



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



**EVALUACIÓN DEL NIVEL DE CONTAMINACIÓN POR  
METALES PESADOS EN AGUA PARA RIEGO Y SUELO  
AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE  
MELGAR – PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**JUDITH MARILIA COILA MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN DEL NIVEL DE CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN AGUA PARA RIEGO Y SUELO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE LLALLI PROVINCIA DE MEGAR – PUNO**

AUTOR

**JUDITH MARILIA COILA MAMANI**

RECuento DE PALABRAS

**18114 Words**

RECuento DE CARACTERES

**95384 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**107 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**8.3MB**

FECHA DE ENTREGA

**May 20, 2024 1:22 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**May 20, 2024 1:24 PM GMT-5**

● **14% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

Ciencia Tecnología y Medio Ambiente  
  
**Dr. Edilberto Huánguisto Ramos**  
CIP 55474

  
  
**DSC EDILBERTO VELARDE COAQUIRA**  
Director Unidad de Investigación  
Facultad de Ingeniería Agrícola - UNA Puno

Resumen



## DEDICATORIA

Todo el esfuerzo, tiempo y energía que en lo personal invertí en este trabajo, está dedicado principalmente a mi madre LUZ MARINA, cuyo amor infinito me motiva a seguir día a día, a mi padre OSWALDO, cuyo carácter me forjó para poder llegar de momento hasta este instante de mi vida.

A mis abuelitos DANIEL Y ROSA por estar siempre para mí, por los valores inculcados, por no dejar que me rinda y todo cuanto Dios es testigo, ellos dieron y dan por mí.

A mis hermanos MARCEL y JHEFERSON, deseando servirles de motivación en algún instante de sus vidas.

*J. Marilia Coila Mamani*



## AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento infinito a Dios por regalarme cada día de mi vida, y demostrarme que sus planes son realmente perfectos.

A mi familia: mis padres, abuelos y hermanos, por su apoyo en todos los aspectos de mi vida, sin ellos nada sería posible.

Ya en particular, y en primer término agradecer a mi alma mater la Universidad Nacional del Altiplano Puno, a mi querida Facultad de Ingeniería Agrícola, en cuyas aulas durante más de cinco años tuve el regocijo de conocer excelentes docentes y grandiosos amigos. Resaltando a mi asesor de tesis, el Dr. Edilberto Huaquisto Ramos, por su orientación, sus enseñanzas, motivaciones y sobre todo por el tiempo invertido en la realización de este trabajo, de igual manera mi profundo agradecimiento a los distinguidos miembros del jurado, por su valioso tiempo invertido en la revisión de esta tesis.

Paralelamente mi agradeciendo eterno al Instituto Nacional de Innovación Agraria, Estación Experimental Agraria Illpa, al proyecto LABSAF, que me acogió desde mi etapa de practicante y me dio la oportunidad de ejecutar el presente trabajo de investigación, al Ing. Jorge Canihua Rojas, por sus dotes intelectuales, su calidez humana, sus enseñanzas, a mis jefes y de ahora en adelante mis colegas el Ing. Edgar Carrasco, Ing. Edwin Cuellar e Ing. Cristian Olivera, por su apoyo profesional y moral.

Finalmente, agradezco a quien lee este trabajo, deseando poder transmitir algunas experiencias y conocimientos.

*J. Marilia Coila Mamani*



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3. OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
1.3.1. Objetivo general .....	18
1.3.2. Objetivos específicos .....	18
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
<b>2.1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>19</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	19
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	21
2.1.3. Antecedentes locales .....	23
<b>2.2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>25</b>



2.2.1. Agua para riego .....	25
2.2.1.1. Calidad de agua .....	26
2.2.2. El suelo .....	29
2.2.2.1. Fertilidad del suelo.....	29
2.2.3. Contaminación por metales pesados .....	32
2.2.4. Metales pesados .....	33
2.2.4.1. Plomo .....	33
2.2.4.2. Níquel.....	33
2.2.4.3. Cadmio .....	34
2.2.4.4. Mercurio.....	35
2.2.4.5. Arsénico .....	35
2.2.5. Marco legal .....	36

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>38</b>
3.1.1. Ubicación geográfica .....	38
3.1.2. Ubicación política .....	38
<b>3.2. MATERIALES.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>41</b>
<b>3.4. METODOLOGÍA .....</b>	<b>41</b>
3.4.1. Etapa de campo .....	41
3.4.1.1. Plan de monitoreo y muestreo en la zona de estudio .....	41
3.4.2. Etapa de laboratorio .....	52
3.4.2.1. Análisis de metales pesados en agua para riego y suelo agrícola .	
.....	52



3.4.3. Comparación de resultados con Estándares de Calidad Ambiental ECA agua y suelo.....	53
---	----

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1. PLAN DE MONITOREO Y MUESTREO EN LA ZONA DE ESTUDIO .</b>	<b>56</b>
<b>4.2. ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE METALES PESADOS .....</b>	<b>56</b>
4.2.1. Análisis de metales pesados en agua para riego.....	57
4.2.2. Análisis de metales pesados en suelo agrícola.....	57
<b>4.3. EVALUACIÓN DEL NIVEL DE CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS .....</b>	<b>59</b>
4.3.1. Comparación y discusión de resultados en agua para riego.....	59
4.3.2. Comparación y discusión de resultados en suelo agrícola .....	70
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>81</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>82</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>90</b>

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Línea:** Recursos Hídricos

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 22 de mayo de 2024



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Parámetros indicativos para calidad de agua .....	27
<b>Tabla 2</b> Niveles de materia orgánica (%).....	32
<b>Tabla 3</b> Materiales y equipos para obtener resultados de monitoreo de agua.....	40
<b>Tabla 4</b> Materiales, herramientas y equipos para obtener resultados de muestreo de suelos.....	40
<b>Tabla 5</b> Planificación del monitoreo .....	42
<b>Tabla 6</b> Ubicación de los puntos de monitoreo de agua .....	46
<b>Tabla 7</b> Ubicación de los puntos de muestreo de suelos.....	50
<b>Tabla 8</b> Estándares para riego de vegetales y bebida de animales.....	54
<b>Tabla 9</b> Estándares de Calidad Ambiental para suelo.....	55
<b>Tabla 10</b> Resultados de análisis de metales pesados en agua para riego .....	58
<b>Tabla 11</b> Resultados de análisis de metales pesados en suelo agrícola .....	58
<b>Tabla 12</b> Resultado de la concentración de Plomo .....	60
<b>Tabla 13</b> Resultado de la concentración de Níquel.....	62
<b>Tabla 14</b> Resultado de la concentración de Cadmio .....	64
<b>Tabla 15</b> Resultado de la concentración de Mercurio.....	66
<b>Tabla 16</b> Resultado de la concentración de Arsénico. ....	68
<b>Tabla 17</b> Resultado de la concentración de Plomo .....	71
<b>Tabla 18</b> Resultado de la concentración de Cadmio .....	74
<b>Tabla 19</b> Resultado de la concentración de Mercurio.....	77
<b>Tabla 20</b> Resultados de la concentración de Arsénico.....	79





## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Escala del pH.....	28
<b>Figura 2</b> Triangulo textural.....	30
<b>Figura 3</b> Mapa de ubicación del área de estudio .....	39
<b>Figura 4</b> Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo de agua.....	43
<b>Figura 5</b> Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo de agua.....	48
<b>Figura 6</b> Concentración de Plomo en agua para riego .....	60
<b>Figura 7</b> Concentración de Ni en agua para riego .....	63
<b>Figura 8</b> Concentración de Cd en agua para riego.....	65
<b>Figura 9</b> Concentración de Hg en agua para riego .....	67
<b>Figura 10</b> Concentración de As en agua para riego.....	69
<b>Figura 11</b> Concentración de Pb en suelo agrícola .....	72
<b>Figura 12</b> Concentración de Cd en suelo agrícola.....	75
<b>Figura 13</b> Concentración de Hg en suelo agrícola.....	77
<b>Figura 14</b> Concentración de As en suelo agrícola .....	80



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO 1</b> Informe de ensayo de Agua análisis de metales pesados. ....	91
<b>ANEXO 2</b> Informe de ensayo de Suelos análisis de metales pesados .....	95
<b>ANEXO 3</b> Estándares de Calidad Ambiental ECA para agua .....	100
<b>ANEXO 4</b> Estándares de Calidad Ambiental ECA para suelo .....	101
<b>ANEXO 5</b> Panel fotográfico .....	102



## ACRÓNIMOS

<b>ANA</b>	:	Autoridad Nacional del Agua
<b>As</b>	:	Arsénico
<b>Cd</b>	:	Cadmio
<b>Ce</b>	:	Conductividad Eléctrica
<b>ECA</b>	:	Estándares de Calidad Ambiental
<b>FAO</b>	:	Food and Agriculture Organization
<b>Hg</b>	:	Mercurio
<b>INACAL</b>	:	Instituto Nacional de Calidad
<b>LMP</b>	:	Límites Máximos Permisibles
<b>MINAM</b>	:	Ministerio del Ambiente
<b>MO</b>	:	Materia Orgánica
<b>Ni</b>	:	Níquel
<b>pH</b>	:	Potencial de Hidrogeno
<b>Pb</b>	:	Plomo
<b>OEFA</b>	:	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
<b>TDS</b>	:	Total Dissolved Solids



## RESUMEN

La contaminación por metales pesados es un problema ambiental que se presenta en nuestra región y zona de estudio, motivo que la presente investigación tiene como objetivo evaluar el nivel de contaminación por metales pesados: Plomo (Pb), Níquel (Ni), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg) y Arsénico (As), en agua para riego y suelo agrícola en el distrito de Llalli, provincia de Melgar, para su posterior comparación con los límites máximos permisibles establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental. La metodología consistió en determinar la concentración de metales pesados de las muestras obtenidas en campo tanto en agua y suelo, se tomó en cuenta el protocolo nacional de monitoreo de aguas superficiales y consideró un óptimo muestreo de suelos. Se analizaron en el laboratorio de Suelos Aguas y Foliare de la Sede Central del Instituto Nacional de Innovación Agraria. En el resultado de los análisis, se observó que existe la presencia de metales pesados en agua para riego y suelo agrícola, teniendo mayor concentración de Arsénico 0.0381 mg/l en el agua para riego; valores máximos de 25.05 mg/kg de Plomo y 29.05 mg/kg en Arsénico en el suelo agrícola. Se obtuvieron niveles por debajo de límites máximos permitidos en agua para riego y suelo agrícola según establece el MINAM bajo decreto supremo N° 004-2017 y N° 002-2013 respectivamente. Consecuentemente en el estudio realizado, se evidencia la contaminación por metales pesados en el distrito de Llalli a consecuencia del relave minero.

**Palabras clave:** Agua para riego, suelo agrícola, metales pesados, contaminación



## ABSTRACT

Pollution by heavy metals is an environmental problem that occurs in our region and study area, which is why this research aims to evaluate the level of contamination by heavy metals: Lead (Pb), Nickel (Ni), Cadmium (Cd), Mercury (Hg) and Arsenic (As), in water for irrigation and agricultural soil in the district of Llalli, province of Melgar, for subsequent comparison with the maximum permissible limits established by the Environmental Quality Standards. The methodology consisted of determining the concentration of heavy metals of the samples obtained in the field in both water and soil, taking into account the national protocol for monitoring surface waters and considering optimal soil sampling. They were analyzed in the Soil, Water and Leaf Laboratory of the Headquarters of the National Institute of Agrarian Innovation. In the results of the analyses, it was observed that there is the presence of heavy metals in irrigation water and agricultural soil, with a higher concentration of Arsenic 0.0381 mg/l in irrigation water; maximum values of 25.5 mg/kg of Lead and 29.05 mg/kg of Arsenic in agricultural soil. Levels were obtained below the maximum limits allowed in water for irrigation and agricultural land as established by MINAM under supreme decree No. 004-2017 and No. 002-2013 respectively. Consequently, in the study carried out, contamination by heavy metals is evident in the Llalli district as a result of mining tailings.

**Keywords:** Water for irrigation, agricultural soil, heavy metals, pollution



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El agua y el suelo son recursos naturales básicos para el sustento de los seres humanos y de todos los seres vivos, dentro de los principales factores que perjudican a los ecosistemas por metales pesados radican en las actividades de tipo minero, esto desencadena un gran número de problemas en la vida de las plantas ya que estos elementos terminan siendo depositados en los suelos mediante el agua de riego (Pabón *et al.*, 2020).

Briceño *et al.* (2020) indican que la contaminación por metales pesados puede ocasionar serios problemas para la salud humana, no obstante, otros metales son necesarios como fuente de nutriente en la mayoría de cultivos. Es importante evaluar el contenido de metales, en suelos como en los cultivos debido a que la composición del suelo es uno de los factores que influyen en la transmisión de elementos traza dentro de la cadena suelo-planta siendo este parte del ciclo bioquímico. La gravedad está en que varios de estos compuestos son extremadamente tóxicos, biodisponibles y no biodegradables (Loza & Ccancapa, 2020).

La contaminación del agua por metales pesados proveniente principalmente de las actividades antropogénicas constituye un tema de gran interés actual ya que su ingreso a la cadena trófica tiene efectos nocivos sobre la salud humana y animal (ANA, 2012).

La contaminación de suelos por metales pesados es considerada un problema global, las actividades humanas como el caso de la industrialización y urbanización, así como actividades agrícolas, tecnológicas y mineras, siendo esta última una de las



principales fuentes de contaminación en suelos, esto tiende a generar serios problemas a la salud humana y al equilibrio local de los ecosistemas (Soto *et al.*, 2020).

Capacoila (2017), señala que existen más de veinte metales pesados, haciendo énfasis en cuatro de ellos que son, Pb, Cd, Hg y As que son de mayor preocupación para la salud humana y para el medio ambiente son a tal nivel tóxicos que pueden causar efectos perjudiciales incluso a muy bajas concentraciones.

En el distrito de Llalli se evidencia la contaminación por metales pesados por el relave proveniente de la unidad minera Arasi, que en la actualidad hay la presencia en mayor nivel en los suelos agrícolas.

En este trabajo mediante el plan de monitoreo y muestreo en la zona de estudio se analizó la presencia de metales pesados: Plomo (Pb), Níquel (Ni), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg) y Arsénico (As), en agua para riego y suelo agrícola en el distrito de Llalli provincia de Melgar y nos permitió comparar los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles de los Estándares de Calidad Ambiental para agua y suelo establecidos por el MINAM, que conllevará a convocar entidades involucradas en los recursos hídricos a implementar la remediación y mitigación de aguas y suelos contaminados.

### **1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

La contaminación por metales pesados es un problema ambiental grave que afecta a muchas partes del mundo, estos son elementos químicos que tienen una densidad relativamente alta y pueden ser tóxicos para los seres vivos en concentraciones elevadas. Algunos de los metales pesados más problemáticos en términos de contaminación lo consideran al Plomo (Pb), Níquel (Ni), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg) y Arsénico (As), cuando el agua contaminada por metales pesados se utiliza para regar cultivos, los metales pueden acumularse en el suelo y ser absorbidos por las plantas, lo que puede tener



consecuencias tanto en la producción de cultivos, la salud humana, animales y el medio ambiente en general.

La actividad de minería informal que se asienta en la región de Puno es responsable del deterioro del medio ambiente y la degradación de la calidad de vida (Vargas, 2017), el gran crecimiento e impacto de la actividad minera en los últimos años está causando la pérdida irreparable de áreas verdes, además de la flora y fauna que habitan en ellas y dejando un gran impacto en cuanto a contaminación de suelos y aguas.

La presencia y acumulación de metales pesados en los suelos agrícolas constituye un enorme riesgo para la vida de los organismos y la salud humana, alguno de estos como el cromo (Cr), cobre (Cu), manganeso (Mn) y zinc (Zn) en bajas concentraciones son relevantes para funciones metabólicas en los seres humanos, no obstante otros elementos de este grupo de metales no tienen efectos benéficos en la salud humana como es el caso del plomo (Pb), siendo este considerado como posible agente cancerígeno, arsénico (As) y cadmio (Cd) considerados elementos cancerígenos y el mercurio (Hg) que puede llegar a generar ataxia en adultos; déficit de atención y lenguaje en niños. (Soto *et al.*, 2020).

Briceño *et al.* (2020) indica que los metales pesados como Cd, Pb, Ni, Co, Cu y Zn son considerados altamente tóxicos para elementos como las plantas, animales e inclusive para los seres humanos y por otro lado metales como potasio, magnesio, hierro y manganeso son importantes para el crecimiento y nutrición de los cultivos agrícolas tal es el caso que mientras mejor nutrido esté un suelo de estos metales, siempre se tendrá una óptima producción agrícola.

Es importante evaluar el contenido de metales pesados tanto en agua para riego, suelo agrícola e inclusive en los cultivos, para corroborar que los contaminantes estén debajo de los Límites Máximos Permisibles según las normas nacionales e





internacionales, así también poder conocer si el contenido de nutrientes es el óptimo para el cultivo.

Los ríos involucrados en el área de estudio, tienen su nacimiento en la convergencia del río Ocuwiri con aguas transparentes y el río Jatun Ayllu que viene con el relave de la mina Arasi perteneciente a la compañía minera Aruntani y trae consigo aguas turbias.

Siguiendo su recorrido ingresa al distrito de Llalli, el denominado río Llallimayo donde empieza el sistema de riego mediante gravedad a partir de la bocatoma del distrito.

El propósito de esta investigación es la evaluación del nivel de contaminación por metales pesados en agua para riego y suelo agrícola en el mencionado distrito, ya que la mayor parte de la población utiliza los canales de riego para sus parcelas agrícolas, generando contaminación en el suelo, provocando irreparables daños a la salud.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

El agua y el suelo son recursos naturales básicos para el sustento de los seres humanos y de todos los seres vivos, su uso inadecuado y la continua contaminación proveniente de fuentes mineras y/o industriales provocan cambios en sus propiedades físicas, químicas o biológicas que pueden afectar la calidad de vida de toda la población. El relave minero afecta en gran porcentaje a poblaciones que no están directamente involucradas en esta actividad, generando problemas de contaminación en el agua y en sus suelos agrícolas sea directamente en su consumo y/o para labores agropecuarias, conllevando esto a problemas de salud.

Gran parte de nuestra región está dedicada a la agricultura, los pobladores del ámbito rural dependen mayormente de ello y va de la mano junto con la ganadería, esta es una actividad de trabajo muy importante para las familias existentes en el distrito de Llalli, que se ha desarrollado a lo largo de los años, gracias a las nuevas formas de cultivo



y las técnicas utilizadas para su producción, la contaminación provocada por metales pesados afecta gravemente la producción, el desarrollo y la economía de la región.

Según el informe emitido por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) del año 2019, los estudios de evaluación de impacto de la unidad minera Aruntani S.A.C identificaron focos de contaminación asociados a la minería. Estos estudios arrojaron altas concentraciones de metales pesados tales como aluminio, cadmio, cobalto, cobre, hierro y manganeso; lo que según el informe es debido a la interacción de los residuos con el agua de lluvia que se lixivia al contacto con el agua subterránea, provocando el aumento de su concentración con el paso del tiempo.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar el nivel de contaminación por metales pesados en agua para riego y suelo agrícola en el distrito de Llalli provincia de Melgar.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Elaborar el plan de monitoreo y muestreo en la zona de estudio.
- Analizar la presencia de metales pesados: Plomo (Pb), Níquel (Ni), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg) y Arsénico (As), en agua para riego y suelo agrícola en el distrito de Llalli provincia de Melgar.
- Comparar los resultados obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental y los Límites Máximos Permisibles.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

En los suelos agrícolas las plantas regadas continuamente y durante mucho tiempo con aguas contaminadas suelen contener un alto nivel de metales pesados, según Anaya *et al.* (2022), indica también que la absorción de metales pesados a través de las raíces de las plantas está determinada por muchos factores tales como la concentración de metales pesados solubles en el suelo, el nivel de pH, la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, las etapas de crecimiento de las plantas, el tipo de cultivo, los fertilizantes y el tipo de suelo.

El agua destinada para riego tiene grandes efectos sobre la producción de los cultivos, así como en el deterioro químico del suelo (Quinteros *et al.*, 2020), en su estudio evalúa la cantidad y calidad de agua disponible para fines de riego para el cultivo de quinua en la Toglahuayco, parroquia Guangopolo, Ecuador.

La contaminación por metales pesados en suelos agrícolas puede causar graves problemas para la salud humana esto según Briceño *et al.* (2020) ya que diversas especies de plantas pueden absorber del suelo grandes cantidades de metales. La ingestión de metales procedentes de alimentos contaminados puede provocar malformaciones, disfunción neuronal e inclusive podría conllevar a la muerte.

Chávez (2019), indica que la contaminación del agua por metales pesados representa una amenaza para la salud humana debido, principalmente a la



toxicidad y acumulación en sitios de almacenamiento y distribución de agua como canales de riego. La presencia de alguno de estos elementos se encuentra de manera natural ya sea por procesos de mineralización o por transporte aéreo de partículas, pero los principales causantes de la acumulación de metales pesados en grandes cantidades son las actividades como la minería y procesos industriales. En su tesis titulada: “Evaluación de metales pesados en el canal de riego Ambato-Pelileo de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua” Ecuador, después de los análisis concluyó que la calidad del agua se deteriora no sólo por la presencia de los metales pesados, sino también por otros factores tales como el suelo, los desechos animales y vegetales. Los metales pesados con más incidencia hallados en su estudio fueron plomo, cadmio y cobre, estos elementos se determinaron mediante espectroscopía UV-visible porque es más fácil y eficiente.

