene el mismo lineamiento lo que nos hace presumir solo son formalistas.

Para los resultados obtenidos desde la muestra 1 se obtuvo (0.00041), y estas se mantienen en las siguientes muestras, por lo que se comparó estas muestras primeramente con los NMP, para los cuales se ubica en un 25% del nivel máximo permitido, se buscó el origen y la forma de cómo es el contenido en las aguas de la vertiente ya viene con mercurio, debido a que nace en las alturas y las montañas que ahí existe el mineral de manera natural y que se desprende por lo que se tiene en pequeñas partículas suspendidas se desplaza kilómetros sin disminuir y estas muestras se mantienen kilómetros abajo.

Las muestras establecidas también fueron comparadas con los ECA en los subgrupos iniciando con el sub grupo A2: Aguas Potabilizadas con tratamiento llega a un 25.2% el cual es tolerable y tratable para la potabilización del vital elemento no causando un daño para el tratamiento, en el grupo D2: Aguas para bebida de los Animales llega a un 4.10% el cual es permitido para que los animales puedan beber sin causarles daños por ingesta de mercurio, sin embargo, en el subgrupo E2: Ríos de la sierra, alcanza a un 410% es decir 4 veces encima de la evaluación de calidad, por lo que se tiene que es contaminante para el río y conservación del medio ambiente causando daños a nuestro hábitat y tratamiento, esto causa que la sedimentación, los lodos se vean afectados desde el inicio del río hasta la desembocadura de este debido a que la disminución o sedimentación de este elemento es muy baja.

El mercurio es un metal pesado con suspensión de partículas y muy contaminante por lo que se tiene una contaminación baja, pero desde el origen de los ríos, no incluyendo la contaminación de los trabajos realizados por la extracción o tratamiento de minerales, estableciendo un seguimiento y mejor análisis del origen de este elemento.

#### 4.1.5. Plomo

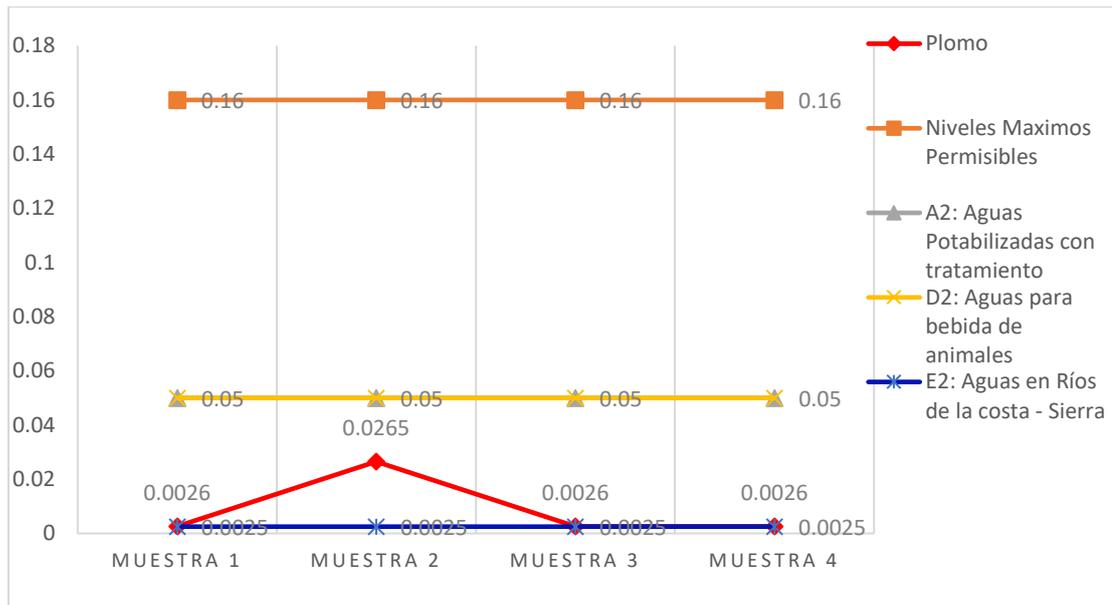


Figura 7. Resultados de las muestras con Plomo

Tabla 9.

Resultados de muestras de Plomo

| Cantidad  | Plomo  | Niveles Máximos Permisibles | A2: Aguas Potabilizadas con tratamiento | D2: Aguas para bebida de animales | E2: Aguas en Ríos de la costa - Sierra |      |               |        |              |
|-----------|--------|-----------------------------|---|-----------------------------------|--|------|---------------|--------|--------------|
| Muestra 1 | 0.0026 | 0.16                        | 1.63%                                   | 0.05                              | 5.20%                                  | 0.05 | 5.20%         | 0.0025 | 104.00%      |
| Muestra 2 | 0.0265 | 0.16                        | <b>16.56%</b>                           | 0.05                              | <b>53.0%</b>                           | 0.05 | <b>53.00%</b> | 0.0025 | <b>1060%</b> |
| Muestra 3 | 0.0026 | 0.16                        | 1.63%                                   | 0.05                              | 5.20%                                  | 0.05 | 5.20%         | 0.0025 | 104%         |
| Muestra 4 | 0.0026 | 0.16                        | 1.63%                                   | 0.05                              | 5.20%                                  | 0.05 | 5.20%         | 0.0025 | 104.00%      |

Uno de los metales más dañinos y utilizados en los procesos de extracción metalúrgica es el plomo encontrándose en estado natural debido a eso en la muestra 01 (0.0026) al compararse con los NMP se establece un 1.63% siendo aceptable y al ver con los ECA, alcanza en los subgrupos en A2: Potabilización con tratamiento se tiene 5.20% no causando inconvenientes y en el subgrupo D2: Bebida para animales se tiene 5.20%, sin embargo en el grupo E2: Ríos de la Sierra nos muestra 104% el cual indica que supera los estándares de calidad en mínima cantidad en su estado natural el cual observamos que existe mineralización subterránea con metales tóxicos.

En la muestra 2 se obtiene (0.0265) el cual al ser comparado con el ECA en el subgrupo 2 se tiene establecidos en su estado natural, llegando a la consecuencia seria el daño del medio ambiente por el contenido y llegando a turbirizar el agua, se obtiene una muestra por debajo de los límites máximos permisibles, sin embargo en la muestra 02 se obtiene (0.0265) teniendo un crecimiento del 1000%, en donde se tiene que para el proceso de separación y neutralización de químicos y del boro se utiliza para neutralizar y absorber los agentes contaminantes, y de ahí por lo pesado del metal se tiene en la muestra 03 la cantidad de (0.0026) siendo una cantidad mínima en comparación al ECA, por lo que tenemos como conclusión que la utilización del plomo se utiliza en el campamento minero, sin embargo con las medidas de control se tiene la neutralización del elemento tratando de no ser contaminante o ajeno a los pasivos ambientales obtenidos.