Los altos niveles de concentración de metales pesados en agua utilizada para riego presentan un problema importante para la agricultura y la salud humana, así como para la biodiversidad, por tal motivo Mancilla *et al.* (2012), llevo a cabo el trabajo de investigación con relación a la calidad del agua en los estados de Puebla y Veracruz, México, dicho estudio se realizó entre los meses de noviembre del año 2009 a marzo del siguiente año e incluyó 91 muestras duplicadas. Donde el investigador analizó el potencial de hidrógeno (pH), la conductividad eléctrica (CE), As y metales pesados totales: Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, y Zn. Los metales pesados se determinaron mediante el uso de un ICP (“Inductively Coupled Plasma”). Los resultados mostraron bajas concentraciones de metales pesados en agua destinadas a riego y uso urbano, mas no para el consumo humano, debido a que el 50% de las muestras tomadas excedieron los límites permisible.



Prieto *et al.* (2009) refiere que los altos niveles de metales pesados como plomo, níquel, cadmio y manganeso en el suelo y las aguas residuales utilizadas para el riego agrícola se deben principalmente a su capacidad para acumularse en estos importantes sistemas agrícolas. Su toxicidad y disponibilidad para diversos cultivos pueden ser altamente peligrosos debido a sus propiedades no biodegradables. El efecto de los metales pesados sobre la calidad del ambiente es un tema de suma importancia para la investigación a lo largo de las últimas décadas (Díaz, 2001), debido a esto se ha incrementado el interés por saber y conocer a detalle sobre los efectos tóxicos de los metales pesados sobre el desarrollo de las plantas, entre estos elementos el níquel es uno de los contaminantes presentes en las descargas de la industria minera, su concentración en el agua utilizada para riego es una de las causas de contaminación en suelos y plantas.

La contaminación del suelo por metales pesados ha aumentado significativamente como resultado del uso intensivo de productos químicos agrícolas y el riego con aguas residuales (Méndez *et al.*, 2000). Este problema suele ocurrir en zonas agrícolas cercanas a zonas mineras en donde aumenta las aguas residuales contaminadas.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Cueva *et al.* (2022) refiere que el crecimiento poblacional y la actividad económica en las cuencas hidrológicas afectan los recursos hídricos del Perú con prácticas indeseables e ilegales como la producción de residuos sólidos, mal manejo y vertimiento de los mismos en cuerpos de agua, aguas residuales municipales e industriales, la informalidad, entre las cuales la industria minera es



la principal. Esta contaminación afecta la calidad del agua y no puede garantizar su uso para diversos fines.

Correa (2021), señala que los metales se transportan a escala espacial y temporal a través de la superficie y la atmosfera, lo que representa una grave amenaza para el medio ambiente, así como para las poblaciones vulnerables pertenecientes a estos cuerpos de agua. Su estudio tuvo como objetivo principal determinar las fuentes y los niveles de metales presentes en sedimentos del agua en la microcuenca del río Huancaray en la región Apurímac (Perú), durante la época seca y durante las inundaciones de los años 2018 y 2019. Destacó que las concentraciones exceden los límites permisibles y añadió que no existe una diferencia significativa entre los periodos secos y de inundación.

El estudio de Soto *et al.* (2020) es importante afirma ya que son escasos los estudios previos sobre los niveles de concentración de metales pesados en suelos degradados por la actividad minera en la Amazonia peruana y en menor escala se encuentran las investigaciones sobre la biodisponibilidad de los metales pesados en productos agrícolas que se cultivan en dichos suelos.

Los efluentes de los pozos de lixiviación contienen altas concentraciones de metales pesados, los efluentes de minas y campos de relaves ingresan a los ríos sin ningún tipo de tratamiento. Así Ventocilla (2019) lo considera como un principal impacto ambiental de la minería.

En los últimos años se notó un crecimiento en la economía del país en los sectores de la minería informal y artesanal (Corcuera, 2015). Fue notado que este crecimiento redujo la falta de empleo y contribuyó en mejorar los ingresos económicos para las zonas más alejadas de enormes ciudades, no en tanto, trajo



también problemas relacionados el crecimiento y la contaminación ambiental, como conflictos entre las concesiones mineras, comunidades, y autoridades del sector.

### 2.1.3. Antecedentes locales

En los ecosistemas acuáticos, la contaminación por metales pesados puede deberse a la deposición atmosférica, la erosión geológica o las emisiones de desechos así lo indica Villanueva *et al.* (2023). Los metales como Cu, Fe, Mn, Ni y Zn son oligoelementos esenciales en los procesos vitales de plantas y microorganismos, mientras que otros metales como Cd, Cr y Pb no han reportado actividad fisiológica, pero se ha demostrado que son bio peligrosos por encima de ciertas concentraciones. Los metales pesados se dividen en dos categorías: Cu, Zn, Cr y otro grupo conformado por Cd, Hg, Pb y metaloides como el As, que no tienen efectos biológicos conocidos, pero tienen una alta toxicidad aparente. Estos últimos pueden ser de origen natural, doméstico, antropogénico, industrial, agrícola o minero (según los factores geológicos de extracción). Como contaminantes ambientales, los metales pesados más comunes y prevalentes con el Pb, Cd, Hg y el metaloide As.

Por la acción propia de los seres humanos, la calidad de las aguas superficiales y subterráneas vienen siendo alterados a nivel mundial por la acción natural o antrópica. Este caso se presencia también en nuestro país, reduciendo así la disponibilidad de agua para el consumo humano, debido a que las fuentes y cuerpos de agua vienen alterándose cada vez más. (Ancco & León 2023).

Citando a Novoa *et al.* (2022), afirma que es difícil de negar que la minería hace una contribución económica y social en el desarrollo, paralelo a esto sus



impactos ambientales son a mayor escala, esto se observa principalmente en fuentes de agua que elevan sus concentraciones de metales pesados sobrepasando los estándares de calidad ambiental. Menciona además que estos impactos ambientales no solo se dan en los cuerpos de agua, sino que también se distribuyen en los suelos que están cercanos a las operaciones auríferas.

El suelo es uno de los recursos naturales de gran importancia, ya que brinda servicios como conservación de los ecosistemas, la disponibilidad del agua y la mitigación del cambio climático, así lo indica Fernandez *et al.* (2022), además menciona que estos servicios vienen siendo afectados especialmente por la actividad minera principalmente con la inadecuada derivación de residuos, generando la acumulación excesiva de los metales pesados en el suelo.

Pacco (2018) afirma que los metales pesados como el plomo, cadmio y arsénico tienen la capacidad de movilizarse mediante la cadena trófica y llegar a ser un factor de riesgo en la salud pública, causando severos efectos negativos en animales y en el ser humano tales como daño a nivel del sistema nervioso central especialmente en niños y adultos mayores de 60 años ya que representan las poblaciones más vulnerables a dichos efectos.

En particular, la no biodegradabilidad de los metales pesados significa que pueden acumularse y bio masificarse en organismos inferiores, provocando riesgos irreversibles en la salud humana, esto según Vasquez M. (2018), además en su estudio evaluó metales pesados y costo ambiental en los sedimentos del río Chacapalca en la provincia de Lampa durante el año 2017, donde el cuerpo de agua está constantemente expuesto a metales pesados durante todo el año lo que





puede afectar negativamente el ecosistema, la salud humana y actividades como la ganadería y agricultura.

Vargas (2017), señala que la concentración de metales pesados en suelos con riego y sin riego es muy variado, debido a factores como el tipo de suelo y la calidad de agua de riego, siendo este último factor el que tiene mayor influencia en la contaminación de los suelos con riego. Lo que lleva a indicar que se puede tener el mejor suelo agrícola con componentes adecuados y dentro de los rangos establecidos, pero si a este se le incorpora un sistema de riego con agua contaminada, el producto será una producción escasa y sin alcanzar los rendimientos deseados, es por ello que la relación agua suelo e incluso semilla deben ser de buena calidad.

Capacoila (2017), emplea en su estudio la Espectroscopia de Absorción Atómica, la cual considera una técnica muy empleada en el estudio cuantitativo de casi todos los elementos de la tabla periódica, en su caso lo aplica para la determinación de metales pesados en aguas residuales del río San Javier, donde obtuvo mayor concentración para el elemento Cromo.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Agua para riego**

Es difícil encontrar a los ríos en sus condiciones naturales ya que están estrechamente relacionados al crecimiento demográfico y diversas actividades económicas asentadas en las cuencas hidrográficas. Malas e ilegales prácticas como el manejo inadecuado y vertimiento de residuos sólidos a los cuerpos de agua, aguas residuales, minería informal entre otros, esta contaminación ocasiona



que la calidad del agua se vea comprometida y compromete la no garantía de su utilización para diversos fines.

El agua utilizada con fines agrícolas tiene efectos relevantes sobre la producción de cultivos, así también en el deterioro químico del suelo. (Quinteros *et al.*, 2020). Los parámetros que un agua debe reunir y los valores normales que debe tener se obtienen de los numerosos estudios FAO sobre riego y drenaje, estudios que por otra parte están en continua revisión.

#### **2.2.1.1. Calidad de agua**

Se define a la calidad de agua como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso determinado, que estará relacionado con la calidad del agua, las necesidades del usuario y la función exobiológica en los ecosistemas (Capacoila, 2017).

La calidad del agua es un valor ecológico esencial para la salud y para el crecimiento económico. Villena (2018) indica que nuestro país posee una naturaleza mineralógica esto debido a la presencia del sistema montañoso de los Andes y por su economía dependiente de la actividad de extracción de minerales esto provoca que se generen condiciones para la dispersión por ejemplo de agentes contaminantes químicos en especial metales.

Capacoila (2017) indica que, para poder evaluar la calidad del agua, los estados comparan los resultados de sus estudios o investigaciones con estándares establecidos por las autoridades competentes de cada país.

En nuestro caso en todo el territorio peruano los estándares de calidad ambiental para agua están establecidos por el Ministerio del

Ambiente, según Decreto Supremo N° 004-2017 – MINAM. En la tabla 1 podemos observar los límites máximos permisibles establecidos para riego de vegetales y bebida de animales.

**Tabla 1**

*Parámetros indicativos para calidad de agua*

Parámetro	Unidad	ECA 3 – D1
pH*	Unidad de pH	6.5 – 8.5
Temperatura*	°C	Δ 3
Conductividad eléctrica*	(μS/cm)	2500
Plomo	mg/L	0.05
Níquel	mg/L	0.2
Cadmio	mg/L	0.01
Mercurio	mg/L	0.001
Arsénico	mg/L	0.1

Nota: Tomado de Decreto Supremo N° 004-2017 – MINAM. (\*) Valores tomados in situ.

### **a) pH**

Este parámetro se mide en una escala de 0 a 14, un pH de 7.0 es neutro mientras que los niveles inferiores a este son ácidos y los superiores son básicos. (Swistock, 2021). El pH del agua, junto con la alcalinidad, afecta a la solubilidad y disponibilidad de los nutrientes y a otras características químicas del agua de riego.

Las aguas contaminadas a causa de descargas industriales pueden llegar a poseer un pH muy ácido, este valor puede interferir en los resultados a la hora de implementar métodos de desinfección y en un principal indicativo a la hora de elegir que método usar (Capacoila, 2017).

## Figura 1

### Escala del pH



Nota: La figura nos muestra la escala del pH que va de 0 a 14. Tomado de Carbotecnia. (2022)

### b) Temperatura

La temperatura condiciona las propiedades físicas del agua así lo afirman Díaz & Gonzáles (2022) y es uno de los parámetros más importantes respecto a la calidad del agua, las propiedades lumínicas y calóricas de un cuerpo de agua están influidas por el clima y la topografía, así como algunas características del propio cuerpo de agua como son la composición química, suspensión de sedimentos y su capacidad productiva de algas.

### c) Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica del agua (CE) es una medida indirecta de la concentración de sales de una solución, basada en el hecho de que, si bien el agua pura es mala conductora de la electricidad a las sales les sucede lo contrario (Monge, 2018).

Según Solís *et al.* (2017) nos indica que la conductividad eléctrica es una capacidad de la misma para transportar la corriente eléctrica, esta tiene relación con la concentración de las sales en disolución, cuya disociación genera iones capaces de transportar la corriente eléctrica, todo



esto depende de la temperatura por lo que este parámetro varío en conformidad con la temperatura del agua.

### **2.2.2. El suelo**

El suelo es la capa superficial terrestre, es un cuerpo natural, dinámico, trifásico (mezcla de materiales sólidos, líquidos y gaseosos), compuesto de materiales minerales y orgánicos y de formas vivientes en el cual crecen las plantas, desarrollan sus raíces y toman los alimentos necesarios (Calla, 2012).

El suelo es un recurso natural finito y no renovable que presta diversos servicios ecosistémicos o ambientales, entre ellos y a manera de ejemplo, el relacionado con su participación en los ciclos biogeoquímicos de elementos clave para la vida como carbono, nitrógeno, fósforo, etc., que continuamente y por efecto de la energía disponible, pasan de los sistemas vivos a los componentes no vivos del planeta (Burvano, 2016).

#### **2.2.2.1. Fertilidad del suelo**

La fertilidad se define como su condición relacionada con la capacidad de suministrar elementos vitales para el crecimiento y desarrollo de las plantas evitando elementos en concentraciones tóxicas. Tanto la necesidad de elementos esenciales como a tolerancia a elementos tóxicos varían según el tipo de planta, por lo que los niveles de fertilidad no pueden expresarse solo en términos de suelo, sino que también debe estar relacionado con el rendimiento de la misma. Es decir, suelos aparentemente infértiles para un determinado cultivo puede resultar muy productivo cuando se cultiva otro tipo de plantas (Ansorena, 2005).

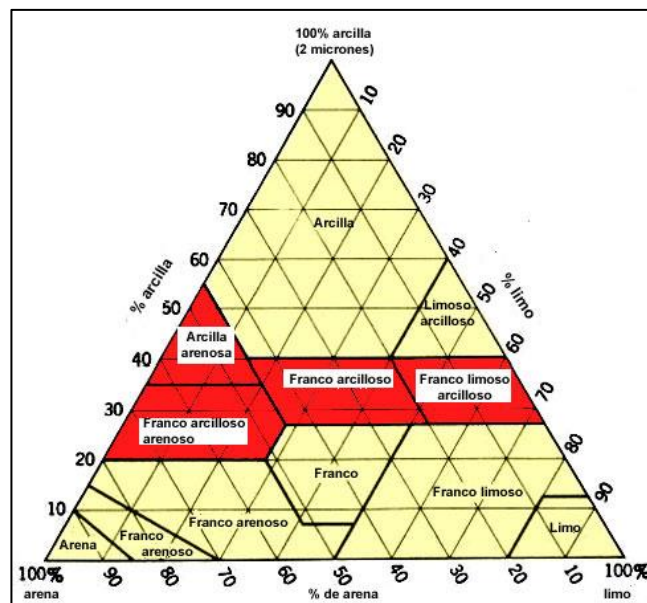
## a) Textura

La textura del suelo es una propiedad física que en condiciones del campo puede determinarse mediante el tacto. En el laboratorio, el análisis de la distribución del tamaño de las partículas permite obtener numéricamente la distribución de arena, limo y arcilla. (Bazán, 2017).

Esta propiedad hace referencia al tamaño de las partículas obtenidas a partir de la tierra fina de forma que el porcentaje de arena, arcilla y limo de un suelo, determina la clase textural a la que pertenece, así como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2**

*Triangulo textural*



Nota: Diagrama triangular de las clases texturales básicas del suelo según el tamaño de las partículas. Tomado de FAO. (2022)

## b) pH

El valor del pH del suelo es la medida de la acidez o alcalinidad del suelo. El pH del suelo afecta directamente la disponibilidad de nutrientes



**Tabla 2***Niveles de materia orgánica (%)*

<b>Arenoso</b>	<b>Franco</b>	<b>Arcilloso</b>	<b>Clasificación</b>
<0.7	<1.0	<1.2	Muy bajo
0.7 – 1.2	1.0 – 1.5	1.2 – 1.7	Bajo
1.2 – 1.7	1.5 – 5.0	1.7 – 2.2	Normal
1.7 – 2.2	2.0 – 2.5	2.2 – 3.0	Alto
>2.2	>2.5	>3.0	Muy alto

Nota: Adaptado de Andraes &amp; Martínez. (2014).

### 2.2.3. Contaminación por metales pesados

La contaminación por metales pesados se origina por la dispersión de sólidos, líquidos y partículas finas directamente en la atmósfera, que posteriormente se depositan en cuerpos de agua, sedimentos y suelos (Aguilar, 2001).

Méndez (2009) indica que la bioacumulación significa un aumento en la concentración de un producto químico en un organismo vivo en un determinado tiempo, en comparación a la concentración de dicho producto químico en el ambiente.

La concentración de metales pesados como el Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn entre otros; es un factor limitante en terrenos agrícolas, la problemática más importante es la movilidad de los iones metálicos y su disponibilidad para las plantas, aunque estos son componentes en algunos casos naturales de todos los suelos su concentración puede aumentar como resultado de agentes antropogénicos como es el caso de la minería o la industrialización (González *et al.*, 2010). Un suelo puede verse contaminando por presencia de metales pesados





si los valores de estos superan la característica de la zona ya sea por actividades propias del ser humano o por acumulación directa de bioquímicos naturales.

Se debe distinguir la importancia de diferentes sustancias y determinar el riesgo de contaminación en función de la distribución de los componentes del suelo (González *et al.*, 2010).

#### **2.2.4. Metales pesados**

##### **2.2.4.1. Plomo**

Poma (s. f.) muestra que el plomo es un metal que se ha utilizado desde la antigüedad, por lo que puede estar presente en una gran cantidad de personas. Indica también que este elemento afecta considerablemente sistemas, órganos y también tejidos del ser humano y sus efectos pueden ser relacionados a la cantidad que esté presente en el organismo

Debido a los efectos nocivos sobre la microflora del suelo y el desarrollo de los cultivos, la acumulación de plomo en los suelos es motivo de preocupación en la producción agrícola, parámetros como el pH, materia orgánica, presencia de varias enmiendas, contenido de carbonatos, el tipo de suelo, las propiedades y el contenido del metal influyen en la biodisponibilidad o inmovilización del plomo en el suelo, así lo indican Vázquez *et al.* (2019).

##### **2.2.4.2. Níquel**

Aguilar *et al.* (2001) mencionan que, entre los metales pesados, el níquel es uno de los contaminantes presentes en las descargas de distintas industrias tales como la minera, la de fundición, refinación de elementos metálicos y distintos tipos de industrias que utilizan el níquel como



principal materia. Es causante de la contaminación en suelos y plantas cuando está presente en las aguas residuales utilizadas para riego.

Considerando estos factores, la contaminación de níquel en el suelo se da principalmente por fuentes naturales, por lo tanto, la actividad humana no es tan significativa como se ve con algunos otros contaminantes y especialmente es por prácticas como la minería, la fundición de metales, la quema de carbón y petróleo, aguas residuales, fertilizantes y pesticidas (García *et al.* 2018).

#### **2.2.4.3. Cadmio**

El cadmio es un elemento que se ha relacionado con una serie de problemas graves con la salud humana. La creciente concentración de metales pesados en los terrenos agrícolas es de inmensa preocupación para el medio ambiente debido a su movilidad y su fácil absorción por las plantas.

Villanueva T. (2018), refiere que este elemento puede ser absorbido por las plantas y acumulado en cantidades que generan serios riesgos para la salud humana, por su alta toxicidad genera serios trastornos en la actividad enzimático de las plantas.

Este metal es considerado uno de los más tóxicos e inhibe procesos fisiológicos de las plantas. Varios estudios en diferentes plantas han demostrado que el cadmio reduce el crecimiento, así como la actividad fotosintética, la transpiración y por último el contenido de clorofila. Además, provoca clorosis, estrés oxidativo y cambia la actividad de enzimas implicadas en el metabolismo de los ácidos orgánicos. En general



los efectos de algunos fisiológicos pueden ser tan importantes que plantas no pueden evitarlos y se manifiestan en otros procesos.

La toxicidad por Cd puede llevar a la muerte de la planta y ello depende, entre otros factores, del tiempo de exposición, el contenido del metal y las adaptaciones específicas que desarrollan. (Hernández *et al.*, 2019)

#### **2.2.4.4. Mercurio**

El mercurio entre los metales de mayor potencial tóxico, sobre este punto Capacoila (2017) sostiene que, en ambientes acuáticos, es probable que este elemento permanezca ligado a los sedimentos para luego ser transportado por las corrientes fluviales. Parte de este metal pesado permanece en la columna de agua y afecta las cadenas alimentarias. Las principales formas en las que se produce una toxicidad significativa son en un estado elemental y como compuestos orgánicos de mercurio, de los cuales cabe destacar el metilmercurio.

Por ello es una de las mayores preocupaciones globales en términos de contaminación (Loza & Ccancapa, 2020).

#### **2.2.4.5. Arsénico**

El arsénico se halla abundantemente distribuido en la corteza terrestre. Puede encontrarse en las rocas, suelos, agua y aire, cabe resaltar que es un elemento con alto nivel de toxicidad, puede producir alteraciones a la salud y es un elemento cancerígeno para los seres humanos con el consumo prolongado de aguas con dicho elemento.



Calcina *et al.* (2022) indica que el arsénico es un elemento que está presente en el medio ambiente en formas orgánicas como inorgánicas, siendo en su forma inorgánica altamente tóxica.

### 2.2.5. Marco legal

#### **A. Decreto Supremo N° 004-2017 – MINAM. Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias.**

El presente decreto supremo establece los niveles de concentración de los elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

Así mismo la norma compila las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos Decretos Supremos.

#### **B. Decreto Supremo N° 002-2013 – MINAM. Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo.**

El presente Decreto Supremo aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, aplicables a todo proyecto y actividad cuyo



desarrollo dentro del territorio nacional genere o pueda generar riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia.

El Estándar de Calidad Ambiental Suelo – ECA Suelo, es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni el ambiente.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

##### 3.1.1. Ubicación geográfica

El Distrito de Llalli se encuentra ubicado dentro de la unidad geográfica de sierra y dentro de ella en la sub unidad geográfica del Altiplano, región Puna y Suni, se encuentra en una altitud que va desde 3 900 a 4 600 m.s.n.m.

El monitoreo de agua comprende tres puntos en el distrito de Ocuwiri provincia de Lampa, zona que también está inmersa en el ámbito de estudio.

El desarrollo de la presente investigación se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas:

Este : 295289 – 299851  
Norte : 8334501 – 8349366  
Altitud : 3,971 – 4,155 m.s.n.m.

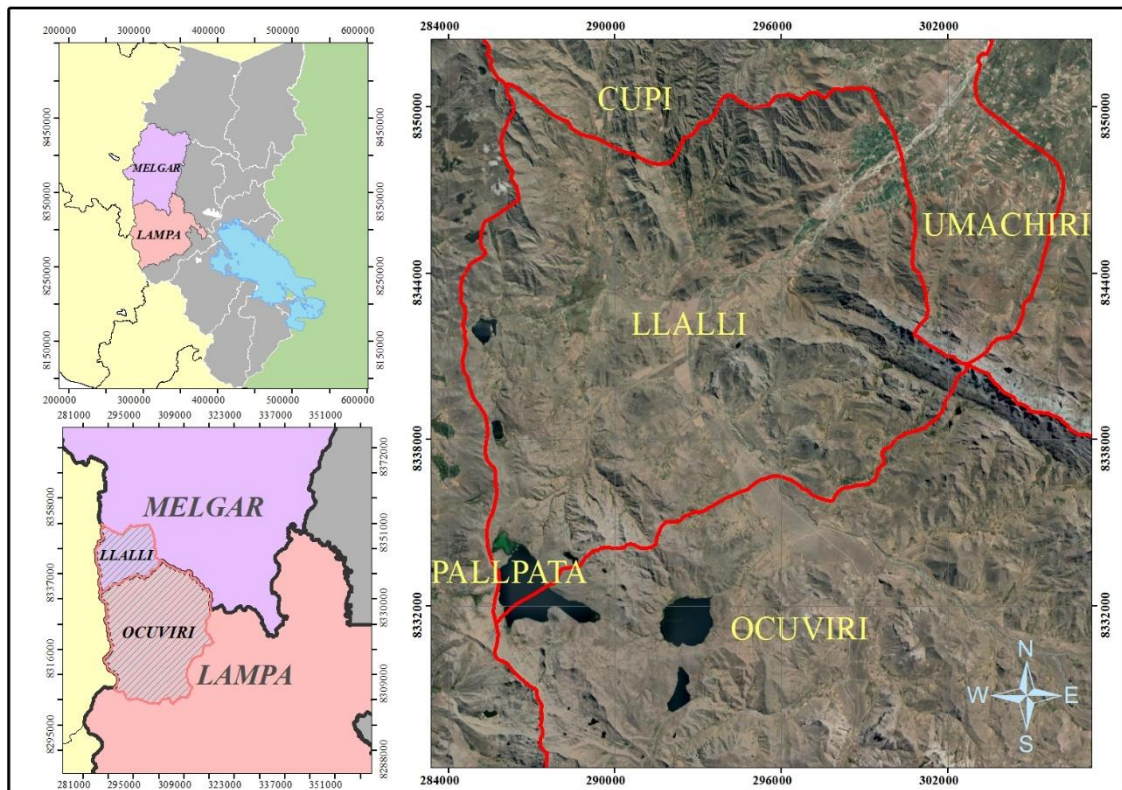
##### 3.1.2. Ubicación política

Llalli es uno de los nueve distritos que conforman la provincia de Melgar, ubicada en el departamento de Puno, en el sudeste del Perú. Tal como se muestra en la figura 3.

Departamento : Puno  
Provincias : Melgar y Lampa  
Distritos : Llalli y Ocuwiri

**Figura 3**

*Mapa de ubicación del área de estudio*



Nota: La figura muestra el mapa de ubicación del área de estudio comprendiendo los distritos de Lllalli y Ocuviiri en las provincias de Melgar y Lampa.

### 3.2. MATERIALES

Los materiales, equipos y herramientas que se utilizaron, en el monitoreo de agua y el muestreo de suelos para la obtención de información en campo y procesamiento de datos, se muestran en la tabla 3 y 4:



**Tabla 3**

*Materiales y equipos para obtener resultados de monitoreo de agua.*

<b>MATERIALES</b>	<b>EQUIPOS</b>
Cadena de custodia	GPS GARMIN
Ficha de registro	Multiparametro
Envases de plástico	Cámara fotografica
Envases FEP	Laptop ASUS
Cooler	Impresora
Balde transparente	ICP de masa
Piceta	
Etiqueta de identificación	
Cubos de hielo	
Jarra transparente	
Cinta adhesiva	
Plumón indeleble	
Lápices, lapiceros	
Pizarra acrílica	
Tablero	

**Tabla 4**

*Materiales, herramientas y equipos para obtener resultados de muestreo de suelos.*

<b>MATERIALES</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>EQUIPOS</b>
Ficha de registro	Pico	GPS GARMIN
Bolsas ziploc	Pala cuadrada	Multiparametro
Costales	Azadón	Cámara fotografica
Balde	Wincha	Laptop ASUS
Etiqueta de identificación		Impresora
Cinta adhesiva		ICP de masa
Plumón indeleble		
Lápices, lapiceros		
Pizarra acrílica		





### **3.3. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación es no experimental por que la realidad no ha sido cambiada, básicamente, se basa en observar los fenómenos en su contexto natural para luego analizarlos.

Guevara *et al.* (2020) indica que los métodos de investigación identifican y definen un problema que permite recopilar datos relevantes para generar hipótesis que luego se prueban o respaldan, de esta forma se podrán tomar las decisiones más adecuadas para el caso de estudio.

El proceso de la investigación es descriptivo porque algunas características básicas de conjuntos de fenómenos homogéneos, utilizando criterios sistemáticos que permitan explicar la estructura o comportamiento de los fenómenos estudiados, así como información sistemática y comparable con otras fuentes.

### **3.4. METODOLOGÍA**

Para la evaluación del nivel de contaminación por metales pesados en agua para riego y suelo agrícola en el distrito de Llalli provincia de Melgar, se analizaron contenido de Pb, Ni, Cd, Hg, As, la secuencia y los métodos que se emplearon para la ejecución de este proyecto de investigación se detallan a continuación:

#### **3.4.1. Etapa de campo**

##### **3.4.1.1. Plan de monitoreo y muestreo en la zona de estudio**

###### **a) Monitoreo de agua**

El plan de monitoreo abarcó estrategias, planes, cronograma de actividades y criterios técnicos, previos a la evaluación del nivel de contaminación por metales pesados en agua para riego y suelo agrícola, la tabla 5 nos muestra los aspectos a tener en cuenta para el plan de

monitoreo, según lo indica el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

**Tabla 5**

*Planificación del monitoreo*

PRE MONITOREO	MONITOREO	POSMONITOREO
- Planificación del monitoreo	- Reconocimiento del entorno	- Análisis de las muestras por un laboratorio acreditado por el INACAL
- Establecimiento de red de puntos	- Rotulado y etiquetado	- Procesamiento y revisión de datos
- Codificación de los puntos	- Georreferenciación del punto de campo	- Elaboración del informe
- Parámetros a evaluar	- Medición de los parámetros de campo	
- Preparación de materiales y equipos	- Toma de muestra	
	- Preservación	
	- Llenado de la cadena de custodia	
	- Transporte de las muestras	
	- Aseguramiento de la calidad de los resultados	

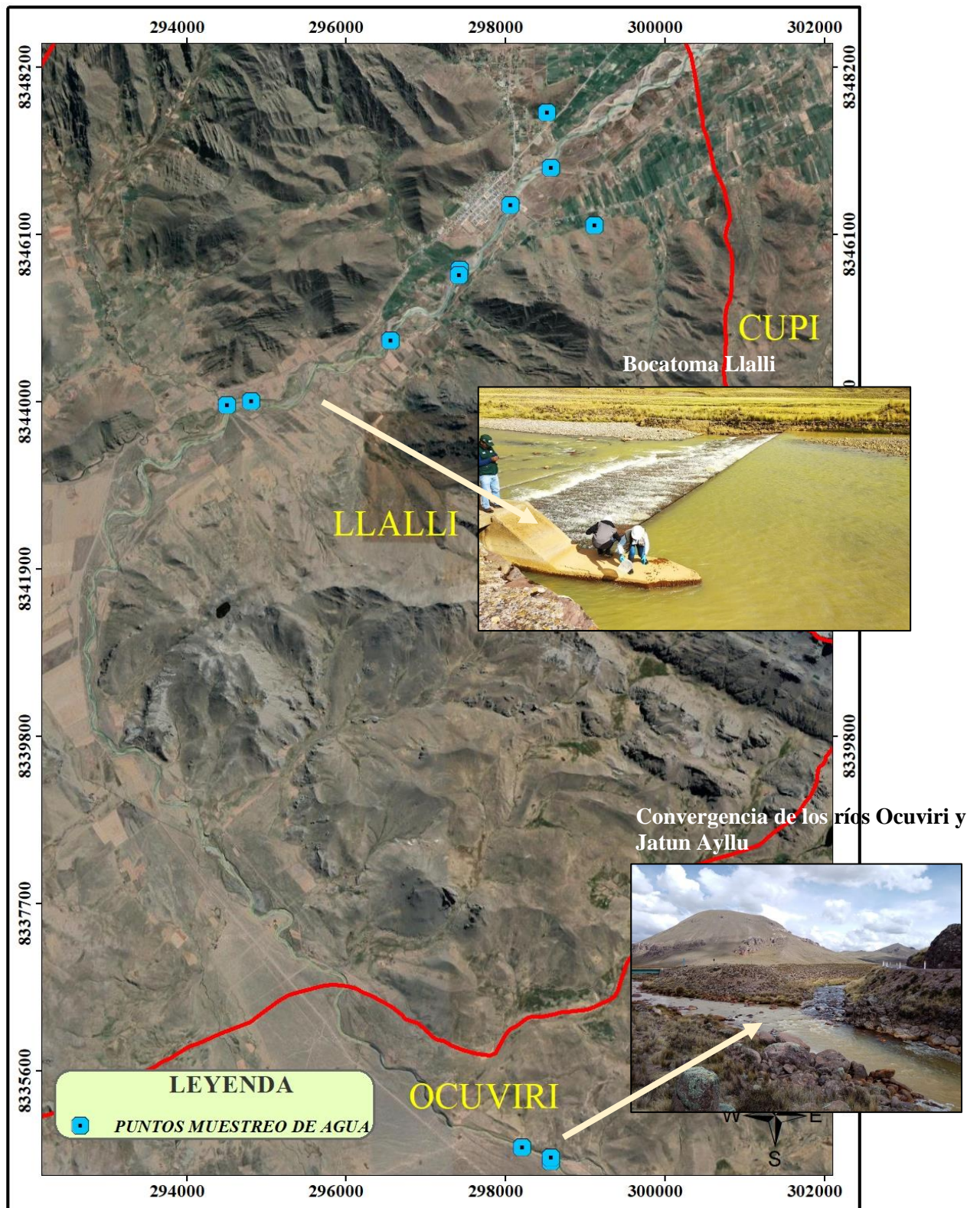
Nota: Tomado de Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA

**b) Definición del área de estudio**

En esta fase de la investigación, se definió la amplitud del área de estudio, puntos críticos y principales canales de riego. Se tomaron previamente imágenes satelitales para definir la extensión y tener en cuenta las vías de accesibilidad para la toma de muestras de agua, a continuación, en la figura 4, se observan los 12 puntos establecidos para el monitoreo de agua, de la misma forma se usaron herramientas informáticas como Google Earth y ArcGis.

**Figura 4**

*Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo de agua*



*Nota: La figura muestra el mapa de ubicación de los 12 puntos de monitoreo distribuidos en el área de estudio.*



### c) Criterio y ubicación de puntos de monitoreo

Para el criterio de selección de los puntos de monitoreo se tomaron en cuenta aspectos como: Puntos por debajo de fuentes contaminantes puntuales y difusas, principales canales de riego, así como puntos críticos y referentes de la zona.

- Para el primer criterio se planta el punto ROCUV1, ubicado en el Rio Ocuviuri que trae consigo agua libre de contaminación de relave minero, seguido del punto RJATU2, que será tomado del rio Jatun Ayllu siendo este cuerpo de agua transportador de aguas contaminadas, siguen su recorrido desde el distrito de Ocuviuri en la provincia de Lampa, la unión de ambos en el sector Puca Chupa da origen al Rio Llallimayo, en donde se plantea el punto RLLAL3, de aquí este continua hacia el distrito de Llalli en la provincia de Melgar, metros antes de iniciar el sistema de riego por gravedad, se presenta del Rio Icantaña, este al ser libre de contaminantes finaliza al unirse con el rio Llallimayo en donde se ubica el punto RLLAL4, finalmente estas aguas son destinadas para el riego.
- En el segundo caso se inicia la ubicación de puntos desde la bocatoma Llalli, aquí se planta el punto RLLAL5 ya que de aquí nace el canal principal en el sector Jallahunta, sigue su recorrido hacia el centro del distrito, en el sector denominado Kawasiri Alto se ubica el punto RLLAL 6, donde varias familias destinan estas aguas para el riego de sus parcelas y la bebida de sus animales. El punto RLLAL7 se plantea en el inicio del canal principal del sector Parco, siguiendo el recorrido de este se ubica el punto RLLAL8, al largo de esta trayectoria se



encuentran numerosas parcelas de cultivos como papa, avena, entre otros que a la actualidad están siendo irrigados con estas aguas para finalizar se plantea el punto RLLAL12 en el canal principal del sector Katawi. Estos tres canales principales siguen su recorrido hacia el distrito de Cupi y Umachiri.

- Para el tercer criterio de ubicación de puntos de monitoreo se consideró la unión del río Huaytahuacho punto RHUAY9 al Llallimayo punto RLLAL10, esto cerca a la zona urbana del distrito y sigue su trayecto pasando por el puente Llalli en donde se toma el punto RLLAL11, para finalmente salir del distrito y continuar su cauce hacia el distrito de Cupi

En seguida en la tabla 6 se describe y se identifican los 12 puntos de monitoreo de agua para el presente estudio.

**Tabla 6***Ubicación de los puntos de monitoreo de agua*

PUNTOS	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	COORDENADAS	
				ESTE	NORTE
ROCUV1	Lampa	Ocuviri	Puca Chupa	298633.00	8334501.00
RJATU2	Lampa	Ocuviri	Puca Chupa	298607.00	8334439.00
RLLAL3	Lampa	Ocuviri	Puca Chupa	298340.00	8334579.00
RLLAL4	Melgar	Llalli	Icantaña	294510.00	8343962.00
RLLAL5	Melgar	Llalli	Jallahunta	294814.00	8344010.00
RLLAL6	Melgar	Llalli	Kawasiri Alto	298520.00	8347640.00
RLLAL7	Melgar	Llalli	Parcco	296598.00	8344800.00
RLLAL8	Melgar	Llalli	Sucre	299117.00	8346219.00
RHUAY9	Melgar	Llalli	Parco Huaytahuacho	297426.00	8345655.00
RLLAL10	Melgar	Llalli	Parco Huaytahuacho	297422.00	8345590.00
RLLAL11	Melgar	Llalli	Llalli	298066.00	8346473.00
RLLAL12	Melgar	Llalli	Katawi	298575.00	8346940.00

Nota: Ubicación de los 12 puntos de monitoreo de agua distribuidos en el área de estudio.

#### **d) Toma de muestras**

Para la toma de muestras de agua se siguió las pautas del protocolo de monitoreo de los recursos hídricos superficiales, equipos de protección personal como guantes desechables, barbijo, casco, camisa manga larga y botas de seguridad.

Se utilizó un equipo multiparámetro para las lecturas de pH, conductividad eléctrica y temperatura in situ, se preservó un litro de muestra en envases de plástico para el análisis de metales pesados, ambas muestras de un mismo cuerpo de agua.

Para este proceso, se empleó una cadena de custodia conteniendo datos como ubicación, fecha y hora, coordenadas, altura, responsable de la toma de muestra. Así como el correcto rotulado y etiquetado en cada muestra de agua, registrando la siguiente información:



- Solicitante
- Nombre de laboratorio
- Código del punto de monitoreo
- Tipo de cuerpo de agua
- Fecha y hora de muestreo
- Responsable del muestreo
- Parámetros requeridos
- Preservación y tipo de reactivo.

**e) Muestreo de suelos**

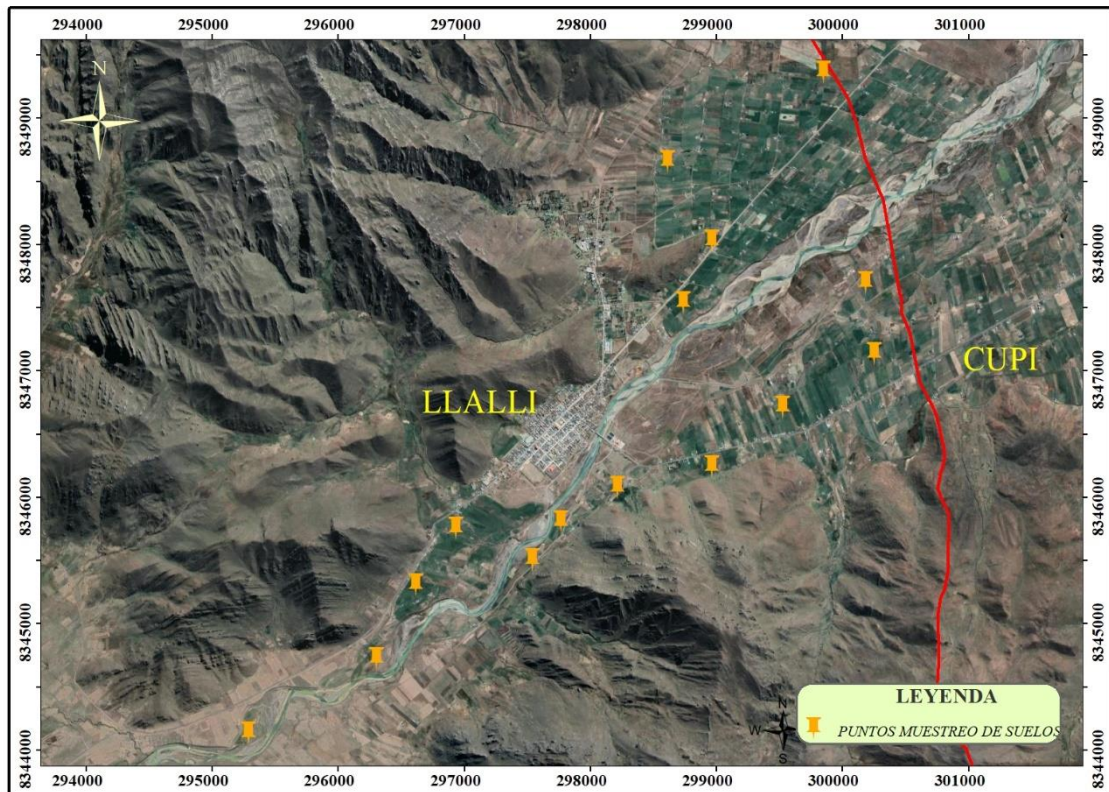
A continuación, se identificaron los puntos de muestreo de suelo enfocados en las principales parcelas regadas con estas aguas ubicados en el distrito de Llalli. Siguiendo una trayectoria paralela a los canales de riego.

**f) Definición del área de estudio**

En esta sección del estudio, se estableció la amplitud del área de estudio, al igual que el caso del agua se usaron las herramientas informáticas como Google Earth y ArcGis. Entonces se tomaron imágenes satelitales para definir la extensión y tener en cuenta las vías de accesibilidad hacia las parcelas, en la figura 5 podremos observar 15 puntos de muestreo ubicados en el distrito de Llalli.

**Figura 5**

*Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo de agua*



Nota: La figura muestra el mapa de distribución de 15 puntos para muestreo de suelos en el área de estudio.

### **g) Criterio y ubicación de puntos de muestreo**

Para la selección de los puntos de suelo, principalmente se consideran las parcelas que actualmente son regadas con la infraestructura de riego existente, se focalizaron terrenos de fácil acceso, así como el interés de los pobladores porque la zona de estudio se encuentra en estado de conflicto por temas mineros. Se distribuyeron en tres grupos cada uno perteneciente a los principales canales de riego.

- A lo largo del primer canal principal se plantean 8 parcelas para la toma de muestras, identificados con los códigos SU-01, SU-02, SU-03, SU-04, SU-12, SU-13, SU-14 Y SU-15. Abarca los sectores de Parco Huaytahuacho, Parcco, Sucre, Kawasiri, Llalli y Katawi.





- Los puntos SU-05, SU-06, SU-07, SU-08, se plantean en las áreas irrigadas por el segundo canal principal en los sectores de Parco y Sucre.
- Para finalizar los tres últimos puntos se ubican en Sucre y Parco Huaytahuacho denominados SU-09, SU-10 Y SU-11.

A continuación, la tabla 7 nos describe e identifica los 15 puntos considerados para la obtención de muestras de suelo

**Tabla 7**

*Ubicación de los puntos de muestreo de suelos*

PUNTOS	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	COORDENADAS	
					ESTE	NORTE
SU-01	Puno	Melgar	Llalli	Parco Huaytahuacho	295289,00	8344135,00
SU-02	Puno	Melgar	Llalli	Puente Parcco	296304,00	8344722,00
SU-03	Puno	Melgar	Llalli	Parcco	296615,00	8345305,00
SU-04	Puno	Melgar	Llalli	Parcco	296936,00	8345754,00
SU-05	Puno	Melgar	Llalli	Parcco	297539,00	8345505,00
SU-06	Puno	Melgar	Llalli	Sucre	297769,00	8345808,00
SU-07	Puno	Melgar	Llalli	Sucre	298218,00	8346077,00
SU-08	Puno	Melgar	Llalli	Sucre	298967,00	8346245,00
SU-09	Puno	Melgar	Llalli	Parco Huaytahuacho	299528,00	8346714,00
SU-10	Puno	Melgar	Llalli	Parco Huaytahuacho	300253,00	8347137,00
SU-11	Puno	Melgar	Llalli	Sucre	300184,00	8347700,00
SU-12	Puno	Melgar	Llalli	Kawasiri Alto	298736,00	8347542,00
SU-13	Puno	Melgar	Llalli	Kawasiri Alto Triangulo	298966,00	8348030,00
SU-14	Puno	Melgar	Llalli	Llalli	298613,00	8348656,00
SU-15	Puno	Melgar	Llalli	Katawi	299851,00	8349366,00

Nota: Ubicación de los 15 puntos de muestreo de suelo distribuidos en el área de estudio.