## 4.2. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS

**Tabla 10.**

Resultados de Parámetros Físico Químicos

|                   | Medida | ECA     | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 |
|-------------------|--------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| pH                | pH     | 6.5-8.5 | 8.12      | 6.81      | 7.52      | 7.78      |
| CE                | mS/cm  | 1.5     | 0.062     | 0.984     | 0.229     | 0.225     |
| Temperatura       | °C     | △3      | 17.9      | 17.8      | 17.5      | 17.7      |
| CaCO <sub>3</sub> | mg/L   | 500     | 10.11     | 319       | 62.8      | 63.8      |

En esta investigación los parámetros a investigar son los físicos químicos a medir como la dureza determinada como el CaCO<sub>3</sub>, el cual se establece con los ECA según el Minam DS 004-2017.

Para lo cual sigue como es:

- **pH**

En los estándares del Minam se tiene el pH en rangos de 6.5 a 8.5 en todas las categorías a emplear por lo que se establece en este estudio de comparación normal y adecuada como se muestra en la figura.



Para esta investigación se observa en nuestra muestra 01 (8.12) un pH de tipo básico obtenido de la naturaleza, según la muestra realizada es un agua cristalina y básica para cualquier tratamiento, sin embargo en la muestra 02 se obtuvo (6.81) por lo que tenemos una muestra más ácida, reducida en los estándares, sin embargo aun dentro de los parámetros establecidos, en la muestra 03 se obtiene (7.52) por lo que va reduciéndose y verificando que se neutraliza con los afluentes de otras cuencas, llegando a la muestra 04 (7.78), lo que se obtiene de estas muestras que el cambio repentino de estos niveles de pH que están dentro de los rangos establecidos por los ECA, sin embargo por la alteración no son recomendables para su tratamiento.

- **Conductividad Eléctrica**

En esta etapa de la investigación se analizó la conductividad eléctrica en donde se obtuvo en la muestra 01 un resultado de (0.062) el cual se muestra que se encuentra con una conductividad eléctrica óptima y en la muestra 02 se obtiene (0.984) el cual disminuye en alto porcentaje y relativamente negativo teniendo una baja de conductividad volviéndose más dura y densa el cual por la carga de los afluentes en la muestra 03 se obtiene (0.229), teniendo una disminución notoria y con claridad que es menos dura y densa al anterior y como muestra 04 se obtiene (0.225) el cual seguirá con la disminución lentamente sin embargo no se compara con la muestra 01 al tener una conductividad eléctrica idónea y con la dureza necesaria.

- **Temperatura**

Para el presente estudio se tiene en la muestra 01 una temperatura de (17.9) el cual establece una temperatura idónea para el crecimiento de organismos, así como la flexibilidad del pH establecido, sin embargo en la muestra 02 se obtiene una temperatura de (17.8) el cual es una variación a la misma por lo que se puede identificar dicha temperatura baja en comparación al resto en la muestra 03 se obtiene (17.5) establecido



una mejora de temperatura comparativa con las anteriores y la muestra 04 se obtiene (17.7), de estas muestras de temperatura se obtiene que se encuentran en el rango normal adecuadas para el desarrollo del pH sin embargo en la muestra 02 la temperatura es mínima por lo que se verifica que se establece con la dureza y la conductividad eléctrica.

- **Dureza ( $\text{CaCO}_3$ )**

En este parámetro se establece en la muestra 01 se obtiene (10.11) el cual nos muestra que es un agua de tipo blanda establecida dentro del rango y del máximo permisible, por lo que en la muestra 02 se obtiene (319.0) y está catalogada en agua de tipo muy dura y excedente de los parámetros normales, en la muestra 03 (62.8) que viene a ser de tipo moderadamente dura, mientras que en la muestra 04 (63.8) está dentro moderadamente dura, sin embargo se evidencia la cantidad de elementos metálicos y metales tóxicos dentro del agua suspendidos y transitando en los afluentes del río.

En consecuencia, de todos estos análisis físico químicos nos apoya en establecer la contaminación del afluente en la muestra 02, donde todos los parámetros fueron elevados con indicación superior a la normal y mostrando evidencia de alteración de contaminación adecuada a la zona, asimismo mostrando los altos indicadores que generan una preocupación por el contenido de elementos en sus aguas.



## V. CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Se evaluó los niveles de concentración de los metales tóxicos en las aguas del río Paratía, donde se concluye que el Cadmio en la muestra N° 2 obtiene el valor de 0,28092 mg/L que superan excesivamente los Niveles Máximos Permisibles expresados en 702.30% y en los ECA llega a tener una concentración de 5618.4%; pero en la muestra N° 3 disminuye significativamente, donde se encuentran por debajo de los NMP obteniendo un 15.85% y en los ECA representa el 126.80%; Asimismo el Plomo en la muestra N° 2 obtiene el valor de 0.0265 mg/L que representa un 16.56% el cual se encuentra dentro del rango de los NMP; sin embargo en los ECA representa el 1060% de contaminación ambiental en efluentes líquidos de actividades minero metalúrgicas, por lo que supera excesivamente lo permitido. De igual forma se evaluó los elementos como el Arsénico en la muestra N° 4 que obtuvo un 0.0018 mg/L teniendo un nivel por debajo de los ECA que representa un 18%; el Cromo en la muestra N° 4 obtuvo el valor más alto de 0.00733 mg/L; el Mercurio muestra valores constantes desde el inicio, llegando a ser 0.00041 mg/L, el cual representa el 25.63% en los NMP, y en los ECA un 20.50%, por lo que ninguno de estos tres metales tóxicos supera los NMP y los ECA.

**SEGUNDA:** Se concluye que al evaluar la concentración de metales tóxicos, el pH se encuentra dentro del rango del ECA que se tiene desde 6.81 hasta 8.12; en la Conductividad Eléctrica se encuentra en el rango de 0.062 mS/cm hasta 0.984 mS/cm, Para la temperatura del agua se obtuvo un promedio de 17.7 °C y en la dureza se tiene una variación con una mínima de 62.8 mg/L y una máxima de 319 mg/L.

**TERCERA:** Al tener los datos físico químicos y el análisis de contenido de los metales, se concluye que la calidad del agua del río Paratía, sólo es adecuada para la categoría de conservación del ambiente acuático, sub categoría de lagunas y lagos, así como la subcategoría de ríos, siendo perjudicial para los animales, vegetales y la salud humana.



## VI. RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Se recomienda disminuir la concentración elevada de metales con tecnologías de remediación y filtración de metales tóxicos tales como Cadmio y Plomo, debido a que estos metales son contaminantes y atenuantes para la salud humana, animal y la conservación del medio ambiente y con el tratamiento respectivo disminuiría significativamente la contaminación de la cuenca del río Paratía y en cuanto a los metales Arsénico, Cromo y Mercurio son bajos los niveles que no supera pero se recomienda disminuir las concentraciones respectivas.

**SEGUNDA:** Se recomienda utilizar mejor los estándares de calidad ambiental para la medición de contaminación de los parámetros físico químicos, debido a que los planes de cierre de mina son elaborados con los Niveles Máximos Permitidos, por lo que en nuestro trabajo se evaluó los metales contaminantes y no tienen niveles máximos y los ECA son más precisos y con niveles estandarizados y divididos en subgrupos para su correcta utilización por lo que se obtuvo elevaciones encima de los Niveles Máximos Permisibles.

**TERCERA:** Conservar y hacer seguimiento constante a la evaluación de la calidad del agua del río Paratía debido a que afecta a muchos organismos y habitad de la zona, pudiendo mejorar y utilizar el agua para fines productivos y consumo natural para la salud, aplicando tecnología responsable se puede mejorar la cuenca y la sobrevivencia de muchas especies en el habitad del río debidamente a que los exámenes obtenidos superan excesivamente los estándares nacionales.



## VII. REFERENCIAS

- Alva, L. (2018). Determinación de la calidad del agua de la laguna azul de sauce para su uso según estándares de calidad ambiental (ECAs). In *Estrategias de promoción y notoriedad de marca de la empresa veronika solar cateringC company de la ciudad de tarapoto año 2017. Tesis* (Issue Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Administración).  
<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3024/ADMINISTRACION - Pamela Jhosymar Valles Vásquez %26 Martha Ruth Guerra Pinedo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barrón, M. (1990). *Bioconcentration Will water borne organic chemicals accumulate in aquatic animal.*
- BCRP. (2020). *Actividad Económica: Febrero 2020*. 28, 1–19.
- Beltran, M. (2015). *Metales pesados (Cd, Cr y Hg): su impacto en el ambiente y posibles estrategias biotecnológicas para su remediación Heavy metals (Cd, Cr and Hg): impact on environment and possible biotechnological strategies for remediation ALIDA MARCELA GÓMEZ RODRIGUEZ*. 2, 82–113.
- Calva, L., & Torres, M. del R. (2003). *Metales pesados y sus efectos en organismos.*
- Charaja, F. (2011). *El MAPIC en la metodología de investigación.*
- Chávez, C. (2011). Detección de metales pesados en agua [Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica]. In *Instituto nacional de astrofísica, óptica y electrónica* (Vol. 0).  
<https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/671/1/ChavezVC.pdf>
- Constitución Política del Perú*. (1993). 1–60.
- Espín, D., Jarrín, J., & Escobar, O. (2017). Manejo, gestión, tratamiento y disposición



- final de relaves mineros generados en el proyecto río blanco. *Ciencias de Seguridad y Defensa*, II(4), 1–12. <http://geol.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2018/01/Art1.pdf>
- Ferré, N., Schuhmacher, M., Llobet, J., & Domingo, J. (2007). Metales pesados y salud: Diseño de un software para evaluar los riesgos de la exposición ambiental a través del agua, suelos y aire. *Mapfre Seguridad*, 27(108), 50–58. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2508799%0Ahttps://www.mapfre.com/ccm/content/documentos/fundacion/prev-ma/revista-seguridad/n108-programa-hra-metales-pesados.pdf>
- García, M., Luna, G., Gallegos, M. Á., Preciadol, P., Cervantes, M. G., & González, U. (2020). Impacto de aguas residuales sobre algunas propiedades y acumulación de metales pesados en el suelo. *Revista Terra Latinoamericana*, 38(4), 907–916. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.556>
- Huillca, R. (2007). Caracterización de los residuos minero metalúrgicos y su posible uso en barreras de ingeniería. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, 10(19), 87–97.
- Lenntech. (n.d.). *lenntech*. <https://www.lenntech.es/>
- Ley General del Ambiente 28611. (2013). *Diario Oficial El Peruano*, 53(9), 45–45.
- Londoño, L. F., Londoño, P. T., & Muñoz, F. G. (2016). Los Riesgos De Los Metales Pesados En La Salud Humana Y Animal. *Biotechnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/bsaa(14)145-153)
- MINAM. (2017). D.S. 004-2017-MINAM Aprueban Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias. *El Peruano*, 6–9. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>



- Montenero, R. (2020). Normas Legales Normas Legales. *Diario Oficial*, 90, 3–6.  
<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-aprueba-el-codigo-de-responsabilidad-decreto-legislativo-n-1348-1471548-8/>
- Pabon, S., Benitez, R., Sarria, R., & Gallo, J. (2020). *Contaminacion de agua por metales pesados*. 14(27), 9–18.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Diaz, M., & Gonzalez, E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria. *Revista Ingenieria, Investigación y Desarrollo*, 24(1), 14.  
<https://doi.org/10.1007/BF02796157>
- Rodríguez, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *Medisan*, 21(12), 3372–3385. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1029-30192017001200012](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017001200012)
- Romero, K., & Eróstegui, C. (2014). Heavy Metal Contamination. *Heavy Metal Contamination of Water and Soil*, 51–51. <https://doi.org/10.1201/b16566-4>
- Rosas Rodríguez, H. (2001). Estudio de la contaminación por metales pesados de la cuenca del Llobregat. *Enviromental*, 45. <http://hdl.handle.net/10803/6978>
- Salas, D., Hermoza, M., & Salas, D. (2020). Distribución de metales pesados y Metaloides En Aguas Superficiales Y Sedimentos Del Río Crucero, Perú. *Revista Boliviana de Química*, 37(4), 185–193. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.37.4.1>
- Salas, F. (2014). Determinación de metales pesados en las aguas del río Ananea debido a la actividad minera aurífera, Puno - Perú. *Revista de Investigaciones*, 5(4), 47–53.  
<http://www.revistaepgunapuno.org/index.php/investigaciones/article/view/14>
- Sierra, C. A. (2011). Calidad del Agua. Evaluación y diagnóstico. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).