## h) Toma de muestras

Para la toma de muestras de suelo se considera el siguiente procedimiento:

- Recorrer la parcela en forma de cruz y a cada 15 o 30 pasos tomar sub muestras.
- Tomar coordenadas de la muestra.
- Limpiar la zona de malezas, piedras, etc.
- Para extraer la sub muestra se realiza un hueco en forma de “V” de 20 a 30 cm de profundidad.
- Tomar la muestra con el azadón y eliminar los bordes con la ayuda de un cuchillo.
- Depositar la parte separada en un balde y repetir todo lo anterior en cada punto de sub muestreo.
- Al finalizar, se extiende una manta limpia para depositar las sub muestras contenidas en el balde para poder mezclar de forma homogénea.
- Realizar un cuarteo y así obtener la muestra representativa
- Reservar la muestra en una bolsa ziploc totalmente nueva y limpia, colocar la etiqueta para su identificación.

Para este proceso, se empleó una cadena de custodia conteniendo datos como ubicación, fecha y hora, coordenadas, altura, responsable del muestreo, en cada punto se esterilizaron las herramientas con alcohol y se usaron guantes para la recolección del suelo. Así como el correcto rotulado en cada muestra de suelo, registrando la siguiente información:



- Identificación del cliente
- Fecha y hora de muestreo
- Fecha y hora de recepción
- Análisis de parámetros
- Código de laboratorio

### **3.4.2. Etapa de laboratorio**

#### **3.4.2.1. Análisis de metales pesados en agua para riego y suelo agrícola**

Para el análisis de la concentración de metales pesados en las muestras de agua y suelos se realizó por el método de Espectrometría de Emisión Atómica EPA Method 3050A: Acid Digestion of Sediments, Sluges and Soils, EPA Method 6020B(SW-846): Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry, en el laboratorio de Análisis de Suelos Aguas y Foliare LABSAF, del Instituto Nacional de Innovación Agraria, laboratorio acreditado por el INACAL.

Para el análisis de las muestras de suelo, estas previamente son sometidas a secado y tamizado para luego ser evaluadas en el laboratorio.

En el caso del agua estas deben ser conservadas a temperaturas adecuadas para conservar sus propiedades.

La espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente, es aplicable a la determinación de concentración de un gran número de elementos en muestras de agua, residuos industriales, suelos, lodos y sedimentos.



Antes del análisis las muestras solidas son solubilizadas utilizando métodos adecuados de preparación de muestras, este método mide los iones producidos por un plasma acoplado inductivamente por radiofrecuencia.

### **3.4.3. Comparación de resultados con Estándares de Calidad Ambiental**

#### **ECA agua y suelo.**

Concluida la etapa de laboratorio, se emitieron los respectivos certificados de análisis tanto para los puntos de agua y suelo, dichos documentos contienen los datos respecto al contenido y/o presencia de metales pesados como Pb, Ni, Cd, Hg, As. (Ver anexos 1 y 2).

Con la información emitida se realizó la comparación respecto a la normativa vigente Decreto supremo N° 004-2017 y Decreto Supremo N° 002-2013 ambos pertenecientes al Ministerio del Ambiente. A continuación, en la tabla 8 y 9 se nos presenta los Estándares establecidos

**Tabla 8***Estándares para riego de vegetales y bebida de animales*

PARÁMETROS	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>Arsénico</b>	<b>mg/l</b>		<b>0,1</b>	0,2
Bario	mg/l		0,7	**
Berilio	mg/l		0,1	0,1
Boro	mg/l		1	5
<b>Cadmio</b>	<b>mg/l</b>		<b>0,01</b>	0,05
Cobre	mg/l		0,2	0,5
Cobalto	mg/l		0,05	1
Cromo Total	mg/l		0,1	1
Hierro	mg/l		5	**
Litio	mg/l		2,5	2,5
Magnesio	mg/l		**	250
Manganeso	mg/l		0,2	0,2
<b>Mercurio</b>	<b>mg/l</b>		<b>0,001</b>	0,01
<b>Níquel</b>	<b>mg/l</b>		<b>0,2</b>	1
<b>Plomo</b>	<b>mg/l</b>		<b>0,05</b>	0,05
Selenio	mg/l		0,02	0,05
Zinc	mg/l		2	24

Nota: Tomado de Decreto supremo N° 004-2017 – MINAM

**Tabla 9***Estándares de Calidad Ambiental para suelo*

N°	PARÁMETROS	Usos del suelo			Método de ensayo
		Suelo agrícola	Suelo residencial/ parques	Suelo residencial/ industrial/ extractivos	
II		INORGÁNICOS			
15	Cianuro libre (mg/kg MS)	0,9	0,9	8	EPA 9013-A/APHA-AWWA-WEF 4500 CN F
16	<b>Arsénico total (mg/kg MS)</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>140</b>	<b>EPA 3050-B EPA 3051</b>
17	Bario total (mg/kg MS)	750	500	2000	EPA 3050-B EPA 3051
18	<b>Cadmio total (mg/kg MS)</b>	<b>1,4</b>	<b>10</b>	<b>22</b>	<b>EPA 3050-B EPA 3051</b>
19	Cromo VI (mg/kg MS)	0,4	0,4	1,4	DIN 19734
20	<b>Mercurio total (mg/kg MS)</b>	<b>6,6</b>	<b>6,6</b>	<b>24</b>	<b>EPA 7471-B</b>
21	<b>Plomo total (mg/kg MS)</b>	<b>70</b>	<b>140</b>	<b>1200</b>	<b>EPA 3050-B EPA 3051</b>

Nota: Tomado de Decreto supremo N° 002-2013 – MINAM



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. PLAN DE MONITOREO Y MUESTREO EN LA ZONA DE ESTUDIO

Al realizar el plan de monitoreo en base al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales y a herramientas digitales informáticas como Google Earth y ArcGis se plantearon 12 puntos para la recolección de agua en la zona de estudio, *in situ* se anuló el punto RHUAY9, ya que se observó que esta tenía cauce seco y no fue posible acceder a la toma de muestra, finalmente se recolectaron 11 muestras para su análisis. Para el muestreo de suelos, se identificaron 15 parcelas ubicadas en el distrito de Llalli, provincia de Melgar, se utilizaron equipos, materiales y herramientas que facilitaron la extracción de muestras de suelo, se culminó con la recolección de un kilo de suelo por cada muestra para su análisis.

Para ambos casos tanto agua y suelo, la recolección de muestras estuvo guiada por comuneros y dirigentes de la zona que mostraban su preocupación e interés en el estudio realizado, esto facilitó el acceso a los canales y parcelas, también se contó con el apoyo del equipo profesional y técnico del Proyecto LABSAF del Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA.

#### 4.2. ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE METALES PESADOS

En las tablas a continuación se presentan los resultados donde se muestra la presencia o inexistencia de concentración de metales pesados dentro del ámbito de estudio desde la convergencia de ríos en el distrito de Ocuwiri hasta el recorrido del río Llallimayo por los canales de riego del distrito de Llalli.





#### **4.2.1. Análisis de metales pesados en agua para riego**

El análisis, la interpretación de los resultados y evaluación del nivel de contaminación por metales pesados en agua para riego en el distrito de Llalli se realizó para cinco parámetros: plomo, níquel, cadmio, mercurio y arsénico.

La tabla 8 contiene los resultados de análisis de 11 muestras de agua, emitidos por el laboratorio, que posteriormente serán comparados con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, establecidos según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

#### **4.2.2. Análisis de metales pesados en suelo agrícola**

El análisis, la interpretación de los resultados y evaluación del nivel de contaminación por metales pesados en suelo agrícola de las diversas parcelas en el distrito de Llalli, se llevó a cabo para cuatro parámetros: plomo, cadmio, mercurio y arsénico.

La tabla 9 nos muestra los resultados para 15 muestras de suelos, emitidos por el laboratorio la información será comparada con los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo, según el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.

**Tabla 10**

*Resultados de análisis de metales pesados en agua para riego*

PARA-METROS	UNI-DAD	PUNTOS DE MONITOREO														
		RO-CUV1	RO-CUV2	RLAL3	RLAL4	RLAL5	RLAL6	RLAL7	RLAL8	RLAL10	RLAL11	RLAL12				
Plomo	mg/l	0.0002	0.0004	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0003	0.0001
Níquel	mg/l	0.0004	0.0549	0.0497	0.0002	0.0105	0.0069	0.0073	0.0074	0.0074	0.0011	0.0011	0.0011	0.0082	0.0082	0.0083
Cadmio	mg/l	0	0.0044	0.0036	0	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
Mercurio	mg/l	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0	0	0	0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Arsénico	mg/l	0.0381	0.0066	0.0316	0.0026	0.0043	0.0042	0.0081	0.0074	0.0074	0.0048	0.0048	0.0128	0.0128	0.0128	0.0049

Nota: En la tabla se muestran los resultados emitidos por el laboratorio de análisis LABSAF.

**Tabla 11**

*Resultados de análisis de metales pesados en suelo agrícola*

PARA-METROS	UNI-DAD	PUNTOS DE MUESTREO															
		SU-01	SU-02	SU-03	SU-04	SU-05	SU-06	SU-07	SU-08	SU-09	SU-10	SU-11	SU-12	SU-13	SU-14	SU-15	
Plomo	mg/kg	23.0	4	9.98	9.46	9.23	10.8	25.0	15.3	7.46	10.9	13.3	20.0	16.2	2	7.51	15.2
Cadmio	mg/kg	0.2	0.1	0.1	0.1	0.7	0.24	5	0.1	0.05	0.12	0.1	0.28	0.31	0.12	0.19	7
Mercurio	mg/kg	1.04	0.61	0.41	0.32	0.31	0.46	0.46	0.38	0.16	1.11	0.25	0.38	0.46	0.1	0.14	0.14
Arsénico	mg/kg	15.2	5	9.05	4.78	7.51	5.15	29.0	11.7	5.75	12.0	7.55	14.4	11.1	9	7.26	17.8

Nota: En la tabla se muestran los resultados emitidos por el laboratorio de análisis LABSAF



### **4.3. EVALUACIÓN DEL NIVEL DE CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS**

#### **4.3.1. Comparación y discusión de resultados en agua para riego**

En el presente estudio se busca saber si los metales pesados tales como plomo, níquel, cadmio, mercurio y arsénico están por debajo o sobrepasando los límites máximos permisibles de los Estándares de Calidad Ambiental, establecidos para riego de vegetales y bebida de animales.

A continuación, en las figuras 6, 7, 8, 9 y 10 podremos verificar la presencia de cada uno de los metales sometidos a análisis y a su vez evaluar el comportamiento de cada uno de ellos.

##### **a) Evaluación del contenido de Plomo**

Según el informe emitido por el laboratorio de análisis, en los 11 puntos muestreados al largo de la zona de estudio, en comparación a los Estándares de Calidad Ambiental según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que indica que el valor máximo permisible es de 0.05 mg/l para este elemento, como se aprecia en la figura 6 a lo largo del estudio desde la convergencia de los ríos Ocuviri y Jatun Ayllu los puntos de muestreo no sobrepasan los parámetros establecidos por los ECA.

**Tabla 12**

*Resultado de la concentración de Plomo*

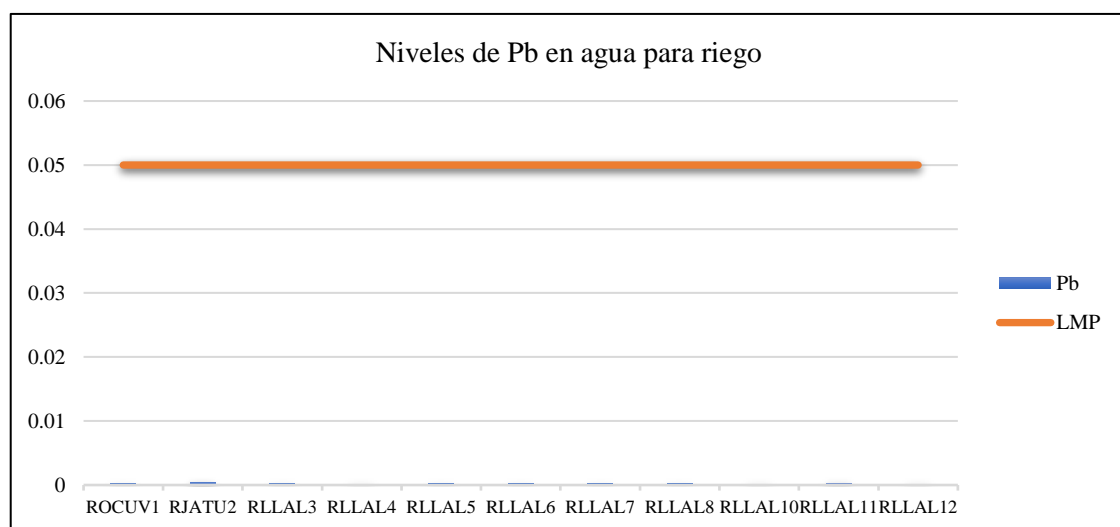
MUESTRA	ECA 3 - D1	RESULTADO
ROCUV1	0.05	0.0002
RJATU2	0.05	0.0004
RLLAL3	0.05	0.0002
RLLAL4	0.05	0.0001
RLLAL5	0.05	0.0002
RLLAL6	0.05	0.0002
RLLAL7	0.05	0.0002
RLLAL8	0.05	0.0002
RLLAL10	0.05	0.0001
RLLAL11	0.05	0.0003
RLLAL12	0.05	0.0001

Nota: En la tabla se muestran los resultados para Pb emitidos por el laboratorio de análisis LABSAF.

No obstante, se observa la presencia en mínimo porcentaje de este elemento lo que hace indicar que la población inmersa en las zonas de muestreo, vienen siendo afectados por la presencia de metales pesados en las aguas que destinan para irrigar sus parcelas agrícolas, esto conlleva al deterioro en su salud tanto en niños como adultos, así como la de los animales que beben de estas aguas.

**Figura 6**

*Concentración de Plomo en agua para riego*



Nota: La figura muestra los niveles de Pb en los puntos de monitoreo comparado con los Límites Máximos Permisibles.



Los valores difieren con los resultados obtenidos por Villanueva T. (2018), que en su estudio para determinar la concentración de metales pesados en las aguas superficiales en el río Ayaviri con fines de riego obtuvo valores para plomo desde 0.00019 a 0.059 mg/l, haciendo un contraste con la presente investigación es mayor la concentración analizada, esta superioridad tiene la probabilidad de que el estudio mencionado se realizó en el año 2018 tomando muestras de agua del río Chacapalca, cuando la mina Arasi se encontraba en etapa de sierra debido a múltiples informes donde indicaban la presencia de metales pesados.

Asimismo, los valores de plomo determinados en el agua del río Llallimayo por Soloisolo D. (2022), son extremadamente mayores a los del presente estudio porque sus resultados van desde 0.540 a 1.918 mg/l, esto en la etapa de cierre de la mina ARASI S.A.C. y considerando que las muestras se tomaron en el año 2020, donde argumenta que esta variación se generó al comportamiento del agua del río ya que en algunos lugares de su zona de estudio ocurrían estancamientos.

Un estudio realizado por Pacco D. (2018) realizado en las comunidades del distrito de Llalli y Umachiri en Puno, reportó concentraciones de 0.0256 mg/kg, en leche de vaca, superando los estándares de permisibilidad de la Unión Europea. La investigadora acota frente a ello que esta concentración de plomo se debe a que estos animales consumían pastos regados con agua del río de la cuenca Llallimayo que derivaban en ese entonces desde zonas con actividad minera. Lo que conlleva a discutir el gran impacto que causan los metales pesados tanto en la salud humana, en el suelo y los animales.

## b) Evaluación del contenido de Níquel

Los altos niveles de metales pesados como es el caso del Níquel presentes en suelos y agua utilizada para riego agrícola por su carácter no biodegradable, la toxicidad que ejercen sobre los diferentes cultivos y su biodisponibilidad, puede resultar peligroso. Prieto et al. (2009).

Como se observa a continuación en la tabla 19 según el informe emitido por el laboratorio de análisis, en comparación a los Estándares de Calidad Ambiental según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que indica que el valor máximo permisible es de 0.2 mg/l para este elemento, se aprecia que a lo largo del estudio los puntos de muestreo no sobrepasan los ECA.

**Tabla 13**

*Resultado de la concentración de Níquel*

MUESTRA	ECA 3 - D1	RESULTADO
ROCUV1	0.2	0.0004
RJATU2	0.2	0.0549
RLLAL3	0.2	0.0497
RLLAL4	0.2	0.0002
RLLAL5	0.2	0.0105
RLLAL6	0.2	0.0069
RLLAL7	0.2	0.0073
RLLAL8	0.2	0.0074
RLLAL10	0.2	0.0110
RLLAL11	0.2	0.0082
RLLAL12	0.2	0.0083

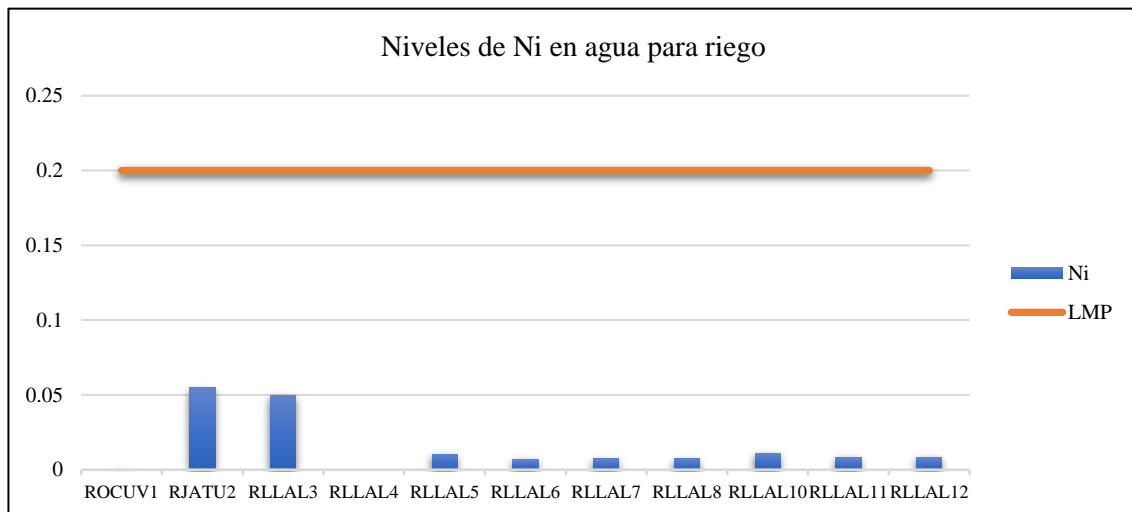
Nota: En la tabla se muestran los resultados para Ni emitidos por el laboratorio de análisis LABSAF.

No obstante, a que los resultados no sobrepasen los ECAs se observa la presencia de este elemento con valores que difieren desde 0.0002 a 0.0549 mg/l de níquel, como se contempla en la figura 7 recayendo nuevamente en que la

población inmersa en las zonas de muestreo, vienen siendo afectados por la presencia de metales pesados en las aguas que destinan para regar sus parcelas agrícolas.

### Figura 7

#### Concentración de Ni en agua para riego



Nota: La figura muestra los niveles de Ni en los puntos de monitoreo comparado con los Límites Máximos Permisibles.

En la revisión de otra investigación realizada por Novoa *et al.* (2022), en donde analiza los efectos en los ecosistemas por presencia de metales pesados en la actividad minera de pequeña escala en Puno, obtiene valores para Ni que oscilan desde 0.00051 a 0.58093 mg/l, en muestras de agua tomadas en el centro poblado de la Rinconada y están directamente vinculados a la actividad minera en la explotación del oro, teniendo en cuenta los resultados de nuestra investigación los valores son inclusive cinco veces mayores debido a que en la zona se llevan a cabo actividades auríferas.

En contraste con Vasquez, M. (2018) que en su investigación realizada donde determinó las concentraciones de metales pesados en los sedimentos del río Chacapalca, obtuvo valores de 15.17 a 20.13 mg/kg de contenido de níquel,

superando los límites máximos permisibles comparados con valores de la Guía de Calidad Ambiental Canadiense para sedimentos de cuerpos de agua continental, conlleva a afirmar que es consecuencia directa de la actividad minera tomando en cuenta que su estudio fue realizado en el año 2017.

### c) Evaluación del contenido de Cadmio

Se puede observar para los 11 puntos muestreados según el informe emitido por el laboratorio de análisis y en comparación a los Estándares de Calidad Ambiental según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que indica que el valor máximo permisible para cadmio es de 0.01 mg/l y tal como se aprecia en la tabla 12 a lo largo del estudio los puntos de muestreo no sobrepasan los ECA.

**Tabla 14**

*Resultado de la concentración de Cadmio*

MUESTRA	ECA 3 - D1	RESULTADO
ROCUV1	0.01	0
RJATU2	0.01	0.0044
RLLAL3	0.01	0.0036
RLLAL4	0.01	0
RLLAL5	0.01	0.0003
RLLAL6	0.01	0.0002
RLLAL7	0.01	0.0003
RLLAL8	0.01	0.0003
RLLAL10	0.01	0.0004
RLLAL11	0.01	0.0004
RLLAL12	0.01	0.0004

Nota: En la tabla se muestran los resultados para Cd emitidos por el laboratorio de análisis LABSAF.