- Sotero, V., & Alva, M. (2013). Contenido de metales pesados en agua y sedimento en el bajo Nanay. In *Ciencia Amazónica (Iquitos)* (Vol. 3, Issue 1).  
<https://doi.org/10.22386/ca.v3i1.49>
- Tejada, C., Villabona, Á., & Garcés, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *TecnoLógicas*, 18(34), 109.  
<https://doi.org/10.22430/22565337.209>
- Torres, R. del P. (2016). *Principio de Gradualidad, Analisis del Proceso de adecuación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (ECA - Agua) en la actividad de la gran y mediana minería en curso desde el año 2008 al 2016.* (Issue 051).
- Villanueva, T. L. (2018). Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas superficiales del río Ayaviri para fines de riego. In *Repositorio institucional UNAP*. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/14602>
- Zevallos, S. (2018). Calidad de agua, bioacumulación de metales pesados y niveles de estrés en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Challhuahuacho, Apurímac. *Universidad Peruana Cayetano Heredia*, 62.  
[http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/3645/Calidad\\_ZevallosDeLaTorre\\_Samanta.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/3645/Calidad_ZevallosDeLaTorre_Samanta.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



## ANEXOS

### ANEXO A: RESULTADOS DE MUESTRA DE AGUA



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL  
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE-050

#### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00192

Fecha de emisión: 30/10/2020

Página 1 de 3

Señores : HUGO ALEXANDER CHOQUE CRUZ  
Dirección : RESIDENCIAL VILLA MEDICA MZ G LT 12 JULIACA - PUNO  
Atención : HUGO ALEXANDER CHOQUE CRUZ  
Proyecto : TESIS

#### PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : HUGO ALEXANDER CHOQUE CRUZ  
Registro de muestreo : 130-20  
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 26/10/2020  
Fecha de ensayo : 26/10/2020  
Número de muestras : 1

| Cod. Interno L.A.S. | (c) Nombre de muestra | (c) Matriz de la muestra                 | (c) Zona, Urb. AAHH/Dist/Provi/Depart. | (c) Punto de muestreo y/o coordenadas | (c) Fecha de inicio de muestreo | (c) Hora de inicio de muestreo |
|---------------------|-----------------------|--|--|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| AG20000538          | MUESTRA 1             | Agua Natural - Superficial - Agua de Río | ZONA RURAL / PARATIA / LAMPA / PUNO    | -15.438745 ; -70.515308               | 25/10/2020                      | 15:30                          |

(c) : datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

#### Condiciones de recepción de la muestra

Cooler refrigerado

#### Observación

-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114428

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

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

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

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

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

N° 12775



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL  
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00192

Fecha de emisión: 30/10/2020

Página 2 de 3

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | *807  |      | 796     | 800      | 802     |       |        |          |           |        |          |           |         |      |      |
|-----------------------|-------------------|-------|------|---------|----------|---------|-------|--------|----------|-----------|--------|----------|-----------|---------|------|------|
|                       |                   | C     | E    | T       | As       | Hg      | Ag    | Al     | B        | Ba        | Be     | Ca       | Cd        | Co      | Cr   |      |
|                       |                   | mg/L  | mg/L | mg/L    | mg/L     | mg/L    | mg/L  | mg/L   | mg/L     | mg/L      | mg/L   | mg/L     | mg/L      | mg/L    | mg/L | mg/L |
| AG20000538            | MUESTRA 1         | 0,062 | 17,9 | <0,0012 | <0,00041 | <0,0024 | 0,043 | 0,0276 | <0,00066 | <0,000079 | <0,016 | <0,00011 | <0,000084 | 0,00266 |      |      |

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802    |       |      |         |       |         |          |      |          |        |          |          |        |       |
|-----------------------|-------------------|--------|-------|------|---------|-------|---------|----------|------|----------|--------|----------|----------|--------|-------|
|                       |                   | Cu     | Fe    | K    | Li      | Mg    | Mn      | Mo       | Na   | Ni       | P      | Pb       | Sb       | Se     | SiO2  |
|                       |                   | mg/L   | mg/L  | mg/L | mg/L    | mg/L  | mg/L    | mg/L     | mg/L | mg/L     | mg/L   | mg/L     | mg/L     | mg/L   | mg/L  |
| AG20000538            | MUESTRA 1         | 0,0023 | 0,202 | 1,79 | 0,00358 | 1,329 | 0,00294 | <0,00038 | 6,52 | <0,00051 | 0,1056 | <0,00028 | <0,00049 | <0,002 | 12,39 |

| Código Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802      |        |         |         |         |        | 808          |      | 830                |
|-----------------------|-------------------|----------|--------|---------|---------|---------|--------|--------------|------|--------------------|
|                       |                   | Sn       | Sr     | Ti      | Tl      | V       | Zn     | pH           | T    | Dureza Total CaCO3 |
|                       |                   | mg/L     | mg/L   | mg/L    | mg/L    | mg/L    | mg/L   | Unidad de pH | °C   | mg/L               |
| AG20000638            | MUESTRA 1         | <0,00085 | 0,0073 | 0,00250 | <0,0013 | 0,00055 | 0,0085 | 8,12         | 17,5 | 10,11              |

  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Caracteriz. Opiniones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

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

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

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

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

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

N° 12776



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL  
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro 072 - 00

**INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00192**

Fecha de emisión: 30/10/2020

Página 3 de 3

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS**

| Código | Título   | Rango                  |
|--------|--|------------------------|
| 797    | ASTM D 1125 - 95 Método de ensayo estándar para la conductividad eléctrica y resistividad del agua   | [ - 50] mS/cm          |
| 795    | EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [* 0.0012 - 50] mg/L   |
| 800    | EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [* 0.00041 - 250] mg/L |
| 802    | EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4 (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)   | [ - 2.5] mg/L          |
| 808    | Determinación de pH en aguas SWEWW, 22 th Ed. 4500-H pH Part B, Electrometric Method. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)                                | [ - 14] Unidad de pH   |
| 830    | Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> ): SMEVW - APHA - AWWA - WEF Part 2340 B, 22nd Ed. Hardness, Hardness by Calculation (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [* 0.2 - 24973] mg/L   |

\* : Límite de detección      † : Límite de cuantificación

Fin del informe

  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
C. de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114428

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

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

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

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

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

Nº 12777



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL  
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE-050

**INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00193**

Fecha de emisión: 30/10/2020

Página 1 de 3

Señores : HUGO ALEXANDER CHOQUE CRUZ  
Dirección : RESIDENCIAL VILLA MEDICA MZ G LT 12 JULIACA - PUNO  
Atención : HUGO ALEXANDER CHOQUE CRUZ  
Proyecto : TESIS

**PROTOCOLO DE MUESTREO**

Muestreo realizado por : Cliente : HUGO ALEXANDER CHOQUE CRUZ  
Registro de muestreo : 130-20  
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 26/10/2020  
Fecha de ensayo : 26/10/2020  
Nro de muestras : 1

| Cod. Interno L.A.S. | (c) Nombre de muestra | (c) Matriz de la muestra                 | (c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart | (c) Punto de muestreo y/o coordenadas | (c) Fecha de inicio de muestreo | (c) Hora de inicio de muestreo |
|---------------------|-----------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| AG20050636          | MUESTRA 2             | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio | ZONA RELAVE / PARATIA / LAMPA / PUNO | -15.446678 ; -70.603797               | 25/10/2020                      | 16:00                          |

(c) : datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

**Condiciones de recepción de la muestra**

Cooler refrigerado

**Observación**

-

  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

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

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

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

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

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444562 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

Nº 12772



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL  
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00193

Fecha de emisión: 30/10/2020

Página 2 de 3

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

| Codigo Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 7807  |      | 796     | 800      | 802     |       |        |         |           |        |         |          |         |      |
|-----------------------|-------------------|-------|------|---------|----------|---------|-------|--------|---------|-----------|--------|---------|----------|---------|------|
|                       |                   | C     | E    | T       | As       | Hg      | Ag    | Al     | B       | Ba        | Be     | Ca      | Cd       | Co      | Cr   |
|                       |                   | mg/L  | mg/L | mg/L    | mg/L     | mg/L    | mg/L  | mg/L   | mg/L    | mg/L      | mg/L   | mg/L    | mg/L     | mg/L    | mg/L |
| AG20000539            | MUESTRA 2         | 0,984 | 17,8 | ≤0,0012 | ≤0,00041 | ≤0,0024 | 0,091 | 0,3682 | 0,01186 | ≤0,000079 | ≤0,016 | 0,28092 | 0,001848 | 0,00607 |      |

| Codigo Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802    |      |      |         |       |        |         |      |         |        |        |          |        |       |          |
|-----------------------|-------------------|--------|------|------|---------|-------|--------|---------|------|---------|--------|--------|----------|--------|-------|----------|
|                       |                   | Cu     | Fe   | K    | Li      | Mg    | Mn     | Mo      | Na   | Ni      | P      | Pb     | Sb       | Se     | SiO2  | Sn       |
|                       |                   | mg/L   | mg/L | mg/L | mg/L    | mg/L  | mg/L   | mg/L    | mg/L | mg/L    | mg/L   | mg/L   | mg/L     | mg/L   | mg/L  | mg/L     |
| AG20000539            | MUESTRA 2         | 0,0141 | 1,59 | 11,9 | 0,03965 | 13,11 | 5,0323 | 0,00048 | 58,3 | 0,01600 | 0,0677 | 0,0265 | ≤0,00049 | 0,0025 | 6,366 | ≤0,00085 |

| Codigo Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802    |         |         |         | 808    |              | 830  |                    |
|-----------------------|-------------------|--------|---------|---------|---------|--------|--------------|------|--------------------|
|                       |                   | Sr     | Ti      | Tl      | V       | Zn     | pH           | T    | Dureza Total CaCO3 |
|                       |                   | mg/L   | mg/L    | mg/L    | mg/L    | mg/L   | Unidad de pH | °C   | mg/L               |
| AG20000539            | MUESTRA 2         | 0,8596 | 0,00358 | ≤0,0013 | 0,00041 | 38,951 | 6,81         | 17,5 | 319                |

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Ornar A. Juárez Soto  
C. de Ingenieros Químicos  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

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

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

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

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

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

N° 12773



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL  
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00193

Fecha de emisión: 30/10/2020

Página 3 de 3

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

| Código | Título   | Rango                  |
|--------|--|------------------------|
| *807   | ASTM D 1125 - 95 Método de ensayo estándar para la conductividad eléctrica y resistividad del agua   | [ - 50] mS/cm          |
| 795    | EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)  | [> 0.0012 - 50] mg/L   |
| 800    | EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)  | [> 0.00041 - 250] mg/L |
| 802    | EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)   | [ - 2.5] mg/L          |
| 805    | Determinación de pH en aguas SMEWW, 22 th Ed 4500-H pH Part.B, Electrometric Method, (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)                                 | [ - 14] Unidad de pH   |
| 830    | Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> ), SMEWW - APHA - AWWA - WEF Part 2340 B, 22nd Ed. Hardness, Hardness by Calculation (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [> 0.2 - 24973] mg/L   |

\* : Limite detección

#: Limite de cuantificación

----- Fin del informe -----

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Coordinador Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(\*): Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

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

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

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

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

Nº 12774



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL  
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE-050

**INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00194**

Fecha de emisión: 30/10/2020

Página 1 de 3

Señores : HUGO ALEXANDER CHOQUE CRUZ  
Dirección : RESIDENCIAL VILLA MEDICA MZ G LT 12 JULIACA - PUNO  
Atención : HUGO ALEXANDER CHOQUE CRUZ  
Proyecto : TESIS

**PROTOCOLO DE MUESTREO**

Muestreo realizado por : Cliente : HUGO ALEXANDER CHOQUE CRUZ  
Registro de muestreo : 130-20  
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 26/10/2020  
Fecha de ensayo : 26/10/2020  
Nro de muestras : 1

| Cod. Interno L.A.S. | (c) Nombre de muestra | (c) Matriz de la muestra                 | (c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart. | (c) Punto de muestreo y/o coordenadas | (c) Fecha de inicio de muestreo | (c) Hora de inicio de muestreo |
|---------------------|-----------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| AG20000640          | MUESTRA 3             | Agua Natural - Superficial - Agua de Río | ZONA RIO 1 / PARATIA / LAMPA / PUNO   | -15 451008; -70 818117                | 25/10/2020                      | 16:30                          |

(c) : datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza. Mónica ni legalmente por esta información.