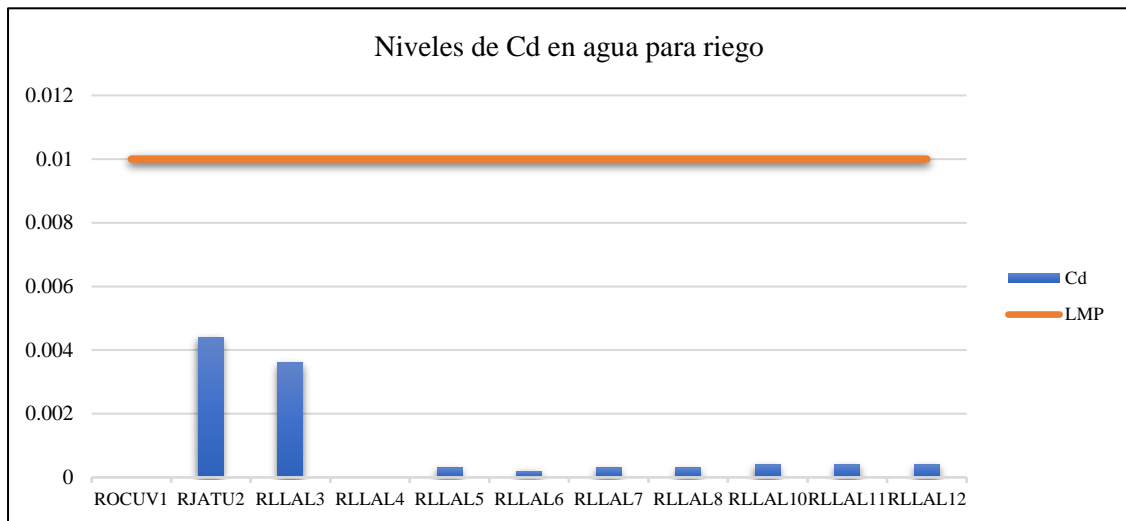
A pesar de que las concentraciones de este metal están por debajo de los estándares de calidad ambiental, se observa en la figura 8 que los puntos RJATU2 y RLLAL3 presentan mayor contenido de cadmio, esto debido a que estas



muestras pertenecen al río Jatun Ayllu que discurre directamente de la mina Arasi y continua hacia el río Llallimayo que va directo al distrito de Llalli y comenzando por la bocatoma dirige sus aguas hacia los canales de riego.

### Figura 8

#### Concentración de Cd en agua para riego



Nota: La figura muestra los niveles de Cd en los puntos de monitoreo comparado con los Límites Máximos Permisibles.

La investigación realizada por Capacoila J. (2017), encuentra valores máximos y mínimos iguales a 0.00 mg/l para las concentraciones de Cadmio en dos épocas de muestreo en su estudio realizado donde evaluó la concentración de metales pesados en las aguas superficiales del río Coata, en comparación al presente estudio se puede evidenciar el impacto de la minería en el agua, ya que el río Coata está al margen de contaminantes de relave minero.

Por otro lado, estos valores son distintos a los resultados obtenidos por Villanueva T. (2018), que obtuvo valores para cadmio que van desde 0.0005 a 0.0155, teniendo en cuenta que a este distrito de Ayaviri llegan las aguas del río Llallimayo que arrastran relave minero, debe mencionarse también que los metales pesados como es el caso del Cadmio son liberados hacia los ecosistemas

acuáticos, así como a los suelos debido principalmente a múltiples acciones antropogénicas. (Pabón *et al.*, 2020)

Pacco D. (2018) observa que el promedio de concentración de Cd es de 0.0012 mg de Cd/kg en las muestras de leche de vacas alimentadas con pastos que fueron regados con agua del río de la cuenca Llallimayo, en su estudio comenta que estas concentraciones no superan los límites máximos permisibles indicados por la Unión Europea.

#### d) Evaluación del contenido de Mercurio

Se observa en la tabla 13 que los niveles de Hg en la zona de estudio están por debajo de los límites máximos permisibles según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que indica que el valor máximo permisible para mercurio es de 0.001 mg/l.

**Tabla 15**

*Resultado de la concentración de Mercurio*

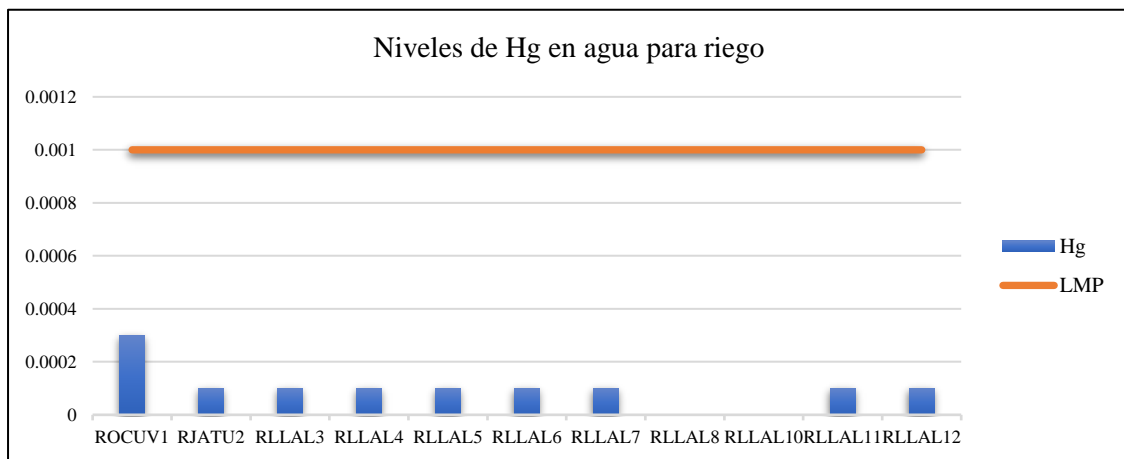
MUESTRA	ECA 3 - D1	RESULTADO
ROCUV1	0.001	0.0003
RJATU2	0.001	0.0001
RLLAL3	0.001	0.0001
RLLAL4	0.001	0.0001
RLLAL5	0.001	0.0001
RLLAL6	0.001	0.0001
RLLAL7	0.001	0.0001
RLLAL8	0.001	0
RLLAL10	0.001	0
RLLAL11	0.001	0.0001
RLLAL12	0.001	0.0001

Nota: En la tabla se muestran los resultados para Hg emitidos por el laboratorio de análisis LABSAF.

En la figura 9, se aprecia que existe niveles de mercurio que están presentes en el agua para riego con valores que van de 0 a 0.0003, Pabón *et al.* (2020) describe en su estudio que esto hace indicar que es evidente el hecho de que la principal fuente de metales pesados radica en las actividades industriales desarrolladas por la humanidad y esto conlleva a afectar de forma considerable a la vida humana, la flora, la fauna, las fuentes hídricas y el suelo, debido a la descarga de metales pesados al medio ambiente.

### Figura 9

#### *Concentración de Hg en agua para riego*



Nota: La figura muestra los niveles de Hg en los puntos de monitoreo comparado con los Límites Máximos Permisibles.

Capacoila J. (2017), en su estudio realizado encuentra valores máximos y mínimos iguales a 0.00 mg/l para las concentraciones de Mercurio, en comparación al presente estudio se puede evidenciar claramente que el rio Coata está libre de este metal, puede deberse a que a este cuerpo de agua no discurren relaves mineros, más al contrario sufre otras fuentes de contaminación.

Similar estudio realizó Soloisolo D. (2022), que registra valores de 0.1360 a 0.2640 mg de Hg/l de agua que son superiores a los resultados de la presente

investigación, argumenta que esto se debe posiblemente al comportamiento del trayecto del río ya que transcurre por diversas direcciones.

En comparación a los resultados obtenidos por Villanueva T. (2018), que en su estudio anteriormente en mencionado obtuvo valores desde 0.000029 a 0.00009 de contenido de mercurio en las aguas del río Chacapalca – Ayaviri.

Por otro lado, en un estudio para determinar metales pesados en leche y pelo de vacas de la cuenca del río Llallimayo, Pacco D. (2018) obtiene 0.0022 mg/kg de concentración de mercurio en muestras de leche de vacas alimentadas con pastos regados con aguas de la cuenca del río Llallimayo, esto hace evidenciar la problemática respecto a la contaminación por metales pesados.

#### e) Evaluación del contenido de Arsénico

A continuación, observaremos en la tabla 14 que los niveles de As en la zona de estudio están por debajo de los límites máximos permisibles según lo establecido por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, documento donde indica que el valor máximo permisible para arsénico es de 0.1 mg/l.

**Tabla 16**

*Resultado de la concentración de Arsénico.*

MUESTRA	ECA 3 - D1	RESULTADO
ROCUV1	0.1	0.0381
RJATU2	0.1	0.0066
RLLAL3	0.1	0.0316
RLLAL4	0.1	0.0026
RLLAL5	0.1	0.0043
RLLAL6	0.1	0.0042
RLLAL7	0.1	0.0081
RLLAL8	0.1	0.0074
RLLAL10	0.1	0.0048
RLLAL11	0.1	0.0128
RLLAL12	0.1	0.0049

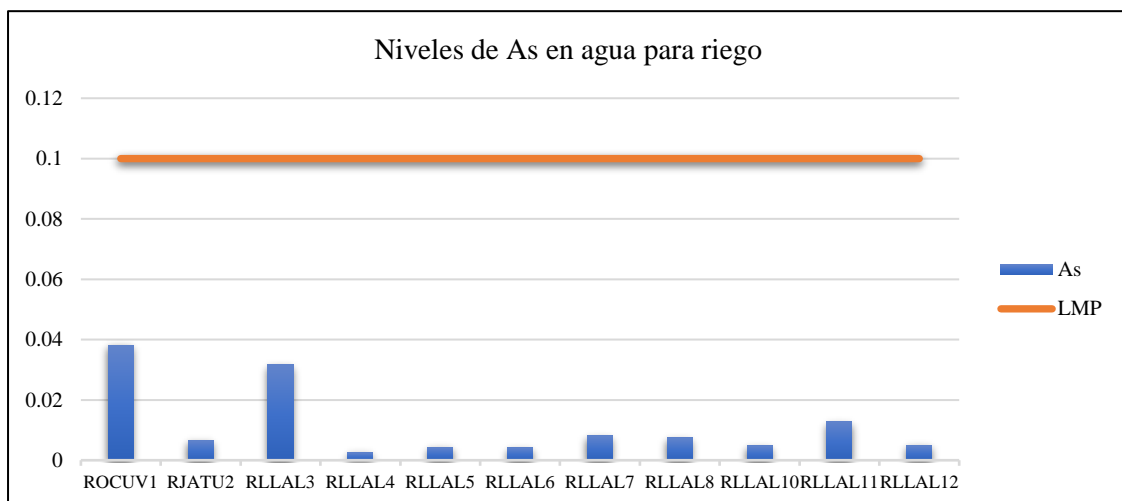
Nota: En la tabla se muestran los resultados para As emitidos por el laboratorio de análisis LABSAF.

En la figura 10, se observa la existencia de este metal pesado, se encuentra presente en el agua para riego con valores que van desde 0.0026 a 0.0381, esto es una problemática partiendo desde el punto de vista de Vasquez, M. (2018) que en su investigación argumenta que el Arsénico es un elemento químico de gran preocupación para la salud humana ya que el efecto toxico crónico produce distintas manifestaciones sistemáticas en el ser humano.

Podemos acotar que la salud no solo del suelo, agua y animales está en riesgo si no también la salud humana dentro del distrito de Llalli.

### Figura 10

#### *Concentración de As en agua para riego*



Nota: La figura muestra los niveles de As en los puntos de monitoreo comparado con los Límites Máximos Permisibles.

Estos valores tienen cierta semejanza a los obtenidos por Ventocilla, A. (2022), que en su estudio obtuvo valores de 0.001 y 0.01 para concentración de Arsénico en agua para riego contaminada por la minería informal en el distrito de Sayapullo – La Libertad en el año 2019. Indica que sus resultados están dentro del margen de los estándares de calidad ambiental no obstante a ello este elemento no deja de ser un factor muy peligroso.



En comparación a los resultados de Vasquez, M. (2018) quien tiene valores de 6.33 a 8.39 mg de concentración de arsénico / kg en las muestras de sedimentos del rio Chacapalca en el año 2017, indica que, dentro de las posibles fuentes de contaminación de los recursos hídricos por metales pesados, en la minería incluyen también el drenaje ácido de la mina.

#### **4.3.2. Comparación y discusión de resultados en suelo agrícola**

A continuación, se discutirá si los metales pesados tales como plomo, cadmio, mercurio y arsénico están por debajo o sobrepasando los límites máximos permisibles de los Estándares de Calidad Ambiental, establecidos para suelo agrícola.

Seguido a esto, en las figuras 11, 12, 13 y 14 podremos verificar la concentración de cada uno de estos metales sometidos a análisis y a su vez evaluar el comportamiento de cada uno de ellos.

##### **a) Evaluación del contenido de Plomo**

Se puede observar en la tabla 15 que las muestras de suelo recolectadas en las parcelas del distrito de Llalli están dentro de los límites máximos permisibles, en comparación a los Estándares de Calidad Ambiental según Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, que indica que el valor máximo permisible es de 70 mg/kg para este elemento.

**Tabla 17**

*Resultado de la concentración de Plomo*

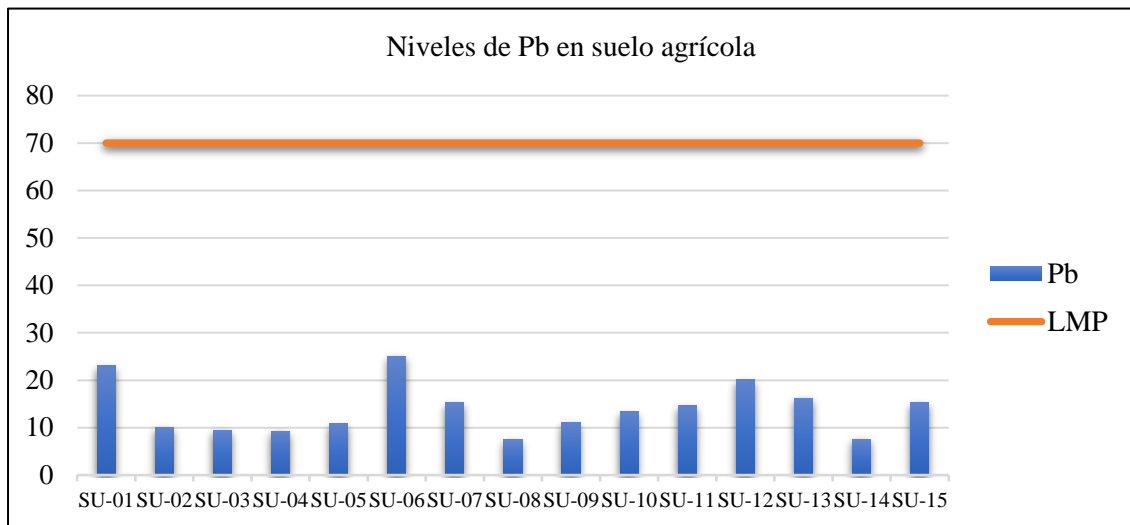
MUESTRA	ECA	RESULTADO
SU-01	70	23.04
SU-02	70	9.98
SU-03	70	9.46
SU-04	70	9.23
SU-05	70	10.84
SU-06	70	25.05
SU-07	70	15.3
SU-08	70	7.46
SU-09	70	10.99
SU-10	70	13.34
SU-11	70	14.6
SU-12	70	20.06
SU-13	70	16.22
SU-14	70	7.51
SU-15	70	15.27

Nota: En la tabla se muestran los resultados para Pb emitidos por el laboratorio de análisis LABSAF.

Sin embargo, se observa en la figura 11 la presencia de plomo en el suelo agrícola, siendo un indicador que la zona de estudio está afectada por la contaminación de los metales pesados y que estas parcelas en la actualidad son regadas con agua contaminada. Con el paso de los años se verá afectada no solo la salud de los animales si no también la de los pobladores incluida la contaminación de suelos, la acumulación de metales pesados en los suelos es motivo de preocupación en la producción agrícola.

**Figura 11**

*Concentración de Pb en suelo agrícola*



Nota: La figura muestra los niveles de Pb en los puntos de muestreo comparado con los Límites Máximos Permisibles.

En el presente estudio se encuentran valores entre 7.46 punto SU-08 y 25.6 mg/kg de plomo en el punto SU-06 dichos resultados se asemejan al estudio de metales pesados en suelos cultivados con riego y sin riego en la comunidad de Ñaupapampa del distrito de Asillo donde Vargas, D. (2017) obtiene valores para plomo que van desde 20 a 21 mg/kg en los suelos dentro del área de su estudio.

En comparación a la investigación de Fernandez et al. (2022), quien evaluó el nivel de contaminación por metales pesados en el distrito de Tiquillaca obtiene valores para plomo desde 111.6 a 679.9, siendo estos excesivamente altos y clasifica a estos suelos como fitotóxicos.

Se puede argumentar que en la presente investigación los niveles de plomo en el agua de riego son relativamente bajos, y en consideración a que este elemento tiende a bioacumularse se denota su presencia en los suelos irrigados a lo largo de los años en la zona.





Haciendo un análisis con Vasquez, M. (2018) que en su investigación realizada alcanza resultados, donde las concentraciones de metales pesados en los sedimentos del río Chacapalca, tiene valores desde 24.83 a 69.14 de mg de plomo/kg en muestras tomadas para su estudio, se tiene una relativa igualdad al presente estudio.

Pacco, D. (2018) encuentra 0.0256 mg de plomo/kg en leche de vacas de las comunidades de Llalli y Umachiri, indica que este valor no supera los límites máximos permisibles para dicho caso, en contraste a nuestro estudio esto se debe a que estos animales son pastoreados en zonas contaminadas por este elemento. Se debe visualizar y dar prioridad en profundizar los trabajos de investigación por la problemática que viene provocando por el ingreso al organismo de los pobladores de la zona ya no solo mediante la ingesta de la producción agrícola, sino también por los derivados de sus animales.

#### **b) Evaluación del contenido de Cadmio**

De inmediato en la tabla 16 se puede visualizar que las 15 muestras de suelo tomadas en las parcelas del distrito de Llalli están por debajo de los límites máximos permisibles, teniendo valor mínimo de 0.05 y máximo de 0.31 en comparación al contenido de este metal en el agua para riego se puede comentar que la presencia de este elemento en los suelos es debido a la bioacumulación por los años de riego.

**Tabla 18**

*Resultado de la concentración de Cadmio*

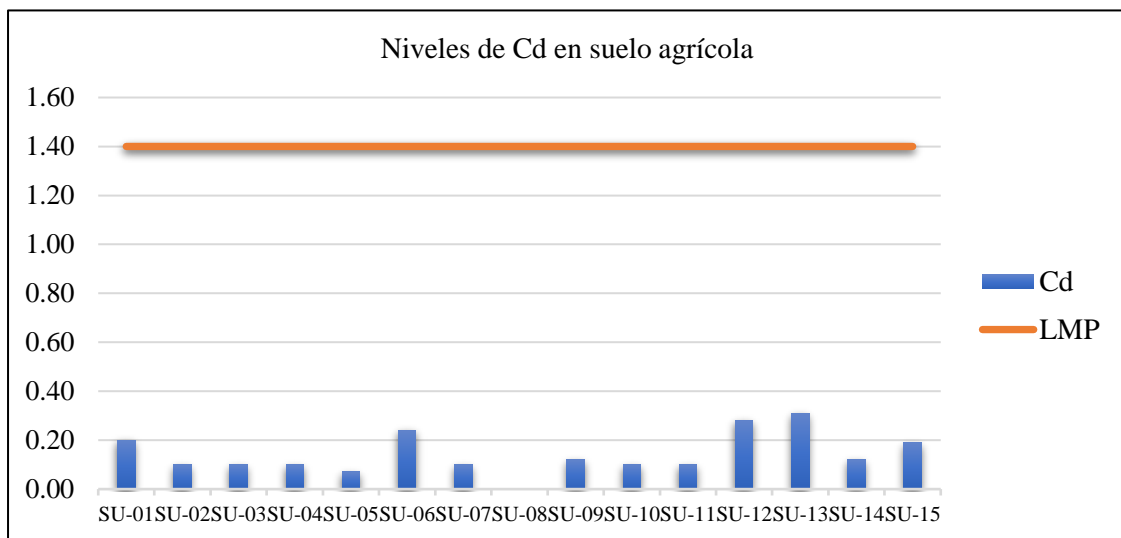
MUESTRA	ECA	RESULTADO
SU-01	1.4	0.2
SU-02	1.4	0.1
SU-03	1.4	0.1
SU-04	1.4	0.1
SU-05	1.4	0.07
SU-06	1.4	0.24
SU-07	1.4	0.1
SU-08	1.4	0.05
SU-09	1.4	0.12
SU-10	1.4	0.1
SU-11	1.4	0.1
SU-12	1.4	0.28
SU-13	1.4	0.31
SU-14	1.4	0.12
SU-15	1.4	0.19

Nota: En la tabla se muestran los resultados para Cd emitidos por el laboratorio de análisis LABSAF.

La figura 12 nos permite apreciar la presencia de cadmio en el suelo agrícola, esto nos lleva a deducir que la zona de estudio se encuentra afectada por la presencia de Cadmio Novoa *et al.* (2022), indica que es una de las causas de la contaminación en suelos y plantas originada por la dispersión de sólidos, líquidos y partículas finas directamente en la atmosfera, que posterior a ello se depositan en cuerpos de agua, sedimentos y suelos.