**Condiciones de recepción de la muestra**

Cooler refrigerado

**Observación**

-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeiero Químico CIP 114420

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

<sup>1</sup>«Valor numérico» = Límite de detección del método, <sup>2</sup>«Valor Numérico» = Límite de cuantificación del método.

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

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

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

N° 12778



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL  
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro INACAL - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00194

Fecha de emisión: 30/10/2020

Página 2 de 3

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

| Codigo Interno L.A.S | Nombre de Muestra | 7807     |        |         | 796      |         |         | 800          |         |                    | 802    |         |          |         |       |      |  |
|----------------------|-------------------|----------|--------|---------|----------|---------|---------|--------------|---------|--------------------|--------|---------|----------|---------|-------|------|--|
|                      |                   | CE       | T      | As      | Hg       | Ag      | Al      | B            | Ba      | Be                 | Ca     | Cd      | Co       | Cr      |       |      |  |
|                      |                   | mS/cm    | °C     | mg/L    | mg/L     | mg/L    | mg/L    | mg/L         | mg/L    | mg/L               | mg/L   | mg/L    | mg/L     | mg/L    | mg/L  |      |  |
| AG20000540           | MUESTRA 3         | 0,220    | 17,5   | 0,0014  | ≤0,00041 | ≤0,0024 | ≤0,029  | 0,1485       | 0,00354 | ≤0,000070          | ≤0,016 | 0,00634 | 0,000263 | 0,00372 |       |      |  |
| Codigo Interno L.A.S | Nombre de Muestra | 802      |        |         |          |         |         |              |         |                    |        |         |          |         |       |      |  |
|                      |                   | Cu       | Fe     | K       | Li       | Mg      | Mn      | Mo           | Na      | Ni                 | P      | Pb      | Sb       | Se      | SiO2  |      |  |
|                      |                   | mg/L     | mg/L   | mg/L    | mg/L     | mg/L    | mg/L    | mg/L         | mg/L    | mg/L               | mg/L   | mg/L    | mg/L     | mg/L    | mg/L  | mg/L |  |
| AG20000540           | MUESTRA 3         | ≤0,002   | 0,130  | 3,53    | 0,01659  | 4,405   | 0,50192 | ≤0,00038     | 16,6    | 0,00201            | 0,1045 | ≤0,0026 | ≤0,00049 | ≤0,002  | 11,77 |      |  |
| Codigo Interno L.A.S | Nombre de Muestra | 802      |        |         |          |         | 806     |              |         | 830                |        |         |          |         |       |      |  |
|                      |                   | Sn       | Sr     | Ti      | Tl       | V       | Zn      | pH           | T       | Dureza Total CaCO3 |        |         |          |         |       |      |  |
|                      |                   | mg/L     | mg/L   | mg/L    | mg/L     | mg/L    | mg/L    | Unidad de pH | °C      | mg/L               |        |         |          |         |       |      |  |
| AG20000540           | MUESTRA 3         | ≤0,00085 | 0,1432 | 0,00201 | ≤0,0013  | 0,00071 | 1,803   | 7,52         | 17,8    | 62,6               |        |         |          |         |       |      |  |

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omer A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

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

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

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

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

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

Nº 12779



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL  
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro INACAL - 050

**INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00194**

Fecha de emisión: 30/10/2020

Página 3 de 3

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS**

| Código | Título   | Rango                  |
|--------|--|------------------------|
| 707    | ASTM D 1125 - 96 Método de ensayo estándar para la conductividad eléctrica y resistividad del agua   | [ - 50] m-S/cm         |
| 708    | EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [> 0.0012 - 50] mg/L   |
| 800    | EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [> 0.00041 - 250] mg/L |
| 802    | EPA 200.7 Determinación de metales totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)  | [ - 2.5] mg/L          |
| 808    | Determinación de pH en aguas SMEWW 22 in Ed 4500-H pH Part B. Electrometric Method. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)                                  | [ - 14] Unidad de pH   |
| 830    | Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> ): SMEWW - APHA - AWWA - WEF Part 2340 B, 22nd Ed. Hardness, Hardness by Calculation (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [> 0.2 - 24973] mg/L   |

\* : Límite de detección      > : Límite de cuantificación

Fin del informe

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(\*): Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

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

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

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

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

N° 12780



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL  
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE-050

**INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00195**

Fecha de emisión: 30/10/2020

Página 1 de 3

Señores : HUGO ALEXANDER CHOQUE CRUZ  
Dirección : RESIDENCIAL VILLA MEDICA MZ G LT 12 JULIACA - PUNO  
Atención : HUGO ALEXANDER CHOQUE CRUZ  
Proyecto : TESIS

**PROTOCOLO DE MUESTREO**

Muestreo realizado por : Cliente : HUGO ALEXANDER CHOQUE CRUZ  
Registro de muestreo : 130-20  
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 25/10/2020  
Fecha de ensayo : 25/10/2020  
Nro de muestras : 1

| Cod. Interno L.A.S. | (c) Nombre de muestra | (c) Matriz de la muestra                 | (c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart. | (c) Punto de muestreo y/o coordenadas | (c) Fecha de inicio de muestreo | (c) Hora de inicio de muestreo |
|---------------------|-----------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| AG20000541          | MUESTRA 4             | Agua Natural - Superficial - Agua de Rio | ZONA RIO 2 / PARATIA / LAMPA / PUNO   | -15.487857 ; -70.636785               | 25/10/2020                      | 17:10                          |

(c) : datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

**Condiciones de recepción de la muestra**

Cooler refrigerado

**Observación**

.