**Figura 12**

*Concentración de Cd en suelo agrícola*



Nota: La figura muestra los niveles de Cd en los puntos de muestreo comparado con los Límites Máximos Permisibles.

En comparación al investigador Vargas D. (2017) en su estudio mencionado en el anterior párrafo obtiene valores para cadmio que oscilan entre 0.91 y 1.0 mg/kg en los suelos dentro del área de su estudio. De igual manera sus resultados se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para Cd.

Citando a Vasquez, M. (2018) quien en su estudio obtuvo valores para cadmio de 0.04 a 0.34 mg/kg de concentración de cadmio en sedimentos del río Chacapalca en comparación al presente estudio son valores que se asemejan teniendo en consideración que ambas zonas de estudio están siendo afectadas por la minería por mostrar características similares de contaminación por la actividad minera que se encuentran en el distrito de Melgar.

Haciendo una revisión a la investigación de Fernandez et al. (2022), quien obtuvo valores de 0.5 y 2.2 mg/kg de cadmio estando este último por encima de los límites máximos permisibles e indica en su estudio que los suelos



pertencientes a estas zonas de muestreo en el distrito de Tiquillaca presentan contaminación.

Pacco, D. (2018), señala que los contenidos de cadmio en algunos suelos son relativamente bajos y la absorción por los vegetales es pobre, en su estudio realizado obtiene 0.0012 mg/kg de concentración de cadmio en leche de vacas de los distritos de Llalli y Umachiri que fueron alimentadas con pastos regados con agua del río de la cuenca Llallimayo.

### **c) Evaluación del contenido de Mercurio**

La tabla 17 nos permite contemplar que las muestras analizadas están muy por debajo de los límites máximos permisibles, teniendo valor mínimo de 0.10 y máximo de 1.11 en comparación a los Estándares de Calidad Ambiental según Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, que indica que el valor máximo permisible es de 6.6 mg/kg para este elemento.

Servicios como la conservación de los ecosistemas, la mitigación del cambio climático y la disponibilidad de agua vienen siendo afectados principalmente por la actividad minera con inadecuadas acciones como disposición de residuos lo que conlleva a la acumulación de metales pesados como el caso de mercurio en el suelo causando una problemática ambiental (Fernandez *et al.*, 2022).

**Tabla 19**

*Resultado de la concentración de Mercurio*

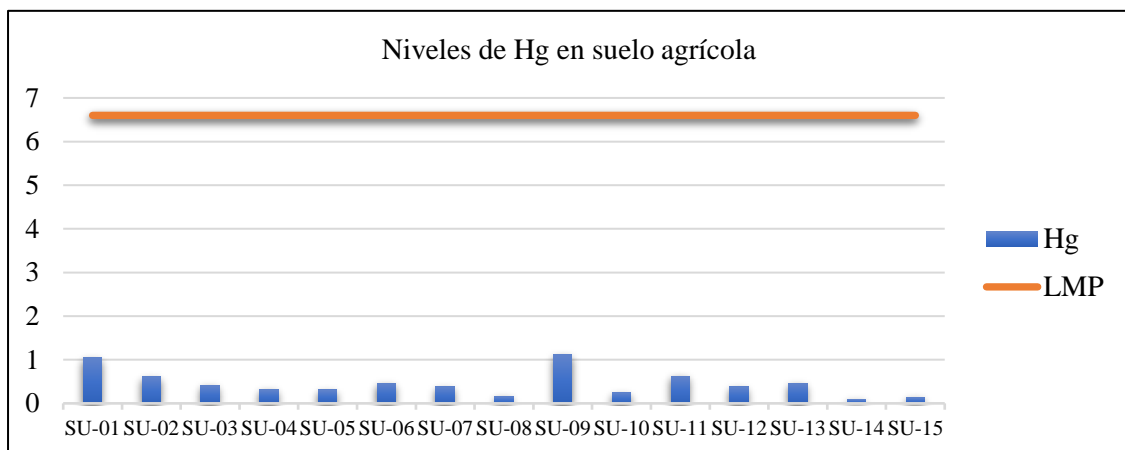
MUESTRA	ECA	RESULTADO
SU-01	6.6	1.04
SU-02	6.6	0.61
SU-03	6.6	0.41
SU-04	6.6	0.32
SU-05	6.6	0.31
SU-06	6.6	0.46
SU-07	6.6	0.38
SU-08	6.6	0.16
SU-09	6.6	1.11
SU-10	6.6	0.25
SU-11	6.6	0.62
SU-12	6.6	0.38
SU-13	6.6	0.46
SU-14	6.6	0.10
SU-15	6.6	0.14

Nota: En la tabla se muestran los resultados para Hg emitidos por el laboratorio de análisis LABSAF.

La figura 13 nos presenta la existencia de mercurio en el suelo agrícola del área de estudio en base a esto podemos decir que el distrito de Llalli se ve afectado por la contaminación de metales pesados, este hecho debido a la continuidad de la irrigación con aguas contaminadas originando la acumulación de metales en los suelos que posteriormente serán absorbidos por las plantas.

**Figura 13**

*Concentración de Hg en suelo agrícola*



Nota: La figura muestra los niveles de Hg en los puntos de muestreo comparado con los Límites Máximos Permisibles.



Citando a Vargas D. (2017) en su estudio antes en mención obtuvo valores para mercurio entre 0.41 y 1.0 mg/kg, en comparación a nuestro trabajo estos valores son superiores, la diferencia puede radicar que para el caso de Vargas tomo muestras en suelos de distintos cultivos. De igual forma sus resultados estuvieron por debajo de los límites máximos permitidos.

Por otro lado, la investigación de Pacco, D. (2018) muestra el promedio de concentración de mercurio en leche de vacas de los distritos de Llalli y Umachiri con un valor igual a 0.0022 que se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles para el caso de su estudio y haciendo un contraste con el presente estudio se puede deducir que la presencia de este elemento en los animales se debe a que fueron pastoreadas en suelos que contenían contaminación por metales pesados.

#### **d) Evaluación del contenido de Arsénico**

A continuación, la tabla 18 nos presenta que las muestras analizadas están por debajo de los límites máximos permisibles, teniendo valor mínimo de 4.78 y máximo de 29.05 en comparación a los Estándares de Calidad Ambiental según Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, que indica que el valor máximo permisible es de 50 mg/kg para este elemento. Cabe resaltar que este es un elemento con alto nivel de toxicidad, ya que puede producir alteraciones a la salud siendo un elemento cancerígeno para los seres humanos con el consumo prolongado, los pobladores del distrito de Llalli lidian con este elemento presente en sus suelos agrícolas.

**Tabla 20**

*Resultados de la concentración de Arsénico*

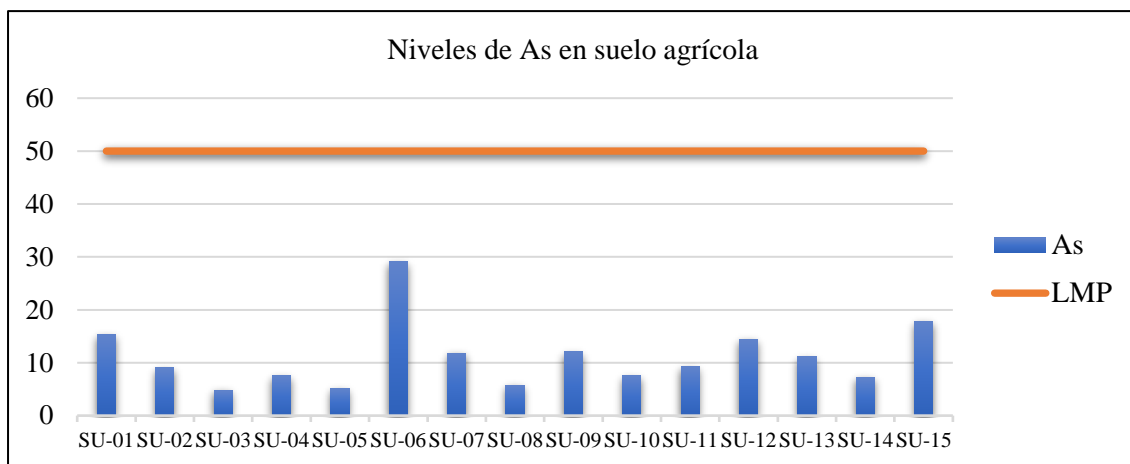
<b>MUESTRA</b>	<b>ECA</b>	<b>RESULTADO</b>
SU-01	50	15.25
SU-02	50	9.05
SU-03	50	4.78
SU-04	50	7.51
SU-05	50	5.15
SU-06	50	29.05
SU-07	50	11.77
SU-08	50	5.75
SU-09	50	12.05
SU-10	50	7.55
SU-11	50	9.26
SU-12	50	14.43
SU-13	50	11.19
SU-14	50	7.26
SU-15	50	17.81

Nota: En la tabla se muestran los resultados para As emitidos por el laboratorio de análisis LABSAF.

En la figura 14 podemos evidenciar la presencia de este elemento y en relación al contenido del mismo en el agua para riego se puede establecer una ligera relación, considerando que en el agua estos elementos tienden a sedimentarse o en algunos casos volatilizarse lo que no sucede en el suelo, ya que en este se bioacumulan los metales pesados.

**Figura 14**

*Concentración de As en suelo agrícola*



Nota: La figura muestra los niveles de As en los puntos de muestreo comparado con los Límites Máximos Permisibles.

Vargas, D. (2017) en su estudio de metales pesados en suelos cultivados con riego y sin riego en la comunidad de Ñaupapampa del distrito de Asillo obtiene valores para arsénico entre 0.91 y 1.0 mg/kg en los suelos dentro del área de su estudio estos resultados difieren considerablemente con los resultados del presente estudio.

Fernandez et al. (2022), nos muestra resultados que van de 1.7 a 15.8mg/kg de concentración de arsénico estos se asemejan a los obtenidos en la presente investigación, el investigador comenta en su estudio que el contenido natural del As en la corteza terrestre es de 4.8mg/kg, no obstante, indica también que sus resultados son mayores a dicho dato.

Finalmente, Vasquez M. (2018) en su investigación presenta valores que varían desde 6.33 a 9.41 mg/kg de concentración de arsénico en los sedimentos del Rio Chacapalca en el año 2017 estos resultados se asemejan al presente estudio teniendo en consideración que ambas investigaciones están dentro de la cuenca Llallimayo.





## V. CONCLUSIONES

Se elaboró el plan de monitoreo y muestreo en la zona de estudio planteando 12 puntos para agua y 15 para suelo. Se tuvo en cuenta aspectos como: reconocimiento de la zona de estudio, identificación de puntos de monitoreo y muestreo, vías de accesibilidad a la zona de estudio, medición de parámetros de contaminación por metales pesados, disponibilidad de materiales y equipos de laboratorio para determinar los niveles de contaminación.

Se analizaron las muestras de agua y suelo, teniendo 11 de agua y 15 de suelo obteniendo resultados para elementos de plomo, níquel, cadmio, mercurio y arsénico.

Se compararon dichos resultados con los límites máximos permisibles establecidos por los estándares de calidad ambiental del MINAM obteniendo mayor concentración de Arsénico 0.0381 mg/l en el agua para riego; valores máximos de 25.5 mg/kg de Plomo y 29.05 mg/kg de Arsénico en el suelo agrícola. Concentraciones mínimas de Mercurio y Cadmio iguales a 0 mg/l en ambos casos esto en el agua para riego; valores de <0.05 mg/kg de Cadmio y 0.1 mg/kg de Mercurio, contenidos en las parcelas irrigadas del distrito de Llalli.



## VI. RECOMENDACIONES

Al finalizar la comparación y análisis de los resultados de la investigación se tiene las siguientes recomendaciones:

- Convocar a entidades involucradas en los recursos hídricos a implementar medidas de remediación y mitigación.
- Plantear un plan de acción para la recuperación de la calidad de agua del río Llallimayo para evitar que sus aguas contaminadas irrigen los suelos agrícolas de la zona y así detener la degradación de los suelos, a partir de las acciones de sensibilización ante la presencia de la miera Arasi.
- Plantear proyectos que incluyan planes de fertilización para remediar los suelos agrícolas contaminados por metales pesados e incrementar la producción agrícola y pecuaria de las familias inmersas en el ámbito de estudio.
- Realizar estudios a más profundidad y detalle.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Autoridad Nacional del Agua.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12543/209>
- Anaya, M., Rangel, F., Iannacone, J., & Romero, L. (2022). Metales pesados en hortalizas y suelos agrícolas irrigados con aguas superficiales: una revisión sistemática. *Idesia (Arica)*, 40(3), 33-41.
- Ancco, M., & León, J. (2023). Evaluación de concentración de arsénico en agua de pozos para consumo humano del distrito de San Miguel, provincia San Roman – 2020. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrícola.
- Andraes, M., & Martinez, E. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. *Universidad de la Rioja, Servicio de Publicaciones*, 34.
- Ansorena, J. (2005). *Fertilidad del suelo: acidez y complejo de cambio*. Obtenido de laboratorio agrario diputación foral de gipuzkoa:  
<https://blog.ucc.edu.ar/edafologia/files/2013/08/CIC-para-alumnos.pdf>
- Bazán, R. (2017). Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. *Programa presupuestal 0089: Reducción de la degradación de los suelos agrarios*.
- Briceño, J. A., Tonato, E., Silva, M., Paredes, M., & Gómez-Guerrero, A. (2020). Evaluación del contenido de metales en suelos y tejidos comestibles de allium fistulosum l. Cultivado en zonas cercanas al volcán Tungurahua. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 32(2), 114-126. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7609261.pdf>



- Burvano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2):117-124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Calcina, M., Calcina, Liliam., Huaraya, F., Salas, A. & Tejada, K. (2022). Arsénico en aguas subterráneas de la cuenca del río Callacame y su impacto en suelos agrícolas en Desaguadero, Puno - Perú. *DYNA*, 89(221), 178-184. Epub Septiembre 14, 2022.
- Calla, J. (2012). Análisis de suelos y fertilización en el cultivo de Quinoa. *UNALM Extensión y Proyecto Social*, 23. Obtenido de <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/038-a-quinoa.pdf>
- Canihua, J. & Salcedo, S. (2016). Manual de suelos: Nutrición y Fertilidad. *Programa presupuestal 0089 Reducción de la degradación de los suelos agrarios*.
- Capacoila, J. (2017). Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas superficiales del río Coata. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrícola.
- Chávez, B. (2019). Evaluación de metales pesados en el canal de riego Ambato - Pelileo de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo-Ecuador. Tesis para optar el Grado de Ingeniero Químico.
- Corcuera, C. (2015). *Impacto de la contaminación de la minería informal en el Cerro el Toro-Huamachuco*. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2969>



- Correa, O. (2021). Contaminación por metales pesados de la microcuenca agropecuaria del río Huancaray – Perú. *Revista de la sociedad química del Perú*, vol. 87 <http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v87i1.320>
- Cueva, C., Aguirre, C., Wong, B., Tello, J., & Pinchi, W. (2022). Calidad de agua para riego en la cuenca Huallaga, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 239-248.
- Díaz, I., Larqué, M. U., Alcántar, G., Vázquez, A., González, F. V., & Carrillo, R. (2001). Acumulaciones toxicas de níquel en el crecimiento y la nutrición de trigo. *Terra Latinoamericana*, 19(3), 199-209.
- Díaz, S., & Gonzáles J. (2022). La importancia de la temperatura del agua en las redes de abastecimiento. *Ingeniería del agua*, 26(2), 107-123.
- Fernandez, B., Mullisaca, E. & Huanchi, L. (2022). Nivel de contaminación del suelo con arsénico y metales pesados en Tiquillaca (Perú). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(2), 131-138. Epub 16 de mayo de 2022.
- FAO. (2022). Propiedades físicas del suelo. Ed. *La Organización de la Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura*. Roma, Italia. Obtenido de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- García, M., Serna, A., De La Fuente, N., & Valencia, C. (2018). Estudio de absorción, acumulación y potencial para la remediación de suelo contaminado por níquel usando *Ambrosia ambrosioides*. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, C. P. 27054 Torreón, Coahuila, México*, Vol.3 (2018) 708-713.



- González, C., Thompson, J., Martínez, Y. & Sánchez, N. (2010). Concentración de cadmio en partículas de diferentes tamaños de un suelo de la cuenca del Lago de Valencia. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 25(2), 73-80
- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), 163-173. doi:10.26820/recimundo/4(3) julio.2020.163-173
- Harp, J., & Adams, J. (22 de octubre de 2012). Home & Gardien Information Center. Obtenido de Home & Gardien Information Center: <https://hgic.clemson.edu/factsheet/cambiando-el-ph-del-suelo/>
- Hernández, Y., Rodríguez, P., Peña, M., Meriño, Y. & Cartaya, O. (2019). Toxicidad del Cadmio en las plantas y estrategias para disminuir sus efectos. Estudio de caso: El tomate. *Cultivos Tropicales*, 40(3), e10. 01 de septiembre de 2019.
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R. & Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia, Arica*, v. 24, n. 1, p. 49-61, abri.2006.
- Loza, A., & Ccancapa, Y. (2020). Mercurio en un arroyo altoandino con alto impacto por minería aurífera artesanal (la Rinconada, Puno, Perú). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 36(1), 33-44. Epub 22 de diciembre de 2020.
- Mancilla, O., Ortega, H., Ramírez, C., Uscanga, E., Ramos, R. & Reyes, A., (2012). Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, vol. 28 N°1 [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S01884999201200010004](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01884999201200010004)



- Méndez, T., Rodríguez, L., & Palacios, S. (2000). Impacto del riego con aguas contaminadas, evaluado a través de la presencia de metales pesados en suelos. *Terra Latinoamericana*, 18 (4), 277-288.
- Monge, M. (2018). *Interpretación de un análisis de agua para riego*. Obtenido de Connecting Water people, IAGUA: <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacion-analisis-agua-riego>
- Novoa, H., Arizaca, A. & Huisa, Fidel. (2022). Efectos en los ecosistemas por presencia de metales pesados en la actividad minera de pequeña escala en Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(3), 182-189. Epub 25 de agosto de 2022.
- OEFA. (2019). Expone acciones realizadas frente a la problemática de la cuenca Llallimayo. *Notas de prensa*. Organismo de Fiscalización Ambiental (OEFA). Recuperado de <https://www.oefa.gob.pe/el-oefa-expone-acciones-realizadasfrente-a-laproblematica-socioambiental-de-la-cuenca-llallimayo/ocac07/>.
- Pacco, D. (2018). Determinación de metales pesados en leche y pelo de vacas de la cuenca del río Llallimayo Melgar – Puno. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Tesis para obtener el título profesional de Médico Veterinario y Zootecnista.
- Pabón, S., Benítez, R., Sarria, R., & Gallo, J. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14 (27), 9-18. Publicación electrónica del 20 de marzo de 2021. <https://doi.org/10.31908/19098367.0001>
- Poma, P. (s.f.). Intoxicación por plomo en humanos. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-55832008000200011](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832008000200011)



- Prieto, J., González, CA., Román, AD., & Prieto, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Agroecosistemas tropicales y subtropicales*, 10 (1), 29-44.
- Quinteros, J., Gómez, J., Solano, M., Llumiquing, G., Burgos, C., & Carrera, D. (2019). Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Toglhuayco. *Siembra*, 6(2), 46-57.
- Solís, Y., Zúñiga, L. & Mora, D. (2017). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y naciente de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 31(1), 35-46
- Soloisolo, D. (2022). Niveles de plomo y mercurio en agua de la cuenca Llallimayo durante el proceso de cierre de la mina Arasi S.A.C. – Región Puno. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Tesis para obtener el título profesional de Médico Veterinario y Zootecnista.
- Soto, M., Rodríguez, L., Olivera, M., Arostegui, V., Colina, C. & Garate, J. (2020). Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana. *Scientia Agropecuaria* 11(1): 49 – 59
- Swistock, B. (2021). Interpretación de los análisis del agua de riego. *Laboratorio de Servicios Analíticos Agrícolas de Penn State*, 14. Obtenido de <https://extension.psu.edu/interpretacion-de-los-analisis-del-agua-de-riego>
- Vargas, D. (2017). Metales pesados en suelos cultivados con riego y sin riego en la comunidad de Ñaupapampa del distrito de Asillo – Puno. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo.











- Vasquez, M. (2018). Evaluación de metales pesados y costo ambiental en los sedimentos del río Chacapalca, provincia de Lampa – región Puno, 2017. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Tesis para obtener el título profesional de Licenciado en biología.
- Vázquez, J. M., Sangurima, C., & Álvarez-Vera, M. (2019). Lead (PB) concentrations in lettuce crops (*Lactuca sativa*) in Azuay, Ecuador. *Scientia Agropecuaria*. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.03.13>
- Ventocilla, A., (2019). Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua para riego agrícola contaminada por la minería informal distrito de Sayapullo – La Libertad – Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental.
- Villena, J. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 35(2), 304-308.
- Villanueva, T. (2018). Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas superficiales del río Ayaviri para fines de riego. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agrícola.
- Villanueva, T., Belizario, G., Chui, H., & Perez, K. (2023). Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas superficiales del río Chacapalca para fines de riego. *Revista Boliviana de Química*, 40(4), 1-8. Epub 00 de octubre de 2023.



## ANEXOS



## ANEXO 1 Informe de ensayo de Agua análisis de metales pesados.

 Instituto Nacional de Innovación Agraria	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 200</b>	 INACAL DA - Perú Acreditado Registro N° LE - 200
<b>INFORME DE ENSAYO</b> <b>N° 12018-23/AG/ LABSAF - SEDE CENTRAL</b>		
<b>I. INFORMACIÓN GENERAL</b>		
Cliente Propietario / Productor Dirección del cliente Solicitado por Muestreado por Número de muestra(s) Producto declarado Presentación de las muestras(s) Referencia del muestreo Procedencia de muestra(s) Fecha(s) de muestreo Fecha de recepción de muestra(s) Lugar de ensayo Fecha(s) de análisis Cotización del servicio Fecha de emisión	: Estación Experimental Agraria Illpa / Proyecto LABSAF : Judith Marilia Coila Mamani : Salcedo La Rinconada S/N : Judith Marilia Coila Mamani : El Cliente : 11 : AGUA : BOTELLA DE PLASTICO : N.A : Lialli / Melgar / Puno : 20/11/2023 : 28/11/2023 : Lima : 07/12/2023 : 099-23-SC : 21/12/2023	
 Firmado digitalmente por: ESPRITU NATIVIDAD JIMMY EDUARDO FIR: 43202422 hard Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 03/04/2024 10:14:51 -0500		
		<b>Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare</b> <b>Acreditado con la Norma</b> <b>NTP-ISO/IEC 17025:2017</b> Dirección: Av. La Molina 1981 - La Molina
		Página 1 de 4 F-46 / Ver.03 <a href="http://www.inia.gob.pe">www.inia.gob.pe</a>



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



Registro N° LE - 200

**INFORME DE ENSAYO**  
N° 12018-23/AG/ LABSAF - SEDE CENTRAL

**II. RESULTADO DE ANÁLISIS**

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	AG1666-SC-23	AG1667-SC-23	AG1668-SC-23	AG1669-SC-23	AG1670-SC-23	AG1671-SC-23
Matriz Analizada	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA
Fecha de Muestreo	2023-11-20	2023-11-20	2023-11-20	2023-11-20	2023-11-20	2023-11-20
Hora de Inicio de Muestreo (h)	11:32	13:50	12:06	12:36	12:47	14:26
Condición de la muestra	BOTELLA DE PLASTICO	BOTELLA DE PLASTICO	BOTELLA DE PLASTICO	BOTELLA DE PLASTICO	BOTELLA DE PLASTICO	BOTELLA DE PLASTICO
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	AGUA M-01	AGUA M-02	AGUA M-03	AGUA M-04	AGUA M-05	AGUA M-06

Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
--------	--------	----	------------	--	--	--

Metales Totales			1	2	3	4	5	6
Berilio (Be)	mg/L	-	0.0000	0.0006	0.0009	0.0000	0.0001	0.0000
Vanadio (V)	mg/L	-	0.0041	0.0062	0.0077	0.0041	0.0066	0.0070
Cobalto (Co)	mg/L	-	0.0001	0.0479	0.0424	0.0001	0.0011	0.0012
Niquel (Ni)	mg/L	-	0.0004	0.0549	0.0497	0.0002	0.0105	0.0069
Cobre (Cu)	mg/L	-	0.0022	1.2082	1.0575	0.0018	0.0389	0.0400
Arsénico (As)	mg/L	-	0.0381	0.0066	0.0316	0.0026	0.0043	0.0042
Selenio (Se)	mg/L	-	0.0021	0.0005	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000
Estroncio (Sr)	mg/L	-	1.5279	0.4626	0.6006	0.4243	0.4347	0.3967
Molibdeno (Mo)	mg/L	-	0.0015	0.0001	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
Plata (Ag)	mg/L	-	0.0004	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000
Cadmio (Cd)	mg/L	-	0.0000	0.0044	0.0036	0.0000	0.0003	0.0002
Talio (Tl)	mg/L	-	0.0003	0.0009	0.0008	0.0000	0.0003	0.0002
Plomo (Pb)	mg/L	-	0.0002	0.0004	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002
Calcio (Ca)	mg/L	-	54.5828	25.9668	29.2099	65.7506	30.5616	30.4650

Metales Totales (**)			1	2	3	4	5	6
Boro (B)	mg/L	-	1.2439	0.7452	0.7819	0.0665	0.3667	0.2905
Aluminio (Al)	mg/L	-	0.0314	6.1382	4.4957	0.0304	0.2411	0.2005
Cromo (Cr)	mg/L	-	0.0004	0.0005	0.0017	0.0003	0.0004	0.0004
Manganeso (Mn)	mg/L	-	0.0019	0.3934	0.4311	0.0013	0.0095	0.0045
Antimonio (Sb)	mg/L	-	0.0007	0.0005	0.0005	0.0004	0.0005	0.0005
Zinc (Zn)	mg/L	-	0.0060	0.2286	0.2054	0.0038	0.0112	0.0103
Bario (Ba)	mg/L	-	0.0480	0.0260	0.0361	0.0456	0.0222	0.0198
Mercurio (Hg)	mg/L	-	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Sodio (Na)	mg/L	-	90.8080	46.1145	51.9618	11.7274	29.6479	27.5835
Magnesio (Mg)	mg/L	-	8.4463	6.6607	7.0505	2.9263	5.3724	4.8996
Potasio (K)	mg/L	-	2.1186	5.0697	4.6887	0.9926	2.8267	2.6909
Hierro (Fe)	mg/L	-	0.0396	0.8978	4.0661	0.0303	0.2946	0.2424



Firmado digitalmente por:  
ESPRITU NATIVIDAD JIMMY EDUARDO  
RIR 43202422 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 05/04/2024 15:15:15-0500



Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliaves  
Acreditado con la Norma  
NTP-ISO/IEC 17025:2017

Dirección: Av. La Molina 1981 - La Molina

Página 2 de 4  
F-46 / Ver.03  
www.inia.gob.pe



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



Registro N° LE - 200

**INFORME DE ENSAYO**  
N° 12018-23/AG/ LABSAF - SEDE CENTRAL

ITEM	7	8	9	10	11	
Código de Laboratorio	AG1672-SC-23	AG1673-SC-23	AG1674-SC-23	AG1675-SC-23	AG1676-SC-23	
Matriz Analizada	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA	
Fecha de Muestreo	2023-11-20	2023-11-20	2023-11-20	2023-11-20	2023-11-20	
Hora de Inicio de Muestreo (h)	13:25	16:18	14:01	15:58	15:45	
Condición de la muestra	BOTELLA DE PLASTICO	BOTELLA DE PLASTICO	BOTELLA DE PLASTICO	BOTELLA DE PLASTICO	BOTELLA DE PLASTICO	
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	AGUA M-07	AGUA M-08	AGUA M-09	AGUA M-10	AGUA M-11	
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>			

Metales Totales							
Berilio (Be)	mg/L	-	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
Vanadio (V)	mg/L	-	0.0054	0.0057	0.0062	0.0063	0.0071
Cobalto (Co)	mg/L	-	0.0017	0.0016	0.0083	0.0038	0.0014
Níquel (Ni)	mg/L	-	0.0073	0.0074	0.0110	0.0082	0.0083
Cobre (Cu)	mg/L	-	0.0719	0.0714	0.0351	0.1156	0.0439
Arsénico (As)	mg/L	-	0.0082	0.0074	0.0048	0.0128	0.0049
Selenio (Se)	mg/L	-	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0001
Estroncio (Sr)	mg/L	-	0.3783	0.3785	0.3994	0.4700	0.4120
Molibdeno (Mo)	mg/L	-	0.0004	0.0003	0.0004	0.0004	0.0003
Plata (Ag)	mg/L	-	0.0003	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001
Cadmio (Cd)	mg/L	-	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004
Talio (Tl)	mg/L	-	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002
Plomo (Pb)	mg/L	-	0.0002	0.0002	0.0001	0.0003	0.0001
Calcio (Ca)	mg/L	-	28.6220	26.6014	26.4999	41.7799	26.8035

Metales Totales (**)							
Boro (B)	mg/L	-	0.2427	0.2105	0.3123	0.3202	0.3119
Aluminio (Al)	mg/L	-	0.5034	0.5042	0.1733	0.8795	0.3087
Cromo (Cr)	mg/L	-	0.0005	0.0005	0.0006	0.0008	0.0004
Manganeso (Mn)	mg/L	-	0.0102	0.0091	0.1044	0.0422	0.0063
Antimonio (Sb)	mg/L	-	0.0006	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004
Zinc (Zn)	mg/L	-	0.0190	0.0186	0.0152	0.0225	0.0144
Bario (Ba)	mg/L	-	0.0198	0.0285	0.0224	0.0245	0.0222
Mercurio (Hg)	mg/L	-	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
Sodio (Na)	mg/L	-	25.8437	26.2922	27.8397	31.2539	29.4825
Magnesio (Mg)	mg/L	-	4.7064	4.6177	4.9650	5.7718	5.2329
Potasio (K)	mg/L	-	2.6320	2.5774	2.7001	3.0655	2.7948
Hierro (Fe)	mg/L	-	0.6340	0.6504	0.1978	1.1295	0.3936



Firmado digitalmente por:  
ESPIRITU NATIVIDAD JIMMY EDUARDO  
FIR 43202422 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 03/04/2024 16:15:47-0500



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



Registro N° LE - 200

## INFORME DE ENSAYO N° 12018-23/AG/ LABSAF - SEDE CENTRAL

### III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Metales Totales	EPA Method 3050A: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils, EPA Method 6020B (SW-846): Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry

### IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C

- (\*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.  
 (\*\*) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.  
 (\*\*\*) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.

### V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Jimmy Espiritu Natividad - Responsable del laboratorio del LABSAF Sede Central.



Firmado digitalmente por:  
ESPIRITU NATIVIDAD JIMMY EDUARDO  
EID 43202422 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 03/04/2024 16:16:08 0500

Firma

Lic. Quim. Jimmy Edward Espiritu Natividad  
Responsable de Laboratorio LABSAF Sede Central

FIN DE INFORME DE ENSAYO



## ANEXO 2 Informe de ensayo de Suelos análisis de metales pesados



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



Registro N° LE - 200

### INFORME DE ENSAYO N° 12017-23/SU/ LABSAF - SEDE CENTRAL

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Estación Experimental Agraria Illpa / Proyecto LABSAF  
 Propietario / Productor : Judith Marilía Coila Mamani  
 Dirección del cliente : Salcedo La Rinconada S/N  
 Solicitado por : Judith Marilía Coila Mamani  
 Muestreado por : El Cliente  
 Número de muestra(s) : 15  
 Producto declarado : Suelo  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico  
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente  
 Procedencia de muestra(s) : Llalli / Melgar / Puno  
 Fecha(s) de muestreo : 2023-11-17  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-11-28  
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliarés - LABSAF Sede Central  
 Fecha(s) de análisis : 2023-12-05  
 Cotización del servicio : 096-23-SC  
 Fecha de emisión : 2023/12/21



Pro Suelos y Aguas  
**LABSAF**



Firmado digitalmente por:  
ESPÍRITU INATIVIDAD JIMMY EDWARD  
PEI 43202422 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 03/04/2024 15:08:57-0500



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



Registro N° LE - 200

**INFORME DE ENSAYO**  
N° 12017-23/SU/ LABSAF - SEDE CENTRAL

**II. RESULTADO DE ANÁLISIS**

ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	SU1677-SC-23	SU1678-SC-23	SU1679-SC-23	SU1680-SC-23	SU1681-SC-23	SU1682-SC-23		
Matriz Analizada	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO		
Fecha de Muestreo	2023-11-17	2023-11-17	2023-11-17	2023-11-17	2023-11-17	2023-11-17		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	13:06	13:27	13:35	13:46	14:03	16:58		
Condición de la muestra	BOLSA DE PLASTICO	BOLSA DE PLASTICO	BOLSA DE PLASTICO	BOLSA DE PLASTICO	BOLSA DE PLASTICO	BOLSA DE PLASTICO		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	SUELO M-01	SUELO M-02	SUELO M-03	SUELO M-04	SUELO M-05	SUELO M-06		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
<b>Metales</b>								
Benlio (Be)	mg/kg	0.12	0.88	0.48	0.63	0.26	0.25	0.86
Vanadio (V)	mg/kg	0.11	37.81	34.99	34.02	29.39	33.10	46.24
Cobalto (Co)	mg/kg	0.06	7.39	5.66	6.03	4.99	5.74	7.46
Niquel (Ni)	mg/kg	0.12	8.76	5.68	5.62	5.39	4.46	9.28
Cobre (Cu)	mg/kg	0.21	23.02	15.35	13.28	13.12	11.39	18.49
Arsénico (As)	mg/kg	0.08	15.25	9.05	4.78	7.51	5.15	29.05
Selenio (Se)	mg/kg	0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50
Estroncio (Sr)	mg/kg	0.21	56.57	50.34	39.76	41.47	42.42	64.67
Molibdeno (Mo)	mg/kg	0.08	< 0.08	< 0.08	< 0.08	< 0.08	< 0.08	< 0.08
Plata (Ag)	mg/kg	0.06	0.38	0.14	0.08	< 0.06	< 0.06	0.10
Cadmio (Cd)	mg/kg	0.05	0.20	0.10	0.10	0.10	0.07	0.24
Talio (Tl)	mg/kg	0.04	0.62	0.18	0.14	0.10	0.07	0.26
Plomo (Pb)	mg/kg	0.20	23.04	9.98	9.46	9.23	10.84	25.05
Calcio (Ca)	mg/kg	24.86	2,668.08	4,037.56	4,082.45	3,417.98	5,025.26	4,171.67
<b>Metales (**)</b>								
Boro (B)	mg/kg	0.30	0.88	0.87	0.86	0.88	0.72	0.88
Aluminio (Al)	mg/kg	6.30	13,683.97	9,801.43	9,658.42	8,080.90	8,918.25	11,902.39
Cromo (Cr)	mg/kg	0.28	13.54	7.78	8.23	7.39	7.21	15.61
Manganeso (Mn)	mg/kg	0.38	795.52	356.04	401.57	321.20	457.26	490.56
Antimonio (Sb)	mg/kg	0.08	< 0.08	< 0.08	< 0.08	< 0.08	< 0.08	< 0.08
Zinc (Zn)	mg/kg	0.41	71.90	55.07	53.74	52.24	53.42	79.42
Bario (Ba)	mg/kg	0.09	137.56	48.24	48.71	39.19	37.20	142.66
Mercurio (Hg)	mg/kg	0.10	1.04	0.61	0.41	0.32	0.31	0.46
Sodio (Na)	mg/kg	14.04	156.75	133.13	103.84	117.02	35.09	245.92
Magnesio (Mg)	mg/kg	12.48	2,173.70	4,303.66	4,723.72	4,130.44	3,888.42	3,386.30
Potasio (K)	mg/kg	9.16	786.00	579.33	553.23	494.45	536.28	877.61
Hierro (Fe)	mg/kg	5.94	15,688.51	11,833.09	11,804.52	10,043.13	11,831.90	18,102.90



Firmado digitalmente por:  
ESPIRITU NATIVIDAD JIMMY EDWARD  
RIR 43202422 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 03/04/2024 15:09:19-0500





Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



Registro N° LE - 200

**INFORME DE ENSAYO**  
N° 12017-23/SU/ LABSAF - SEDE CENTRAL

ITEM	7	8	9	10	11	12		
Código de Laboratorio	SU1683-SC-23	SU1684-SC-23	SU1685-SC-23	SU1686-SC-23	SU1687-SC-23	SU1688-SC-23		
Matriz Analizada	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO	SUELO		
Fecha de Muestreo	2023-11-17	2023-11-17	2023-11-17	2023-11-17	2023-11-17	2023-11-17		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	17:02	16:19	16:32	16:41	16:45	14:27		
Condición de la muestra	BOLSA DE PLASTICO	BOLSA DE PLASTICO	BOLSA DE PLASTICO	BOLSA DE PLASTICO	BOLSA DE PLASTICO	BOLSA DE PLASTICO		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	SUELO M-07	SUELO M-08	SUELO M-09	SUELO M-10	SUELO M-11	SUELO M-12		
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>					
<b>Metales</b>								
Berilio (Be)	mg/kg	0.12	0.68	0.18	0.76	0.80	0.96	1.25
Vanadio (V)	mg/kg	0.11	29.82	27.31	33.10	42.40	45.24	52.74
Cobalto (Co)	mg/kg	0.06	5.60	3.80	5.93	6.66	8.66	11.82
Niquel (Ni)	mg/kg	0.12	5.70	3.42	5.48	5.27	5.34	10.67
Cobre (Cu)	mg/kg	0.21	15.82	13.26	18.66	16.23	15.91	27.42
Arsénico (As)	mg/kg	0.08	11.77	5.75	12.05	7.55	9.26	14.43
Selenio (Se)	mg/kg	0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50
Estroncio (Sr)	mg/kg	0.21	38.53	31.43	109.01	127.38	104.10	71.59
Molibdeno (Mo)	mg/kg	0.08	< 0.08	< 0.08	< 0.08	< 0.08	< 0.08	< 0.08
Plata (Ag)	mg/kg	0.06	< 0.06	< 0.06	0.06	0.06	< 0.06	0.06
Cadmio (Cd)	mg/kg	0.05	0.10	< 0.05	0.12	0.10	0.10	0.28
Talio (Tl)	mg/kg	0.04	0.16	0.08	0.12	0.08	0.10	0.18
Plomo (Pb)	mg/kg	0.20	15.30	7.46	10.99	13.34	14.60	20.06
Calcio (Ca)	mg/kg	24.86	2,560.29	1,658.23	5,192.95	5,977.48	4,273.58	5,204.72
<b>Metales (**)</b>								
Boro (B)	mg/kg	0.30	0.88	0.87	0.85	0.90	0.88	0.87
Aluminio (Al)	mg/kg	6.30	8,117.85	5,825.05	9,901.07	12,485.12	11,769.55	16,451.73
Cromo (Cr)	mg/kg	0.28	9.53	7.04	7.83	8.65	9.24	16.91
Manganeso (Mn)	mg/kg	0.38	493.76	309.29	448.35	471.45	835.27	990.03
Antimonio (Sb)	mg/kg	0.08	< 0.08	< 0.08	< 0.08	< 0.08	< 0.08	< 0.08
Zinc (Zn)	mg/kg	0.41	78.28	50.14	77.02	80.54	74.97	84.97
Bario (Ba)	mg/kg	0.09	77.28	46.20	126.47	142.59	188.99	140.72
Mercurio (Hg)	mg/kg	0.10	0.38	0.16	1.11	0.25	0.62	0.38
Sodio (Na)	mg/kg	14.04	138.89	102.50	160.02	178.16	176.90	155.89
Magnesio (Mg)	mg/kg	12.48	2,774.03	2,120.70	3,443.64	4,034.40	3,415.59	5,421.29
Potasio (K)	mg/kg	9.16	517.57	387.41	870.16	871.97	616.25	972.03
Hierro (Fe)	mg/kg	5.94	11,280.30	8,367.67	11,954.05	13,392.01	16,289.83	19,655.08



Firmado digitalmente por:  
ESPIRITU NATIVIDAD JIMMY EDWARD  
SE 43202422 hard  
Máster Soy el autor del documento  
Fecha: 03/04/2024 13:09:42-0500



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



Registro N° LE - 200

**INFORME DE ENSAYO**  
N° 12017-23/SU/ LABSAF - SEDE CENTRAL

ITEM	13	14	15			
Código de Laboratorio	SU1689-SC-23	SU1690-SC-23	SU1691-SC-23			
Matriz Analizada	SUELO	SUELO	SUELO			
Fecha de Muestreo	2023-11-17	2023-11-17	2023-11-17			
Hora de Inicio de Muestreo (h)	14:37	15:05	14:47			
Condición de la muestra	BOLSA DE PLASTICO	BOLSA DE PLASTICO	BOLSA DE PLASTICO			
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	SUELO M-13	SUELO M-14	SUELO M-15			
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>			
<b>Metales</b>						
Berilio (Be)	mg/kg	0.12	0.75	0.43	1.00	
Vanadio (V)	mg/kg	0.11	50.68	34.58	38.68	
Cobalto (Co)	mg/kg	0.06	11.67	5.67	7.58	
Niquel (Ni)	mg/kg	0.12	8.97	4.47	7.68	
Cobre (Cu)	mg/kg	0.21	24.19	14.36	17.60	
Arsénico (As)	mg/kg	0.08	11.19	7.26	17.81	
Selenio (Se)	mg/kg	0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	
Estroncio (Sr)	mg/kg	0.21	77.41	43.96	59.39	
Molibdeno (Mo)	mg/kg	0.08	< 0.08	< 0.08	< 0.08	
Plata (Ag)	mg/kg	0.06	0.06	< 0.06	< 0.06	
Cadmio (Cd)	mg/kg	0.05	0.31	0.12	0.19	
Talio (Tl)	mg/kg	0.04	0.15	0.04	0.18	
Plomo (Pb)	mg/kg	0.20	16.22	7.51	15.27	
Calcio (Ca)	mg/kg	24.86	6,827.99	5,836.64	3,690.83	
<b>Metales (**)</b>						
Boro (B)	mg/kg	0.30	0.85	0.87	0.91	
Aluminio (Al)	mg/kg	6.30	16,932.08	10,001.73	11,603.99	
Cromo (Cr)	mg/kg	0.28	12.91	7.75	14.90	
Manganeso (Mn)	mg/kg	0.38	1,029.28	350.28	685.87	
Antimonio (Sb)	mg/kg	0.08	< 0.08	< 0.08	< 0.08	
Zinc (Zn)	mg/kg	0.41	81.83	45.59	59.77	
Bario (Ba)	mg/kg	0.09	129.19	25.04	93.43	
Mercurio (Hg)	mg/kg	0.10	0.46	< 0.10	0.14	
Sodio (Na)	mg/kg	14.04	194.81	18.78	87.37	
Magnesio (Mg)	mg/kg	12.48	4,984.82	3,876.75	2,730.41	
Potasio (K)	mg/kg	9.16	804.46	412.00	817.06	
Hierro (Fe)	mg/kg	5.94	17,276.37	11,109.19	15,525.60	



Firmado digitalmente por:  
ESP/STU/INSTRUMENTAD/JIMMY EDWARD  
RIR 43202422 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 03/04/2024 15:10:02 -0500



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



Registro N° LE - 200

## INFORME DE ENSAYO N° 12017-23/SU/ LABSAF - SEDE CENTRAL

### III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Metales Totales	EPA 8020 B Rev.2. 2014. INDUCTIVELY COUPLED PLASMA—MASS SPECTROMETRY

### IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C

- (\*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.  
 (\*\*) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.  
 (\*\*\*) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.