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Ornar A. Juárez Soto  
Coordinador de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114428

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

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

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

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

Parque Industrial Rio Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

N° 12781



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL  
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Explicación N° 318

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00195

Fecha de emisión: 30/10/2020

Página 2 de 3

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

| Codigo Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | *807  |      | 796    | 800       | 802      |         |        |         |            |         |         |          |         |      |      |
|-----------------------|-------------------|-------|------|--------|-----------|----------|---------|--------|---------|------------|---------|---------|----------|---------|------|------|
|                       |                   | C     | E    | T      | As        | Hg       | Ag      | Al     | B       | Ba         | Be      | Ca      | Cd       | Co      | Cr   |      |
|                       |                   | mg/L  | mg/L | mg/L   | mg/L      | mg/L     | mg/L    | mg/L   | mg/L    | mg/L       | mg/L    | mg/L    | mg/L     | mg/L    | mg/L | mg/L |
| AG20000541            | MUESTRA 4         | 0,225 | 17,7 | 0,0016 | <=0,00041 | <=0,0024 | <=0,029 | 0,1703 | 0,00896 | <=0,000079 | <=0,016 | 0,00238 | 0,000142 | 0,00733 |      |      |

| Codigo Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802     |       |      |         |       |         |           |      |         |        |          |           |         |       |
|-----------------------|-------------------|---------|-------|------|---------|-------|---------|-----------|------|---------|--------|----------|-----------|---------|-------|
|                       |                   | Cu      | Fe    | K    | Li      | Mg    | Mn      | Mo        | Na   | Ni      | P      | Pb       | Sb        | Se      | SiO2  |
|                       |                   | mg/L    | mg/L  | mg/L | mg/L    | mg/L  | mg/L    | mg/L      | mg/L | mg/L    | mg/L   | mg/L     | mg/L      | mg/L    | mg/L  |
| AG20000541            | MUESTRA 4         | <=0,002 | 0,149 | 2,94 | 0,02305 | 4,612 | 0,09731 | <=0,00036 | 18,3 | 0,00131 | 0,1030 | >=0,0026 | <=0,00049 | <=0,002 | 8,670 |

| Codigo Interno L.A.S. | Nombre de Muestra | 802       |        |         |          |         |        | 808          |      | 830                |
|-----------------------|-------------------|-----------|--------|---------|----------|---------|--------|--------------|------|--------------------|
|                       |                   | Sn        | Sr     | Ti      | Ti       | V       | Zn     | pH           | T    | Dureza Total CaCO3 |
|                       |                   | mg/L      | mg/L   | mg/L    | mg/L     | mg/L    | mg/L   | Unidad de pH | °C   | mg/L               |
| AG20000541            | MUESTRA 4         | <=0,00085 | 0,1934 | 0,00136 | <=0,0013 | 0,00083 | 0,4887 | 7,78         | 17,9 | 63,8               |

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniería Químico CP 114428

\*Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC\*

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

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

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

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

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

N° 12782



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL  
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE-050

**INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00195**

Fecha de emisión: 30/10/2020

Página 3 de 3

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS**

| Código | Título  | Rango                  |
|--------|---|------------------------|
| *807   | ASTM D 1125 - 95 Método de ensayo estándar para la conductividad eléctrica y resistividad del agua  | [ - 50] mS/cm          |
| 796    | EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [* 0.0012 - 50] mg/L   |
| 800    | EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [* 0.00041 - 250] mg/L |
| 802    | EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)  | [ - 2.5] mg/L          |
| 808    | Determinación de pH en aguas SMEWW, 22 <sup>th</sup> Ed. 4500-H pH Part.B. Electrometric Method. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)                    | [ - 14] Unidad de pH   |
| 830    | Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> ) SMEWW - APHA - AWWA - WEF Part 2340 B, 22nd Ed. Hardness. Hardness by Calculation (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) | [* 0.2 - 24973] mg/L   |

\* : Límite detección      † : Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----

  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente General  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114428

(\*): Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

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

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

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

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

Nº 12783

## ANEXO B: PUNTOS DE MUESTREO

Figura B.1: Ubicación de las muestras realizadas en la cuenca del río Paratía

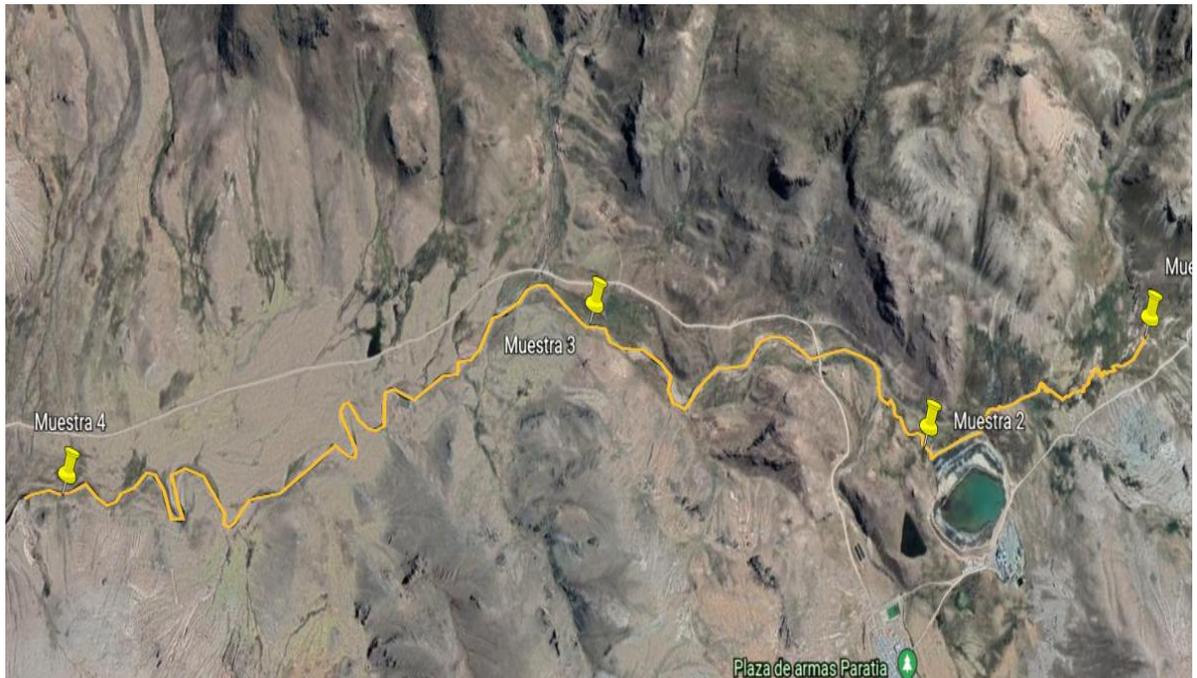


Figura B2: Ubicación de las muestras con latitudes y longitudes.

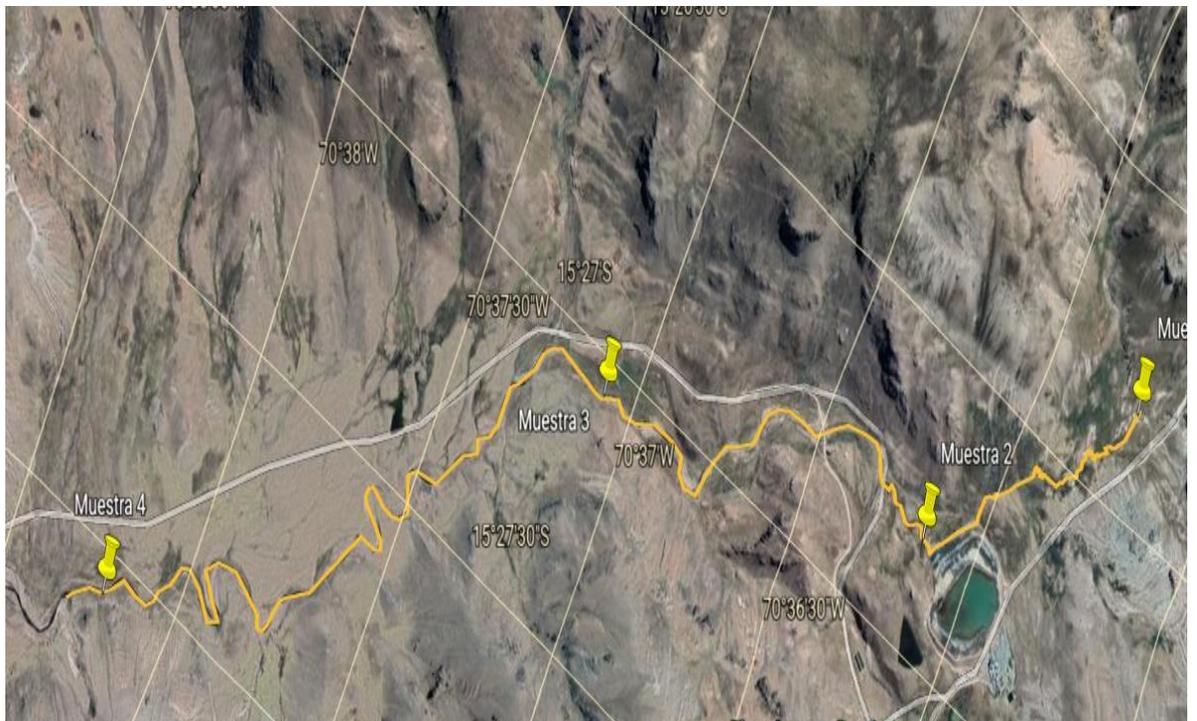
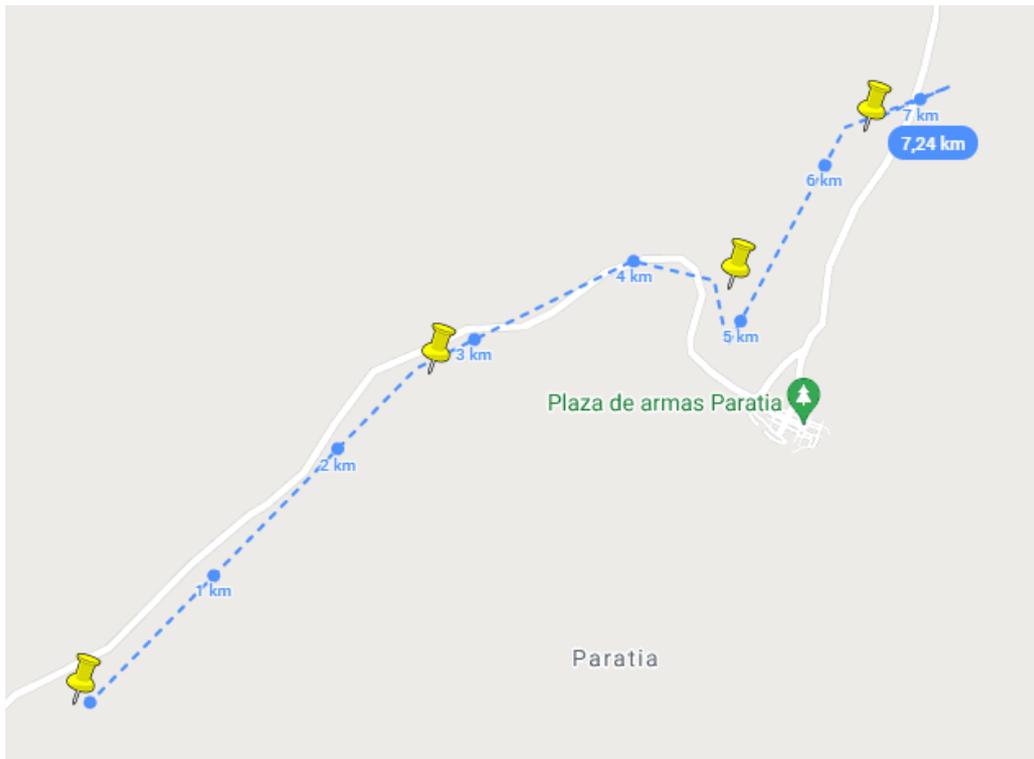


Figura B.3.: Distribución de muestras con las distancias establecidas



## ANEXO C: FOTOS

Figura C.1. Toma de muestra del rio Paratia



Figura C.2. Muestra de la contaminación del rio Paratia



Figura C.3. camino a la toma de muestra a la zona de relave



Figura C.4. Toma de muestra en las orillas del rio



Figura C.5. Muestra de la toma de relave



Figura C.6. Toma de muestra en orilla del relave



Figura C.7. Camino a la toma de muestra de la planta de tratamiento



Figura C.8. Punto de muestra en la planta de tratamiento



Figura C.9. Toma de muestra en el río Paratia



Figura C.10. Muestra del río Paratia



Figura C.11. Muestra del río Paratia con contaminante en las rocas y efluente



Figura C.12 Mostrando el efluente del material del río paratia



Figura C.13. Muestra en la parte superior del relave.



Figura C.14. Toma de muestra en el punto A. superior al Relave



Figura C.15. Imagen en la cuesta de la Balsa de Bombeo de la planta de tratamiento



Figura C.16. Planta de tratamiento de Efluentes Liquidos



Figura C.17. Toma de muestra y la contaminación en orillas del río Paratia



Figura C.18. Toma de muestra de la especie muerta en el río Paratia



Figura C.19. Toma en la Planta de tratamiento CIEMSA



Figura C.20. Evaluando la profundidad para la muestra



Figura C.21. Toma de muestra en el rio Paratia



Figura C.22. Toma de muestra en el Rio Paratia