### V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Jimmy Edward Espiritu Natividad - Responsable del laboratorio del LABSAF Sede Central.



Firmado digitalmente por:  
ESPIRITU NATIVIDAD JIMMY EDWARD  
IR 43202422 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 03/04/2024 15:10:37 -0500

Firma

Lic.Quim. Jimmy Edward Espiritu Natividad  
Responsable de Laboratorio LABSAF Sede Central

FIN DE INFORME DE ENSAYO

### ANEXO 3 Estándares de Calidad Ambiental ECA para agua

## DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM

El Peruano / Miércoles 7 de junio de 2017		NORMAS LEGALES			17																																																																																																																																																																																								
<p><b>Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH<sub>3</sub>)</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Temperatura (°C)</th> <th colspan="8">pH</th> </tr> <tr> <th>6</th> <th>6,5</th> <th>7,0</th> <th>7,5</th> <th>8,0</th> <th>8,5</th> <th>9,0</th> <th>10,0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>231</td> <td>73,0</td> <td>23,1</td> <td>7,32</td> <td>2,33</td> <td>0,749</td> <td>0,250</td> <td>0,042</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>153</td> <td>48,3</td> <td>15,3</td> <td>4,84</td> <td>1,54</td> <td>0,502</td> <td>0,172</td> <td>0,034</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>102</td> <td>32,4</td> <td>10,3</td> <td>3,26</td> <td>1,04</td> <td>0,343</td> <td>0,121</td> <td>0,029</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>69,7</td> <td>22,0</td> <td>6,98</td> <td>2,22</td> <td>0,715</td> <td>0,239</td> <td>0,089</td> <td>0,026</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>48,0</td> <td>15,2</td> <td>4,82</td> <td>1,54</td> <td>0,499</td> <td>0,171</td> <td>0,067</td> <td>0,024</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>33,5</td> <td>10,6</td> <td>3,37</td> <td>1,08</td> <td>0,354</td> <td>0,125</td> <td>0,053</td> <td>0,022</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>23,7</td> <td>7,50</td> <td>2,39</td> <td>0,767</td> <td>0,256</td> <td>0,094</td> <td>0,043</td> <td>0,021</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Nota:</b></p> <p>(*)El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.</p> <p>(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH<sub>3</sub>-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH<sub>3</sub>).</p>					Temperatura (°C)	pH								6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0	0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042	5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034	10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029	15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026	20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024	25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022	30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021																																																																																																									
Temperatura (°C)	pH																																																																																																																																																																																												
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0																																																																																																																																																																																					
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042																																																																																																																																																																																					
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034																																																																																																																																																																																					
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029																																																																																																																																																																																					
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026																																																																																																																																																																																					
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024																																																																																																																																																																																					
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022																																																																																																																																																																																					
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021																																																																																																																																																																																					
<p><b>Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Parámetros</th> <th rowspan="2">Unidad de medida</th> <th colspan="2">D1: Riego de vegetales</th> <th>D2: Bebida de animales</th> </tr> <tr> <th>Agua para riego no restringido (c)</th> <th>Agua para riego restringido</th> <th>Bebida de animales</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="5"><b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b></td> </tr> <tr> <td>Ácidos y Grasas</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">5</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Bicarbonatos</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">518</td> <td>**</td> </tr> <tr> <td>Cianuro Wad</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">0,1</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>Cloruros</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">500</td> <td>**</td> </tr> <tr> <td>Color (b)</td> <td>Color verdadero Escala Pt/Co</td> <td colspan="2">100 (a)</td> <td>100 (a)</td> </tr> <tr> <td>Conductividad</td> <td>(µS/cm)</td> <td colspan="2">2 500</td> <td>5 000</td> </tr> <tr> <td>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">15</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">40</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Detergentes (SAAM)</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">0,2</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>Fenoles</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">0,002</td> <td>0,01</td> </tr> <tr> <td>Fluoruros</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">1</td> <td>**</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (NO<sub>3</sub>-N) + Nitritos (NO<sub>2</sub>-N)</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Nitritos (NO<sub>2</sub>-N)</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">10</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Oxígeno Disuelto (valor mínimo)</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">≥ 4</td> <td>≥ 5</td> </tr> <tr> <td>Potencial de Hidrógeno (pH)</td> <td>Unidad de pH</td> <td colspan="2">6,5 – 8,5</td> <td>6,5 – 8,4</td> </tr> <tr> <td>Sulfatos</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">1 000</td> <td>1 000</td> </tr> <tr> <td>Temperatura</td> <td>°C</td> <td colspan="2">Δ 3</td> <td>Δ 3</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b>INORGÁNICOS</b></td> </tr> <tr> <td>Aluminio</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">5</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>					Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales	Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales	<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>					Ácidos y Grasas	mg/L	5		10	Bicarbonatos	mg/L	518		**	Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1	Cloruros	mg/L	500		**	Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)	Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40	Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5	Fenoles	mg/L	0,002		0,01	Fluoruros	mg/L	1		**	Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100		100	Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10		10	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5	Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4	Sulfatos	mg/L	1 000		1 000	Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3	<b>INORGÁNICOS</b>					Aluminio	mg/L	5		5																																																																													
Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales																																																																																																																																																																																									
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales																																																																																																																																																																																									
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>																																																																																																																																																																																													
Ácidos y Grasas	mg/L	5		10																																																																																																																																																																																									
Bicarbonatos	mg/L	518		**																																																																																																																																																																																									
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1																																																																																																																																																																																									
Cloruros	mg/L	500		**																																																																																																																																																																																									
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)																																																																																																																																																																																									
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000																																																																																																																																																																																									
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15																																																																																																																																																																																									
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40																																																																																																																																																																																									
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5																																																																																																																																																																																									
Fenoles	mg/L	0,002		0,01																																																																																																																																																																																									
Fluoruros	mg/L	1		**																																																																																																																																																																																									
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100		100																																																																																																																																																																																									
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10		10																																																																																																																																																																																									
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5																																																																																																																																																																																									
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4																																																																																																																																																																																									
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000																																																																																																																																																																																									
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3																																																																																																																																																																																									
<b>INORGÁNICOS</b>																																																																																																																																																																																													
Aluminio	mg/L	5		5																																																																																																																																																																																									
<p><b>ORGÁNICO</b></p> <p><b>Bifenilos Policlorados</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetros</th> <th>Unidad de medida</th> <th>Agua para riego no restringido (c)</th> <th>Agua para riego restringido</th> <th>Bebida de animales</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Arsénico</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">0,1</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>Bario</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">0,7</td> <td>**</td> </tr> <tr> <td>Berilio</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">0,1</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>Boro</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">1</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Cadmio</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">0,01</td> <td>0,05</td> </tr> <tr> <td>Cobre</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">0,2</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>Cobalto</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">0,05</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Cromo Total</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">0,1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Hierro</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">5</td> <td>**</td> </tr> <tr> <td>Litio</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">2,5</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>Magnesio</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">**</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>Manganeso</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">0,2</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>Mercurio</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">0,001</td> <td>0,01</td> </tr> <tr> <td>Níquel</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">0,2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Plomo</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">0,05</td> <td>0,05</td> </tr> <tr> <td>Selenio</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">0,02</td> <td>0,05</td> </tr> <tr> <td>Zinc</td> <td>mg/L</td> <td colspan="2">2</td> <td>24</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>ORGANOCORROSIVOS</b></p> <p><b>Bifenilos Policlorados</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetros</th> <th>Unidad de medida</th> <th>Agua para riego no restringido (c)</th> <th>Agua para riego restringido</th> <th>Bebida de animales</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bifenilos Policlorados (PCB)</td> <td>µg/L</td> <td colspan="2">0,04</td> <td>0,045</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>PLAGUICIDAS</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetros</th> <th>Unidad de medida</th> <th>Agua para riego no restringido (c)</th> <th>Agua para riego restringido</th> <th>Bebida de animales</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Paratión</td> <td>µg/L</td> <td colspan="2">35</td> <td>35</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Organoclorados</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetros</th> <th>Unidad de medida</th> <th>Agua para riego no restringido (c)</th> <th>Agua para riego restringido</th> <th>Bebida de animales</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aldrin</td> <td>µg/L</td> <td colspan="2">0,004</td> <td>0,7</td> </tr> <tr> <td>Clordano</td> <td>µg/L</td> <td colspan="2">0,006</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)</td> <td>µg/L</td> <td colspan="2">0,001</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Dieldrin</td> <td>µg/L</td> <td colspan="2">0,5</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>Endosulfán</td> <td>µg/L</td> <td colspan="2">0,01</td> <td>0,01</td> </tr> <tr> <td>Endrin</td> <td>µg/L</td> <td colspan="2">0,004</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>Heptacloro y Heptacloro Epóxido</td> <td>µg/L</td> <td colspan="2">0,01</td> <td>0,03</td> </tr> <tr> <td>Lindano</td> <td>µg/L</td> <td colspan="2">4</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Carbamato</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetros</th> <th>Unidad de medida</th> <th>Agua para riego no restringido (c)</th> <th>Agua para riego restringido</th> <th>Bebida de animales</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aldicarb</td> <td>µg/L</td> <td colspan="2">1</td> <td>11</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetros</th> <th>Unidad de medida</th> <th>Agua para riego no restringido (c)</th> <th>Agua para riego restringido</th> <th>Bebida de animales</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Coliformos Termotolerantes</td> <td>NMP/100 ml</td> <td>1 000</td> <td>2 000</td> <td>1 000</td> </tr> <tr> <td>Escherichia coli</td> <td>NMP/100 ml</td> <td>1 000</td> <td>**</td> <td>**</td> </tr> <tr> <td>Huevos de Helmintos</td> <td>Huevo/L</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>**</td> </tr> </tbody> </table>					Parámetros	Unidad de medida	Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales	Arsénico	mg/L	0,1		0,2	Bario	mg/L	0,7		**	Berilio	mg/L	0,1		0,1	Boro	mg/L	1		5	Cadmio	mg/L	0,01		0,05	Cobre	mg/L	0,2		0,5	Cobalto	mg/L	0,05		1	Cromo Total	mg/L	0,1		1	Hierro	mg/L	5		**	Litio	mg/L	2,5		2,5	Magnesio	mg/L	**		250	Manganeso	mg/L	0,2		0,2	Mercurio	mg/L	0,001		0,01	Níquel	mg/L	0,2		1	Plomo	mg/L	0,05		0,05	Selenio	mg/L	0,02		0,05	Zinc	mg/L	2		24	Parámetros	Unidad de medida	Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales	Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045	Parámetros	Unidad de medida	Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales	Paratión	µg/L	35		35	Parámetros	Unidad de medida	Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales	Aldrin	µg/L	0,004		0,7	Clordano	µg/L	0,006		7	Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30	Dieldrin	µg/L	0,5		0,5	Endosulfán	µg/L	0,01		0,01	Endrin	µg/L	0,004		0,2	Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03	Lindano	µg/L	4		4	Parámetros	Unidad de medida	Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales	Aldicarb	µg/L	1		11	Parámetros	Unidad de medida	Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales	Coliformos Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000	Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**	Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**
Parámetros	Unidad de medida	Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales																																																																																																																																																																																									
Arsénico	mg/L	0,1		0,2																																																																																																																																																																																									
Bario	mg/L	0,7		**																																																																																																																																																																																									
Berilio	mg/L	0,1		0,1																																																																																																																																																																																									
Boro	mg/L	1		5																																																																																																																																																																																									
Cadmio	mg/L	0,01		0,05																																																																																																																																																																																									
Cobre	mg/L	0,2		0,5																																																																																																																																																																																									
Cobalto	mg/L	0,05		1																																																																																																																																																																																									
Cromo Total	mg/L	0,1		1																																																																																																																																																																																									
Hierro	mg/L	5		**																																																																																																																																																																																									
Litio	mg/L	2,5		2,5																																																																																																																																																																																									
Magnesio	mg/L	**		250																																																																																																																																																																																									
Manganeso	mg/L	0,2		0,2																																																																																																																																																																																									
Mercurio	mg/L	0,001		0,01																																																																																																																																																																																									
Níquel	mg/L	0,2		1																																																																																																																																																																																									
Plomo	mg/L	0,05		0,05																																																																																																																																																																																									
Selenio	mg/L	0,02		0,05																																																																																																																																																																																									
Zinc	mg/L	2		24																																																																																																																																																																																									
Parámetros	Unidad de medida	Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales																																																																																																																																																																																									
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045																																																																																																																																																																																									
Parámetros	Unidad de medida	Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales																																																																																																																																																																																									
Paratión	µg/L	35		35																																																																																																																																																																																									
Parámetros	Unidad de medida	Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales																																																																																																																																																																																									
Aldrin	µg/L	0,004		0,7																																																																																																																																																																																									
Clordano	µg/L	0,006		7																																																																																																																																																																																									
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30																																																																																																																																																																																									
Dieldrin	µg/L	0,5		0,5																																																																																																																																																																																									
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01																																																																																																																																																																																									
Endrin	µg/L	0,004		0,2																																																																																																																																																																																									
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03																																																																																																																																																																																									
Lindano	µg/L	4		4																																																																																																																																																																																									
Parámetros	Unidad de medida	Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales																																																																																																																																																																																									
Aldicarb	µg/L	1		11																																																																																																																																																																																									
Parámetros	Unidad de medida	Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales																																																																																																																																																																																									
Coliformos Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000																																																																																																																																																																																									
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**																																																																																																																																																																																									
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**																																																																																																																																																																																									

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 4:**

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

## ANEXO 4 Estándares de Calidad Ambiental ECA para suelo

### DECRETO SUPREMO N° 002-2013-MINAM

El Peruano		NORMAS LEGALES			491499
Lima, lunes 25 de marzo de 2013					
<p><b>Cuarta.-</b> El Ministerio del Ambiente, mediante Resolución Ministerial, dictará las normas complementarias para la mejor aplicación del presente Decreto Supremo.</p> <p>Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinticuatro días del mes de marzo del año dos mil trece.</p> <p>OLLANTA HUMALA TASSO Presidente Constitucional de la República</p> <p>MANUEL PULGAR-VIDAL OTALORA Ministro del Ambiente</p>					
<p><b>ANEXO I</b></p> <p><b>ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA SUELO</b></p>					
N°	Parámetros	Usos del Suelo			Método de ensayo
		Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivos	
<b>I Orgánicos</b>					
1	Benceno (mg/kg MS)	0,03	0,03	0,03	EPA 8260-B EPA 8021-B
2	Tolueno (mg/kg MS)	0,37	0,37	0,37	EPA 8260-B EPA 8021-B
3	Etilbenceno (mg/kg MS)	0,082	0,082	0,082	EPA 8260-B EPA 8021-B
4	Xileno (mg/kg MS)	11	11	11	EPA 8260-B EPA 8021-B
5	Naftaleno (mg/kg MS)	0,1	0,6	22	EPA 8260-B
6	Fración de hidrocarburos F1 (C5-C10) (mg/kg MS)	200	200	500	EPA 8015-B
7	Fración de hidrocarburos F2 (C10-C28) (mg/kg MS)	1 200	1 200	5 000	EPA 8015-M
8	Fración de hidrocarburos F3 (C28-C40) (mg/kg MS)	3 000	3 000	6 000	EPA 8015-D
9	Benzo(a) pireno (mg/kg MS)	0,1	0,7	0,7	EPA 8270-D
10	Bifenilos policlorados - PCB (mg/kg MS)	0,5	1,3	33	EPA 8270-D
11	Aldrin (mg/kg MS) <sub>(1)</sub>	2	4	10	EPA 8270-D
12	Endrín (mg/kg MS) <sub>(1)</sub>	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
13	DDT (mg/kg MS) <sub>(1)</sub>	0,7	0,7	12	EPA 8270-D
14	Heptacloro (mg/kg MS) <sub>(1)</sub>	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
<b>II Inorgánicos</b>					
15	Cianuro libre (mg/kg MS)	0,9	0,9	8	EPA 9013-A/APHA-AWWA-WEF 4500 CN F
16	Arsénico total (mg/kg MS) <sub>(2)</sub>	50	50	140	EPA 3050-B EPA 3051
17	Bario total (mg/kg MS) <sub>(2)</sub>	750	500	2 000	EPA 3050-B EPA 3051
18	Cadmio total (mg/kg MS) <sub>(2)</sub>	1,4	10	22	EPA 3050-B EPA 3051
19	Cromo VI (mg/kg MS)	0,4	0,4	1,4	DIN 19734
20	Mercurio total (mg/kg MS) <sub>(2)</sub>	6,6	6,6	24	EPA 7471-B
21	Plomo total (mg/kg MS) <sub>(2)</sub>	70	140	1 200	EPA 3050-B EPA 3051

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos)  
 DIN: German Institute for Standardization  
 MS: materia seca a 105 °C, excepto para compuestos orgánicos y mercurio no debe exceder 40 °C, para cianuro libre se debe realizar el secado de muestra fresca en una estufa a menos de 10 °C por 4 días. Luego de secada la muestra debe ser tamizada con malla de 2 mm. Para el análisis se emplea la muestra tamizada < 2mm.

Nota 1: Plaguicidas regulados debido a su persistencia en el ambiente, en la actualidad está prohibido su uso, son Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP).  
 Nota 2: Concentración de metales totales.

#### ANEXO II

#### DEFINICIONES

**Autoridad competente:** Entidad del Estado del nivel nacional, regional o local que con arreglo a sus atribuciones y según lo disponga su normativa específica ejerce competencia en materia de evaluación de impacto ambiental, en el marco de lo establecido por la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, y demás disposiciones complementarias o modificatorias.

**Caracterización de sitios contaminados:** Determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes químicos o biológicos presentes, provenientes de materiales o residuos peligrosos, para estimar la magnitud y tipo de riesgos que conlleva dicha contaminación.

**Contaminante:** Cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del suelo o cuya concentración excede la del nivel de fondo susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente.

**Emergencia:** Cuando la contaminación del sitio derive de una circunstancia o evento, indeseado o inesperado, que ocurra repentinamente y que traiga como resultado la liberación no controlada, incendio o explosión de uno o varios materiales peligrosos o residuos peligrosos que afecten la salud humana o el ambiente, de manera inmediata.

**Entidad de fiscalización ambiental:** Entidad del Estado del nivel nacional, regional o local que tiene atribuida de forma expresa alguna o todas las funciones comprendidas en el macroproceso de fiscalización ambiental (evaluación, supervisión, fiscalización y sanción), en el marco de lo establecido por la Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, y demás disposiciones complementarias o modificatorias.

**Evaluación de riesgos a la salud y el ambiente:** Es el estudio que tiene por objeto definir si la contaminación existente en un sitio representa un riesgo tanto para la salud humana como para el ambiente, así como los niveles de remediación específicos del sitio en función del riesgo aceptable y las acciones de remediación que resulten necesarias.

**Fración de hidrocarburos F1 o hidrocarburos fracción ligera:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contengan entre cinco y diez átomos de carbono (C<sup>5</sup> a C<sup>10</sup>). Los hidrocarburos fracción ligera deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasavión, gasolvente, gasolinas, gas nafta.

**Fración de hidrocarburos F2 o hidrocarburos fracción media:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contengan entre diez y veintiocho átomos de carbono (C<sup>10</sup> a C<sup>28</sup>). Los hidrocarburos fracción media deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasóleo, diesel, turbosina, queroseno, mezcla de creosota, gasavión, gasolvente, gasolinas, gas nafta.

**Fración de hidrocarburos F3 o hidrocarburos fracción pesada:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contengan entre veintiocho y cuarenta átomos de carbono (C<sup>28</sup> a C<sup>40</sup>). Los hidrocarburos fracción pesada deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, combustóleo, parafinas, petrolatos, aceites derivados del petróleo.

**Nivel de fondo:** Concentración en el suelo de los químicos regulados que no fueron generados por la actividad objeto de análisis y que se encuentran en el suelo de manera natural o fueron generados por alguna fuente antropogénica ajena a la considerada.

**Plan de Descontaminación de Suelos:** Instrumento de gestión ambiental que tiene por finalidad remediar los impactos ambientales originados por una o varias actividades pasadas o presentes en los suelos. Los tipos de acciones de remediación que se podrán aplicar,

## ANEXO 5 Panel fotográfico



*Fotografía N° 01* Monitoreo de agua. Punto ROCUVI Lugar: Ocuvi Lampa.



*Fotografía N° 02* Monitoreo de agua. Punto RJATU2 Lugar: Ocuvi Lampa.



**Fotografía N° 03** Registro de datos *in situ*, bocatoma Llalli. Lugar: Llalli Melgar.



**Fotografía N° 04** Registro de datos *in situ*, canal principal. Lugar: Sector Kawasiri Alto, Llalli Melgar.



*Fotografía N° 05* Muestreo de suelos. Punto SU-06. Lugar: Sector Sucre, Llalli Melgar.



*Fotografía N° 06* Muestreo de suelos. Punto SU-13. Lugar: Sector Katawi, Llalli Melgar.





*Fotografía N° 07 Muestreo de suelos. Punto SU-13. Lugar: Sector Katawi, Llalli Melgar.*



*Fotografía N° 07 Muestreo de suelos. Punto SU-13. Lugar: Sector Katawi, Llalli Melgar.*



### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Judith Marilú Coilo Mamani  
identificado con DNI 73899185 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agrícola

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"Evaluación del nivel de contaminación por metales pesados en agua para riego y suelo agrícola en el distrito de Uta provincia de Melgar - Puno"

Es un tema original.

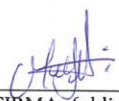
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 20 de mayo del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Judith Marilic Coila Mamani  
identificado con DNI 73899185 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agrícola

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“ Evaluación del nivel de contaminación por metales pesados en agua para riego y suelo agrícola en el distrito de Uallí provincia de Melgar - Puno ”

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

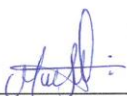
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 20 de mayo del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella