

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
ESCUELA DE POSGRADO  
PROGRAMA DE DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y  
DESARROLLO SUSTENTABLE**



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

---

**“Determinación de parámetros físico químicos de los cuerpos de agua de los alrededores de los centros mineros en el distrito de Yauli, región de Junín - Perú”**

---

**Tesis para optar el grado académico de  
Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable**

**Autor:**

**Perez Pinedo, Oscar Fernando**

**Asesora:**

**Dra. Tuesta Collantes, Lurdes**  
DNI N°: 18190180  
Código ORCID: 0000-0003-1385-1085

**Línea de Investigación:**

Indicadores de la Calidad Ambiental

**NUEVO CHIMBOTE - PERÚ  
2025**



### CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE LA TESIS

Yo, Lurdes Tuesta Collantes, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis de doctorado titulada: **"DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DE LOS CUERPOS DE AGUA DE LOS ALREDEDORES DE LOS CENTROS MINEROS EN EL DISTRITO DE YAULI, REGIÓN DE JUNÍN - PERÚ"**, elaborado por el doctorando Oscar Fernando Pérez Pinedo, para obtener el Grado Académico de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, 20 de octubre 2025

Dra. Tuesta Collantes Lurdes

ASESORA

CÓDIGO ORCID: 0000-0003-1385-1085

DNI N° 18190180



### AVAL DE CONFORMIDAD DEL JURADO

Tesis titulada: **Determinación de parámetros físico químicos de los cuerpos de agua de los alrededores de los centros mineros en el distrito de Yauli, región de Junín – Perú,** elaborado por el M.Sc. Pérez Pinedo, Oscar Fernando

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador

Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda

Presidente

DNI: 32975182

Código ORCID: 0000-0003-0488-5726

Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca

Secretario

DNI: 18146173

Código ORCID: 0000-0003-4326-1852

Dra. Lurdes Tuesta Collantes

Vocal

DNI: 18190180

Código ORCID: 0000-0003-1385-1085



### ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

A los seis días del mes de noviembre del año 2025, siendo las 11:30 horas, en el aula P-01 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designados mediante Resolución Directoral N° 349-2023-EPG-UNS de fecha 21.12.2023, conformado por los docentes: Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda (Presidente), Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca (Secretario) y Dra. Lurdes Tuesta Collantes (Vocal); con la finalidad de evaluar la tesis titulada: "**DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DE LOS CUERPOS DE AGUA DE LOS ALREDEDORES DE LOS CENTROS MINEROS EN EL DISTRITO DE YAULI, REGIÓN DE JUNÍN - PERÚ**"; presentado por el tesista **Oscar Fernando Pérez Pinedo**, egresado del programa de Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable.

Sustentación autorizada mediante Resolución Directoral N° 876-2025-EPG-UNS de fecha 31 de octubre de 2025.

El presidente del jurado autorizó el inicio del acto académico; producido y concluido el acto de sustentación de tesis, los miembros del jurado procedieron a la evaluación respectiva, haciendo una serie de preguntas y recomendaciones a la tesista, quien dio respuestas a las interrogantes y observaciones.

El jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como APROBADO asignándole la calificación de 18.0.

Siendo las 12.15 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda  
Presidente

Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca  
Secretario

Dra. Lurdes Tuesta Collantes  
Vocal/Asesora

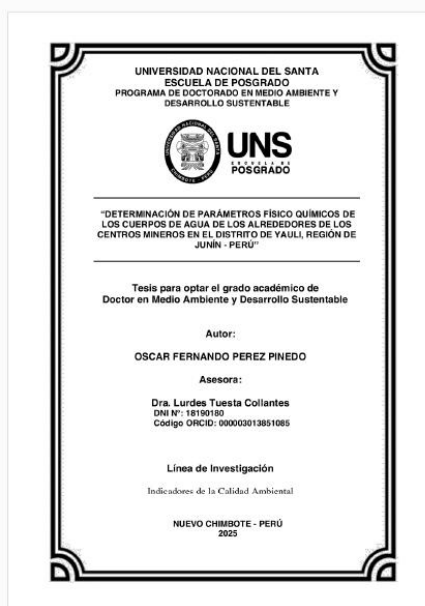


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Oscar Perez  
Título del ejercicio: Tesis  
Título de la entrega: Tesis Oscar Perez P.pdf  
Nombre del archivo: Tesis\_Oscar\_Perez\_P.pdf  
Tamaño del archivo: 6.02M  
Total páginas: 133  
Total de palabras: 26,402  
Total de caracteres: 139,098  
Fecha de entrega: 06-dic-2025 10:24p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 2785008599



## Tesis Oscar Perez P.pdf

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>9%</b>	<b>9%</b>	<b>4%</b>	<b>6%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.uns.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unal.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>www.oefa.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.uap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.unp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>www.scielo.sa.cr</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional de Piura</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>

## **Dedicatoria**

A todas aquellas personas que día a día ayudan, cambian y sostienen el entorno donde se mueven,  
donde viven,

A aquellas personas que, gracias a su esfuerzo, se culminan pequeñas y grandes obras

A aquellas personas que buscan y trabajan por un mejor futuro humano

## Agradecimiento

Muchas Gracias

A mi hermano, por tantas y diversas acciones realizadas

A mi asesora por el apoyo brindado

A todas mis amistades en general, por tantos otros actos que sostiene a mi persona

## INDICE

CAPÍTULO I .....	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.1 Planteamiento y fundamentación del problema de investigación.....	16
1.2 Antecedentes de la Investigación.....	18
1.3 Formulación del problema de investigación .....	22
1.4 Delimitación del estudio .....	23
1.5 Justificación e importancia de la investigación .....	24
1.6 Objetivos de la investigación: general y específicos .....	25
CAPÍTULO II.....	26
MARCO TEÓRICO.....	26
2.1 Fundamentos teóricos de la investigación .....	26
2.2 Marco conceptual.....	28
CAPÍTULO III.....	33
MARCO METODOLÓGICO.....	33
3.1 Hipótesis central de la investigación.....	33
3.2 Variables e indicadores de la investigación.....	33
3.3 Métodos de la investigación .....	33
3.4 Diseño o esquema de la investigación .....	34
3.5 Población y muestra.....	34
3.6 Actividades del proceso investigativo .....	37
3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	37
3.8 Procedimiento de la recolección de datos.....	37
3.9 Técnicas de procesamiento y análisis de los resultados.....	38
3.10 Análisis Químico .....	38
CAPÍTULO IV.....	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.3 Parámetros Inorgánicos no contemplados en ECA 2017 .....	77
V. CAPÍTULO.....	87
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
ANEXOS .....	99

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Estaciones de estudios de los cuerpos de agua ubicados en los alrededores de los centros mineros del distrito de Yauli .....	35
<b>Tabla 2</b> Niveles de los Parámetros físicos químicos de los cuerpos de agua en la Estación 1.....	39
<b>Tabla 3</b> Medidas de tendencia central de los parámetros físicos químicos en la Estación 1 .....	40
<b>Tabla 4</b> Niveles de los Parámetros físicos químicos de los cuerpos de agua en la Estación 2.....	41
<b>Tabla 5</b> Medidas de tendencia central de los parámetros físicos químicos en la Estación 2 .....	42
<b>Tabla 6</b> Niveles de los Parámetros físicos químicos de los cuerpos de agua en la Estación 3.....	43
<b>Tabla 7</b> Medidas de tendencia central de los parámetros físicos químicos en la Estación 3 .....	44
<b>Tabla 8</b> Medidas estadísticas descriptivas de los parámetros físicos químicos por Estaciones .....	45
<b>Tabla 9</b> Resumen medidas estadísticas descriptivas de los parámetros físicos químicos por Estaciones .....	45
<b>Tabla 10</b> Valores de la distribución de Normalidad en los parámetros físicos químicos en los cuerpos de agua según estación.....	46
<b>Tabla 11</b> Prueba de Normalidad para el pH en las Estaciones .....	47
<b>Tabla 12</b> Resultados del análisis en laboratorio de las muestras de los cuerpos de agua para los parámetros Sulfatos y Nitritos.....	50
<b>Tabla 13</b> Resultados del análisis en laboratorio de las muestras de los cuerpos de agua para los parámetros Cloruros y Cianuro WAD.....	50
<b>Tabla 14</b> Resultados del análisis en laboratorio de las muestras de los cuerpos de agua para los parámetros Fenoles y Demanda Bioquímica de Oxígeno .....	51
<b>Tabla 15</b> Resultados del análisis en laboratorio de las muestras de los cuerpos de agua para los parámetros Color Verdadero y Oxígeno Disuelto en Agua .....	51
<b>Tabla 16</b> Resumen medidas estadísticas descriptivas de los parámetros físicos químicos por Estaciones .....	52

<b>Tabla 17</b> Valores de la distribución de Normalidad de los parámetros físicos químicos por Estaciones .....	54
<b>Tabla 18</b> Prueba de KMO y Bartlett entre pH y sulfatos .....	55
<b>Tabla 19</b> Matriz de correlaciones entre parámetros físico químicos y sulfatos .....	55
<b>Tabla 20a</b> Valores de los parámetros inorgánicos en los cuerpos de agua en la estación 1 .....	57
<b>Tabla 20b</b> Valores de los parámetros inorgánicos en los cuerpos de agua- estación 1 ...	58
<b>Tabla 21a</b> Niveles de los parámetros inorgánicos en los cuerpos de agua en la estación 2 .....	58
<b>Tabla 21b</b> Niveles de los parámetros inorgánicos en los cuerpos de agua en la estación 2 .....	60
<b>Tabla 22a</b> Niveles de los parámetros inorgánicos en los cuerpos de agua en la estación 3 .....	61
<b>Tabla 22b</b> Valores de los parámetros inorgánicos en los cuerpos de agua- estación 3 ...	62
<b>Tabla 23</b> Resumen medidas estadísticas descriptivas de los parámetros inorgánicos por estaciones .....	63
<b>Tabla 24</b> Parámetros con valores mayores a los establecidos en ECA 2017 – Categoría 3, Bebida de Animales y Riego de Vegetales .....	64
<b>Tabla 25</b> Valores de la distribución de Normalidad de los parámetros inorgánicos mayores ECA 2017 - Bebida de Animales y Riego de Vegetales establecidos por estaciones .....	65
<b>Tabla 26</b> Correlación de Sperman para los parámetros inorgánicos cuyos valores son mayores a ECA 2017 - Bebida de Animales y Riego de Vegetales .....	69
<b>Tabla 27</b> Matriz de correlaciones elementos inorgánicos mayores a ECA 2017 - Bebida de Animales y Riego de Vegetales .....	70
<b>Tabla 28</b> Prueba de KMO y Bartlett para los parámetros inorgánicos mayores a ECA 2017 - Bebida de Animales y Riego de Vegetales.....	71
<b>Tabla 29</b> Matriz invertida de los parámetros inorgánicos de valores mayores a ECA 2017 - Bebida de Animales y Riego de Vegetales.....	71
<b>Tabla 30</b> Matriz de componente elementos Inorgánicos mayores a ECA 2017 - Bebida de Animales y Riego de Vegetales .....	74
<b>Tabla 31</b> Resumen estadísticas de los parámetros Sulfatos, Cloruros, Calcio, Magnesio y Potasio por Estaciones .....	80
<b>Tabla 32</b> Valores de los aniones muestreados en las estaciones de estudio en mEq.....	81

<b>Tabla 33</b> Valores de los cationes muestreados en las estaciones de estudio en mEq .....	81
<b>Tabla 34</b> Matriz de coeficiente de puntuación de componentes para los elementos de valores mayores a ECA 2017.....	85
<b>Tabla 35</b> Valores del análisis de varianza para los componentes de los elementos de valores mayores a ECA 2017.....	85

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b>	Diagrama de cajas por estaciones para el parámetro Potencial de Hidrogeno (pH).....	47
<b>Gráfico 2</b>	Barras agrupadas de la Mediana de Potencial de Hidrógeno (pH) por Estaciones por Año .....	48
<b>Gráfico 3</b>	Puntos de Categoría para el Potencial de Hidrogeno.....	48
<b>Gráfico 4</b>	Resumen de prueba de hipótesis distribución del pH entre años de estudios.....	49
<b>Gráfico 5</b>	Diagrama de cajas agrupados del parámetro Sulfatos por estaciones por años .....	53
<b>Gráfico 6</b>	Barras agrupadas de la Mediana del parámetro Sulfatos por estaciones por año.....	54
<b>Gráfico 7</b>	Diagrama de cajas agrupado del parámetro Hierro por estaciones y años ....	66
<b>Gráfico 8</b>	Diagrama de cajas agrupado del parámetro Plomo por estaciones y años ....	66
<b>Gráfico 9</b>	Diagrama de cajas agrupado del parámetro Magnesio por estaciones y años .....	67
<b>Gráfico 10</b>	Diagrama de cajas agrupado del parámetro Manganeso por estaciones y años .....	67
<b>Gráfico 11</b>	Diagrama de cajas agrupado del parámetro Manganeso por estaciones y años .....	68
<b>Gráfico 12</b>	Gráfico de Componentes en espacio rotado para los parámetros inorgánicos de valores mayores a ECA 2017 - Bebida de Animales y Riego de Vegetales.....	72
<b>Gráfico 13</b>	Medidas discriminantes para los parámetros inorgánicos de valores mayores a ECA 2017 - Bebida de Animales y Riego de Vegetales.....	75
<b>Gráfico 14</b>	Medidas discriminantes para los parámetros físico químicos según valores de las muestras .....	75
<b>Gráfico 15</b>	Gráfico de componentes para los parámetros físico químicos e inorgánicos de valores mayores a ECA 2017 – Categoría 3 Bebida de Animales y Riego de Vegetales .....	76
<b>Gráfico 16</b>	Diagramas de cajas agrupados de los elementos químicos Azufre y Calcio por estaciones por años .....	77
<b>Gráfico 17</b>	Diagramas de cajas agrupados de los elementos químicos Sodio y Potasio por estaciones por años .....	77
<b>Gráfico 18</b>	Diagramas de cajas agrupados del elemento químico Torio por estaciones por años.....	78
<b>Gráfico 19</b>	Diagramas de cajas agrupados de los elementos químico Talio por estaciones por años.....	78
<b>Gráfico 20</b>	Diagramas de cajas agrupados del elemento químico Estroncio por estaciones por años .....	79
<b>Gráfico 21</b>	Diagramas de cajas agrupados de los elementos químico Silicio por estaciones por años .....	79
<b>Gráfico 22</b>	Diagrama de Piper para los aniones y cationes con valores máximos .....	82
<b>Gráfico 23</b>	Diagrama de Piper para los aniones y cationes con valores normalizados....	82
<b>Gráfico 24</b>	Gráfico de componentes para los elementos de valores mayores a ECA 2017 .....	84

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Figura A1</b>	Ubicación geográfica de la ciudad de Yauli.....	103
<b>Figura A2</b>	Distrito de Yauli y concesiones mineras .....	104
<b>Figura A3</b>	Ubicación de la Estación 1 en el distrito de Yauli .....	105
<b>Figura A4</b>	Ubicación de la Estación 2 en el distrito de Yauli .....	106
<b>Figura A5</b>	Ubicación de la Estación 3 para los puntos de muestreo de agua .....	107
<b>Figura A6</b>	Vista fotográfica de los Relaves enterrados en los alrededores de la ciudad de Yauli.....	108
<b>Figura A7</b>	Vista fotográfica de un drenaje de relave en los alrededores de la ciudad de Yauli.....	108
<b>Figura A8</b>	Vista fotográfica de la toma de datos de los parámetros de campo en la estación 1 .....	109
<b>Figura A9</b>	Vista fotográfica de la toma de datos de los parámetros de campo en la estación 2 .....	109
<b>Figura A10</b>	Vista fotográfica de la toma de datos de los parámetros de campo en la estación 3 .....	110

## RESUMEN

El presente estudio de investigación muestra los valores de los parámetros físico químicos e inorgánicos en las aguas superficiales en los alrededores de los centros mineros en el distrito de Yauli, en la Región de Junín, de acuerdo con lo establecido en los Estándares de Calidad del Agua, en las categorías de Riego de Vegetales y Bebida de Animales.

De los resultados de las muestras de agua superficiales tomados en los años 2021 y 2022 en tres estaciones de muestreo, se obtuvo valores de parámetros físicos como el potencial de Hidrógeno - pH, el cual se encuentra por encima de los límites permisibles. En cuanto a los parámetros químicos, encontramos que, los sulfatos, también se encuentran en mayor cantidad a lo establecido en normas establecidas por el Ministerio del Ambiente.

Con respecto a los valores de Zinc, Plomo, Manganeso, Magnesio y Hierro tienen valores mayores a los máximos permitidos de acuerdo con los estándares establecidos, asimismo otros parámetros inorgánicos como son Fosforo, Potasio, Calcio, Sodio, Estroncio, Silicio, Talio, los cuales no aparecen en los estándares de estudio para calidad de agua en la categoría de Riego y bebida de animales, los resultados de laboratorio indican cantidades considerables.

Los parámetros encontrados con valores mayores a lo permitido pueden ocasionar alguna “modificación al ambiente” de estos alrededores de los centros mineros estudiados, sobre todo en la localidad de Yauli, ciudad muy cercana a establecimientos mineros. En la ley 2611 - Ley General del Ambiente, menciona que el “ambiente” o “sus componentes” comprende a los elementos físicos, químicos y biológicos de origen natural o antropogénico que, en forma individual o asociada, conforman el medio en el que se desarrolla la vida.

### **Palabras claves**

Parámetros físicos, químicos, parámetros inorgánicos, cuerpo de agua, estándares de calidad ambiental (ECA), agua superficial, relave

## ABSTRACT

This research study shows the values of physical, chemical, and inorganic parameters in surface waters around mining centers in the Yauli district, in the Junín Region, in accordance with the Water Quality Standards established for the categories of Vegetable Irrigation and Animal Drinking Water.

From the results of surface water samples taken in 2021 and 2022 at three sampling stations, physical parameter values such as hydrogen potential (pH) were obtained, which are above the permissible limits. In terms of chemical parameters, we found that sulfates are also present in quantities higher than those established in the standards set by the Ministry of the Environment.

Regarding the values of zinc, lead, manganese, magnesium, and iron, the levels are higher than the maximum allowed according to established standards. Likewise, other inorganic parameters such as phosphorus, potassium, calcium, sodium, strontium, silicon, and thallium, which do not appear in the water quality study standards for irrigation and animal drinking, laboratory results indicate considerable amounts.

The parameters found with values higher than allowed may cause some "environmental modification" in the surroundings of the mining centers studied, especially in the town of Yauli, a city very close to mining operations. Law 2611 - General Environmental Law - states that the "environment" or "its components" includes the physical, chemical, and biological elements of natural or anthropogenic origin that, individually or in combination, make up the environment in which life develops.

### **Keywords**

Physical and chemical parameters, inorganic parameters, waterbody, environmental quality standards (EQS), surface water, tailings

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Planteamiento y fundamentación del problema de investigación

El Distrito de Yauli, ubicado entre una altitud de 4100 - 4300 m.s.n.m, pertenece a la Provincia de Yauli, Región Junín, con coordenadas: 76°05 latitud este y 11°40 longitud sur, se extiende a través de una área de 540 Km<sup>2</sup>, y del último censo de 2017 se contabilizó a 8485 habitantes, obteniendo una densidad poblacional de 15.5 habitantes por Km<sup>2</sup>; estas poblaciones habitan en la denominada Región Puna o Jalca, además de ello en sus territorios existen una serie de centros o tierras mineralizados. La zona en investigación presenta una flora típica de la región puna, que se encuentra a los 4300 metros de altura y entre lo que se puede destacar *Polylepis racemosa* (Quinal), *Sambucus peruviana* (Sauco), *Bidens pilosa* (Romerillo), así mismo podemos encontrar arbustos y gramíneas como *Senecio tephrosioides* (Huamanripa), *Lupinus mutabilis* (tarhui o chocho), *Pennisetum clandestinum* (kikuyo), *Poa trivialis* (poa), y con predominio de *Festuca elatior* (festuca) e *Stipa ichu* (Ichu); Así mismo, existen en estos territorios algunos mamíferos propios de estas alturas; dentro de los cuales se encuentran los camélidos, incluyen las dos especies domésticas alpaca (*Vicugna pacos*) y la llama (*Lama glama*), puma andino (*puma concolor*), zorros (*Lycalopex culpaeus*), aunque estos están más hacia las cumbres de la zona y aves como patos silvestres (*Jerga sutro*), gallareta (*Fulica ardesiaca*), gaviota (*Chroicocephalus serranus*), huachua o huashua (*Chloephaga melanoptera*), garza blanca (*Casmerodius albus*), habitan cerca de las lagunas del lugar (Pastor et al.,1995).

Por otro lado, desde la dimensión económica, el clúster minero ubicado en la Región de Junín es una de las más importantes a nivel nacional e internacional y se define como una, actividad que involucra cambios a la geografía y fisiografía de los paisajes para la explotación y beneficio de los minerales. En sí mismo demanda relativamente poco empleo directo, pero genera abundante empleo indirecto, la privilegiada naturaleza mineralógica de nuestro país ha propiciado múltiples operaciones mineras a lo largo de nuestra historia, pero esta actividad, a falta de un marco ambiental moderno, operó sin asumir los impactos ambientales negativos de sus operaciones. Resultado de ello es que se ha deteriorado la calidad ambiental de esta región, acumulando uno de los pasivos

ambientales más grandes del país, según alcances del Consejo Nacional del Ambiente (CONAM, 2000).

La investigación se centra en los cuerpos de agua superficiales, como la ribera del río Yauli, puquios, ojonales ubicados entre los 4100 y 4300 metros sobre el nivel del mar, a los cuales se filtra sustancias, provenientes de los relaves mineros enterrados cercanos a estas aguas; estas filtraciones son productos de reacciones químicas, de minerales polimetálicos que no han terminado el procesamiento de concentración, siendo su destino las lagunas de relaves o relaves; aparte a ello, también existen minerales propios del suelo de los alrededores de estos centros mineros. Todo este conjunto de elementos mencionados es arrastrado y llevado por el viento, como también por medio de discurrerias hacia los cuerpos de agua superficiales de los alrededores de los centros mineros del distrito de Yauli; en estos alrededores mencionados también se ubica la ciudad de Yauli, centro poblado cuya actividad económica principal es la minería, por esta ciudad discurre las aguas del río Yauli, luego de su recorrido por las cercanías a los centros mineros y en cuyas riberas existen una serie de cuerpos de agua. Es posible que algunos elementos químicos; almacenados en las lagunas de relaves, luego del procesamiento de minerales en las plantas de concentración de minerales que existen en el distrito de Yauli, ingresen al río y otros cuerpos de agua y puedan causar efectos adversos a los animales que se abastecen de ellos y deteriorar los ecosistemas de este distrito. El ingreso de contaminantes en los cuerpos superficiales del agua puede ser crónica, accidental o difusa. Siendo una de las fuentes, los vertidos accidentales o ilegales o a las aguas subterráneas por infiltración (García, 2014).

Esto conduce a plantearse el siguiente problema de investigación:

Los cuerpos de agua como ríos, puquios y ojonales de alrededores de los centros mineros del distrito Yauli se encuentran contaminados, producto de los afloramientos de los relaves mineros, convirtiéndolos en ecosistemas alterados en su biodiversidad y en su calidad para su utilización en el consumo humano y de los animales de la zona.

## 1.2 Antecedentes de la Investigación

El agua, elemento compuesto natural es abundante sobre la tierra, tiene características físicas y químicas que la hacen fundamental y única para el desarrollo de los ecosistemas y por tanto vida en general (Roldan, 2000). Sin embargo, estos cuerpos de agua se han contaminado, muchas veces a través de agresiones antrópicas desde inicios de la humanidad; a pesar de que desempeña un papel importante del ciclo hidrológico global y proporcionar a nosotros muchos servicios, entre ellos el mantenimiento de la biodiversidad (Tarralba y Ocharan, 2007).

Asimismo, si se alteran las propiedades fisicoquímicas del agua, se afecta directamente la flora y fauna acuática, las cuales desempeñan funciones elementales en el ecosistema, llegando a alterar la cadena trófica que se encuentra presente en el medio. Por otra parte, si se generan vertimientos ya sean domésticos como industriales este recurso puede dejar de ser apto para consumo humano y para otro tipo de actividades antrópicas (Sánchez, 2019).

Gazire et. Al., (2023), encontró que el agua de una presa de relaves con un pH alcalino ( $> 8$ ) y con valores de la conductividad eléctrica mayores a los  $4\ 000\ \mu\text{Sm}/\text{cm}$ , confirma la alta cantidad de sulfatos encontrados; en este contexto los valores altos del pH y la conductividad eléctrica del agua indican que existe una interacción mineral-efluente (agua de relaves, por ejemplo), debido principalmente a estos sulfatos.

En el contexto anterior escrito, en el artículo de investigación, Impacto de la Minería en Aguas Superficiales de la Región Puno – Perú; Brousett et al., (2021), concluye que luego de una evaluación fisicoquímica en las muestras de las Lagunas Cumunni y Lunar de la Rinconada, los resultados de los parámetros medidos, son en su mayoría altos y que inclusive es mayor a lo establecidos en las normas peruanas y otras, como las del hemisferio norte (normas canadienses y las de Estados Unidos de Norteamérica), por tanto, las aguas de las lagunas están contaminadas, y los lechos sedimentados en las lagunas estudiadas, son elementos contaminantes para otros cuerpos de agua y sus cadenas tróficas.

Neira y Meza (2019), mencionan que las “aguas de contacto” son aquellos flujos superficiales o subterráneos, de origen natural, que entran en contacto con materiales que pueden afectar su calidad, desde este punto de vista, existen aguas de contacto procedentes de las mineras, los cuales producen eventos contaminantes de alto impacto. Se contamina los terrenos, producto de la filtración de los contaminantes del agua; este terreno u área superficial al absorber los contaminantes, pierde nutrientes vitales para la vida y muchas veces es imposible recuperarse.

Guevara, et al (2019), en la presentación de las Sextas Jornadas de Derecho de Aguas, muestra el caso de la Comunidad Cuninico, ubicada en la cuenca baja del río Marañón, cuyas tierras y aguas han sido contaminados por la actividad petrolera (estudio elaborado por Patricia Urteaga Crovetto -Pontificia Universidad Católica del Perú) En el estudio se determina que algunas especies de peces de los ríos contaminados, tienen concentraciones de metales pesados como bario, cadmio, plomo, mercurio, arsénico, más alto de los límites permitidos. Asimismo, en los análisis de muestras de sangre y orina de pobladores de la comunidad para evaluar los niveles de exposición a cuatro metales pesados (plomo, cadmio, mercurio y arsénico) en las comunidades de Cuninico y San Pedro, Loreto, Perú (2016), se encontró valores por encima de lo permitido para las Categorías 3 y 4 de los Estándares de Calidad de Agua -ECA en todos los metales mencionados a excepción del Arsénico.

Kaninga (2021), en su estudio acerca de la biodisponibilidad de los metales pesados en suelos próximos a relaves mineros, encontró que los cultivos cultivados a mayor distancia de la presa de relaves tenían más Cadmio, Cobre, Niquel, Plmo y Zinc; que los cercanos a la presa. Esta observación se atribuyó entre otras acciones a la inmovilización de metales pesados biodisponibles en suelos ácidos por cal, cercanos a las presas de relaves.

Rahman et.al., (2021), al evaluar estacionalmente los parámetros físicos químicos de agua en el río Turag en las afueras de la ciudad de Dakha en Bangladesh, encontraron que la contaminación del río es debido a fuentes antropogénicas; siendo la época del invierno en donde se encontraron los mayores índices de contaminación, estos índices de calidad de agua determinan que estas aguas no son aptas para bebidas de animales ni riego de vegetales.

Lucas, L. (2020) en la investigación realizado en las comunidades Balsa en Medio, Julián y Severino de la microcuenca del río Carrizal en el Ecuador, encontró que los parámetros fisicoquímicos y concentración de metales, no cumplen con los estándares de calidad de agua de consumo y cuerpos de agua dulce vigentes en Ecuador; siendo los parámetros químicos conocidos como turbidez, demanda biológica de oxígeno (DBO5), fosfatos, cloruros; y lo metales plomo y cromo, los que exceden los límites permisibles para el consumo, sin embargo luego de realizar un proceso de filtración por arenas y gravas; los niveles de las variables DBO5; sólidos totales; coliformes fecales y turbiedad se encuentran dentro de los límites permisibles para el agua de consumo humano. Al usar modernita (una zeolita) los metales cobre, plomo, hierro, aluminio, cobalto y cromo, disminuyen los altos valores antes del proceso de filtrado.

En este sentido, Abbiw E. (2022), en su estudio de tesis, teniendo como premisa que la actividad minera a pequeña escala, libera altas concentraciones de metales pesados, amenazando con un deterioro de la calidad de los recursos hídricos de alrededores de las comunidades en donde se realizan estas actividades extractivas, trabajó en materiales que se utilizaron como sorbentes en la disminución y eliminación de los metales pesados: Cadmio, Cobre, Plomo, Zinc y Mercurio en aguas superficiales. Como resultado de su experiencia demostró que los materiales empleados como sorbentes son eficaces cuando el agua tiene un pH entre 4 y 7, y que cuando el pH es alcalino, (mayor a 8) se debe usar otras técnicas para la eliminación de los metales pesados mencionados.

Campis, et al, (2020), concluyen que al aplicar el estándar de calidad de agua ICA-NSF en cada punto de muestreo del estudio: “Determinación de Parámetros Fisicoquímicos y Aplicación del Índice de Calidad NSF en Los Arroyos La Totorá y La Carolina del Partido de Gral. Alvarado, Prov. de Buenos Aires, Argentina”, la calidad ambiental de los arroyos no es buena, cabe destacar que una de sus conclusiones es que el efecto de las lluvias impacta en la determinación de la cantidad de sólidos totales, esto debido a que las muestras del estudio fueron tomadas en épocas de lluvias que son las más bajas.

Otros casos de contaminación de recursos hídricos, es el caso de la unidad minera Animon, en donde el titular minero no realizó la infraestructura necesarias para que no haya filtración de agua desde las lagunas de estabilización de tratamiento de aguas residuales domésticas (sectores de Esperanza y Montenegro), originó la sanción a la

empresa Administradora Chungar S.A.C. mediante la Resolución Directoral N° 135-2014-OEFA/DFSAL del 28 de febrero de 2014, por infringir lo dispuesto en el artículo quinto del Decreto Supremo N° 016-93-EM. (Primera Sala Especializada Permanente competente en las materias de Minería y Energía, 2014).

Asimismo, en la Resolución Directoral N° 755-2014-OEFA/DFSAL, se establece que no realizar monitoreos post cierre de calidad de agua y aire conforme a lo establecido en el Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Santa Ana"; es una conducta que incumple el inciso e) de numeral 7.2 del artículo 7° del Decreto Supremo N° 020-2008-EM, Reglamento Ambiental para las Actividades de Exploración Minera. (Dirección de Fiscalización, Sanción y Aplicación de incentivos, 2014).

Una situación con más impacto ambiental es el caso de contaminación de aguas naturales, referido en la Resolución Directoral N° 1502-2019-ANA-AAA.M en donde la Autoridad Nacional del Agua (ANA) impone sanción administrativa a la empresa Gold Fields La Cima S.A., por infracción en materia de recursos hídricos, el cual consistió en utilizar el agua sin el correspondiente derecho de uso, obstruir el cuerpo de agua y contaminar la fuente natural (manantial Las Tomas) en la Región de Cajamarca. (Autoridad Administrativa del Agua Maraón, 2019).

La contaminación del río Mantaro por parte de la empresa minera DOE RUN PERU S.R.L, según la R.D. N°603-2019-ANA-AAA X MANTARO, la actividad industrial desarrollada por dicha empresa, sobrepasó los estándares de la calidad ambiental (ECA) para agua, de acuerdo a los resultados de análisis, en el lugar de recojo de muestras de código RMant2, aguas abajo del punto de caída de relave, los minerales como aluminio, arsénico, cobre hierro, manganeso y plomo son los que trasgreden los ECA para agua de la categoría 3 según D.S 004-2017-MINAM (ANA, 2019).

Sin embargo, existen otras investigaciones en donde se encontró formas de mejora natural contra contaminantes en agua superficiales. Villegas, J., (2019), en su estudio sobre calidad física y química de cuerpos de agua ribereños en la zona costera de Bahía Ballena y Puerto Cortés, Costa Rica; al realizar las mediciones de oxígeno disuelto (OD), porcentaje de saturación de oxígeno (PSO), salinidad (Sal), sólidos disueltos totales (SDT), y la concentración ion hidrógeno (pH), los valores de estos parámetros

demuestran bajos niveles de deterioro en su calidad de agua. Asimismo, al encontrarse niveles elevados de oxígeno, la contaminación orgánica, con procesos de descomposición orgánica es lento y bajo. De este modo, al registrarse corrientes moderadas, estas corrientes promueven la sobre saturación de oxígeno en el agua.

Ordoñez, N. (2020), en la investigación sobre el análisis de la calidad del agua en el río chili (distritos de Tiabaya y Uchumayo en la Región de Arequipa - Perú) determina que después de la puesta en marcha y operación de la planta de tratamiento de agua residuales “la enlozada”, los parámetros fisicoquímicos como demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, fosfatos, se encuentran dentro de los valores permitidos en los estándares de calidad de agua para la Categoría 3. Asimismo, algunos metales como aluminio, hierro, boro han reducido considerablemente los valores respecto a la toma de muestras anterior a la operación de la planta de tratamiento.

### **1.3 Formulación del problema de investigación**

En todo el distrito de Yauli y alrededores de la Ciudad de Yauli, existe la actividad extractiva minera metálica, que se realiza por medio de la minería subterránea, los minerales extraídos son procesados en plantas de procesamiento de mineral, para luego de obtener un concentrado requerido, son derivados hacia el mercado externo.

Una planta de procesamiento de minerales polimetálicos, para recuperar una tonelada de concentrado procesa entre 15 a 30 toneladas de mineral de mina. La molienda de este mineral que no se recupera en los tanques de concentración, sino se envía a las lagunas de relaves o relaveras en forma de pulpa con una densidad de 1 120 g/L a 1 250 g/L (Bonifacio, 2019).

Los productos residuales luego del procesamiento minero, no se dirigen exactamente hacia los lugares seguros y normados para ello; por lo que las aguas de la Subcuenca del Yauli, de igual manera aguas abajo se contaminan y no es aprovechado en el consumo, esta conclusión viene de las diversas mediciones y evaluaciones periódicas de lo que sucede con el recurso hídrico en el distrito de Yauli, tal como lo determino la Comisión Técnica Regional de Junín, en el año 2011.

Sin embargo, en las lagunas de relaves o desechos del procesamiento para la obtención de minerales (en el caso de los alrededores de los centros mineros del distrito de Yauli,

podemos encontrar zinc, plomo, plata especialmente) se encuentra almacenado en el fondo de estas lagunas, los cuales han sido cubiertas con material de la zona: tierras eriazas, piedras chancadas, producto de las extracciones de mineral, así como otros materiales de otras zonas: ripio, arena gruesa.0

En la actualidad existen afloramientos y vertimientos de líquidos de estas lagunas cubiertas, hacia el suelo. En épocas lluviosas, las descorrerías, se aprecian más y se dirigen hacia las tierras y aguas cercanas a la localidad de Yauli. Estas emisiones probablemente es el producto de una serie de reacciones químicas en el interior de estas lagunas de relaves mineros; debido a que contienen elementos químicos, los cuales se pueden incluso, percibir mediante el sentido del olfato.

Una cierta cantidad de estas aguas afloradas se dirigen hacia el Rio Yauli, el cual cruza todo el distrito, este rio nace de las alturas de la Mina San Cristobal, y pasa por diversas comunidades entre ellas: San Cristobal, Carahuacra, Victoria, Yauli, Mahr Tunel, termina uniéndose al río Mantaro antes de la ciudad de La Oroya. Ante esta situación, es que se formula el siguiente planteamiento de la tesis

¿Cuáles son los parámetros físicos y químicos de los cuerpos de agua de los alrededores de los centros mineros, y su relación con los estándares de calidad de agua -ECA en el distrito de Yauli, Región de Junín-Perú?

#### **1.4 Delimitación del estudio**

En el distrito de Yauli, se encuentra ubicada la ciudad de Yauli, en cuyos alrededores se encuentran los centros mineros; por lo que la presente investigación se realizó en los cuerpos de agua superficiales de los alrededores de esta ciudad.

De acuerdo con el artículo 3 del D.S N°004-2017-MINAM, queda establecido las categorías de los Estándares de la Calidad Ambiental del Agua en adelante ECA 2017, el presente estudio, evaluó los parámetros físico químicos e inorgánicos correspondientes a la Categoría 3: Riego de Vegetales y bebida de animales.

Los parámetros físicos químicos evaluados son: el potencial de Hidrogeno (pH), Oxígeno disuelto en agua (OD), Temperatura y Conductividad eléctrica del agua, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), sulfatos ( $\text{SO}_4$ ).

En cuanto a los parámetros inorgánicos se evaluó: Aluminio (Al), Bario (Ba), Berilio (Be), Boro(B), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Litio (Li), Magnesio (Mg), Manganeso (Mn), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Selenio (Se) y Zinc (Zn).

### **1.5 Justificación e importancia de la investigación**

Considerando los diferentes servicios ecosistémicos que brindan los cuerpos de agua, contribuyendo a la calidad de vida del hombre y animales, es de vital importancia analizar los parámetros químicos y físicos de los mismos, considerando que en el distrito de Yauli, existen plantas de procesamiento de minerales, que luego del proceso de obtención del concentrado de mineral, los productos de este procesamiento se dirigen a las lagunas de relaves; y es desde los alrededores de estos lugares que se aprecian afloramientos de relaves en las superficies de tierras cercanas a la ciudad de Yauli, y que de forma directa o indirecta estarían alterando las características de los cuerpos de agua de estos alrededores.

La presente investigación permite tener conocimiento de la real dimensión del problema que, en los cuerpos de agua superficiales, existen valores de los parámetros físicos, químicos e inorgánicos en mayor cantidad a lo permitido en los estándares nacionales; contribuyendo a tener información para realizar gestiones sostenibles de mejora del medio ambiente y la aplicación de las normatividades correspondientes.

- El estudio se justifica porque demuestra el grado de impacto que produce el afloramiento de las lagunas de relaves, los cuales contienen una serie de contaminantes, que se depositan en el río Yauli y en los en los cuerpos de agua como puquios y ojonales de los alrededores del distrito de Yauli.
- Es importante por cuanto se puede inferir, que las consecuencias de dichos impactos no ocurran en otros lugares donde se realizan similares actividades como el caso de estudio.

Con el presente estudio se propone sentar bases para continuar con las evaluaciones de los parámetros establecidos según la norma vigente, y en la medida de lo posible considerar normas proyectadas, en base a la investigación, el cual permitirá un mejor tratamiento de los cuerpos de agua superficiales contaminados.

## **1.6 Objetivos de la investigación: general y específicos**

### **Objetivo general**

Determinar los parámetros físicos y químicos de los cuerpos de agua de los alrededores de los centros mineros, y su relación con los estándares de calidad de agua -ECA en el distrito de Yauli, Región de Junín-Perú

### **Objetivos específicos**

- Determinar los parámetros físicos químicos de los cuerpos de agua superficiales según en las estaciones de estudio.
- Determinar los niveles de los parámetros inorgánicos de los cuerpos de agua superficiales según estaciones de estudio de acuerdo con los ECA 2017.
- Establecer la relación de los niveles de los parámetros físicos químicos e inorgánicos con los estándares de calidad de agua establecidos de acuerdo con los ECA 2017.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Fundamentos teóricos de la investigación

En el año 2005, Fernández y Solano, describía que en el mundo hay por lo menos 30 índices de calidad de agua, las cuales contienen un número de variables que van de 3 a 72. Todos estos índices incluyen al menos 3 de los siguientes parámetros: OD (Oxígeno Disuelto), DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) o demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno en forma amoniacal y de nitratos ( $\text{NH}_4 -\text{N}$  y  $\text{NO}_3 -\text{N}$ ), fósforo en forma de ortofosfato ( $\text{PO}_4 -\text{P}$ ), pH y sólidos totales (ST).

En España desde el año 1982, se incorpora el índice simplificado de calidad de agua (ISQA), índice que viene a ser parte de una evaluación general de la calidad del agua, denominado Índice de la Calidad del Agua (ICA), índice evaluador de la naturaleza física, química y biológica relacionado con la calidad natural, efectos humanos y usos posibles (Torres et. al, 2009). El ISQA se emplea para evaluar los parámetros como Demanda Química del Oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), conductividad y temperatura (Orozco, et al., 2005).

En el 2004 los países que integran la Comunidad Andina (CAN) elaboraron una metodología para la medición de la calidad de los recursos hídricos en la que se incluyen variables e indicadores para aguas superficiales, subterráneas y costeras; la propuesta tiene como fin desarrollar un software adecuado a los países que integran la CAM (OEA, 2004).

En el Perú, desde los años 90, para verificar la calidad del agua, se analizaba si los límites permisibles de los indicadores de ese entonces, se encontraban en los rangos establecidos, recién en el año 2008 se aprueban los Estándares de Calidad del Agua (ECA), el cual en su concepto de acuerdo a la norma establecida se define como “la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no presenta riesgo significativos para la salud de las personas ni el ambiente” (Ítem 31.1 del Artículo 31 de la ley N° 28611, Ley General del Ambiente, 15 de octubre del 2005).

En el recorrido del proceso de obtención de un concentrado de mineral, se requiere una etapa importante, es el proceso de la Flotación, el cual se realiza en unos equipos denominados Celdas de Flotación, aquí es donde se agregan distintos reactivos para que el mineral sea atrapado, estos reactivos pueden ser: colectores, espumantes, depresores y otros estabilizadores de pH, es este proceso importante en donde se obtiene un porcentaje de hasta un 31% de pureza de cobre por ejemplo (Codelco, s.f.). Sin embargo, en este proceso de flotación de los minerales, la recuperación se da en partículas de entre 50 y 150  $\mu\text{m}$  (Ganoza, 2022), y fuera de este rango disminuye la pureza cuando se procesa minerales como el cobre. Los particulados más finos se dirigen hacia los relaves; por lo expuesto, son un tanto difícil de recuperarlos. En los relaves mineros puede ocurrir reacciones, el cual libera contaminantes, he incluso puede producirse la generación de drenaje ácido minero (DMA) relacionado con el almacenamiento de mineral en los relaves (Sernageomin, s.f.). En las concesiones mineras del distrito de Yauli, se extrae en mayor cantidad plomo, cobre y zinc (Global Forest Watch, 2019).

En el distrito de Yauli no existe una alta vegetación, hay que recordar que estos lugares están ubicados entre los 4000 m.s.n.m., a estas alturas existe una alta erosión de la superficie de suelo, cuya consecuencia es la poca retención del agua en el interior del suelo y escasez de agua en los manantiales aguas debajo de las subcuencas, como es por ejemplo la del río Yauli, el cual tiene una pendiente ligera, por el que se conduce poca corriente de agua. Este río pertenece a la Cuenca del Mantaro, tiene una longitud de 57.79 Km, y ha sido clasificado como de Categoría 3, de acuerdo con las categorías según los estándares de calidad del agua (ANA, 2017).

El área de estudio comprende partes de la Región definida por la FAO como Región paramosólica o andosólica, que es la región que se ubica entre los 4 000 y 5 000 m.s.n.m., en donde los relieves son suaves; sin embargo, son ricos en materia orgánica. Los suelos “paramo andosoles” han sido originados por rocas volcánicas arcillosas (Zamora, 1972), En esta parte de región Junín no existe agricultura extensiva debido a las bajas temperaturas, sin embargo, existen áreas de pastos, los cuales son aprovechados por las actividades de pastoreo de camélidos y ovinos, tal cual se aprecia hoy en día, en muchas zonas del distrito.

De acuerdo con el documento “Junín: Compendio Estadístico 2022”, el número de personas que habita el distrito de Yauli es de 3 784, siendo la actividad de explotación de minas y canteras la que más se realiza, dejando atrás a las labores de agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Asimismo, los productos agrícolas más producidos vienen a ser la papa, cebada, olluco como también, pastos para ganadería entre ellos el conocido como Rye Grass, avena forrajera, cebada forrajera. (Tabla A5 de Anexos)

La producción de minerales metálicos en orden descendente es de plata, zinc, cobre, plomo y entre los minerales no metálicos con mayor producción se encuentran, la caliza y las dolomitas. Las reservas de minería polimetálica de acuerdo con el compendio analizado en el año 2022 se encuentran en manos de seis empresas privadas, tal como se puede apreciar en la Figura A2 de Anexos.

El distrito de Yauli es el menos pobre económicamente de la Región Junín.

## **2.2 Marco conceptual**

### **Definición conceptual**

#### **Agua Superficial**

En general, el agua continental, aquella agua que se encuentra en contacto con la tierra, se divide en aguas superficiales y subterráneas (Ley N.º 29338, Ley de Recursos Hídricos). Esta agua continental puede ser encontrarse en la naturaleza como dulces o saladas. Alcocer, 2007; describe a las aguas superficiales como aguas epicontinentales. Asimismo, “estas aguas superficiales están sometidas a contaminación natural por arrastre de material particulado y disuelto”, como también puede ser contaminado por descargas de aguas residuales domésticas, escorrentía agrícola, agua de procesos industriales; entre otros tipos, esta forma de contaminar es la denominada forma antrópica (Torres et al., 2019)

#### **Índice de Calidad Agua Superficial**

La valoración u índice de la calidad del agua es la medición de la naturaleza física, química, y biológica, determinando la calidad natural para usos posibles en humanos. Los parámetros u índices de calidad del agua (ICA) e índices de contaminación (ICO), son establecidos por el gobierno (Torres et al., 2019)

### **Conductividad Eléctrica del Agua**

La conductividad eléctrica del agua es la capacidad, que pueda conducir corriente eléctrica, y por tanto es lo opuesto a la resistencia eléctrica. La unidad de medida es Siemens/cm (S/cm); y se expresa en millonésimas de unidades, es decir microSiemens/cm ( $\mu\text{S/cm}$ ) o en milésimas es decir miliSiemens/cm (mS/cm). La conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por lo tanto, cuanto mayor es la concentración, mayor será la conductividad. (Hanna, s.f)

### **Cuerpos de Agua**

Un cuerpo de agua es una extensión de agua que puede encontrarse en la superficie terrestre o en el subsuelo, pueden estar en estado líquido como sólido, pueden ser naturales como artificiales (embalses) y tanto de agua salada (mares, océanos), salobre (estuarios, algunos lagos, etc.) como dulce (lagos, ríos, etc.). Otra forma describir a un cuerpo de agua, es por su movimiento, así pueden ser loticas o lenticas; se distinguen ecosistemas loticos, cuando las aguas siguen un curso hacia una sola dirección (ríos y arroyos), y los ecosistemas lénticos, aquellos que presentan una estructura cerrada, en al que las aguas se encuentran estancadas (lagunas, lagos, pantanos y humedales). (Ecosistemas Lenticos: Que son y ejemplos *ecologíaverde.com* Consultado el 9 de mayo de 2024.).

### **Demanda Bioquímica de Oxígeno**

Definida como la cantidad de oxígeno que los microorganismos (bacterias aeróbicas o anaeróbicas), hongos y plancton, consumen cuando degradan las sustancias orgánicas contenidas en una muestra. Se requiere de un tiempo prolongado y como también depende de la temperatura, esta prueba se realiza durante cinco días y a una temperatura estándar de 20°C; por lo que también recibe el nombre de DB05. La medición de este parámetro permite conocer en qué medida está contaminada un cuerpo de agua, mientras más altos valores se obtiene, más contaminación existe. (Induanalisis Laboratorio Industrial, 2019)

### **ECA**

El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es un instrumento de gestión ambiental establecido para medir el estado de la calidad del ambiente en el territorio nacional. El ECA menciona los niveles de concentración de elementos o sustancias presentes en el

ambiente que no representan riesgos para la salud y el ambiente. En el Perú tenemos cinco tipos de Estándares de Calidad Ambiental que son para Agua, Aire, Suelo, Ruido y Radiaciones No Ionizantes (Ministerio del Ambiente, 2017).

### **Parámetros físico químicos**

El análisis de los parámetros físico químicos alcanza una información extensa de la naturaleza de los componentes químicos del agua y sus propiedades físicas, las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, gusto), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. Se considera parámetros o indicadores físicos a: Turbidez, Sólidos en Suspensión, Color, Temperatura, Conductividad.

Mientras que los parámetros o indicadores químicos a: pH, Dureza, Oxígeno Disuelto, Indicadores de Materia Orgánica (DBO, Demanda Química del Oxígeno -DQO) Metales Pesados. (Fernandez y Volpedo, 2020)

### **Parámetro inorgánico**

Un parámetro inorgánico viene a ser según el D.S 04-2017-MINAN aquellos elementos químicos que comprenden a los metaloides, metales pesados y radionucleidos (Naidu R. & Biswas B., 2020), y que se miden en un rango en el cual se determina que no contaminan, estos elementos se encuentran en la naturaleza en diversas formas, sin embargo, luego de un procesamiento para la obtención de minerales, estos elementos son llevados y concentrados en relaves, los que posteriormente pueden reaccionar con los elementos de agua y aire, llegando a convertirse en elementos contaminantes. Asimismo, según el Reglamento de Calidad para el Consumo Humano, los parámetros inorgánicos, son los compuestos formados por distintos elementos pero que no poseen enlaces carbono-hidrógeno analizados en el agua de consumo humano. (D.S 031-2010-SA, Art 5, Ítem 15)

### **pH**

El potencial de hidrogeno (pH) se mide en escala logarítmica, no lineal, en esta “escala el valor de 7 representa un pH neutro, uno menor de 7 un pH ácido y uno mayor de 7 un pH básico. Asimismo, “una solución con pH de 4.0 tiene 1000 veces más H<sup>+</sup> que una solución neutra, los ácidos son moléculas que donan protones (H<sup>+</sup>), mientras que las

bases los aceptan. El agua es una molécula anfótera cuyo producto iónico es la base de la escala de pH". (Ramírez, et al., 2023).

### **Ojonal**

Manantial natural de agua. También se les denomina "Ojos de Agua"

### **Puquio**

El puquio es una fuente de agua cristalina que puede conformar un estanque más o menos profundo. En Ponce, 2015; menciona la definición que Rostworowski, 2006, da a puquio, el cual significa que es una fuente o un manantial; también viene a ser como una galería filtrante, en este caso, toma la palabra huncólpi.

### **Recurso Natural**

En la legislación peruana, se considera Recursos Naturales a "Todo componente de la naturaleza, susceptible de ser aprovechado por el ser humano, para la satisfacción de sus necesidades y que tenga un valor actual o potencial en el mercado"; tales como: Aguas superficiales y subterráneas, el suelo, subsuelo y las tierras (capacidad de uso mayor: Agrícolas, pecuarias, forestales y de protección), la diversidad biológica, como flora, fauna y microorganismos, recursos genéticos, y ecosistemas que dan soporte a la vida; los recursos hidrocarburíferos, hidroenergéticos, eólicos, solares, geotérmicos y similares; Los minerales; los demás considerados como tales. En este sentido también se define como el "Uso del suelo al Destino dado por la población al territorio, tanto urbano como rural, para satisfacer sus necesidades de vivienda, de esparcimiento, de producción, de comercio, culturales, de circulación y de acceso a los servicios". (Decreto Supremo 022-2016-Vivienda, Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano Sostenible)

### **Relave**

El relave está conformado por sólidos finos, descartados de las operaciones mineras. Por ejemplo, en la minería de sulfuros de cobre, se extrae grandes cantidades de material (roca) del yacimiento que se explota. Sólo una pequeña fracción corresponde el elemento de interés económico que se desea recuperar (algo menos de 1%). Una vez que ese material (la roca extraída del suelo) ha sido finamente molido y concentrado durante el proceso de flotación y concentración, se obtiene un material (concentrado) con una

concentración más alta de cobre (entre 20 y 30%), que se vende como concentrado o procesar hasta cobre metálico puro. El resto del material (muy pobre en cobre) se denomina “relave”, y se debe depositar de forma segura y ambientalmente responsable (Sernaogemin, 2022).

### **Solidos Totales en Agua**

Los Solidos Totales están conformados por los sólidos suspendidos y disueltos que pueden tener un determinado volumen de agua. Otra forma de obtener el valor de lo solidos totales es aquella materia solida ultima, depositada en un recipiente luego de haberse producido la evaporación de un volumen de la muestra, asimismo este volumen de materia luego del proceso de evaporación ha sido secado a una temperatura de 105°C por un lapso de 24 horas (Cárdenas, 2022).

### **Sulfatos**

Los sulfatos contienen azufre, oxígeno y un ion metálico o amonio. El ion metal o amonio está unido a un ion sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), que consta de un átomo de azufre rodeado por cuatro átomos de oxígeno. Los sulfatos tienen la fórmula general  $\text{M}^{n+}(\text{SO}_4)^{-2}$ , donde M representa el ion metálico o amonio y n es su valencia, también son sólidos a temperatura ambiente. De color blanquecinos o incoloros son generalmente solubles en agua.

Los sulfatos en la naturaleza se clasifican como orgánicos e inorgánicos. Estos últimos, como el yeso (sulfato de calcio dihidratado  $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ), la baritina (sulfato de bario) o sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). Se producen por oxidación de los sulfuros de muchos elementos cuando estos entren en contacto con el oxígeno del aire (Ecured, 2019).

Los sulfatos orgánicos son ésteres del ácido sulfúrico con la fórmula genérica  $\text{R}-\text{O}-\text{SO}_2-\text{O}-\text{R}'$ . Se pueden formar directamente del alcohol correspondiente y del ácido sulfúrico o del trióxido de azufre o a partir del alcohol y el cloruro de sulfurilo ( $\text{Cl}_2\text{SO}_2$ ) en presencia de una base (Ecured, 2019).

Por lo general son solubles en agua, con excepción de los alcalinotérreos. Algunos sulfatos son primarios y se encuentran en venas hidrotermales o como producto de la actividad volcánica. Otros se formaron en cuencas sedimentarias, en el seno de aguas saladas marinas o lacustres. Los de origen secundario proceden de la oxidación de sulfuros metálicos (Universidad de Alicante, 2020)

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Hipótesis central de la investigación**

Los cuerpos de agua de los alrededores de los centros mineros del distrito de Yauli se encuentran contaminados por los afloramientos de agua de las lagunas de relaves, producto del procesamiento de minerales polimetálicos en las plantas procesadoras de minerales, existentes en los alrededores de esta localidad.

#### **3.2 Variables e indicadores de la investigación**

- Parámetros Físicos Químicos para la determinación de los estándares - ECA del agua

#### **3.3 Métodos de la investigación**

El método por utilizar en la presente investigación es descriptivo. Esto debido a que el estudio realizado pretende especificar las propiedades y ciertas características de los cuerpos de agua superficiales alrededor de la localidad de Yauli, Según, (Hernández et al., 2010), del alcance del estudio depende la estrategia de investigación, así el diseño, los procedimientos y otros componentes del proceso serán distintos en estudios como alcance exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo. El estudio descriptivo busca especificar las propiedades, las características, procesos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Al ser una investigación descriptiva se pretende conocer, de acuerdo con los estándares establecidos, la realidad de los cuerpos de agua superficiales en los alrededores de los centros mineros de la ciudad de Yauli; este diagnóstico, el de conocer la calidad de las aguas superficiales cerca a instalaciones donde se procesan minerales es una problemática que es susceptible de cambios.

Si bien es cierto que el estudio es acerca de los alrededores de los centros mineros la investigación realizada se enfoca en estudiar parte de la calidad de las aguas superficiales de los alrededores de la ciudad de Yauli, para ello se ha seguido las pautas alcanzadas en los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) alcanzados por el Ministerio del Ambiente (MINAM), en el año 2017, de acuerdo a los controles y procedimientos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, quien es la encargada de las acciones mencionadas, Resolución Jefatural N° 010-2016 ANA).

La presente investigación, asimismo trata el estudio de los parámetros físico químicos e inorgánicos de la calidad de agua en las categorías de Riego de Vegetales y Bebida de Animales de acuerdo con los estándares mencionados de ahora en adelante lo mencionaremos como ECA-2017 (D.S. 004-2017-MINAM)

### **3.4 Diseño o esquema de la investigación**

El “Plantear el problema de investigación cuantitativa consiste en afinar y estructurar más formalmente la idea de investigación, desarrollando cinco elementos de ésta: objetivos, preguntas, justificación, viabilidad y evaluación de las deficiencias” (Hernández et al., 2010, p 44)

Hernández, Fernández y Baptista (2010) indican que “la investigación no experimental es sistemática y empírica en la que las variables independientes no se manipulan porque ya han sucedido. Las inferencias sobre las relaciones entre las variables se realizan sin intervención o influencia directa” (p. 150).

Por otro lado, un estudio es transeccionales o transversales, porque en estos estudios se recolectan datos en un solo momento. Tienen la intención de describir o caracterizar el fenómeno, a través de las variables, en un momento dado. (Mousalli, 2015, p.31)

Siguiendo este orden de ideas el presente estudio realizado es una Investigación cuantitativa no experimental.

### **3.5 Población y muestra**

La población en investigación estará conformada por los cuerpos de agua superficiales que se encuentran ubicadas en el distrito de Yauli alrededor de la ciudad del mismo nombre. Para la extracción de las muestras se definieron tres estaciones, la determinación de la ubicación de las estaciones se debió a tener un mejor acceso, estar cercano a las probables fuentes de descorrerías de agua de relaves, que los cuerpos de agua se ubiquen en zonas de población humana como también sea fuente de agua para animales de la zona.

Las muestras se obtuvieron de las 3 estaciones ubicadas en el área de investigación, entre las coordenadas 11.6799028 S, 76.0905119 W y 11.64725519 S, 76.0682470 W.

**Tabla 1**

*Estaciones de estudios de los cuerpos de agua ubicados en los alrededores de los centros mineros del distrito de Yauli*

<b>Zonas de Muestras</b>	<b>Lugar de Muestreo de cuerpos de agua</b>	<b>Ubicación Geográfica</b>
<b>Estación 1</b>	Punto 1.1	11.6799028 S, 76.0905119 W
	Punto 1.2	11.6762492 S, 76.0889331 W
	Punto 1.3	11.67611927 S, 76.0889182 W
<b>Estación 2</b>	Punto 2.1	11.66854301 S, 76.0855757 W
	Punto 2.2	11.66847273 S, 76.0854600 W
	Punto 2.3	11.66849184 S, 76.0853658 W
<b>Estación 3</b>	Punto 3.1	11.65730639 S, 76.0774432 W
	Punto 3.1	11.64731874 S, 76.0685130 W
	Punto 3.1	11.64725519 S, 76.0682470 W

Estas tres estaciones de muestreo, dos corresponden a cuerpos de agua cercanas al río Yauli y la otra, es un afloramiento natural en forma de pequeña laguna un poco alejada de las orillas del río Yauli (ver gráfico de Anexos). En cada estación se estableció tres lugares cercanos denominados “Puntos”; y de estos puntos es donde se extrajeron las muestras que fueron llevadas a los laboratorios como también se obtuvo los valores de las mediciones de campo de los parámetros físicos químicos como Temperatura, Potencial de Hidrogeno, Solidos Totales y Conductividad Eléctrica del Agua; estos, se enumeraron de acuerdo con el número correspondiente de la estación.

### **3.5.1 Estación de Muestreo 1**

Esta estación es la denominada Estación 1 en el estudio realizado, está ubicada al sur de la ciudad de Yauli, en las riberas del Río Yauli, en esta área existe alguna vegetación natural como festucas, poas, juncos tal como se muestra en la Figura A3 de Anexos. También es una zona pedregosa. Es la más cercana a una laguna de relaves enterrada, se aprecian algunas correrías de agua desde este relave; en época de lluvias, abundan estas correrías.

En esta zona no existe campos agrícolas, tampoco crece pastos naturales de pastoreo como por ejemplo Ichu, tal vez por esta razón no se aprecian animales ni aves. Es más parecido a una zona de desmontes con alguna vegetación por el agua que se encuentra en el lugar. A unos 100 metros aproximadamente, existe algunas viviendas y depósitos de desechos de materiales diversos.

### **3.5.2 Estación de Muestreo 2**

La Estación 2, está ubicada hacia la parte central de la ciudad de Yauli, en las inmediaciones de la carretera principal de la ciudad, comprende un área más pedregosa, con escasa vegetación, en esta área se recibe una descarga de agua de los puquiales de las alturas de la ciudad, este flujo de agua se dirige al río Yauli, esto se puede apreciar en la Figura A4 de Anexos.

Existe algunas aves por la ribera del río, como también viviendas cercanas y por tanto se aprecian pobladores, animales domésticos y tránsito de vehículos. Cabe destacar que no se encontró descargas de algunas tuberías de estas viviendas hacia el río Yauli, como tampoco a ningún otro lugar cercano a la estación en mención.

### **3.5.3 Estación de Muestreo 3**

La Estación 3, es un afloramiento de agua, en forma de laguna, podemos apreciar esta zona en la figura A5 de Anexos; en este lugar se aprecia aves de diversas especies, está ubicado a la salida de la ciudad de Yauli, camino hacia un centro de procesamiento de minerales conocido como Mahr Tunnel. Comprende un área aproximada de 5 000 m<sup>2</sup>. Existe vegetación abundante, inclusive algunos árboles, se encuentran diversas aves como los patos silvestres, gaviotas entre otras aves, sin embargo, no es una zona de pastoreo, no hay viviendas cercanas y es un lugar solitario como una especie de vivero natural.

En las tres estaciones, las tomas de muestras a los largos de las zonas establecidas, se realizó de la siguiente forma: la primera serie de tomas corresponde al mes de junio del año 2021, época de estiaje, por carecer de escasa o nada de lluvias; la segunda toma de muestra corresponde al año 2022 (mes de julio) épocas soleadas por las mañanas, sin lluvias y la tercera se realizó en el mes de diciembre del mismo año, época con lluvias persistentes en las zonas de estudio. Todas las tomas de muestras y medidas de los parámetros físicos químicos se realizaron entre las 8 a.m y 3 p.m.

### **3.6 Actividades del proceso investigativo**

Para la realización de la investigación se identificó los lugares físicos en el distrito de Yauli, Región Junín, estos lugares (Estación 1, 2 y 3) se consideraron apropiados por estar ubicados en áreas en donde se tenía acceso; además, contenían una cantidad apropiada para tomar las muestras de agua superficial.

Las muestras fueron recogidas y enviadas a Laboratorios Certificados por Inacal, mientras que los parámetros de campo (Temperatura, pH, Conductividad Eléctrica del agua y Sólidos Totales Disueltos en agua) fueron registrados en los lugares de muestreo. Con estos datos obtenidos se realizaron las evaluaciones correspondientes en el presente estudio.

### **3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Una vez ubicados los sitios o puntos de donde se iba a recoger las muestras de los cuerpos de agua, se procedió a recolectar la muestra de forma manual, con la ayuda de un balde de 4 litros de capacidad, y se midieron los parámetros físicos químicos con un multiparámetro marca Hanna,

En los tres puntos de muestreo por cada estación se evaluó in situ los parámetros físico químicos como la temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y potencial de hidrogeno, utilizando las recomendaciones según norma del D.S. 2017 ECA; se referenció con los valores de los Parámetros Físicos Químicos para Bebida de Animales y Riego de Vegetales según Categoría 3 (Tabla A1 y A2 Anexos).

### **3.8 Procedimiento de la recolección de datos**

Se realizó las tomas de muestras de acuerdo con el procedimiento establecido en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua. En cada punto establecido para las Estaciones, el agua recolectada fue colocada en frascos debidamente esterilizados y rotulados, asimismo se siguió con la recomendado por los laboratorios: no contaminar el agua con ningún objeto, manipular solamente las muestras en los frascos, para los análisis químicos se agregaron los elementos para la conservación y luego fueron colocados en recipientes herméticos con hielo, para ser transportados a las instalaciones de los laboratorios en donde se realizaron la determinación de los parámetros químicos e inorgánicos entre ellos, los metales pesados (Tabla A4 de Anexos).

### **3.9 Técnicas de procesamiento y análisis de los resultados**

Las técnicas de procesamiento de los resultados de las muestras de los cuerpos de agua se han realizado acorde a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua han sido definidos y se encuentran descritos en el D.S N° 015-2015-MINAM. Los estándares siguientes se encuentran catalogados de la Categoría 3, calidad de agua para Riego de Vegetales y Bebida de Animales, categoría que cubre el desarrollo de la investigación.

### **3.10 Análisis Químico**

Para el análisis químico de las muestras de agua, se consideraron las normas de referencia SMEWW-APHA-AWWA-WEF y, para la determinación de los metales, la norma EPA Method 200.7 (Tabla 6 Anexos)

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Niveles de los Parámetros Físicos Químicos por Estaciones

También conocidos como “parámetros de campo”, tienen los siguientes resultados.

**Tabla 2**

*Valores de los Parámetros físicos químicos de los cuerpos de agua en la Estación 1*

<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Fechas</b>	<b>Temperatura ambiente (T °C)</b>	<b>Potencial de Hidrógeno (pH)</b>	<b>Conductividad Eléctrica del Agua (µS /cm)</b>	<b>Solidos Totales en Agua (PPT)</b>	
<b>1° Muestra</b>	jul-21	13.0	8.21	1990	1.00	
<b>Punto 1.1</b>	jun-22	14.1	8.2	1800	0.90	
	dic-22	9.2	8.48	1140	0.57	
	jul-21	13.7	8.22	2020	1.01	
<b>2° Muestra</b>	jun-22	14.0	8.25	1790	0.90	
<b>Punto 1.1</b>	dic-22	9.1	8.4	1100	0.55	
	jul-21	13.6	8.21	2020	1.00	
	<b>Punto 1.1</b>	jun-22	13.9	8.2	1760	0.90
<b>Punto 1.1</b>	dic-22	9.15	8.46	1120	0.56	
	<b>1° Muestra</b>	jul-21	13.7	8.27	2030	1.01
	<b>Punto 1.2</b>	jun-22	14.5	8.2	1800	0.9
dic-22		9.1	8.43	1150	0.58	
<b>2° Muestra</b>		jul-21	13.7	8.21	2010	1.01
<b>Punto 1.2</b>	jun-22	14	8.21	1800	0.90	
	dic-22	9.13	8.40	1130	0.58	
	<b>3° Muestra</b>	jul-21	13.6	8.21	2000	1.01
<b>Punto 1.2</b>	jun-22	14.5	8.15	1820	0.91	
	dic-22	9.12	8.41	1160	0.57	
	<b>1° Muestra</b>	jul-21	9.57	7.95	1030	0.52
<b>Punto 1.3</b>	jun-22	13.9	8.20	1760	0.90	
	dic-22	9.0	8.43	1150	0.57	
	<b>2° Muestra</b>	jul-21	9.6	7.92	1030	0.51
<b>Punto 1.3</b>	jun-22	13.7	8.20	1780	0.90	
	dic-22	9.01	8.42	1100	0.56	
	<b>3° Muestra</b>	jul-21	9.70	7.90	1020	0.52
<b>Punto 1.3</b>	jun-22	14.0	8.10	1750	0.90	
	dic-22	8.09	8.40	1130	0.56	

Luego de la realización de una estadística descriptiva que consiste en la determinación de las medidas de tendencia central (media, mediana y moda), para los parámetros descritos en la tabla 1, se muestran los resultados siguientes

**Tabla 3**

*Medidas de tendencia central de los parámetros físicos químicos en la Estación 1*

Medida de tendencia central	Temperatura (°C)	Potencial de Hidrógeno (pH)	Conductividad eléctrica del agua ( $\mu\text{S/cm}$ )	Sólidos totales en agua (ppt)
Media	11,77	8.25	1532.96	0.77
Mediana	13,60	8.21	1760.00	0.90
Moda	13,70	8.21	1800.00	0.90

*Nota.* Datos Procesados en SPSS v.25

De la tabla 3 se observa el valor promedio de la temperatura es de  $11.77^{\circ}\text{C}$ , la mediana indica que el 50% de los puntos muestreados tienen un valor menor a  $13.60^{\circ}\text{C}$  y el otro 50% de los datos muestreados tienen un valor mayor al  $13.60^{\circ}\text{C}$ , así mismo el valor más frecuente en los puntos muestreados es de  $13.70^{\circ}\text{C}$  en todos los puntos de muestreo de la estación 1.

En cuanto al valor promedio del potencial de hidrógeno, este se encuentra en 8.25, esto indica un pH que está dentro de los valores permitidos en el cuerpo de agua según ECA 2017, asimismo la mediana indica que el 50% de los puntos muestreados tienen un valor menor a 8.21 pH y el otro 50% de los datos muestreados tienen un valor mayor al 8.21 pH. Podemos apreciar que los valores más altos en el pH de la estación 1, se obtienen en el mes de diciembre de 2022. La estación 1 es la más cercana a la laguna de relaves.

Así mismo se observa un valor promedio de la conductividad eléctrica de  $1532.96 \mu\text{S/cm}$ , y por último se observa un valor promedio de los sólidos totales que está en 0.77 ppt (parte por trillón).

**Tabla 4***Valores de los Parámetros físicos químicos de los cuerpos de agua en la Estación 2*

Muestras	Fechas	Temperatura	Potencial de	Conductividad	Solidos
		(T °C)	Hidrógeno (pH)	Eléctrica del Agua (µS/cm)	Totales en Agua (Ppt)
<b>1° Muestra</b>	jul-21	14.70	8.10	2020	0.90
<b>Punto 2.1</b>	jun-22	15.70	8.15	1700	0.85
	dic-22	10.40	8.33	1160	0.58
<b>2° Muestra</b>	jul-21	14.60	8.10	1010	0.91
<b>Punto 2.1</b>	jun-22	15.70	8.10	1720	0.82
	dic-22	10.30	8.28	1080	0.55
<b>3° Muestra</b>	jul-21	14.80	8.10	1010	0.91
<b>Punto 2.1</b>	jun-22	15.40	8.10	1700	0.80
	dic-22	10.38	8.30	1140	0.53
<b>1° Muestra</b>	jul-21	14.60	8.17	1800	0.92
<b>Punto 2.2</b>	jun-22	15.70	8.11	1710	0.85
	dic-22	10.40	8.33	1160	0.58
<b>2° Muestra</b>	jul-21	14.60	8.17	1820	0.92
<b>Punto 2.2</b>	jun-22	15.70	8.10	1700	0.84
	dic-22	10.30	8.23	1100	0.50
<b>3° Muestra</b>	jul-21	14.70	8.20	1830	0.91
<b>Punto 2.2</b>	jun-22	15.60	8.15	1700	0.85
	dic-22	10.20	8.30	1100	0.55
<b>1° Muestra</b>	jul-21	14.90	8.23	1920	0.96
<b>Punto 2.3</b>	jun-22	13.30	8.48	940	0.49
	dic-22	13.90	7.56	560	0.46
<b>2° Muestra</b>	jul-21	14.70	8.20	1900	0.96
<b>Punto 2.3</b>	jun-22	13.00	8.50	920	0.50
	dic-22	13.70	7.54	540	0.44
<b>3° Muestra</b>	jul-21	14.90	8.20	1920	0.96
<b>Punto 2.3</b>	jun-22	13.20	8.45	900	0.48
	dic-22	13.80	7.50	550	0.45

**Tabla 5***Medidas de tendencia central de los parámetros físicos químicos en la Estación 2*

Medida de tendencia central	Temperatura (°C)	Potencial de Hidrógeno (pH)	Conductividad eléctrica del agua ( $\mu\text{S/cm}$ )	Sólidos totales en agua (ppt)
Media	13.67	8.15	1355.93	0.72
Mediana	14.60	8.17	1160.00	0.82
Moda	15.70	8.10	1700.00	0.85

*Nota.* Datos Procesados en SPSS v.25

De la tabla 5 se observa un valor promedio de la temperatura que está en 13.67°C, la mediana indica que el 50% de los puntos muestreados, tienen un valor menor a 14.60°C y el otro 50% de los datos muestreados tienen un valor mayor al 14.60°C, así mismo el valor más frecuente en los puntos muestreados es de 15.70°C. Se observa también un valor promedio del potencial de hidrógeno que está en 8.15, así mismo el valor más frecuente en los puntos muestreados es de 8.10 en la estación 2.

La conductividad eléctrica en el agua tiene una media de 1355.93  $\mu\text{S/cm}$ , valor permitido en el cuerpo de agua, la mediana indica que el 50% de los puntos muestreados tienen un valor menor a 1160.00  $\mu\text{S/cm}$  y el otro 50% de los datos muestreados tienen un valor mayor al 1160.00  $\mu\text{S/cm}$ , siendo el valor más frecuente en los puntos muestreados es de 1700.00  $\mu\text{S/cm}$  en la estación general y por último se observa un valor promedio de los sólidos totales que está en 0.72 ppt, así mismo los valores más frecuentes en los puntos muestreados es de 0.85 partes por trillón.

**Tabla 6***Niveles de los Parámetros físicos químicos de los cuerpos de agua en la Estación 3*

<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Fechas</b>	<b>Temperatura (T °C)</b>	<b>Potencial de Hidrógeno (pH)</b>	<b>Conductividad Eléctrica del Agua (µS/cm)</b>	<b>Sólidos Totales en Agua (Ppt)</b>
<b>1° Muestra</b>	jul-21	11.90	8.65	540	0.98
<b>Punto 3.1</b>	jun-22	17.10	9.20	640	0.25
	dic-22	13.90	7.56	560	0.46
<b>2° Muestra</b>	jul-21	11.80	8.60	980	0.98
<b>Punto 3.1</b>	jun-22	17.20	9.20	620	0.28
	dic-22	13.80	7.50	500	0.46
<b>3° Muestra</b>	jul-21	11.90	8.65	540	0.90
<b>Punto 3.1</b>	jun-22	17.10	9.10	650	0.28
	dic-22	13.85	7.53	550	0.44
<b>1° Muestra</b>	jul-21	14.00	8.62	900	0.81
<b>Punto 3.2</b>	jun-22	18.40	9.89	430	0.22
	dic-22	16.70	7.97	930	0.47
<b>2° Muestra</b>	jul-21	14.20	8.20	900	0.81
<b>Punto 3.2</b>	jun-22	18.30	9.85	450	0.25
	dic-22	16.60	7.95	920	0.47
<b>3° Muestra</b>	jul-21	14.10	8.60	920	0.80
<b>Punto 3.2</b>	jun-22	18.40	9.80	450	0.24
	dic-22	16.68	7.96	900	0.45
<b>1° Muestra</b>	jul-21	14.50	8.65	1940	0.97
<b>Punto 3.3</b>	jun-22	18.90	9.98	430	0.22
	dic-22	13.20	8.04	880	0.44
<b>2° Muestra</b>	jul-21	14.00	8.60	1920	0.97
<b>Punto 3.3</b>	jun-22	18.60	9.60	450	0.25
	dic-22	13.21	8.02	850	0.40
<b>3° Muestra</b>	jul-21	14.50	8.65	1940	0.97
<b>Punto 3.3</b>	jun-22	18.90	9.90	430	0.22
	dic-22	13.15	8.00	820	0.46

**Tabla 7***Medidas de tendencia central de los parámetros físicos químicos en la Estación 3*

Medida de tendencia central	Temperatura (°C)	Potencial de Hidrógeno (pH)	Conductividad eléctrica del agua ( $\mu\text{S/cm}$ )	Sólidos totales en agua (ppt)
Media	15.37	8.68	816.30	0.54
Mediana	14.50	8.62	650.00	0.46
Moda	11.90	8.65	430.00	0.22

*Nota.* Datos procesados en SPSS v.25

En la estadística descriptiva que consiste en la determinación de las medidas de tendencia central (media, mediana y moda), dentro de los parámetros que se tienen para temperatura agua, pH, conductividad eléctrica y sólidos totales, en la estación 3, se observa un valor promedio de la temperatura que está en 15.37°C, la mediana indica que el 50% de los puntos muestreados tienen un valor menor a 14.50°C y el otro 50% de los datos muestreados tienen un valor mayor al 14.50°C, así mismo los valores más frecuentes en los puntos muestreados es 11.90°C. Se observa también un valor promedio del potencial de hidrógeno que está en 8.68, la cual indica un pH por encima del valor permitidos en el cuerpo de agua de la estación general, la mediana indica que el 50% de los puntos muestreados tienen un valor menor a 8.62 y el otro 50% de los datos muestreados tienen un valor mayor al 8.62, así mismo el valor más frecuente en los puntos muestreados es de 8.65 en la estación 3.

Asimismo, se observa el valor promedio de la conductividad eléctrica es de 816.30  $\mu\text{S/cm}$ , como también el valor promedio de los sólidos totales es de 0.54 ppt.

**Tabla 8***Medidas estadísticas descriptivas de los parámetros físicos químicos por Estaciones*

Parámetro Medido	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico
Temperatura del Agua Estación 1	8.0900	14.5000	11.7656	0.4651	5.8393
Temperatura del Agua Estación 2	10.2000	15.7000	13.6733	0.3795	3.8894
Temperatura del Agua Estación 3	11.8000	18.9000	15.3663	0.4513	5.4980
pH del agua Estación 1	7.9000	8.4800	8.2459	0.0306	0.0253
pH del agua Estación 2	7.5000	8.5000	8.1474	0.0482	0.0626
pH del agua Estación 3	7.5000	9.9800	8.6767	0.1506	0.6122
Conductividad Eléctrica del Agua Estación 1	1020.0000	2030.0000	1532.9630	77.1257	160606.2678
Conductividad Eléctrica del Agua Estación 2	540.0000	2020.0000	1355.9259	91.1438	224294.3020
Conductividad Eléctrica del Agua Estación 3	430.0000	1940.0000	816.2963	85.7997	198762.6781
Sólidos Totales Estación 1	0.5100	1.0100	0.7704	0.0388	0.0406
Sólidos Totales Estación 2	0.4400	0.9600	0.7211	0.0384	0.0398
Sólidos Totales Estación 3	0.2200	0.9800	0.5352	0.0553	0.0825

*Nota.* Datos Procesados en SPSS v.25**Tabla 9***Resumen medidas estadísticas descriptivas de los parámetros físicos químicos por Estaciones*

Parámetro Medido	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Varianza
		Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico
Temperatura (°C)	81	8.0900	18.9000	13.6017	0.2969	7.1392
Potencial de Hidrógeno (pH)	81	7.5000	9.9800	8.3567	0.0589	0.2810
Conductividad Eléctrica Agua (µS/cm)	81	430.0000	2030.0000	1235.0617	59.1877	283757.8086
Sólidos Totales (PPt)	81	0.2200	1.0100	0.6756	0.0280	0.0633
N válido (por lista)	81					

De la tabla 9, se puede concluir que el Potencial de Hidrogeno (pH) se encuentra por encima del valor máximo permitido (8.5 tanto para Bebidas de Animales como Riego de Vegetales - Tabla 1 de Anexos). Asimismo, se determinó que en zonas de la estación 2, el potencial de hidrogeno (pH) aumenta cercanamente al valor máximo permisible el cual es 8.5. En el año 2021, varias muestras de la Estación 3 (Tabla 6), se encuentran por encima del valor máximo permitido, siendo el promedio de 8.65. Es conocido que el agua dura, o con un pH alto tienen una concentración de minerales disueltos. Esta concentración de minerales en lagunas o arroyos desequilibra el balance de los químicos del agua y movilizar a los contaminantes por ejemplo metales pesados (Tabla A6 de Anexos), causando condiciones tóxicas, al infiltrarse por condiciones propias del terreno como escorrentías que existen en los alrededores de la ciudad de Yauli, pueden alcanzar zonas húmedas o lagunas. (Izquierdo y Verastegui, 2017).

Otro parámetro físico analizado es la Conductividad Eléctrica del cuerpo de agua, de acuerdo con la NCh 1333 Of. 78 modificada en 1987, (Norma Chilena) un agua de riego con niveles de sulfato entre 1 000 y 1 500 mg/l es un agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos, eso mismo también se establece en British Columbia Ministry of Environment, Lands and Parks (BC MELP). Ambient Water Quality Guidelines for Sulphate. 2000.

Realizando un análisis estadístico mas detallado sobre los parámetros físicos químicos tenemos los siguientes resultados

**Tabla 10**

*Valores de la distribución de Normalidad en los parámetros físicos químicos en los cuerpos de agua según estación*

Parámetro medido	Estación	Shapiro-Wilk		p Valor Sig. $\alpha=0.05$
		Estadístico	gl	
Temperatura (°C)	Estación 1	0.763	27	0.000
	Estación 2	0.809	27	0.000
	Estación 3	0.905	27	0.018
Potencial de Hidrógeno (pH)	Estación 1	0.895	27	0.010
	Estación 2	0.801	27	0.000
	Estación 3	0.921	27	0.042
Conductividad Eléctrica Agua ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Estación 1	0.799	27	0.000
	Estación 2	0.891	27	0.008
	Estación 3	0.739	27	0.000
Solidos Totales (Ppt)	Estación 1	0.782	27	0.000
	Estación 2	0.828	27	0.000
	Estación 3	0.833	27	0.001

*Nota.* Datos procesados en SPSS v.25

Como vemos en la tabla 10, los valores de acuerdo con la ecuación de Shapiro-Wilk, muestran que los resultados de estos primeros parámetros analizados no tienen una distribución normal. Esto debido a que el p valores es menor al grado o nivel de significancia  $\alpha$

**Tabla 11**

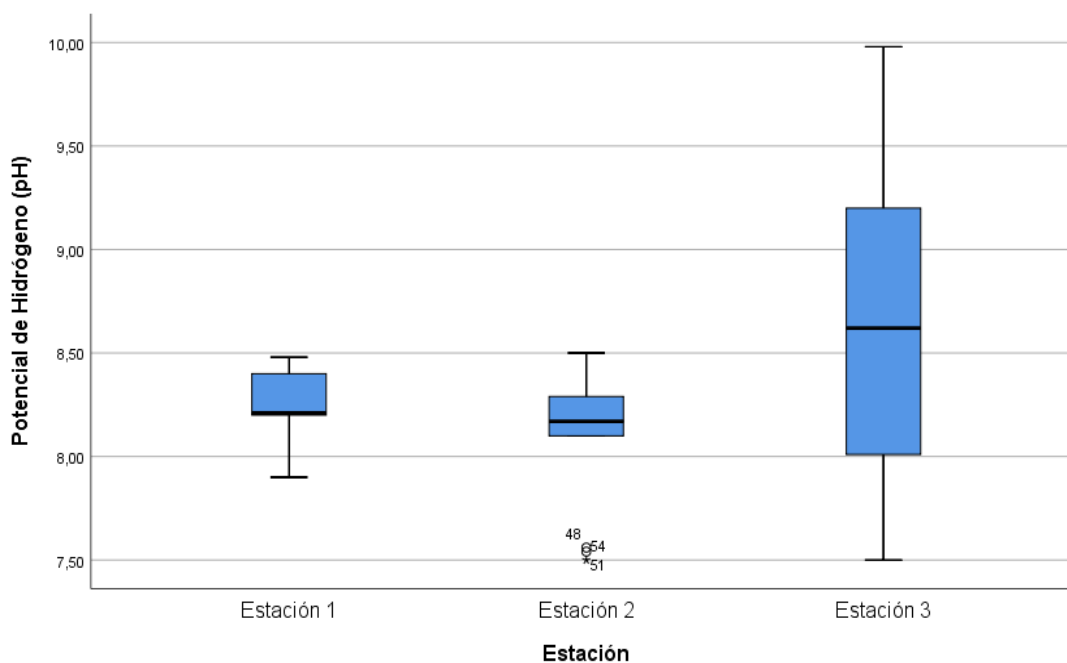
*Prueba de Normalidad para el pH en las Estaciones*

Parámetro	Estación	Shapiro-Wilk		p Valor
		Estadístico	gl	Sig. $\alpha=0.05$
Potencial de Hidrógeno (pH)	Estación 1	0.895	27	0.010
	Estación 2	0.801	27	0.000
	Estación 3	0.921	27	0.042

Al realizar la ecuación de Shapiro Wilk para el pH en las tres estaciones, también encontramos que no tienen una distribución normal, por lo que debemos usar ecuaciones no paramétricas para las correlaciones.

**Gráfico 1**

*Diagrama de cajas por estaciones para el parámetro Potencial de Hidrogeno (pH)*

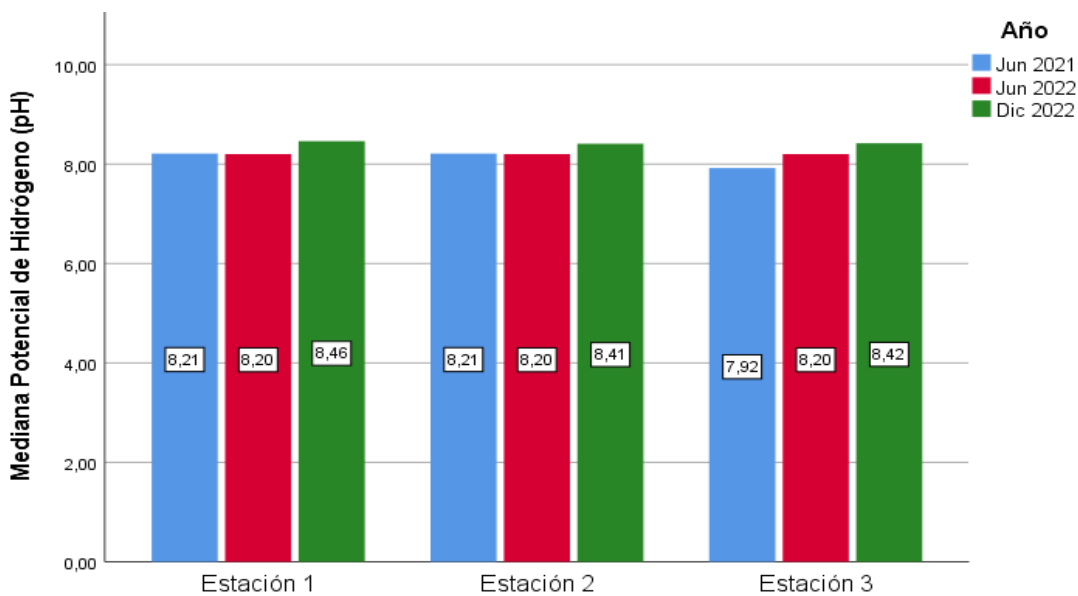


Del gráfico 1, podemos apreciar que los valores del pH se encuentran dentro de los márgenes para las estaciones 1 y 2, mientras que la estación 3 tiene algunos valores más altos con tendencia a aumentar más allá del valor de 9. Si agrupamos por años estos

valores, se aprecia que en el año 2022 (mes de diciembre), es donde se da un mayor aumento, resaltando que, en épocas de lluvias, todos los lugares tienden a aumentar de potencial de Hidrogeno.

**Gráfico 2**

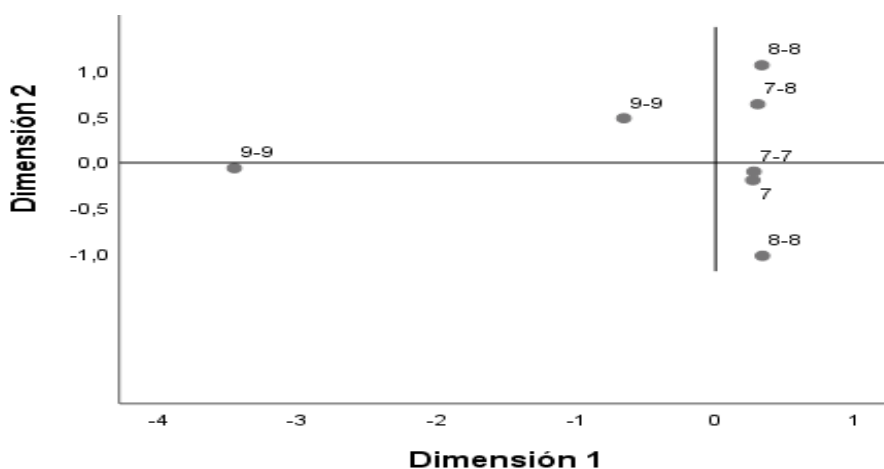
*Barras agrupadas de la Mediana de Potencial de Hidrógeno (pH) por Estaciones por Año*



El Grafico 2 indica que los datos agrupados tienden a esta forma gráfica, los valores de las medianas se encuentran cercanas al valor máximo del ECA 2017.

**Gráfico 3**

*Puntos de Categoría para el Potencial de Hidrogeno*

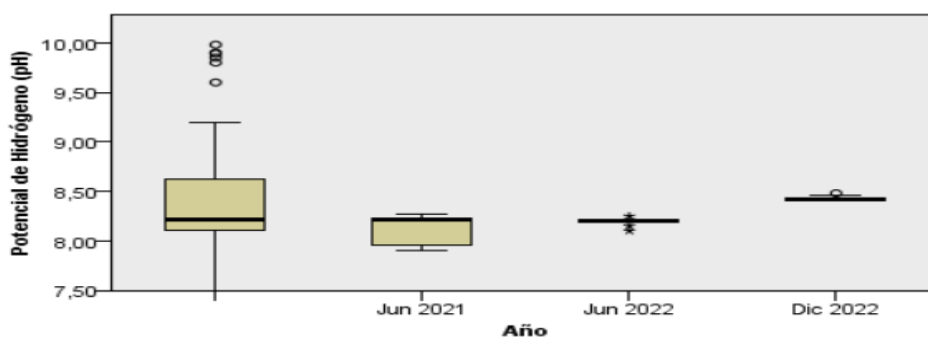


*Nota:* Se ha normalizado la variable principal para la obtención de este grafico

Antes de realizar una solución de correspondencias entre los valores del pH para las tres estaciones, se determinó el valor del coeficiente denominado alfa de Cronbach, el cual nos permite ver si existe una consistencia en los valores de los datos agrupados del pH, el valor fue de 0.93 el cual es una indicación de proseguir con el modelo. El análisis de correspondencia realizado se refleja en el Grafico 3, en donde podemos apreciar valores mayores de 8 esto demuestra una asociatividad en todas las estaciones. Del mismo modo, al aplicar la prueba de Krustall-Wallis, pValor (0.229) es mayor al grado de significancia (0.05) determinándose la hipótesis de que los valores del pH están asociados o agrupados en todas las estaciones y también a lo largo del tiempo (Grafico 5, pValor es de 0.065).

#### Gráfico 4

*Resumen de prueba de hipótesis distribución del pH entre años de estudios*



<b>N total</b>	81
<b>Estadístico de contraste</b>	7,235
<b>Grados de libertad</b>	3
<b>Sig. asintótica (prueba bilateral)</b>	,065

*Nota.* Datos procesados en SPSS v.25



**Tabla 14**

*Valores de las muestras de los cuerpos de agua para los parámetros Fenoles y Demanda Bioquímica de Oxígeno*

				<b>Fenol (mg fenol / L)</b>						<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O<sub>2</sub> / L)</b>											
<b>Estaciones de Muestreo</b>				<b>E1</b>			<b>E2</b>			<b>E3</b>			<b>E1</b>			<b>E2</b>			<b>E3</b>		
<b>Área de Muestreo – Cuerpos de Agua</b>				Punto 1,1	Punto 1,2	Punto 1,3	Punto 2,1	Punto 2,2	Punto 2,3	Punto 3,1	Punto 3,2	Punto 3,3	Punto 1,1	Punto 1,2	Punto 1,3	Punto 2,1	Punto 2,2	Punto 2,3	Punto 3,1	Punto 3,2	Punto 3,3
<b>Jun-21</b>				0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
<b>Jun-22</b>				0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,6	0,5	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	3,6	0,8
<b>Dic-22</b>				0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,6	1,4	2	2,4	1,4	1,8	4,5	5,7	5,9

**Tabla 15**

*Valores de las muestras de los cuerpos de agua para los parámetros Color Verdadero y Oxígeno Disuelto en Agua*

				<b>Color Verdadero (UC)</b>						<b>Oxígeno Disuelto en Agua</b>											
<b>Estaciones de Muestreo</b>				<b>E1</b>			<b>E2</b>			<b>E3</b>			<b>E1</b>			<b>E2</b>			<b>E3</b>		
<b>Año</b>				Punto 1,1	Punto 1,2	Punto 1,3	Punto 2,1	Punto 2,2	Punto 2,3	Punto 3,1	Punto 3,2	Punto 3,3	Punto 1,1	Punto 1,2	Punto 1,3	Punto 2,1	Punto 2,2	Punto 2,3	Punto 3,1	Punto 3,2	Punto 3,3
<b>Jun-21</b>				0,84	0,86	0,74	0,83	0,72	0,81	0,77	0,79	0,75	7,6	7,5	7,6	7,8	7,9	7,9	6,9	6,5	6,8
<b>Jun-22</b>				1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	7,6	7,5	7,6	7,8	7,9	7,9	6,9	6,5	6,8
<b>Dic-22</b>				1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	5,12	5,1	5,11	5,8	5,82	5,9	7,41	7,39	7,51

**Tabla 16**

*Resumen medidas estadísticas descriptivas de los parámetros físicos químicos por Estaciones*

<b>Estadística Descriptivas</b>	<b>Sulfatos (mg/L)</b>	<b>Nitritos (mg NO-2/L)</b>	<b>Cloruros (mg/L)</b>	<b>Cianuro WAD (mg CN-/L)</b>	<b>Fenoles (mg/L)</b>	<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O2 /L)</b>	<b>Color Verdadero (UC)</b>	<b>Oxígeno Disuelto en Agua</b>
N	27	27	18	27	27	27	27	18
Media	631.3656	0.0675	9.8333	0.0057	0.0010	1.3630	1.3767	6.7589
Moda	123,7600	0.0080	6,8200	0.0080	0.0010	0.4000	1.6700	7,6000
Desv.	386.2725	0.0755	5.1175	0.0034	0.0000	1.6747	0.4236	1.0239
Desviación								
Mínimo	123.7600	0.0080	1.6700	0.0010	0.0010	0.1000	0.7200	5.1000
Máximo	1392.0000	0.2300	19.3300	0.0080	0.0010	5.9000	1.6700	7.9000

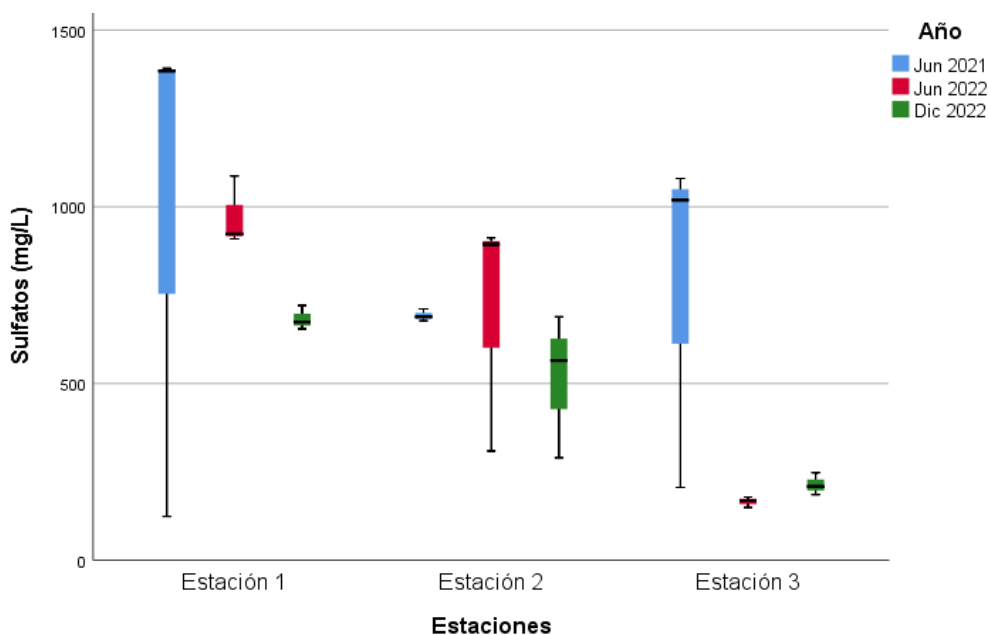
*Nota.* Datos procesados en SPSS v.25

Los resultados de los valores de los parámetros físicos químicos: cloruros, cianuro WAD, fenoles, demanda bioquímica de oxígeno, color verdadero, oxígeno disuelto en agua, para todas las estaciones, se encuentran por debajo de los valores máximos del estándar establecido para la categoría 3: Riego de Vegetales y bebida de animales; sin embargo, existe algunos valores del parámetro Sulfatos que se encuentran por encima de lo permitido, llegando a un máximo de 1392 mg/L. Analizaremos entonces el parámetro químico Sulfato.

Los datos de este parámetro se encuentran en la tabla 12, con esta información conoceremos que los valores obtenidos tampoco siguen una distribución normal, por lo que también se utilizará una estadística basada en pruebas no paramétricas, cuya finalidad es encontrar la validación y relacionar los resultados de los laboratorios con otros parámetros que no se encuentran entre los valores establecidos en los estándares ECA 2017.

### Gráfico 5

*Diagrama de cajas agrupados del parámetro Sulfatos por estaciones por años*



Del gráfico 5, se aprecia que los valores mayores a 1000 mg/L (máximo valor según ECA 2017 en la categoría 3 tanto para Riego de Vegetales y bebida de animales) se encuentran en la estación 1 y en el primer año de estudio (2021). No se han repetido, sin embargo, en la estación 2 para el año 2022 se aprecia un repentino aumento.

**Tabla 17**

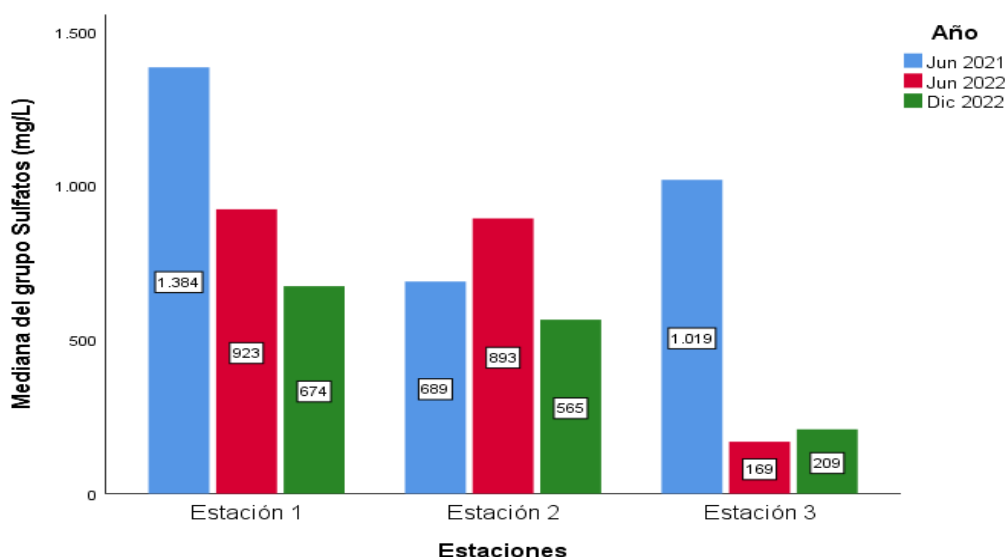
*Valores de la distribución de Normalidad de los parámetros físicos químicos por Estaciones*

Parámetro	Estaciones	Shapiro-Wilk		pValor
		Estadístico	gl	Sig. $\alpha = 0.05$
Sulfatos (mg/L)	Estación 1	0.939	9	0.571
	Estación 2	0.886	9	0.183
	Estación 3	0.612	9	0.000

Los valores de los sulfatos analizados en la tabla 17 tienen una distribución normal estadística en las estaciones 1 y 2 mientras que en la estación 3 no lo tiene.

**Gráfico 6**

*Barras agrupadas de la Mediana del parámetro Sulfatos por estaciones por año*



Del gráfico 6 observamos que la mediana para los valores del parámetro sulfatos en el año 2021 tiene valores mayores a los permitidos según ECA 2017.

Asimismo, la prueba de Kruskal Wallis para el parámetro sulfato con un grado de significancia de 0.049, se deduce que no existe una distribución normal de los valores obtenidos. Si quisiéramos encontrar, si el pH tiene alguna influencia en los resultados de los sulfatos, la prueba estadística de Kaiser-Meyer - Olkin (Tabla 18) es la apropiada en estas situaciones, el resultado de 0.5, y la prueba de esfericidad de Bartlett, el cual es de 0.325, indican que hay una baja correlación entre estos dos parámetros.

**Tabla 18***Prueba de KMO y Bartlett entre pH y sulfatos*

<b>Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo</b>		<b>0.500</b>
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	0.856
	gl	1
	Sig.	0.355

**Tabla 19***Matriz de correlaciones entre parámetros físico químicos y sulfatos*

		<b>Sulfatos (mg/L)</b>	<b>Potencial de Hidrógeno (pH)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Conductividad Eléctrica Agua (µS /cm)</b>
<b>Correlación</b>	<b>Sulfatos (mg/L)</b>	1,000	-,209	,214	,228
	<b>Potencial de Hidrógeno (pH)</b>	-,209	1,000	-,381	-,212
	<b>Temperatura (°C)</b>	,214	-,381	1,000	,940
	<b>Conductividad Eléctrica Agua (µS /cm)</b>	,228	-,212	,940	1,000

Al realizar las correlaciones entre los parámetros sulfatos, pH, temperatura y conductividad eléctrica, encontramos que no existe correlación significativa entre los sulfatos con el pH, Temperatura y Conductividad Eléctrica al tener valores inferiores a 0.5 según se muestra en la Tabla 19. Un dato adicional de esta tabla es que se aprecia que la Temperatura si está bastante asociada con la Conductividad Eléctrica.

Las zonas muestreadas indican sulfatos en mayor cantidad que los permitidos, por lo que también podría ayudar a que el pH aumente, si fuera este caso, entonces nos encontraríamos ante el caso de los sulfatos orgánicos. En el año 2022, los valores de los sulfatos disminuyen, aunque no considerablemente. La cantidad alta de sulfatos puede deberse a diversas razones; una de ellas es, cuando los sulfuros de hierro como la pirita ( $\text{FeS}_2$ ), pirrotita ( $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ ), entre otros, son generadores de ácido cuando se encuentran con oxígeno y agua, asimismo existe un potencial alto de obtener ácido en un depósito mineral o desecho de mina, dependiendo de las cantidades de sulfuros presentes

(Montano, et, al. 2022). La generación potencial de ácido de un depósito de mineral o desecho de mina generalmente depende de la cantidad de sulfuro de hierro presente.

Los minerales sulfurados en muchos casos analizados se muestran como mezclas complejas de sulfuros de cobre y fierro, combinados con compuestos de otros metales, tales como zinc, arsénico, antimonio. Concentraciones grandes afectan a la salud sobre todo en temas gastrointestinales. En las muestras, la cantidad de sulfatos sobrepasa los 1000 mg/L, cantidad que podría ocasionar algunos problemas de salud en animales y personas. De acuerdo con la norma española Real Decreto 140/2003), la presencia de sulfatos en el agua puede afectar a sus propiedades organolépticas, siendo el umbral de percepción de 250 mg/litro (sulfato sódico) y 1000 mg/litro (sulfato cálcico). En las muestras realizadas en el distrito de Yauli, no se ha determinado si estos sulfatos pertenecen a la clase de los sulfatos orgánicos u inorgánicos. Lo más probable es que se encuentre en este segundo grupo.

#### 4.2 Niveles de los Parámetros Inorgánicos por Estaciones

**Tabla 20a**

*Valores de los parámetros inorgánicos en los cuerpos de agua en la estación 1*

Parámetro Inorgánico	Unidad	Resultados Muestras - Estación 1								
		Punto1.1			Punto 1.2			Punto 1.3		
		Jun-21	Jun-22	Dic-22	Jun-21	Jun-22	Dic-22	Jun-21	Jun-22	Dic-22
<b>Aluminio</b>	mg/L	0.06800	0.14800	1.45000	0.06400	0.14000	1.37000	0.05100	0.18500	1.38000
<b>Antimonio</b>	mg/L		0.00833	0.01198		0.00833	0.01225		0.00777	0.01270
<b>Arsénico</b>	mg/L	0.00505	0.00708	0.01773	0.00575	0.00786	0.01788	0.00509	0.00816	0.01828
<b>Azufre</b>	mg/L	911.00000		<0.00200	255.00000		<0.00200	226.00000		<0.00200
<b>Berilio</b>	mg/L	<0.00001	<0.0001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
<b>Bismuto</b>	mg/L	<0.00001	<0.0001	0.00066	<0.00001	<0.00001	0.00071	<0.00001	<0.00001	0.00081
<b>Bario</b>	mg/L	0.02570	0.05770	0.08640	0.06240	0.05550	0.08650	0.05640	0.05580	0.09000
<b>Boro</b>	mg/L	0.17800	0.21000	0.12300	0.29600	0.34100	0.13400	0.27700	0.24100	0.13100
<b>Cadmio</b>	mg/L	0.05085	0.00153	0.00209	0.00199	0.00131	0.00208	0.00220	0.00142	0.00217
<b>Calcio</b>	mg/L	497.00000	328.00000	176.00000	423.00000	317.00000	180.00000	365.00000	326.00000	179.00000
<b>Cerio</b>	mg/L	0.00089	<0.00001	0.00176	<0.00001	<0.00001	0.00161	<0.00001	<0.00001	0.00176
<b>Cobalto</b>	mg/L	0.02444	0.00339	0.00428	0.00409	0.00319	0.00423	0.00385	0.00343	0.00432
<b>Cobre</b>	mg/L	0.00700	0.05490	0.10220	0.01690	0.09620	0.10070	0.01520	0.05180	0.10390
<b>Cromo</b>	mg/L	0.00200	<0.00100	0.00200	0.00200	<0.0010	0.00200	0.00200	0.00100	0.00100
<b>Estaño</b>	mg/L	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004
<b>Estroncio</b>	mg/L	24.66900	18.54800	1.15650	26.10700	18.70800	1.16190	23.07700	17.60500	1.19240
<b>Hierro</b>	mg/L	107.00000	0.77770	5.03600	0.69000	0.75650	4.93500	0.55000	0.93310	5.15500
<b>Plomo</b>	mg/L	0.05235	0.02285	0.11461	0.01814	0.02192	0.11267	0.01634	0.02902	0.13231

**Tabla 20b***Valores de los parámetros inorgánicos en los cuerpos de agua- estación 1*

Parámetro Inorgánico	Unidad	Resultados Muestras - Estación 1								
		Punto1.1			Punto 1.2			Punto 1.3		
		jun-21	jun-22	dic-22	jun-21	jun-22	dic-22	jun-21	jun-22	dic-22
Fosforo	mg/L	0.02000	0.04200	0.09200	0.04200	0.05500	0.08700	0.03900	0.05200	0.09600
Litio	mg/L	0.23680	0.12550	0.07470	0.19830	0.24570	0.07790	0.17680	0.15110	0.07820
Manganeso	mg/L	487.400	18.99900	5.80230	22.20400	16.46500	5.83850	19.10600	18.20700	5.87130
Magnesio	mg/L	732.000	45.7000	29.8000	50.1000	43.9000	30.3000	43.2000	43.8000	30.0000
Mercurio	mg/L	<0.00007	<0.00007	<0.000070	<0.00007	<0.00007	<0.00007	<0.00007	<0.00007	<0.00007
Molibdeno	mg/L	0.00048	0.01731	0.00488	0.01421	0.016670	0.00491	0.01286	0.01566	0.00500
Níquel	mg/L	0.05670	0.0179	0.01820	0.01000	0.07020	0.0168	0.00740	0.01780	0.01860
Potasio	mg/L	32.0000	10.0000	6.5000	16.0000	11.0000	6.7000	14.0000	9.60000	6.7000
Plata	mg/L	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	0.00006	<0.00006
Selenio	mg/L	0.00396	<0.00004	<0.00004	0.00595	<0.00004	<0.00004	0.00430	0.00004	<0.00004
Silicio	mg/L	4.16000			3.58000			3.07000		
Sodio	mg/L	28.0000	17.0000	11.0000	24.0000	25.0000	12.0000	22.0000	17.0000	12.0000
Talio	mg/L	0.15658	0.00098	0.00114	0.00243	0.00095	0.00126	0.00142	0.00100	0.00119
Titanio	mg/L	<0.0006	<0.00006	0.01460	<0.0006	<0.00006	0.01380	<0.0006	0.00006	0.01610
Torio	mg/L	0.00213	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	0.00001	<0.00001
Uranio	mg/L	0.00035	0.00031	0.00049	<0.00001	0.00031	0.00048	<0.00001	0.00001	0.00050
Vanadio	mg/L	<0.00600	<0.00600	<0.00600	<0.00600	<0.00600	<0.00600	<0.00600	0.00600	<0.00600
Wolframio	mg/L	<0.00002	0.00219	0.00216	0.00559	0.00217	0.00221	0.00521	0.00199	0.00238
Zinc	mg/L	147.0000	0.45400	0.89800	51.4000	0.41600	0.92900	53.0000	0.44100	0.96200

**Tabla 21a***Valores de los parámetros inorgánicos en los cuerpos de agua en la estación 2*

Parámetro Inorgánico	Unidad	Resultados Muestras - Estación 2								
		Punto2.1			Punto 2.2			Punto 2.3		
		Jun-21	Jun-22	Dic-22	Jun-21	Jun-21	Dic-22	Jun-21	Jun-22	Dic-22
<b>Aluminio</b>	mg/L	<0.00200	0.128	1.29	0.052	0.15	0.686	0.046	0.053	1.14
<b>Antimonio</b>	mg/L		0.00087	0.01129		0.00691	0.00814		0.00558	0.01106
<b>Arsénico</b>	mg/L	0.00697	0.00685	0.01463	0.00498	0.00672	0.01204	0.00459	0.00891	0.01587
<b>Azufre</b>	mg/L	40.3		<0.00200	261		<0.00200	238		<0.00200
<b>Berilio</b>	mg/L	<0.00001	0.00001	<0.00001	<0.00001	0.000011	<0.00001	<0.00001	0.00001	<0.00001
<b>Bismuto</b>	mg/L	<0.00001	0.00001	0.00068	<0.00001	0.000011	0.00036	<0.00001	0.00001	0.00055
<b>Bario</b>	mg/L	0.0549	0.0561	0.082	0.0636	0.0564	0.0733	0.0585	0.0627	0.0846
<b>Boro</b>	mg/L	0.1	0.222	0.135	0.231	0.228	0.063	0.177	0.079	0.102
<b>Cadmio</b>	mg/L	<0.00001	0.00154	0.00184	0.00224	0.00153	0.00086	0.00171	0.00036	0.00159
<b>Calcio</b>	mg/L	47	305	174	430	316	101	388	138	151
<b>Cerio</b>	mg/L	<0.00001	0.00001	0.00163	<0.00001	0.00001	0.00087	<0.00001	0.00001	0.00147
<b>Cobalto</b>	mg/L	<0.00003	0.00284	0.0039	0.00431	0.00308	0.00158	0.00392	0.00093	0.00316
<b>Cobre</b>	mg/L	0.0025	0.0584	0.0945	0.0158	0.0553	0.0452	0.014	0.0386	0.0794
<b>Cromo</b>	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	<0.00100	0.002	0.001	0.001
<b>Estaño</b>	mg/L	<0.00004	0.00004	<0.00004	<0.00004	0.00004	<0.00004	<0.00004	0.00004	<0.00004
<b>Estroncio</b>	mg/L	0.31133	1.7297	1.1499	26.003	1.7661	0.56322	24.055	0.67138	0.96099
<b>Hierro</b>	mg/L	0.08	0.6946	4.281	0.56	0.7331	2.06	0.47	0.2648	3.99
<b>Plomo</b>	mg/L	0.0039	0.02654	0.10219	0.01978	0.02243	0.05392	0.01359	0.01015	0.09926

**Tabla 21b***Valores de los parámetros inorgánicos en los cuerpos de agua en la estación 2*

Parámetro Inorgánico	Unidad	Resultados Muestras - Estación 2								
		Punto 2.1			Punto 2.2			Punto 2.3		
		jun-21	jun-22	dic-22	jun-21	jun-22	dic-22	jun-21	jun-22	dic-22
<b>Fosforo</b>	mg/L	0.04100	0.03700	0.08200	0.04000	0.02400	0.06800	0.04900	0.06100	0.07600
<b>Litio</b>	mg/L	0.02950	0.14240	0.07730	0.18510	0.14370	0.035200	0.13050	0.04920	0.05720
<b>Manganeso</b>	mg/L	0.10986	18.70500	5.44320	22.7080	19.27400	2.19940	20.67400	6.48310	4.31990
<b>Magnesio</b>	mg/L	33.20000	43.900	28.50000	49.6000	45.60000	25.90000	44.60000	31.80000	28.0000
<b>Mercurio</b>	mg/L	0.00056	0.00007	<0.00007	<0.00007	0.00007	<0.000070	<0.00007	0.000070	<0.000070
<b>Molibdeno</b>	mg/L	<0.00003	0.01399	0.00483	0.01397	0.01447	0.00270	0.01354	0.00515	0.00418
<b>Níquel</b>	mg/L	<0.0009	0.01930	0.015300	0.00800	0.0182	0.01200	0.00810	0.01440	0.01170
<b>Potasio</b>	mg/L	4.70000	8.90000	6.60000	16.0000	9.20000	3.60000	15.0000	3.90000	5.80000
<b>Plata</b>	mg/L	<0.00006	0.00006	<0.00006	<0.00006	0.00006	<0.00006	<0.00006	0.00006	<0.00006
<b>Selenio</b>	mg/L	0.00325	0.00004	<0.00004	0.00646	0.0004	<0.00004	0.00663	0.00004	<0.00004
<b>Silicio</b>	mg/L	5.18000			3.83000			3.38000		
<b>Sodio</b>	mg/L	8.30000	16.0000	12.0000	21.0000	17.0000	6.20000	19.0000	6.60000	10.0000
<b>Talio</b>	mg/L	<0.00001	0.00098	0.00099	0.00134	0.00101	0.00044	0.00115	0.00040	0.00099
<b>Titanio</b>	mg/L	<0.0006	0.00060	0.012900	0.00240	0.00060	0.00750	<0.0006	0.00060	0.01220
<b>Torio</b>	mg/L	<0.00001	0.00001	<0.00001	<0.00001	0.00001	<0.00001	<0.00001	0.00001	<0.00001
<b>Uranio</b>	mg/L	<0.00001	0.00032	0.00047	<0.00001	0.00034	0.00075	<0.00001	0.00065	0.00058
<b>Vanadio</b>	mg/L	<0.00600	0.0060	<0.00600	<0.00600	0.00600	<0.00600	<0.00600	0.00600	<0.00600
<b>Wolframio</b>	mg/L	<0.00002	0.00186	0.00229	0.00539	0.00179	0.00093	0.00532	0.00063	0.00196
<b>Zinc</b>	mg/L	48.70000	0.41500	0.80600	49.10000	0.42000	0.35500	42.70000	0.18800	0.71500

**Tabla 22a***Valores de los parámetros inorgánicos en los cuerpos de agua en la estación 3*

Parámetro Inorgánico	Unidad	Resultados Muestras - Estación 3								
		Punto 3.1			Punto 3.2			Punto 3.3		
		Jun-21	Jun-22	Dic-22	Jun-21	Jun-22	Dic-22	Jun-21	Jun-22	Dic-22
<b>Aluminio</b>	mg/L	0.027	0.316	0.057	0.045	0.071	0.123	0.062	0.022	<0.00200
<b>Antimonio</b>	mg/L		0.00148	0.00018		0.00132	0.00259		0.00115	0.00152
<b>Arsénico</b>	mg/L	0.00793	0.01106	0.01712	0.00399	0.01114	0.02359	0.00532	0.00793	0.01689
<b>Azufre</b>	mg/L	243		<0.002	41.2		<0.00200	237		<0.0020
<b>Berilio</b>	mg/L	<0.00001	0.00001	<0.00001	<0.00001	0.00001	<0.00001	<0.00001	0.00001	<0.00001
<b>Bismuto</b>	mg/L	<0.00001	0.00001	<0.00001	<0.00001	0.00001	<0.00001	<0.00001	0.00001	<0.00001
<b>Bario</b>	mg/L	0.058	0.0677	0.1	0.0651	0.065	0.1028	0.0614	0.0431	0.0681
<b>Boro</b>	mg/L	0.079	0.116	0.093	0.143	0.138	0.116	0.2	0.087	0.113
<b>Cadmio</b>	mg/L	<0.00001	0.00001	<0.00001	0.00123	0.00001	0.00017	0.00197	0.00001	<0.00001
<b>Calcio</b>	mg/L	45	44	94	393	45	84	369	34	67
<b>Cerio</b>	mg/L	<0.00001	0.00001	<0.00001	<0.00001	0.00001	<0.00001	<0.00001	0.00001	<0.00001
<b>Cobalto</b>	mg/L	<0.00003	0.00003	<0.00003	0.00379	0.00003	<0.00003	0.00336	0.00003	<0.00003
<b>Cobre</b>	mg/L	0.0034	0.0219	0.0043	0.0105	0.026	0.0064	0.0135	0.0291	0.0042
<b>Cromo</b>	mg/L	0.001	0.001	<0.00100	0.002	0.001	<0.0010	0.002	0.001	<0.00100
<b>Estaño</b>	mg/L	<0.00004	0.00004	<0.00004	<0.00004	0.00004	<0.00004	<0.00004	0.00004	<0.00004
<b>Estroncio</b>	mg/L	0.31359	0.25079	0.43419	23.176	0.25968	0.34772	22.19	0.23052	0.27492
<b>Hierro</b>	mg/L	0.18	0.7044	0.5032	0.34	0.4102	0.7589	0.51	0.1274	0.1438
<b>Plomo</b>	mg/L	0.00917	0.03463	0.00736	0.01021	0.0196	0.02342	0.01768	0.00602	0.00278

**Tabla 22b***Valores de los parámetros inorgánicos en los cuerpos de agua- estación 3*

Parámetro Inorgánico	Unidad	Resultados Muestras - Estación 3								
		Punto 3.1			Punto 3.2			Punto 3.3		
		jun-21	jun-22	dic-22	jun-21	jun-22	dic-22	jun-21	jun-22	dic-22
<b>Fosforo</b>	mg/L	0.07400	0.19400	0.06600	0.07500	0.23500	0.13100	0.07800	0.04900	0.05300
<b>Litio</b>	mg/L	0.02750	0.31600	0.04800	0.11330	0.02620	0.05730	0.13880	0.03200	0.05660
<b>Manganeso</b>	mg/L	0.17518	0.32997	0.35169	22.3170	25.8420	000000	19.9490	0.06392	0.20531
<b>Magnesio</b>	mg/L	31.0000	31.6000	47.9000	46.7000	31.1000	57.8000	42.0000	30.3000	54.0000
<b>Mercurio</b>	mg/L	<0.00007	0.000070	<0.00007	<0.00007	0.00007	<0.00007	<0.00007	0.00007	<0.00007
<b>Molibdeno</b>	mg/L	0.00003	0.00003	0.00050	0.01354	0.00003	0.00060	0.01261	0.00003	<0.00003
<b>Níquel</b>	mg/L	0.00090	0.00090	0.00620	0.00700	0.01150	0.00940	0.00700	0.01330	0.02280
<b>Potasio</b>	mg/L	4.70000	3.30000	14.0000	14.0000	4.30000	19.0000	14.0000	3.0000	18.0000
<b>Plata</b>	mg/L	<0.00006	0.00006	<0.00006	<0.00006	0.00006	<0.00006	<0.00006	0.00006	<0.00006
<b>Selenio</b>	mg/L	0.00279	0.00004	<0.00004	0.00687	0.00004	<0.00004	0.00928	0.00004	<0.00004
<b>Silicio</b>	mg/L	5.23000			3.3300			4.2800		
<b>Sodio</b>	mg/L	7.70000	8.0000	11.0000	16.0000	8.00000	14.0000	17.0000	7.90000	13.0000
<b>Talio</b>	mg/L	<0.00001	0.00001	<0.00001	0.00107	0.00001	<0.00001	0.00113	0.00001	<0.00001
<b>Titanio</b>	mg/L	<0.0006	0.00250	0.00260	<0.0006	0.0022	0.00440	0.0000	0.00060	0.00140
<b>Torio</b>	mg/L	<0.00001	0.00001	<0.00001	<0.00001	0.00001	<0.00001	<0.00001	0.00001	<0.00001
<b>Uranio</b>	mg/L	<0.00001	0.00001	0.00056	0.00032	0.00001	0.00064	<0.00001	0.00001	0.00001
<b>Vanadio</b>	mg/L	<0.00600	0.00600	<0.00600	<0.006	0.00600	<0.00600	<0.0060	0.00600	<0.0060
<b>Wolframio</b>	mg/L	<0.00002	0.00002	<0.00002	0.00497	0.00002	<0.00002	0.00468	0.00002	<0.00002
<b>Zinc</b>	mg/L	36.10000	0.11900	0.05800	49.6000	0.08700	0.09600	41.9000	0.06700	0.03800

**Tabla 21***Resumen medidas estadísticas descriptivas de los parámetros inorgánicos por estaciones*

<b>Parámetro Inorgánico</b>	<b>Datos</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media Estadístico</b>	<b>Desv. Desv.</b>	<b>Desviación Estándar</b>
				<b>Error</b>		
Aluminio	27	0.0020	1.4500	0.3381	0.0962	0.4998
Antimonio	27	0.0000	0.0127	0.0042	0.0009	0.0048
Arsénico	27	0.0040	0.0236	0.0103	0.0010	0.0054
Azufre	21	0.0000	911.0000	116.7866	46.3657	212.4742
Berilio	27	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Bismuto	27	0.0000	0.0008	0.0002	0.0001	0.0003
Bario	27	0.0257	0.1028	0.0667	0.0033	0.0171
Boro	27	0.0630	0.3410	0.1612	0.0141	0.0732
Cadmio	27	0.0000	0.0509	0.0030	0.0018	0.0096
Calcio	27	34.0000	497.0000	222.8148	28.2304	146.6896
Cerio	27	0.0000	0.0018	0.0004	0.0001	0.0007
Cobalto	27	0.0000	0.0244	0.0032	0.0009	0.0046
Cobre	27	0.0025	0.1039	0.0397	0.0068	0.0353
Cromo	27	0.0010	0.0020	0.0013	0.0001	0.0005
Estaño	27	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Estroncio	27	0.2305	26.1070	11.4934	1.9615	10.1924
Hierro	27	0.0800	107.0000	5.2831	3.9253	20.3966
Plomo	27	0.0028	0.1323	0.0371	0.0075	0.0388
Fosforo	27	0.0200	0.2350	0.0725	0.0092	0.0479
Litio	27	0.0262	0.3160	0.1123	0.0147	0.0766
Manganeso	27	0.0000	487.4000	40.4690	17.6274	91.5945
Magnesio	27	25.9000	732.0000	64.9000	25.7174	133.6318
Mercurio	27	0.0001	0.0006	0.0001	0.0000	0.0001
Molibdeno	27	0.0000	0.0173	0.0071	0.0012	0.0065
Níquel	27	0.0009	0.0702	0.0156	0.0029	0.0151
Potasio	27	3.0000	32.0000	10.3889	1.2591	6.5424
Plata	27	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
Selenio	27	0.0000	0.0093	0.0019	0.0006	0.0029
Silicio	9	3.0700	5.2300	4.0044	0.2612	0.7836
Sodio	27	6.2000	28.0000	14.3222	1.1573	6.0134
Talio	27	0.0000	0.1566	0.0065	0.0058	0.0300
Titanio	27	0.0000	0.0161	0.0037	0.0010	0.0053
Torio	27	0.0000	0.0021	0.0001	0.0001	0.0004
Uranio	27	0.0000	0.0008	0.0003	0.0000	0.0003
Vanadio	27	0.0060	0.0060	0.0060	0.0000	0.0000
Wolframio	27	0.0000	0.0056	0.0020	0.0004	0.0020
Zinc	27	0.0380	147.0000	19.5172	6.4168	33.3425

**Tabla 22**

*Parámetros con valores mayores a los establecidos en ECA 2017 – Categoría 3, Bebida de Animales y Riego de Vegetales*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Estación</b>	<b>Valor Máximo ECA</b>	<b>Valor Encontrado</b>
pH		3	8.5	9.98
Sulfatos	(mg/L)	1	1 000	1 398
Hierro	(mg/L)	1	5	107
Plomo	(mg/L)	1; 2	0.05	0.13; 0.10
Manganeso	(mg/L)	1; 2; 3	0.2	458; 64.83; 25.84
Zinc	(mg/L)	1; 2; 3	24	147; 49.1; 49.6
Magnesio	(mg/L)	1	250	732

De los resultados descriptivos de los parámetros inorgánicos (Tabla 23), tenemos que el hierro, magnesio, manganeso, plomo y zinc, se encuentran con valores mayores a los permitidos según ECA 2017. La Tabla 24 muestra un resumen de todos los parámetros analizados y que se encuentran con mayores valores a los establecidos.

A los parámetros inorgánicos también se les conoce como oligoelementos, cuando están presentes en bajas concentraciones o trazas (mg /kg o menos) en diversos sistemas biológicos y no biológicos. Los importantes y esenciales para los vegetales, como el cobre (Cu), el zinc (Zn), el manganeso (Mn), el hierro (Fe), el molibdeno (Mo) y el boro (B), ayudan mucho en el crecimiento de las plantas y se denominan micronutrientes. A excepción del boro, todos los otros elementos son metales pesados y son tóxicos para las plantas en altas concentraciones. Otros oligoelementos, como el cobalto (Co) y el selenio (Se), no son esenciales para el crecimiento de las plantas, pero son necesarios para los animales y los seres humanos. En cambio, el cadmio (Cd), el plomo (Pb), el cromo (Cr), el níquel (Ni), el mercurio (Hg) y el arsénico (As), tienen efectos tóxicos en los organismos vivos y a menudo se consideran contaminantes. (El, et al., 2005). Algunos de los oligoelementos son metales pesados, son aquellos de masa atómica mayor a 20 y de densidad superior a 5 g/cm<sup>3</sup>, estos metales de acuerdo a la concentración en que se encuentran son tóxicos para vegetales, animales y humanos; existen en forma natural como también, producto de otras fuentes como las conversiones químicas y de acuerdo a como se encuentran en la naturaleza, se filtran en aguas subterráneas desplazándose por

las vías fluviales para depositarse finalmente en cuerpos de agua superficiales, provocando la contaminación del agua y, posteriormente, del suelo. (Alaboudi, 2022)

Por otro lado, el zinc es un oligoelemento importante en los suelos, siendo un activador de enzimas en las plantas (Sanzano, 2017); en el agua, el zinc en dosis altas (> 100 mg/día puede causar daño en la salud de las personas (ATSDR, 2016). Entre los valores encontrados en las muestras tenemos hasta de 147 mg/L (Estación 1, Tabla 20b). Este metal puede acumularse en el agua como en los suelos y puede producir impactos significativos negativos en estos ambientes.

**Tabla 23**

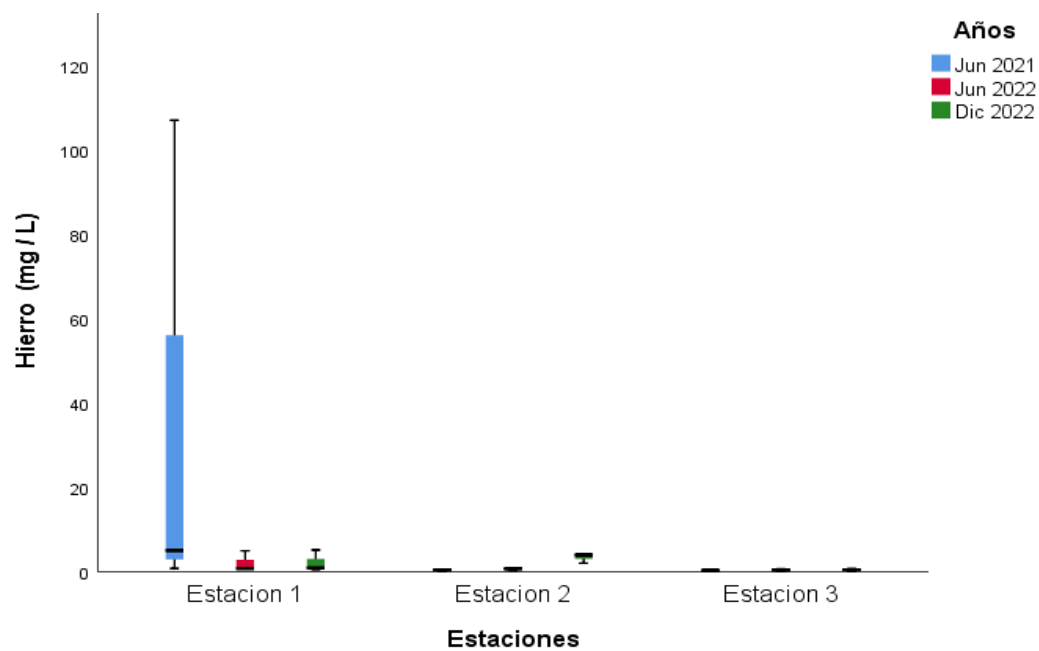
*Valores de la distribución de Normalidad de los parámetros inorgánicos mayores ECA 2017 - Bebida de Animales y Riego de Vegetales establecidos por estaciones*

Parámetro Inorgánico	Estaciones	Shapiro-Wilk		p
		Estadístico	Valor gl	
Hierro	Estación 1	0.437	9	0.000
	Estación 2	0.768	9	0.009
	Estación 3	0.924	9	0.427
Plomo	Estación 1	0.785	9	0.014
	Estación 2	0.801	9	0.021
	Estación 3	0.922	9	0.407
Manganeso	Estación 1	0.490	9	0.000
	Estación 2	0.898	9	0.240
	Estación 3	0.674	9	0.001
Magnesio	Estación 1	0.419	9	0.000
	Estación 2	0.879	9	0.152
	Estación 3	0.866	9	0.112
Zinc	Estación 1	0.650	9	0.000
	Estación 2	0.647	9	0.000
	Estación 3	0.673	9	0.001

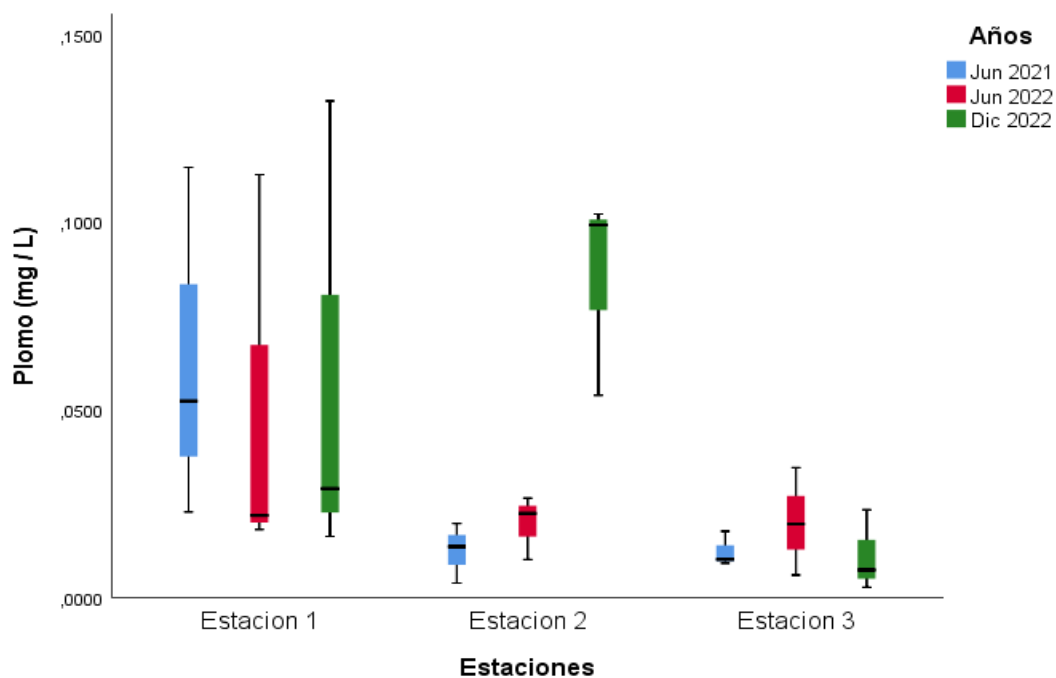
De la Tabla 25 vemos que la mayoría de los valores de los parámetros analizados mediante la ecuación de Shapiro-Wilk no tienen una distribución estadística normal, por lo que aplicaremos pruebas no paramétricas. Antes de ello, evaluaremos cada uno de estos parámetros.

**Gráfico 7**

*Diagrama de cajas agrupado del parámetro Hierro por estaciones y años*

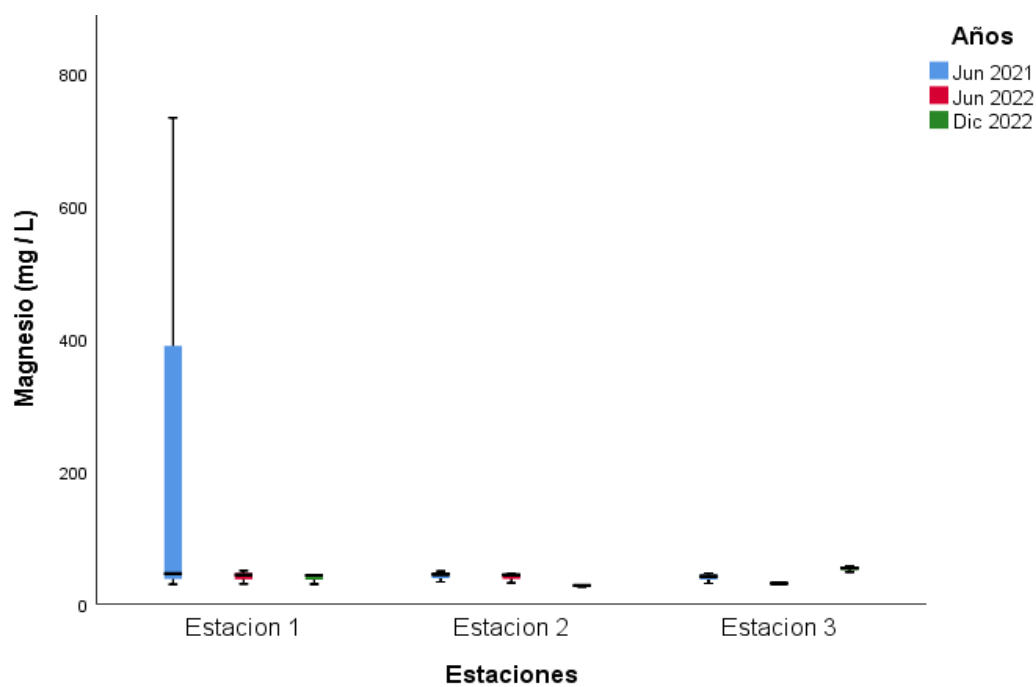
**Gráfico 8**

*Diagrama de cajas agrupado del parámetro Plomo por estaciones y años*



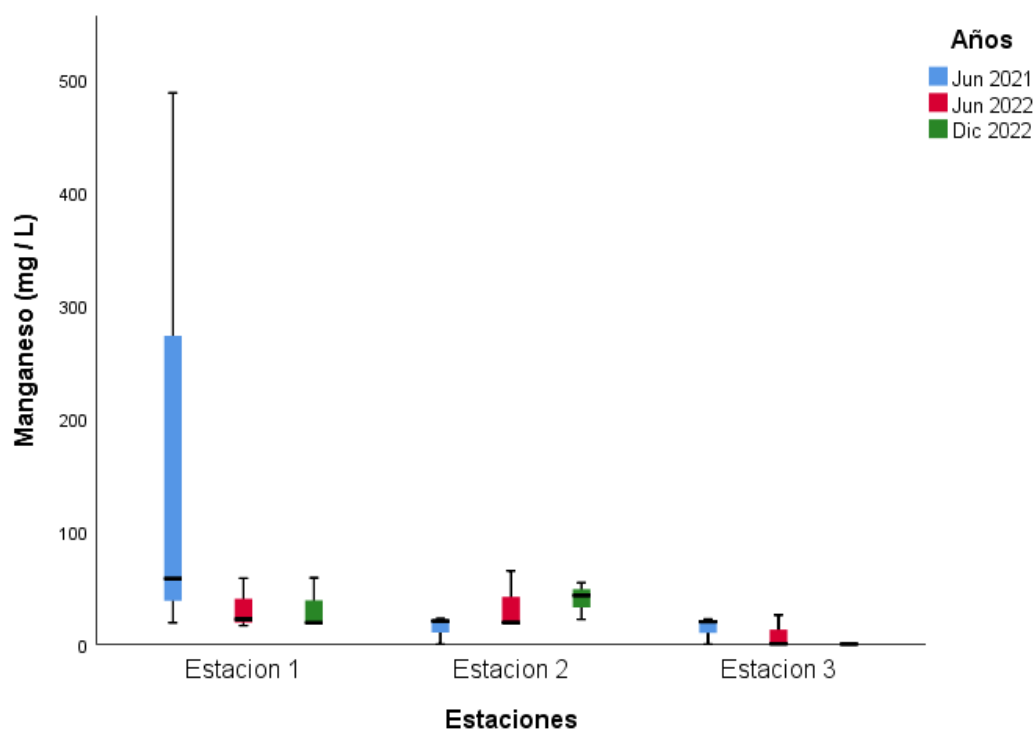
### Gráfico 9

Diagrama de cajas agrupado del parámetro Magnesio por estaciones y años



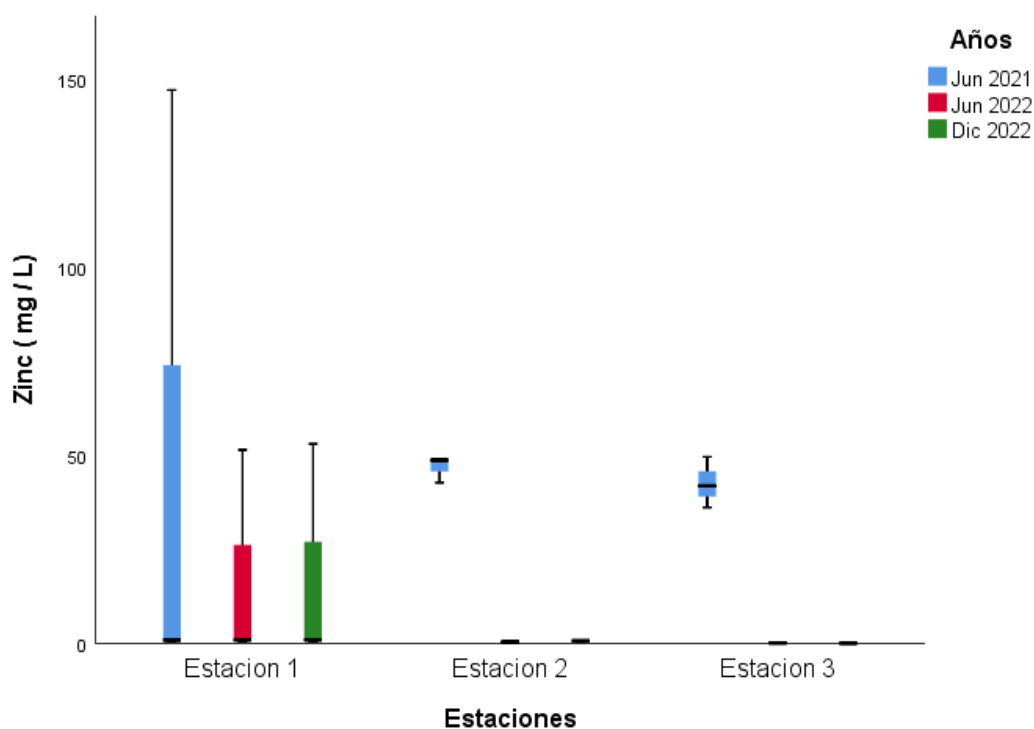
### Gráfico 10

Diagrama de cajas agrupado del parámetro Manganeso por estaciones y años



### Gráfico 11

Diagrama de cajas agrupado del parámetro Manganese por estaciones y años



De los gráficos 7 y 9 apreciamos que los mayores valores para el hierro y magnesio se dan en el año 2021; luego, estos valores decaen en las tomas posteriores realizadas; sin embargo, el plomo (Gráfico 8), manganeso (Gráfico 10) y zinc (Gráfico 11), tienden a tener valores mayores a los establecidos, durante todo el tiempo de muestreo.

Aplicaremos la correlación de Spearman a los valores de los parámetros inorgánicos mencionados, ya que hemos visto que no siguen una distribución normal (Tabla 25) y veremos qué nivel de asociación tienen.

**Tabla 24**

*Correlación de Spearman para los parámetros inorgánicos cuyos valores son mayores a ECA 2017 - Bebida de Animales y Riego de Vegetales*

		Hierro	Plomo	Manganeso	Magnesio	Zinc	
Rho de Spearman	Hierro	Coeficiente de correlación	1.000	0.947	0.515	-0.207	0.159
		Sig. (bilateral)		0.000	0.006	0.299	0.429
		N	27	27	27	27	27
	Plomo	Coeficiente de correlación	0.947	1.000	0.532	-0.393	0.097
		Sig. (bilateral)	0.000		0.004	0.043	0.630
		N	27	27	27	27	27
	Manganeso	Coeficiente de correlación	0.515	0.532	1.000	-0.252	0.397
		Sig. (bilateral)	0.006	0.004		0.206	0.040
		N	27	27	27	27	27
	Magnesio	Coeficiente de correlación	-0.207	-0.393	-0.252	1.000	0.115
		Sig. (bilateral)	0.299	0.043	0.206		0.570
		N	27	27	27	27	27
	Zinc	Coeficiente de correlación	0.159	0.097	0,397	0.115	1.000
		Sig. (bilateral)	0.429	0.630	0.040	0.570	
		N	27	27	27	27	27

La correlación de Spearman aplicada a los parámetros inorgánicos de la tabla 26, apoya en consolidar la correlación hierro, plomo y manganeso (donde  $\alpha < 0.05$ , coeficientes de correlación son de 0.947, 0.515 respectivamente). Otro grupo, con una correlación no tan grande se encuentra en el manganeso, plomo y zinc (donde  $\alpha < 0.05$ , coeficientes de correlación son de 0.532, 0.397 respectivamente), se puede apreciar una débil asociación inversa entre el magnesio y plomo (-0.393).

Al encontrar signos de asociación entre los parámetros inorgánicos estudiados en las tablas 27 y 28, se realiza una matriz de correlaciones, los resultados se muestran a continuación.

**Tabla 25**

*Matriz de correlaciones elementos inorgánicos mayores a ECA 2017 - Bebida de Animales y Riego de Vegetales*

	Hierro	Manganeso	Magnesio	Plomo	Zinc
<b>Hierro</b>	1,000	,986	,991	,159	,743
<b>Manganeso</b>	,986	1,000	,966	,243	,714
<b>Magnesio</b>	,991	,966	1,000	,041	,774
<b>Plomo</b>	,159	,243	,041	1,000	-,184
<b>Zinc</b>	,743	,714	,774	-,184	1,000

La matriz de correlaciones de la Tabla 27, con valores mayores a 0.5 y cercanos a 1, también muestra la relación fuerte del hierro con el manganeso y magnesio. Asociándose también el hierro y zinc. El zinc se asocia con el hierro, manganeso y magnesio. Mientras que el plomo se aleja de estas asociaciones anteriores.

Se conoce que en los procesos metalúrgicos que se desarrollan en las Plantas de Procesamiento de mineral que se encuentran alrededor de la ciudad de Yauli, se obtiene por ejemplo concentrado de plomo-plata, el cual conlleva hasta un 16.20% de plomo y 18.7 % manganeso (Romero, 2014). Por otro lado, la alabandita (MnS) es un sulfuro muy activo en flotación y que interfiere la flotación de plomo-cobre y en especial el zinc, sabemos que los mayores contaminantes son: en el grado de concentrados en general y en las bajas recuperaciones de los minerales, siendo la razón fundamental para esta situación, la gran afinidad del sulfuro de manganeso por el sulfato de cobre y xantato, el cual incluso deja al sistema de flotación de zinc prácticamente sin reactivos. Este manganeso que se aplica en la flotación finalmente termina en los relaves.

El plomo (Pb) también es otro oligoelemento que se encontró por encima de los valores permitidos ECA 2017 (Gráfico 8), para la obtención del plomo en las celdas de flotación se emplea muchas veces el método de sulfuración xantato. (Loyola, 2022). “Los xantatos reaccionan con los iones metálicos que se encuentran presentes en la pulpa de los minerales, formando complejos de xantato metálico. Dichos complejos son inmiscibles en agua y se adhieren a las burbujas de aire que se encuentran en el proceso de flotación” (Pochteca, 2023).

**Tabla 26**

*Prueba de KMO y Bartlett para los parámetros inorgánicos mayores a ECA 2017 - Bebida de Animales y Riego de Vegetales*

<b>Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo</b>		<b>0.658</b>
	<b>Aprox. Chi-cuadrado</b>	<b>252.530</b>
<b>Prueba de esfericidad de Bartlett</b>	gl	10
	Sig.	0.000

A fin de saber la significancia de la asociación entre los parámetros de la Tabla 27, se realizó la prueba conocida como la de Kaiser-Meyer-Olkin, cuyo resultado mostrado en la Tabla 28 nos muestra un valor de 0.658 y un valor de la esfericidad de Bertlet de 0. Esta prueba realizada, muestra que existe una relación asociativa no tan significativa entre los parámetros analizados. Antes de realizar el grafico de componentes, transformamos los datos de la tabla 27 en una matriz inversa

**Tabla 27**

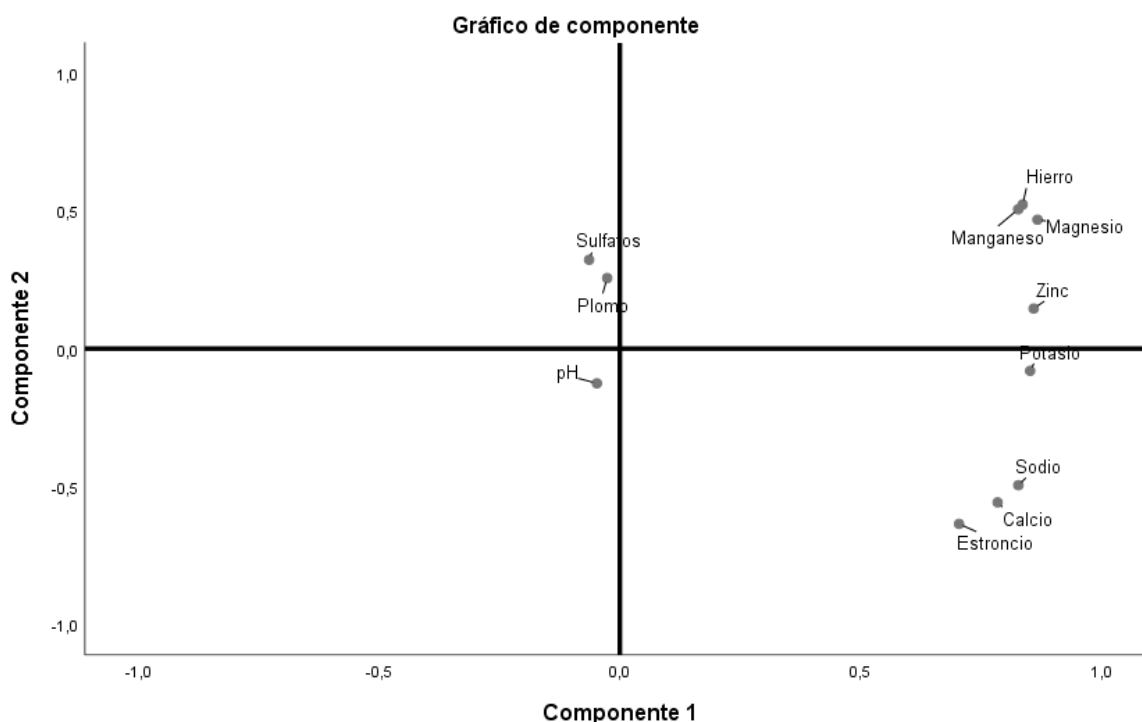
*Matriz invertida de los parámetros inorgánicos de valores mayores a ECA 2017 - Bebida de Animales y Riego de Vegetales*

<b>Dimensión:</b>	<b>Hierro</b>	<b>Plomo</b>	<b>Manganeso</b>	<b>Magnesio</b>	<b>Zinc</b>
Hierro	1.000	0.693	0.999	0.989	0.999
Plomo	0.693	1.000	0.696	0.761	0.696
Manganeso	0.999	0.696	1.000	0.989	0.999
Magnesio	0.989	0.761	0.989	1.000	0.989
Zinc	0.999	0.696	0.999	0.989	1.000
Dimensión	1	2	3	4	5

Los valores de la Tabla 29, se pueden expresar gráficamente, en el grafico denominado de componentes, Este gráfico, nos facilita “mostrar” la asociación que existe entre los parámetros analizados

### Gráfico 12

*Gráfico de Componentes en espacio rotado para los parámetros inorgánicos de valores mayores a ECA 2017 - Bebida de Animales y Riego de Vegetales*



En el gráfico 12, se asocian los elementos manganeso, magnesio y hierro, mientras que el plomo se aleja. El otro grupo asociativo es el zinc-magnesio, los valores de las componentes de esta gráfica, se expresan en la Tabla 30.

Anteriormente se describió algunos reactivos químicos que se utilizan en el proceso de flotación en una planta de procesos de minerales, la actividad minera extractiva y de procesamiento de mineral en la zona estudiada, requieren y utilizan reactivos como los que se muestran a continuación (911Metallurgist, 2017):

- En el Molino de Bolas: Cal, sulfato de zinc, cianuro, aceite de pino, xantato isopropílico de sodio.
- Celda de Flotación de plomo: Aceite de pino u otro espumante, xantato etílico de potasio.
- Acondicionadores de Zinc: Cal, sulfato de cobre.
- Celda Flotación de Zinc: Aceite de pino u otro espumante, xantato amílico de potasio.

Asimismo, los minerales de metales bases, como galena (PbS), Cerucita (PbCO<sub>3</sub>) en cuerpos de Plomo; Blenda (ZnS), Cincita (ZnO), Hemimorfita (ZnSiO<sub>5</sub>H<sub>2</sub>) en el Zinc;

magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) en el Hierro, piritas ( $\text{FeS}$ ), galena ( $\text{PbS}$ ), en los cuerpos de Plomo – Zinc (Condezo, 2024), están asociados a cuerpos mineralizados. Cuando se produce oxidación y lixiviación de los minerales mencionados antes, generalmente tiene como resultado, la generación de ácidos y mezclas de minerales; de este modo, si un potencial de ácido se produce en un depósito de mineral o desecho de mina, generalmente depende de la cantidad de sulfuro de hierro presente (Montano, et al., 2022). En estos desechos de minas o los relaves, existen una serie de elementos inorgánicos (reactivos) que intervinieron en los procesos de obtención de minerales; y en esos desechos, probablemente continúan otras reacciones químicas. En minería se usa el término "drenaje ácido de mina" o DAM cuando producto de estas reacciones, el contenido aflora o se vierte fuera de los lugares en donde se ubican los relaves. No obstante, el drenaje ácido no ocurre únicamente en las minas, por lo que el término "drenaje ácido de roca" o DAR también es usado comúnmente. Cualquiera sea el término empleado -DAM o DAR- el drenaje ácido se refiere a: drenaje contaminado que resulta de la oxidación de minerales sulfurados y lixiviación de metales asociados, provenientes de las rocas sulfurosas cuando son expuestas al aire y al agua. El desarrollo del DAR es un proceso dependiente del tiempo y que involucra procesos de oxidación tanto química como biológica y fenómenos físico-químicos asociados, incluyendo la precipitación y el encapsulamiento. (Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Acido de Minas, s.f.).

Por otro lado, el manganeso está asociado con minerales de hierro y se encuentra en el océano, aguas dulces y suelos. Es un oligoelemento esencial para plantas y animales, las especies acuosas comunes son el  $\text{Mn}^{2+}$  reducido y el  $\text{Mn}^{4+}$  oxidado. La química del manganeso en el agua es similar a la del hierro. Cuando se implementó el D.S. N° 004-2017-MINAM vigente desde el año 2021, las compañías mineras tenían muchos inconvenientes, tratando de reducir los metales disueltos pesados como el Cu, Fe, Zn, entre otros; sin embargo, estas compañías, no reducen la concentración del ion manganeso. Tras la exposición al aire u otros oxidantes, el agua subterránea que contiene manganeso generalmente precipitará  $\text{MnO}_2$  negro. La contaminación por manganeso ha sucedido durante muchos años con las comunidades de Yauli y alrededores, como mencione anteriormente todavía continua, tal vez porque las Planta Mineras en el distrito de Yauli todavía no neutraliza el ion  $\text{Mn}^{2+}$  (Cano et al., 2022).

De los análisis realizados encontramos que existe una asociación hierro, manganeso, magnesio y zinc (Tabla 30, Gráfica 11), estos resultados confirman un drenaje ácido. Asimismo, debido a la exposición al aire atmosférico, el sulfuro se oxida (meteorización), liberando iones de hidrógeno; creando acidez, lo que a su vez permite la liberación del ion ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) y posteriormente el ion férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Si vemos las gráficas 7 y 10 se aprecia que el hierro y el manganeso se encuentran en mayor cantidad en la estación 1, mientras que en la estación 3, que es la más alejada de los relaves, no se aprecia mayores niveles de estos minerales, por lo que una primera conclusión acerca de ello es que el drenaje ácido proviene de las rocas de mina; estos, son los relaves que se encuentran cercanos a la Estación 1.

Es probable también que desde la vigencia del ECA 2017 a partir del año 2021, el manganeso encontrado en gran cantidad sea porque todavía no se implementaba en las plantas de procesamiento de minerales, la adecuación a los estándares establecidos y todavía el ion  $\text{Mn}^{2+}$  recién en los años venideros haya sido neutralizado.

**Tabla 28**

*Matriz de componente elementos Inorgánicos mayores a ECA 2017 - Bebida de Animales y Riego de Vegetales*

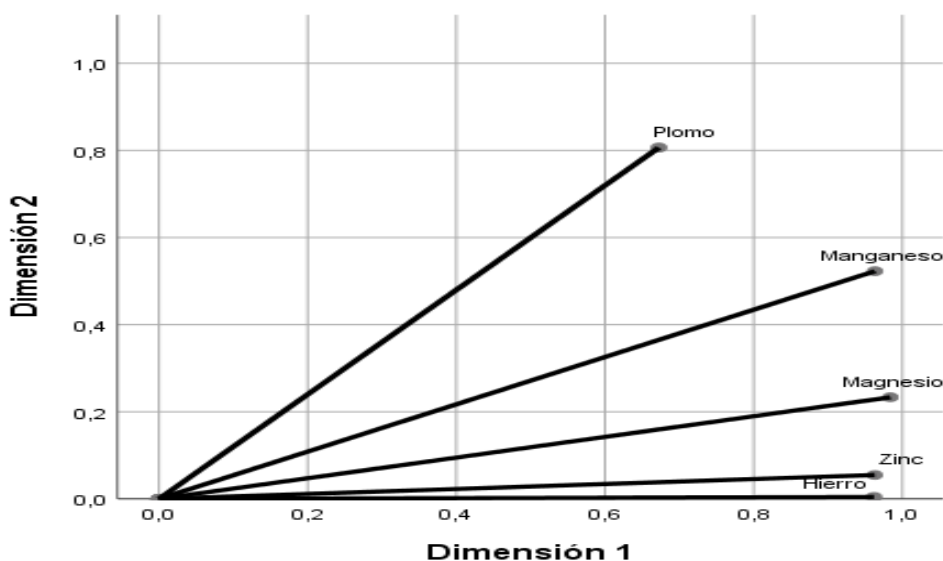
Parámetros Inorgánicos	Componente	
	1	2
Hierro	0.988	0.076
Manganeso	0.977	0.160
Magnesio	0.986	-0.042
Plomo	0.108	0.979
Zinc	0.834	-0.355

La gráfica 14 es el resultado del análisis estadístico que ha sido realizado con los valores de las muestras que no siguen una distribución normal, al “transformar o normalizar” estos valores, obtendríamos asociaciones con el cual podemos establecer una tendencia del comportamiento de estos parámetros inorgánicos en las aguas superficiales del distrito de Yauli, Región de Junín, Perú.

Estas serían:  $0.988\text{hierro} + 0.986\text{magnesio} + 0.977\text{manganeso} + 0.977\text{magnesio} + 0.834\text{zinc}$

### Gráfico 13

*Medidas discriminantes para los parámetros inorgánicos de valores mayores a ECA 2017 - Bebida de Animales y Riego de Vegetales*



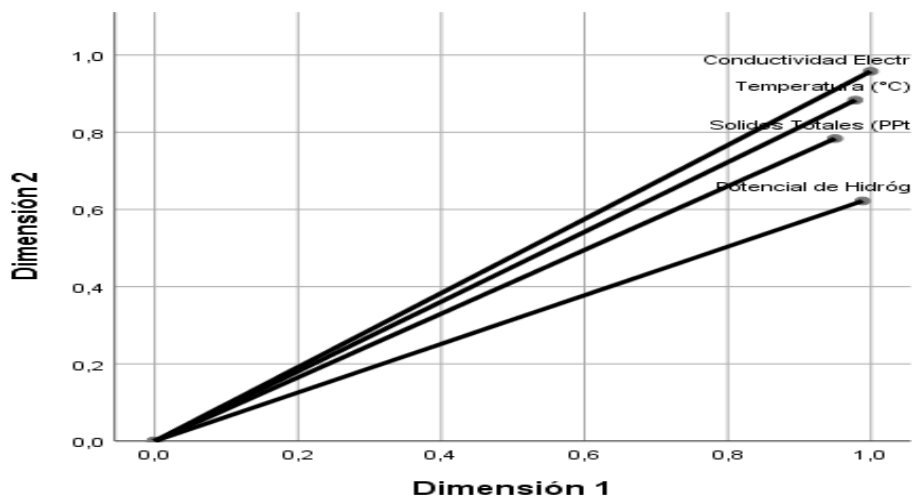
Normalización de principal de variable.

El gráfico 13 muestra los valores de los parámetros inorgánicos transformados en una distribución normal, así podemos establecer comportamientos de tendencia y apreciar las asociaciones entre estos elementos. Aquí vemos, por ejemplo, la gran relación o asociación que existe entre el zinc y hierro, como también las relaciones del manganeso, magnesio y zinc. El plomo se acerca al manganeso y magnesio.

Del mismo modo que se ha establecido una relación entre los parámetros inorgánicos, al realizarse esta prueba de las medidas discriminantes a los parámetros físicos químicos obtenemos.

### Gráfico 14

*Medidas discriminantes para los parámetros físico químicos según valores de las muestras*

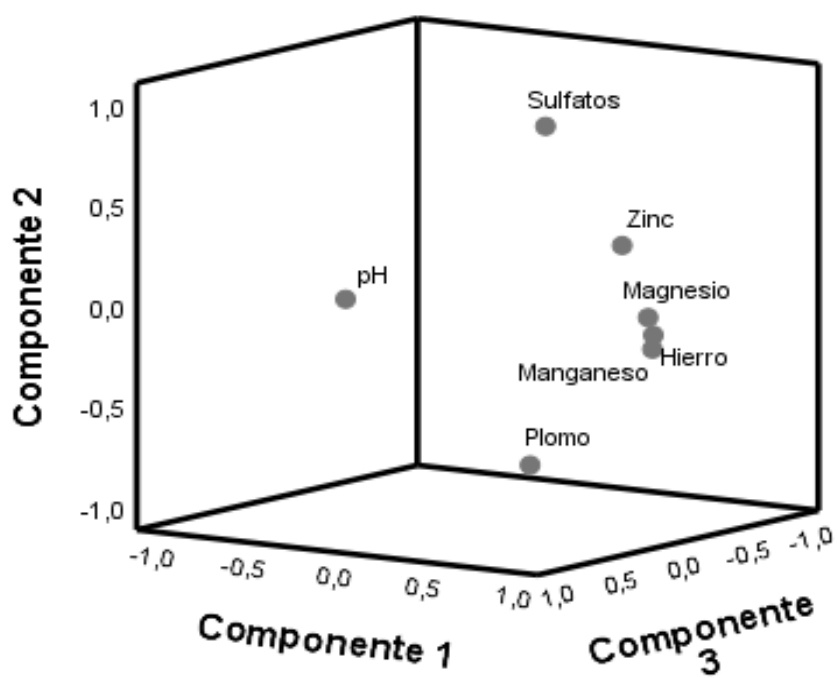


Normalización de principal de variable.

Finalmente, el Gráfico 17 es el de componentes para todos los parámetros de valores mayores a ECA 2017 - Bebida de Animales y Riego de Vegetales, tenemos el siguiente resultado

### Gráfico 15

*Gráfico de componentes para los parámetros físico químicos e inorgánicos de valores mayores a ECA 2017 – Categoría 3 Bebida de Animales y Riego de Vegetales*

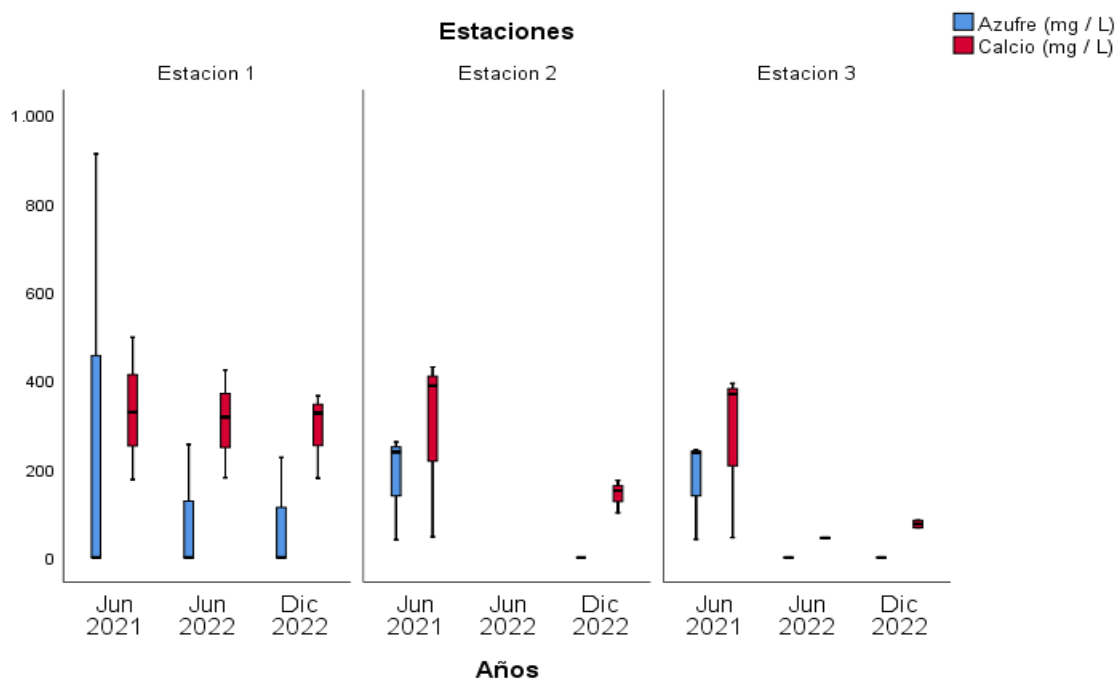


### 4.3 Parámetros Inorgánicos no contemplados en ECA 2017

A continuación, se muestran los parámetros inorgánicos, con valores que en otras legislaciones se consideran altos y que no están contemplados en el ECA 2017.

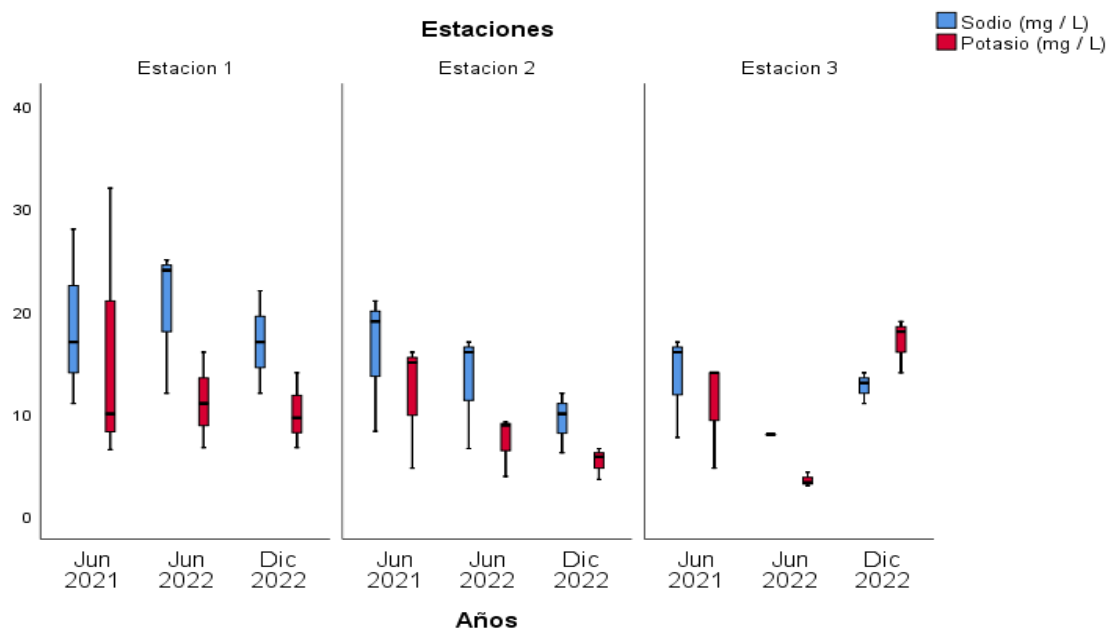
#### Gráfico 16

Diagramas de cajas agrupados de los elementos químicos Azufre y Calcio por estaciones por años



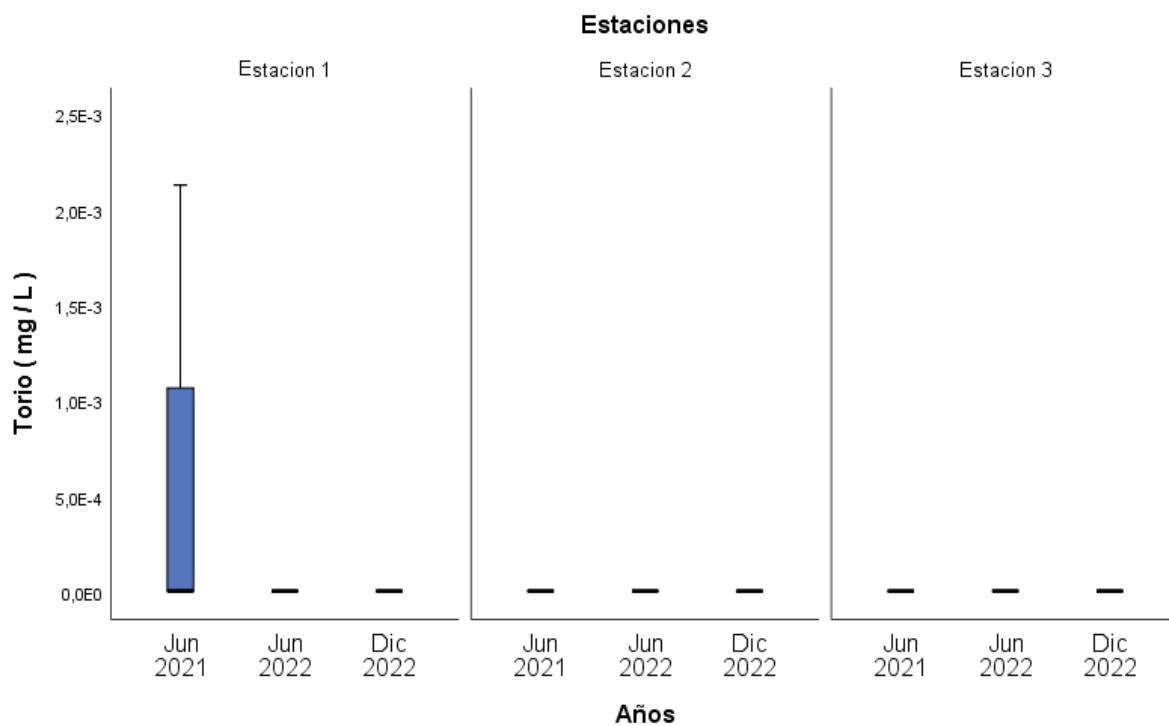
#### Gráfico 17

Diagramas de cajas agrupados de los elementos químicos Sodio y Potasio por estaciones por años

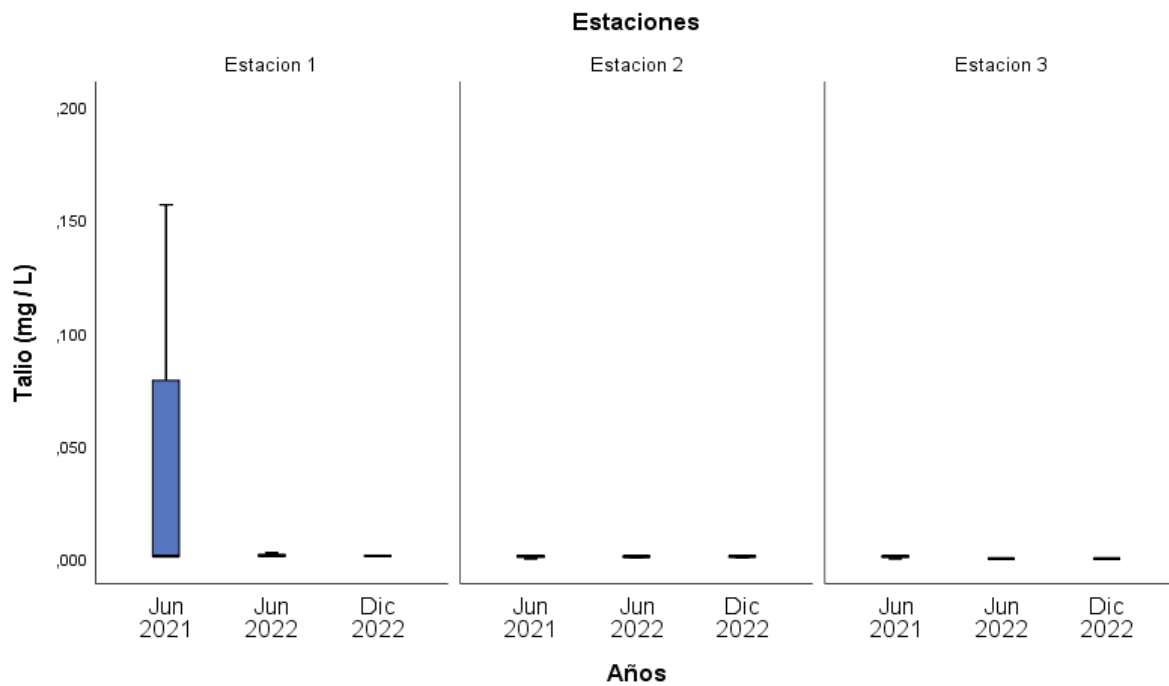


**Gráfico 18**

*Diagramas de cajas agrupados del elemento químico Torio por estaciones por años*

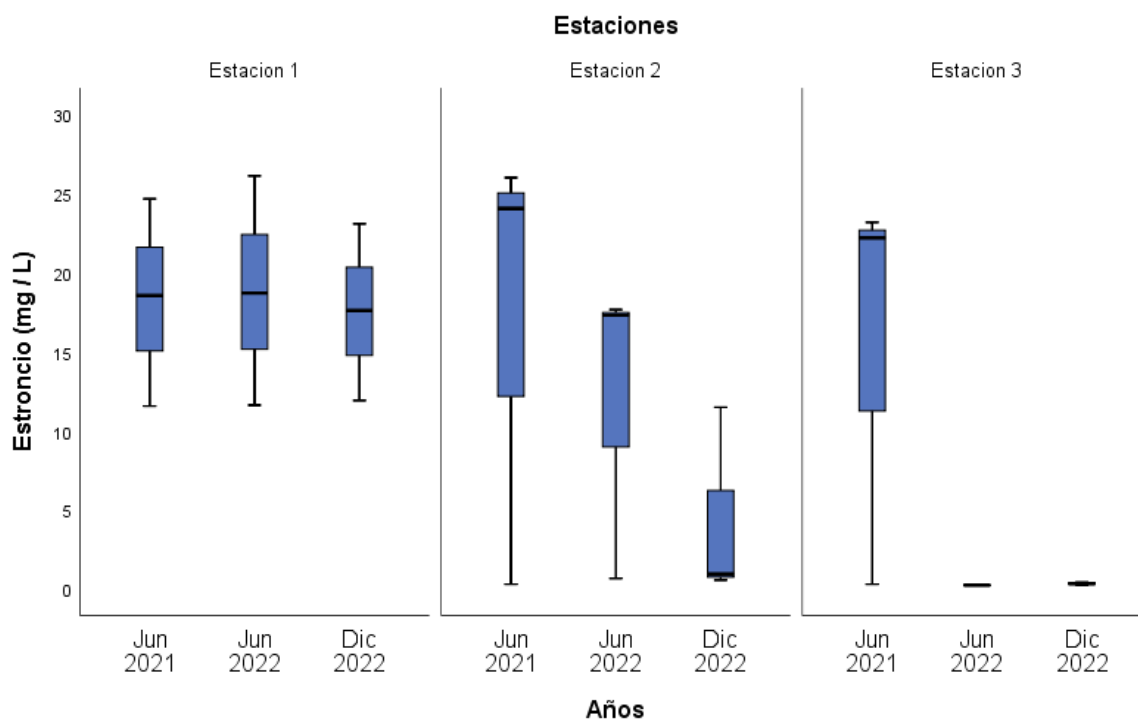
**Gráfico 19**

*Diagramas de cajas agrupados de los elementos químico Talio por estaciones por años*

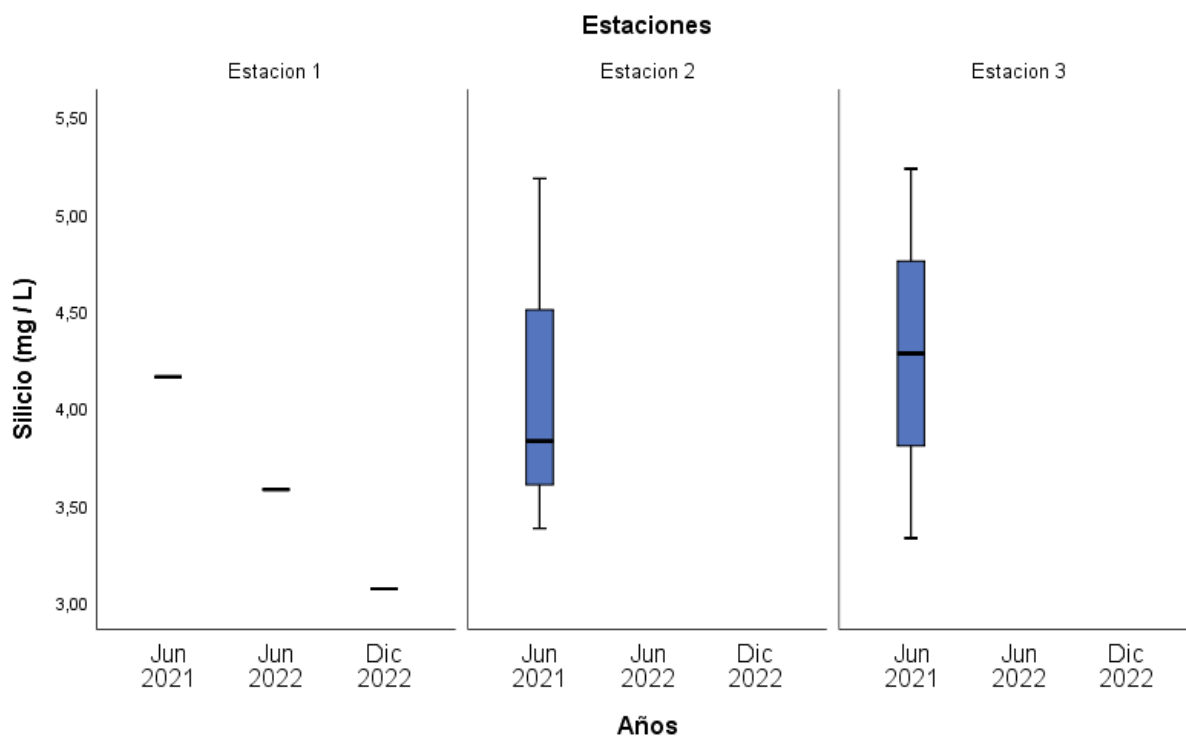


**Gráfico 20**

*Diagramas de cajas agrupados del elemento químico Estroncio por estaciones por años*

**Gráfico 21**

*Diagramas de cajas agrupados de los elementos químico Silicio por estaciones por años*



**Tabla 31**

*Resumen estadísticas de los parámetros Sulfatos, Cloruros, Calcio, Magnesio y Potasio por Estaciones*

<b>Estadísticos</b>	<b>Calcio (mg / L)</b>	<b>Magnesio (mg / L)</b>	<b>Potasio (mg / L)</b>	<b>Sodio (mg / L)</b>	<b>Sulfatos (mg/L)</b>	<b>Cloruros (mg/L)</b>
N	27	27	27	27	27.000	18.000
Media	222.815	64.900	10.389	14.322	631.366	9.833
Mediana	179.000	43.200	9.200	13.000	677.680	8.960
Moda	45.000	30,30000	14.000	17.000	123,7600	6,8200
Desv. Desviación	146.690	133.632	6.542	6.013	386.272	5.118

En el análisis de aguas superficiales obtenido, se ha visto que existen otros elementos químicos que no figuran en el ECA-2017 entre ellos tenemos calcio, sodio, potasio (Gráficos 16 y 17). Estos elementos inorgánicos en los análisis químicos de agua son también muy importantes para la vida biológica, tal es así que en relación con otros parámetros muestreados como el magnesio, cloruros y sulfatos dan características a los cuerpos de agua en estudio; como es la alcalinidad, acidificación y la dureza. Así, la “dureza del agua” representa una medida de la cantidad de metales alcalinotérreos en el agua, fundamentalmente calcio (Ca) y magnesio (Mg) provenientes de la disolución de rocas y minerales. Existen diferentes tipos de dureza: Dureza total, se refiere a la concentración de sales de calcio y magnesio disueltas en el agua, Dureza carbonatada o temporal, es la que se refiere específicamente a la producida por los hidrogeno carbonatos y carbonatos de calcio y magnesio y Dureza no carbonatada o permanente, es la producida por las sales de cloruro, sulfato y nitrito de calcio y magnesio.” (Solis-Castro, Y., et al., 2018).

Se conoce que un anión tiene más electrones que protones, lo que le confiere una carga neta negativa. Para que se forme un anión, se deben ganar uno o más electrones y que los átomos metálicos mantienen algunos de sus electrones con relativa flexibilidad. En consecuencia, tienden a perder electrones y formar cationes. (Steward, C., 2024) Asimismo, se conoce que las cuencas hidrográficas tienen cinco líneas principales de defensa contra la acidificación episódica y de corto plazo: (1) desorción de cationes, (2) adsorción de aniones, (3) disolución de Al, (4) protonación de aniones ácidos débiles y (5) deshidroxilación de especies metálicas. En los alrededores de Yauli, se han evaluado una serie de cationes básicos (Ca, Mg, K, Na), como también de algunos aniones (Cloruros, Sulfatos). Con esta información, podemos realizar algunos análisis de que tipo

de agua es la se encuentra en estas zonas y también ver si podemos correlacionar con aquellos parámetros inorgánicos cuyos valores no se encuentran dentro de lo establecido en los ECA 2017, y también si existe acidificación de los cuerpos de agua muestreados. Para la evaluación e interpretación de estos datos de análisis hidroquímicas, comúnmente se utilizan una serie de diagramas. Entre estos tenemos la de: Piper, Stiff, Schoeller, Durov, Ternary, mapas de distribución de diagramas de Stiff, Ludwig-Langelier, diagrama de Gibbs, Wilcox y X-Y Scatter (gráficos binarios), entre otros (Villegas, 2011).

**Tabla 32**

*Valores de los aniones muestreados en las estaciones de estudio en mEq*

<b>ANIONES</b>				
<b>Parámetro</b>	<b>Concentración mg/L</b>	<b>Peso meq</b>	<b>Concentración meq/L</b>	<b>meq en %</b>
Cloruro	8.96	35.5	0.3	1.8
Sulfato	677.68	48	14.1	98.2
Nitrato				
Suma			14.4	

**Tabla 33**

*Valores de los cationes muestreados en las estaciones de estudio en mEq*

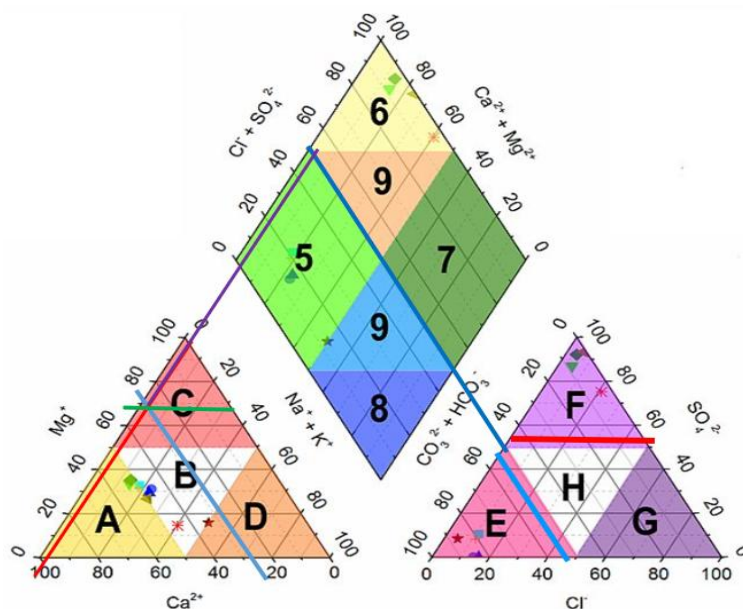
<b>CATIONES</b>				
<b>Parámetro</b>	<b>Concentración mg/L</b>	<b>Peso meq</b>	<b>Concentración meq/L</b>	<b>meq en %</b>
Calcio	179	20	8.95	67.61
Magnesio	43.2	12.15	3.56	26.86
Sodio	13	23	0.57	4.27
Potasio	6.54	39	0.17	1.27
Suma			13.24	

De las tablas 32 y 33, encontramos los valores estadísticos que se utilizaran en los graficas de Piper, cuyos valores de las concentraciones se encuentran en unidades de miliequivalentes (mEq), es porque queremos expresar la concentración de iones de esta concentración; evaluando los mayores datos tenemos la siguiente configuración del agua superficial de los alrededores de la ciudad de Yauli, Región de Junín. Es necesario aclarar que para las figuras obtenidas el elemento bicarbonato de sodio al no tener

información se asume de la intersección de los sulfatos y los cloruros, no es lo más recomendable, sin embargo, la afectación en el resultado no es significativo.

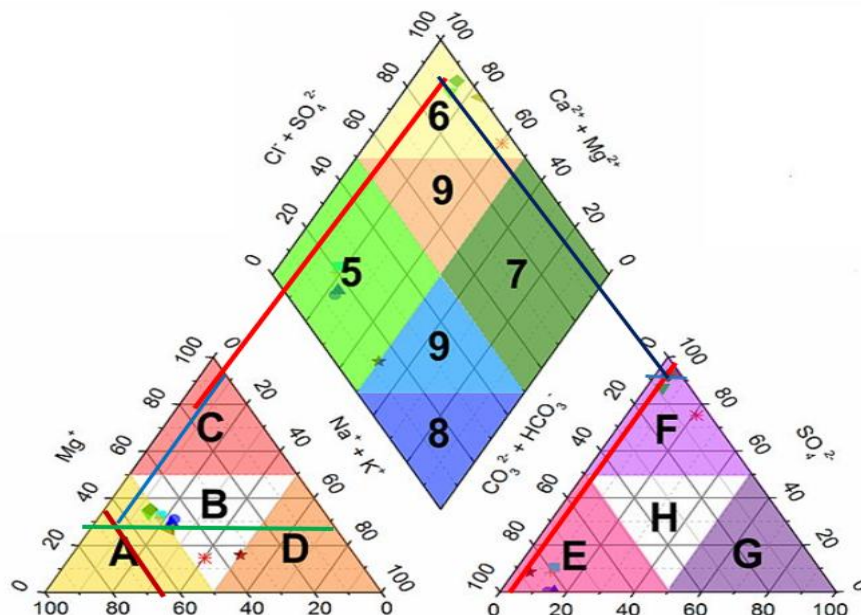
### Gráfico 22

Diagrama de Piper para los aniones y cationes con valores máximos



### Gráfico 23

Diagrama de Piper para los aniones y cationes con valores normalizados



Cuando evaluamos en la graficas de Piper con los valores normalizados, las caracterizaciones de estos diagramas nos muestran que los cuerpos de aguas superficiales estudiadas se encuentran entre las sulfatadas cálcicas y las bicarbonatadas cálcicas

(Bustamante et al., 2023). Que entre otras consecuencias podría afectar a los animales (Penner et al, 2020), “la exposición de las novillas a concentraciones crecientes de sulfato en el agua disminuyó linealmente las concentraciones séricas de cobre”. Las aguas sulfatadas con concentraciones mayores a 20 % mEq/L, se denominan sulfatadas mixtas. Todas las aguas sulfatadas se comportan como purgantes, siendo esta acción más abundante en las sulfatadas sódicas y magnésicas que en las sulfatadas cálcicas.

En cuanto al calcio y magnesio, aparte de la dureza con lo que es conocida el tipo de agua, estos elementos inorgánicos, tienden a depositarse en los fondos de los cuerpos de agua, esto en función del tipo de terreno, relieve, corrientes de agua, entre otras condiciones (Kuriata & Szymczyk, 2015).

Otra mención del presente estudio es también los elementos inorgánicos conocidos como metales pesados, como es el Talio, Estroncio, si bien es cierto, en los ECA 2017 para la categoría de estudio, no se encuentran definidos estos parámetros de medición, de acuerdo con otras legislaciones, al tener valores que otras legislaciones se consideran, pueden producir impactos tanto en los cuerpos de agua como también al entorno del lugar. el estroncio, el cual en presencia de iones de calcio forma como por ejemplo la calcita y la anhidrita a un pH alto y a un pH intermedio ácido se une a las partículas del suelo mediante un intercambio catiónico (Heuel, 2014), los cuerpos de agua de los alrededores de la ciudad de Yauli estudiados tienen cantidades de calcio que pueden formar estos elementos, aunque el pH no se encuentra en un nivel intermedio ácido, habría que realizar otros estudios a fin de verificar esta información.

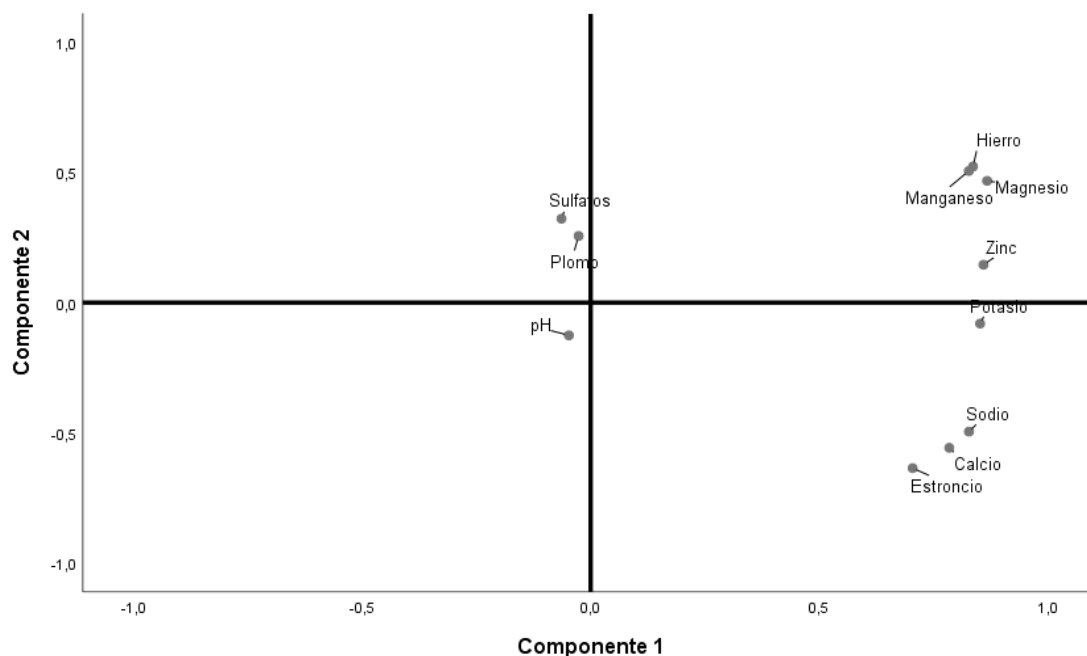
Fujihara, (2024) menciona que el talio es un elemento que también se obtiene del refinado de Hierro, Cadmio y Zinc como subproducto (como cita Galván-Arzate y Santamaría, 1998) y se separa por electrólisis (como cita Blain y Kazantzis, 2015), la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU., describe que el límite permisible para el Talio es de 2 µg/L. En los resultados de la Estación 1 y 2, encontramos valores mayores (hasta de 156 µg/L) el cual determina que ese tiempo (año 2021) la zona estaba muy contaminada con este elemento

Al realizar un análisis de componentes a todos los elementos que no se encuentran dentro los estándares de calidad para agua de riego y bebida de animales, encontramos dos grupos de elementos inorgánicos como son el hierro, manganeso, magnesio tienen correlaciones fuertes, mientras que por otro lado calcio, estroncio y sodio también. Los

sulfatos y el plomo se acercan en estas correlaciones, mientras el pH no se encuentra tan correlacionado con los parámetros analizados.

### Gráfico 24

*Gráfico de componentes para los elementos de valores mayores a ECA 2017*



Los componentes de la gráfica tienen la siguiente información, y representa la información obtenida de las tablas 27 y 31 en la que la componente 1 con una variabilidad de 49.49%, representa las mayores correlaciones a los elementos zinc (86%), magnesio (86.8%), potasio (85.2%), hierro (83.7%), manganeso (82.7%) mientras que la componente 2 con un 17.46% de variabilidad, está representada por los elementos estroncio (63.6%), calcio (55.8%) con las mayores asociaciones.

Otras asociaciones, se encuentran entre los sulfatos, plomo y una asociación inversa con el pH. De todos los parámetros analizados, el pH con un 4.8% refleja la más pequeña correlación entre los elementos cuyos valores superan lo establecido en los ECA 2017

**Tabla 34**

*Matriz de coeficiente de puntuación de componentes para los elementos de valores mayores a ECA 2017*

	Componente	
	1	2
Calcio	0.785	-0.558
Estroncio	0.704	-0.636
Hierro	0.837	0.523
Plomo	-0.026	0.256
Manganeso	0.827	0.505
Magnesio	0.868	0.468
Potasio	0.852	-0.081
Sodio	0.828	-0.496
Zinc	0.860	0.145
Sulfatos	-0.064	0.322
Potencial de Hidrógeno (pH)	-0.048	-0.126

**Tabla 35**

*Valores del análisis de varianza para los componentes de los elementos de valores mayores a ECA 2017*

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción		
	Total	% de	%	Total	% de	%
		varianza	acumulado		varianza	acumulado
1	5.406	49.149	49.149	5.406	49.149	49.149
2	1.921	17.466	66.615	1.921	17.466	66.615

La contaminación de los ríos por productos químicos provoca la acumulación de estas sustancias químicas como sedimentación. Así estos depósitos actúan como un importante sumidero de contaminantes químicos como metales pesados y metaloides. Por lo tanto, los sedimentos contienen un registro ambiental de contaminantes que puede ser útil para establecer el historial de contaminación de un dominio (Abdul et al., 2018). Esto también lo describe Puga y otros investigadores en el año 2006, menciona que elementos mineros como plomo, zinc entre otros metales pesados tienden a concentrarse en la superficie de los suelos (Puga et al., 2006)

El Ministerio de Energía y Minas – MINEM, describe que la minería metálica es la actividad que explota “las sustancias naturales”, de las cuales se puede extraer elementos metálicos. Estos se clasifican en cuatro tipos:

Básicos: el cual comprende minerales como cobre, plomo, zinc, estaño

Ferrosos: aquí se encuentra minerales como el hierro, manganeso, molibdeno, cobalto, tungsteno, titanio, cromo

Preciosos: minerales conocidos entre ellos oro, plata, platino

Radioactivos: entre ellos plutonio, uranio, radio, torio

De esta clasificación podemos definir luego del análisis de los componentes en los cuerpos de agua se tiene elementos que, aunque no aparecen listados en los estándares para la categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de animales que algunos de estos cuerpos se encuentran afectados por elementos metales básicos (plomo y zinc), ferrosos (hierro, manganeso, titanio). Existen asociaciones también entre los sulfatos y plomo. Se verifica que el tipo de aguas superficiales son las cálcicas, los metales hierro, y manganeso se demuestran que mantienen uniones, mientras que el calcio juntamente con el estroncio muestra la relación natural entre esos elementos

De todo lo anterior descrito, existe un impacto contaminante de las aguas superficiales por la actividad minera en el caso específico del distrito de Yauli, desde en los relaves.

## V. CAPÍTULO

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Se determinó que la mayoría de los parámetros cumplen con los estándares de calidad de agua - ECA 2017 para las estaciones de estudios establecidos. Sin embargo, en la estación 1, 2 y 3 es el pH, el parámetro que excede los máximos valores del estándar de calidad de agua en la Categoría 3 Riego de Vegetales y Bebida de animales, según ECA 2017.
- Se determinó que el parámetro químico sulfato, excede los máximos valores del estándar de calidad de agua en la Categoría 3 Riego de Vegetales y Bebida de animales, según ECA 2017.
- Se determinaron que los parámetros inorgánicos plomo, manganeso, magnesio, hierro y zinc, en las muestras de aguas superficiales analizadas contienen valores que exceden los máximos valores permitidos del estándar de calidad de agua en la Categoría 3 Riego de Vegetales y Bebida de animales, según ECA 2017.
- Se ha determinado que existen altas correlaciones entre los parámetros zinc (86%), magnesio (86.8%), potasio (85.2%), hierro (83.7%), manganeso (82.7%).

#### 5.2 Recomendaciones

- Continuar con el estudio de investigación sobre todo monitoreando los parámetros que se encuentran con valores superiores a los normado
- El encontrar valores significativos o diferencias mayores al estándar para aguas superficiales, evidencia una fuente contaminante, en el cual también intervienen los procesos naturales en el lugar, ya que es una zona minera por excelencia; se deben realizar estudios acerca de las reacciones químicas que ocurren en el interior de las lagunas de relaves y si esta actividad tiende a aumentar y de alguna manera, a fluir hacia los cuerpos de agua superficiales existentes en los alrededores de la localidad de Yauli.
- Sabemos que la afectación en los parámetros físico químicos de las aguas superficiales provoca un deterioro de la calidad de estas aguas, hoy en día también existen técnicas que pueden mejorar o revertir este deterioro. Se recomienda en este

sentido aplicar alguna forma de remediación para los parámetros cuyos valores mayores a los establecidos en los ECA 2017

- Se recomienda realizar otros estudios de los minerales radiactivos encontrados en las muestras de agua superficiales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 911 Metallurgist (01 de diciembre de 2017)  
<https://www.911metallurgist.com/metalurgia/procesamiento-minerales-plata-plomo-zinc-flotacion/>
- Abbiw E., (2022), *Removing Heavy Metals from Mine-Polluted Waters Using Agricultural Waste Materials*. [Tesis para optar el Grado de Master of Science] Ohio University. Repositorio Institucional  
[https://etd.ohiolink.edu/acprod/odb\\_etd/ws/send\\_file/send?accession=ohiou1660722548229177&disposition=inline](https://etd.ohiolink.edu/acprod/odb_etd/ws/send_file/send?accession=ohiou1660722548229177&disposition=inline)
- Abdul N., A., Sakakibara M., Sano. S, Sera, K., (2018) A Case Study of Heavy Metal Pollution in Water of Bone River by Artisanal Small-Scale Gold Mine Activities in Eastern Part of Gorontalo, Indonesia. *Water*, 10 (11), 1-10,  
<https://doi.org/10.3390/w10111507>
- Alaboudi, A., (2022) Chemical residues: potential food safety hazards in the Middle East. *Food Safety in the Middle East* (pp 143-186).  
<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/heavy-metal>
- Alcocer, J. (2007), El Agua Epicontinental de México *Ciencia*, 58 (3), 26-35  
<https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-antteriores?task=view&id=116>
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades - ATSDR. (2016), *Resúmenes de Salud Pública - Cinc (Zinc)*  
[https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs60.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs60.html)
- ANA, Autoridad Nacional del Agua, 2017. *Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales*  
[https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/clasificacion\\_de\\_cuerpos\\_de\\_agua\\_continental\\_parte\\_1.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/clasificacion_de_cuerpos_de_agua_continental_parte_1.pdf)
- ANA, Autoridad Administrativa del Agua Marañón (2019, 16 de Diciembre) Resolución Directoral N° 1502-2019-ANA-AAA.M  
<https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/RD-1502-2019-11.PDF>
- ANA, (2019, 08 de Noviembre) Resolución Directoral N° 603-2019-ANA-AAA X Mantaro  
<https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/RD%20N%c2%b0603-2019-ANA-AAA%20X%20MANTARO.pdf>
- ANA, (2018) *Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales*.  
[https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/clasificacion\\_de\\_cuerpos\\_de\\_agua\\_continental\\_parte\\_1.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/clasificacion_de_cuerpos_de_agua_continental_parte_1.pdf)

- American Society for Testing and Materials (1985) *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System): Annual Book of ASTM Standards, D 2487-83, 04.08.*  
[https://lauwtjunnji.weebly.com/uploads/1/0/1/7/10171621/astm\\_d-2487\\_classification\\_of\\_soils\\_for\\_engineering\\_purposes\\_unified\\_soil\\_classification\\_system.pdf](https://lauwtjunnji.weebly.com/uploads/1/0/1/7/10171621/astm_d-2487_classification_of_soils_for_engineering_purposes_unified_soil_classification_system.pdf)
- Arce, S., Calderón, M. (2017) Suelos contaminados con plomo en la ciudad de La Oroya - Junín y su impacto en la calidad del agua del río Mantaro, *Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 20 (40), 48 - 55 Universidad Nacional Mayor de San Marcos.  
<https://doi.org/10.15381/iigeo.v20i40.14389>
- Bianchini, F., Grassi, L. (2018) *Estudios en Poblaciones Afectadas por Metales Pesados en Pasco*  
<http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4957.pdf>
- Barrenechea, A. (2009) *Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua.*  
<http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- Biamont I., Brousett M., Chirinos M., Rondan G., (2021) *Impacto de la Minería en Aguas Superficiales de la Región Puno - Perú* vol.21 no.21  
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-081X2021000100011](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2021000100011)
- Bonifacio, Ramiro. (2019) *Espesamiento, Floculación de Relave para la obtención de Pasta de la Compañía Minera Caolín S.A.C – Pasco 2018.* [Tesis para optar el Grado de Doctor], Universidad Nacional Federico Villareal.
- Campis M., Cuestas N., Maggiori M., Rampi M., (2020). Determinación de Parámetros Fisicoquímicos y Aplicación del Índice de Calidad NSF en Los Arroyos La Totora y La Carolina del Partido de Gral. Alvarado, Prov. de Buenos Aires, Argentina. *Revista Tecnología y Ciencia*, 18 (38), 127-141.  
<https://doi.org/10.33414/rtyc.38.127-141.2020>
- Campos, A., Puga, S., Sosa, M., Toutcha, L., Quintana, S., (2006). Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera. *Ecología Aplicada* 5, (1-2), 149-155. <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/eau/article/view/329>
- Cano D., Castillo R., Olivera E., Pulido P. (2022). Uso de Hipoclorito de Sodio para Disminuir la Concentración de Mn<sup>2+</sup> en Aguas Ácidas de Mina para el Mejoramiento de la Calidad del Agua del Río Yauli, Junín, Perú. *Revista De Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 24 (3), 208-219.  
<http://dx.doi.org/10.18271/ria.2022.440>
- Cárdenas, J. (2022) *Calidad del Agua para estudiantes de Ciencias Ambientales*  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Calidad\\_del\\_agua\\_para\\_estudiantes\\_de\\_cie/L2NtEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=conductividad+electrica+del+agua+2020&pg=PR24&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Calidad_del_agua_para_estudiantes_de_cie/L2NtEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=conductividad+electrica+del+agua+2020&pg=PR24&printsec=frontcover)

- Carreño, A., Lucas L., Hurtado E., Barrios, R., Silva R., (2019). Sistema de tratamiento de aguas superficiales para consumo humano en la Microcuenca del río Carrizal, Ecuador. *UNEMI*, 11 (28), 76-87.  
<https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/695/709>
- Cayetano, J. (2013). *Cumplimiento de la normatividad ambiental por el sector minero metalúrgico y su impacto ambiental en el Río Mantaro – Región Junín* [Tesis para optar el Grado de Maestría], Universidad Nacional del Centro del Perú. Repositorio Institucional  
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2153/Cayetano%20Onceyay.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CODELCO (sin fecha) *Codelco Educa*  
<https://www.codelcoeduca.cl/codelcoeduca/site/edic/base/port/flotacion.html>
- Comisión Técnica Regional Junín (2015). *Memoria descriptiva del estudio de uso actual de las tierras del departamento de Junín a escala 1:100000*.  
<https://docplayer.es/94727677-Memoria-descriptiva-del-estudio-de-uso-actual-de-las-tierras-del-departamento-de-junin-a-escala-1-100000.html>
- Comisión Técnica Regional Junín (2015). *Memoria descriptiva del estudio hidrológico y de cuencas del departamento de Junín a escala 1:100000*.  
<https://docplayer.es/57857177-Memoria-descriptiva-del-estudio-hidrologico-y-de-cuencas-del-departamento-de-junin-a-escala-1-100000.html>
- Comisión Técnica Regional Junín (2015, agosto) *Memoria descriptiva del estudio de fauna silvestre del departamento de Junín a escala 1:100000*  
<https://docplayer.es/80002079-Memoria-descriptiva-del-estudio-forestal-del-departamento-de-junin-a-escala-1-100000.html>
- Comisión Técnica Regional Junín (2015, agosto). *Memoria descriptiva del estudio de suelos y capacidad de uso mayor del departamento de Junín a escala 1:100000*.  
[http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/Archivos/Mapa/Junin/Memoria\\_Descriptiva\\_Suelos\\_CUM.pdf](http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/Archivos/Mapa/Junin/Memoria_Descriptiva_Suelos_CUM.pdf)
- CONAM (2000). *Informe Nacional sobre el estado del ambiente*. GEO PERU 2000.  
<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8512/-Peru%20National%20State%20of%20the%20Environment%20Report%202000%20-%20GEO%20Peru-1999GEO-Peru.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Condezo, J. (2024) Estudio Metalúrgico del Blending de Pirita - Oxido para optimizar la recuperación de Plata y Oro en la Planta de Óxidos de la Compañía Minera Volcán S.A.C. – 2023 [Tesis Ingeniería, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión] Repositorio Institucional de la UNDAC  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4371>
- Coto, J. (2013). *Estudios de bioacumulación de un metal de interés en contaminación ambiental (plomo) en larvas de lubina de gran valor comercial* [Trabajo de fin de grado], Universidad de Cadiz, Cadiz.

<https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/17347/TFG%20-%20Jose%20Oscar%20Coto%20Reyes%20Dic%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Decreto Supremo N° 001-2010-AG, *Reglamento de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos*
- Decreto Supremo N° 022-2016-VIVIENDA
- Decreto Supremo N° 024-2016-EM modificado por el D.S. 023-2017-EM
- El, Y., Yang, X., Stoffella, P. (2005) Oligoelementos en agroecosistemas e impactos sobre el medio ambiente. *Revista de oligoelementos en medicina y biología* 19(2y3) 125-140. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2005.02.010>
- Fernandez, A. y Volpedo, A. (2020) *Indicadores físico-químicos: ¿qué, cómo y cuánto reflejan la calidad del agua?* [CONICET Digital Nro.5bc763c6-6de6-4e8b-b35e-6c6692f7cca1\\_A.pdf](https://conicet.digital.nro.5bc763c6-6de6-4e8b-b35e-6c6692f7cca1_A.pdf)
- Fibras y Normas de Colombia (2004). *Calidad del agua: definición, factores y criterios*, <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/calidad-del-agua-definicion-factores-y-criterios/>
- Fujihara, Y., & Nishimotob, N., (2024) Thallium - poisoner's poison: An overview and review of current knowledge on the toxicological effects and mechanisms. *Current Research in Toxicology*. 6 (2024). <https://doi.org/10.1016/j.crttox.2024.100157>
- Ganoza, J. (2002). Flotación de Partículas Gruesas. *MINERIA*, 70 (540), 35-59. <https://revistamineria.com.pe/mineria/540/60/>
- García, Flor (2014). *Calidad y Uso del Agua de la Subcuenca del San Lucas (Cajamarca) en función del Índice de Brown* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Cajamarca] Repositorio Institucional. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1952/TESIS%20DOCTORAL%20GARCIA%20ACOSTA%20FLOR%20DE%20MARIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gazire M., Valente T., Marinho A., Sequeira A., Ferreira R., Guabiroba F., Da Mata F., Magalhaes M., ...Rebelo G. (2023) Hydrochemistry, Elements Distribution and Their Potential Recoveries in Gold Metallurgical Treatment Tailings Dams, *Water*, 15 (15), 2714. <https://doi.org/10.3390/w15152714>
- Global Forest Watch, (2019) *Peru Mining Concessions*. <https://hub.arcgis.com/datasets/gfw::peru-mining-concessions/explore?location=-11.710185%2C-76.090688%2C12.02>

- Guevara A., Obando W., Segura F. (2019). *La Gestión de la Calidad del Agua en el Perú Sextas Jornadas de Derecho de Aguas*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento Académico de Derecho, Centro de Investigación, Capacitación y Asesoría Jurídica, Autoridad Nacional del Agua.  
<https://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/166034/La%20gesti%20de%20la%20calidad%20de%20aguas%20WEB.pdf?sequence=1>  
[Instituto de Ciencias de la Naturaleza, Territorio y Energías Renovables](#)
  - Heuel-Fabianek, B. (2014). Coeficientes de partición (Kd) para la modelización de procesos de transporte de radionucleidos en aguas subterráneas. *Berichte des Forschungszentrums Jülich* . **4375** . ISSN 0944-2952 .
  - Hanna Instruments (s.f) *Conductividad y Sólidos Disueltos*,  
<https://www.hannainst.es/blog/79/conductividad-y-solidos-disueltos#>
  - Hernández Sampieri, R., Fernández Collado C., Baptista Lucio M. (2010). *Metodología de la Investigación*, McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
  - Howe J., Hardison N. (1984). *Trace Minerals*. Historical Documents of the Purdue Cooperative Extension Service. Paper 936.  
<https://docs.lib.purdue.edu/agext/936>
- [Induanalisis Laboratorio Industrial \(2019\).- DBO y DQO. DBO y DQO | Publicaciones | Induanalisis, Laboratorio, monitoreo, consultoría y equipo. Bucaramanga - Col..](#)
- Izquierdo J., Verástegui S, (2017). *Concentración de Metales Pesados (As, Cd, Cr, Hg y Pb) en el agua de la cuenca baja del río Jequetepeque, con relación a los estándares de calidad del agua - categoría 3, Cajamarca - 2016*. [Tesis de bachiller inédita] Universidad Privada Antonio Guillermo Urrello  
Repositorio Institucional.  
<http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/213/TESIS%20100%25%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  - Junín Compendio Estadístico 2022 - Instituto Nacional de Estadística INEI.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4269314/Compendio%20Estad%20C3%20ADstico%20C%20Jun%20C3%20ADn%202022.pdf>
  - Kaninga B. (2021). *Bioavailability of Heavy Metals in Soils that are in close proximity to Mine Tailings in Copperbelt, Zambia*. [Biodisponibilidad de metales pesados en suelos muy próximos a relaves mineros en Copperbelt, Zambia] [Tesis Doctoral, The University of Zambia, Lusaka]  
Repositorio Institucional.  
<https://dspace.unza.zm/items/a3054ce1-149d-44bd-a343-c7ae6fe1373f>
  - Kuriata, A., Szymczik, S., (2015) Concentraciones de magnesio y calcio en las aguas superficiales y los depósitos de fondo de un sistema río-lago. *Revista de*

*Elementología* 20(3), 677-692.

[https://www.researchgate.net/publication/283132040\\_Magnesium\\_and\\_calcium\\_concentrations\\_in\\_the\\_surface\\_water\\_and\\_bottom\\_deposits\\_of\\_a\\_river-lake\\_system](https://www.researchgate.net/publication/283132040_Magnesium_and_calcium_concentrations_in_the_surface_water_and_bottom_deposits_of_a_river-lake_system)

- Loyola, F., (2022), *Comportamiento de la sulfurización de minerales complejos de plomo-plata para su recuperación adecuada por flotación en la Compañía Minera Raura año 2021* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú, Cerro de Pasco]  
Repositorio Institucional. chrome-  
[https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/8859/T010\\_42174762\\_M.pdf?sequence=1](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/8859/T010_42174762_M.pdf?sequence=1)
- Menéndez J., Muñoz S. (2021). *Contaminación del agua y suelo por relaves mineros. PAIDEIA*, 11 (1), 141-154.  
<https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Paideia/article/view/3622/4588>
- Ministerio del Ambiente (2017) *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Decreto supremo N° 004-2017-MINAM <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-estandares-de-calidad-ambiental-eca-para-agua-y-e-decreto-supremo-n-004-2017-minam-1529835-2/>
- Ministerio de Energía y Minas -MINEM (sin fecha)  
<https://mapainversiones.minem.gob.pe/ComoFunciona/FAQ>
- Montano, Y., Tapia, P., Quispe, C., Fuentealba, B. (2022). *El drenaje ácido de roca y sus potenciales impactos ambientales* (Folleto). Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña – Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (DIEM-INAIGEM)  
<https://repositorio.inaigem.gob.pe/server/api/core/bitstreams/cf630013-7d9d-4d0f-a8af-5a90db9dd540/content>
- Moreno, J., Navarro C., De Las Heras, J. (2006). *Propuesta de un índice de vegetación acuática (IVAM) para la evaluación del estado trófico de los ríos de Castilla-La Mancha: Comparación con otros índices bióticos*. Limnetica.  
<https://www.limnetica.com/es/propuesta-de-un-%C3%ADndice-de-vegetaci%C3%B3n-acu%C3%A1tica-ivam-para-la-evaluaci%C3%B3n-del-estado-tr%C3%B3fico-de-los-r%C3%ADos>.
- Mousalli-Kayat, G. (2015). *Métodos y Diseños de Investigación Cuantitativa*. Mérida.  
[https://www.researchgate.net/profile/Gloria-Mousalli/publication/303895876\\_Metodos\\_y\\_Disenos\\_de\\_Investigacion\\_Cuantitativa/links/575b200a08ae414b8e4677f3/Metodos-y-Disenos-de-Investigacion-Cuantitativa.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gloria-Mousalli/publication/303895876_Metodos_y_Disenos_de_Investigacion_Cuantitativa/links/575b200a08ae414b8e4677f3/Metodos-y-Disenos-de-Investigacion-Cuantitativa.pdf)
- Neira, S., y Araya, P., (2021). *Aguas de contacto, efectos en la minería y el medioambiente* Revista Facultad Derecho 50(1)  
[http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2301-06652021000101106](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-06652021000101106)

- Nexus Manejo Sostenible de Cuencas (28 de febrero de 2021). *Introducción a EASYINDEX-Agua* [Archivo de Vídeo]. Youtube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=vSW4OIhqZ9s>
- Norduzian, M. (1984). *Demandas Bioquímicas de Oxígeno, Conceptos y Metodología*. Series del Instituto de Ingeniería UNAM No. D-22-  
<http://www2.iingen.unam.mx/es-mx/difusion/CongresoSMBB/SMBB/Libros/D-22.pdf>
- Núñez, M; Benites, E; Zevallos, M. (2013). *Evaluación de la calidad del agua asociado al drenaje ácido de mina (DAM), en el río Yauli en época de estiaje distrito de Yauli*. UCV-Scientia.  
[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/19528/Publicacion\\_scientia%20ucv\\_Benites.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/19528/Publicacion_scientia%20ucv_Benites.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- OEFA, Dirección de Fiscalización, Sanción y Aplicación de incentivos, (2014, Diciembre 22). Resolución N° 755-2014-OEFA/DFSAI  
[https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=13771](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13771)
- Ordoñez, N. (2020). *Análisis de la calidad del agua en el río chili (distritos de tiabaya y uchumayo) antes y después de la puesta en marcha y operación de la planta de tratamiento de agua residuales “la enlozada” aplicando un modelo matemático*. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]  
Repositorio Institucional.  
<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/15e6fc3b-ebd1-4ecc-866c-12df8e10ac09/content>
- Organización Mundial de la Salud. (2019). *Agua, saneamiento e higiene*  
[https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es/)
- Orozco, C., Gonzales M., Pérez, A., Alfayate, J., Rodríguez, F. (2005) *Contaminación ambiental. Una visión desde la química*.  
<https://www.paraninfo.es/catalogo/9788497321785/contaminacion-ambiental--una-vision-desde-la-quimica>
- Penner, G., Johnson, J., Sutherland, B., Clark, L., Elford, C, (2020) Effects of drinking water sulfate concentrations on feed and water intake, growth, and serum mineral concentrations in growing beef heifer. *Applied Animal Science* 36(2) 201-207  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590286520300379?via%3Dihub>
- Pérez, J., Hernández, G., González, R., López, T. (2008). *Alternativas para conocer el comportamiento de la calidad del agua en un tramo del arroyo Guachinango*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. (17), 6-9.  
<https://www.redalyc.org/pdf/932/93215941002.pdf>

- Pochteca Peru (13 de octubre de 2023) *¿Qué son los xantatos?*  
<https://peru.pochteca.net/que-son-los-xantatos/>
- Primera Sala Especializada Permanente competente en las materias de Minería y Energía, (2014, 30 de octubre) Resolución N° 021-2014-OEFA/TFA-SEP1, 2014,  
[https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=16671](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=16671)
- Ponce, L. (2015). *Puquios, Qanats y Manantiales: Gestión del agua en el Perú Antiguo*. Universidad Nacional Federico Villareal. Lima, Perú  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-54722015000300002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722015000300002)
- Ramírez, D., Perea, V., Díaz, J. (2023). *Generalidades del Equilibrio Ácido-Base*. Unidades de Apoyo para el Aprendizaje. CUAIEED/Facultad de Medicina-UNAM [https://repositorio-uapa.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/2514/mod\\_resource/content/1/UAPA-equilibrio-acido-base/index.html](https://repositorio-uapa.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/2514/mod_resource/content/1/UAPA-equilibrio-acido-base/index.html)
- Real Decreto 140/2003 Norma por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano (Ministerio de la Presidencia 21 de febrero de 2003) <https://www.boe.es/boe/dias/2003/02/21/pdfs/A07228-07245.pdf>
- Rahman A., Jahanara I., Nahar Y. (2021) Assessment of physicochemical properties of water and their seasonal variation in an urban river in Bangladesh *Water Science and Engineering*, (14), 139-148  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674237021000442>
- Rivas, A. (2018). *Preocupados: contaminación del agua a causa de la minería*.  
<https://www.iagua.es/blogs/carlos-revilla-calcina/preocupados>
- Rodríguez, J. (2019). *¿Qué es la biomagnificación?*  
<http://www.azeral.es/divulgazeral/que-es-la-biomagnificacion>
- Romero, A. (2014). *Lixiviación de manganeso del concentrado plomo-plata para la producción de sulfato de manganeso*. [Tesis para optar Título de Ingeniero, Universidad Nacional Mayor de San Marcos] Repositorio Cybertesis.  
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3784>
- Sanzano, Agustín (2017). *Oligoelementos del Suelo*  
<https://s9a0d11af78cd478d.jimcontent.com/download/version/1563476239/module/7956244176/name/Oligoelementos%20del%20suelo.pdf>
- Servicio Nacional de Geología y Minería -Sernageomin (s.f) *Deposito de Relaves*  
<https://www.sernageomin.cl/preguntas-frecuentes-sobre-relaves/>
- Solís, Y., Zúñiga, L., Mora, D., La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 31(1). Enero-marzo 2018. Pag 35-46 [DOI: 10.18845/tm.v31i1.3495](https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495)

- Steel, R., Torrie, J. (1993). *Bioestadística. Principios y Procedimientos*.  
<http://repositorio.cenpat-conicet.gob.ar:8081/bitstream/handle/123456789/1206/bioestad-steel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Steward, Karen. (2024) Cation vs. Anión: Definición, Gráfico y Tabla Periódica *Technology Networks Análisis y Separaciones*  
<https://www.technologynetworks.com/analysis/articles/cation-vs-anion-definition-chart-and-the-periodic-table-322863>
- Sulfato. (2019, 3 de setiembre). *EcuRed*, Consultado el 5 de agosto, 2025 en <https://www.ecured.cu/index.php?title=Sulfato&oldid=3542157>.
- Torralba, A., Ocharan, F., (2007). *Protocolo para la evaluación del estado ecológico de la red fluvial de Aragón (NE de España) según sus comunidades de macroinvertebrados bentónicos*.  
<https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-26-2-p-359.pdf>
- Torres P., Cruz C., Patiño P., (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* 8(15), 79-94.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>
- Universidad de Alicante (2020, 3 de febrero) *Sulfatos, cromatos, molibdatos y wolframatos*, Consultado el 5 de agosto, 2025 en <https://web.ua.es/es/lpa/minerales-visu/clasificacion-y-caracteristicas/vii.-sulfatos-cromatos-molibdatos-y-wolframatos/sulfatos-cromatos-molibdatos-y-wolframatos.html>
- Tribunal de Fiscalización Ambiental del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental -OEFA. (2016, Junio) *Jurisprudencia Ambiental* [archivo PDF].  
[http://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=19031](http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=19031)
- Villegas, J. (2019). Calidad física y química de cuerpos de agua ribereños en la zona costera de Bahía Ballena y Puerto Cortés, Costa Rica. Cuadernos de Investigación UNED, 11(2), 173-181 <http://dx.doi.org/10.22458/urj.v11i2.2084>
- Villegas, P. (10 de enero 2011) Los diagramas más usados para la interpretación de análisis hidroquímicos. Agua y SIG <https://aguaysig.com/los-diagramas-mas-usados-para-la-interpretacion-de-analisis-hidroquimicos/>
- Von Michaelis, H. D. Van Zyl (1985). *Role of Cyanide in Gold and Silver Recovery*  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4684-8425-0\\_10](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4684-8425-0_10)
- Visitacion, K., Ramos, L., Visitacion L. (2023) Caracterización hidroquímica de una subcuenca altoandina en el departamento de Moquegua, Perú *Tecnología y ciencias del agua*, 14(5), 257-290.  
DOI: [10.24850/j-tyca-14-05-06](https://doi.org/10.24850/j-tyca-14-05-06)

- Zamora, C. (1972). *Regiones Edáficas del Perú* <https://edepot.wur.nl/485164>

## ANEXOS

**Tabla A1:**

*Parámetros de Campo según categoría 3 ECA 2017*

Parámetros de Campo	Unidad de Medida	Valor Permitido (Riego de Vegetales)	Valor Permitido (Bebida de Animales)
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.5 – 8.4	6.5 – 8.4
Conductividad	μS / cm	2 500	5 000
Temperatura (T)	° C	Δ 3	Δ 3

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

**Tabla A2:**

*Parámetros Físico Químico para Riego de Vegetales y Bebida de Animales según categoría 3 ECA 2017*

Parámetro Físico Químico	Unidad de Medida	Valor Permitido (Riego de Vegetales)	Valor Permitido (Bebida de Animales)
Cianuro Wad	mg / L	0.1	0.1
Cloruros	mg / L	500	No Aplica
Color (después de filtración simple)	Color Verdadero Escala PV Co	100 (a)	100(a)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg / L	15	15
Fenoles		0.002	0.01
Oxígeno disuelto (Valor Mínimo)	mg / L	≥ 4	≥ 4
Nitratos ((NO <sup>+</sup> <sub>3</sub> ))	mg / L	100	100
Nitritos (NO <sup>-</sup> <sub>2</sub> )	mg / L	10	10
Sulfatos	mg / L	1000	1000

**Tabla A3:**  
*Parámetros Inorgánicos según categoría 3 ECA 2017*

Parámetro Inorgánico	Unidad de Medida	Valor Permitido (Bebida de Animales)	Valor Permitido (Riego de Vegetales)
Aluminio	mg / L	5	5
Arsénico	mg / L	0.2	0.1
Bario	mg / L	No aplica	0.7
Berilio	mg / L	0.1	0.1
Boro	mg / L	5	1
Cadmio	mg / L	0.05	0.01
Cobre	mg / L	0.5	0.2
Cobalto	mg / L	1	0.05
Cromo Total	mg / L	1	0.1
Hierro	mg / L	No aplica	5
Litio	mg / L	2.5	2.5
Magnesio	mg / L	250	No aplica
Manganeso	mg / L	0.2	0.2
Mercurio	mg / L	0.01	0.001
Níquel	mg / L	1	0.2
Plomo	mg / L	0.05	0.05
Selenio	mg / L	0.05	0.02
Zinc	mg / L	24	2

**Tabla A4:***Normas de referencias de parámetros físicos químicos e Inorgánicos*

Parámetro Físico Químico	Norma de Referencia	Título
Cianuro Wad	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 4500-CN- I, F. 23rd Ed.2017	Cyanide. Weak Acid Dissociable. Cyanide-Selective Electrode Method
Cloruros	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 4500-CI, B. 23rd Ed.2017	Chloride. Argentometric Method
Color (después de filtración simple)	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017	Color Spectrophotometric- Single-Wavelength Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Fenoles	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 5530 B, C. 23rd Ed. 2017	Phenols. Cleanup Procedure. Chloroform Extraction Method
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 4500- NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B, 23rd Ed. 2017	Nitrogen (Nitrite). Colorimetric Method
Sulfatos	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 4500-SO <sub>4</sub> (2 <sup>-</sup> )E, 23 rd Ed. 2017	Sulfate. Turbidimetric Method
Metales Totales	EPA Method 200.7 Rev.4.4 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

**Tabla A5***Producción de principales productos agrícolas, 2011-2021 en Yauli*

Principales Productos	Producción (Toneladas métricas)										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Sub Sector Agrícola</b>	<b>26 491</b>	<b>27 475</b>	<b>28 172</b>	<b>33 218</b>	<b>33 539</b>	<b>32 940</b>	<b>33 460</b>	<b>41 617</b>	<b>45 507</b>	<b>43 044</b>	<b>43 640</b>
<b>Consumo Humano</b>	<b>1 439</b>	<b>1 684</b>	<b>1 183</b>	<b>1 204</b>	<b>2 086</b>	<b>1 877</b>	<b>485</b>	<b>66</b>	<b>375</b>	<b>558</b>	<b>772</b>
Arveja Grano Seco	-	-	-	-	-	31	-	2	2	2	
Cebada Grano	69	97	71	79	67	31	31	33	30	34	35
Haba Grano Seco	18	29	13	11	17	2	4	7	2	2	4
Maca	-	-	-	-	1 331	1 322	-	-	-	-	-
Mashua	34	43	24	17	-	-	-	-	-	-	-
Olluco	77	90	33	24	9	9	11	19	7	13	19
Papa	1 217	1 386	1 022	1 041	642	477	438	-	330	501	709
Quinua	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-
Trigo	25	40	22	32	19	-	-	6	6	6	5
<b>Consumo Animal</b>	<b>25 052</b>	<b>25 791</b>	<b>26 988</b>	<b>32 014</b>	<b>31 453</b>	<b>31 063</b>	<b>32 975</b>	<b>41 551</b>	<b>45 131</b>	<b>42 486</b>	<b>42 868</b>
Alfalfa	-	-	-	541	610	605	619	2 131	3 548	3 837	4 501
<b>Otros Pastos Cultiv.</b>	<b>25 052</b>	<b>25 791</b>	<b>26 988</b>	<b>31 472</b>	<b>30 843</b>	<b>30 458</b>	<b>32 357</b>	<b>39 420</b>	<b>41 583</b>	<b>38 650</b>	<b>38 368</b>
Avena Forrajera	1 682	2 642	3 257	3 351	2 998	1 558	3 575	8 870	9 173	6 543	4 540
Cebada Forrajera	897	408	609	543	1 048	426	710	803	197	193	367
Dactylis	-	-	-	458	539	555	578	883	2 025	2 417	2 738
Rye Grass	21 020	21 292	21 615	25 588	24 703	26 359	25 930	27 057	28 041	27 401	28 344
Trébol	1 453	1 449	1 507	1 531	1 555	1 560	1 564	1 808	2 147	2 095	2 379

Nota: Datos tomados de la Dirección Regional de Agricultura -Junin-Oficina de Información Agraria

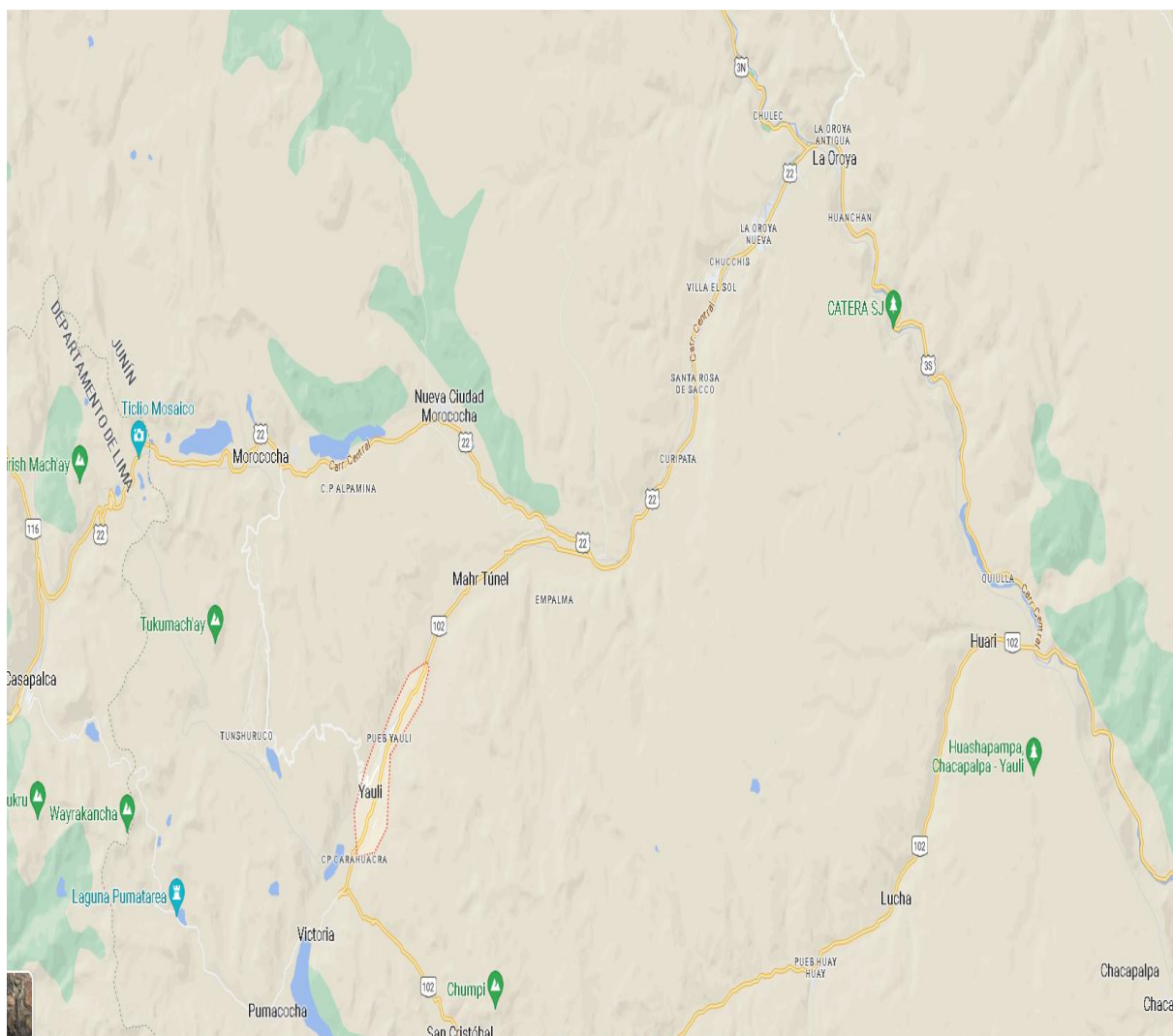
**Tabla A6***Movilidad relativa de algunos elementos*

Movilidad Relativa	pH de Medio Ambiente	
	Acidez	Alcalinidad
Muy Móvil	Cl, S, Ca, Mg, Na	Cl
Móvil	Ag, As, Cd, Co, Cu, Ni, Zn	Mo, Se, V, U
Poco Móvil	Si, P, K, Fe, Mn, Mo, Se, V, U	Si, P, K, S, Ca, Mg, Na
Inmóvil	Al, Ti, Sn, W, Nb, Ta, Cr, Zr, Th	Al, Ti, Sn, W, Nb, Ta, Cr, Zr, Th, Ag, As, Cd, C, Cu, Ni, Zn, Fe, Mn

Nota: Información tomada de Jara M. INGEMMET, 2002

**Figura A1**

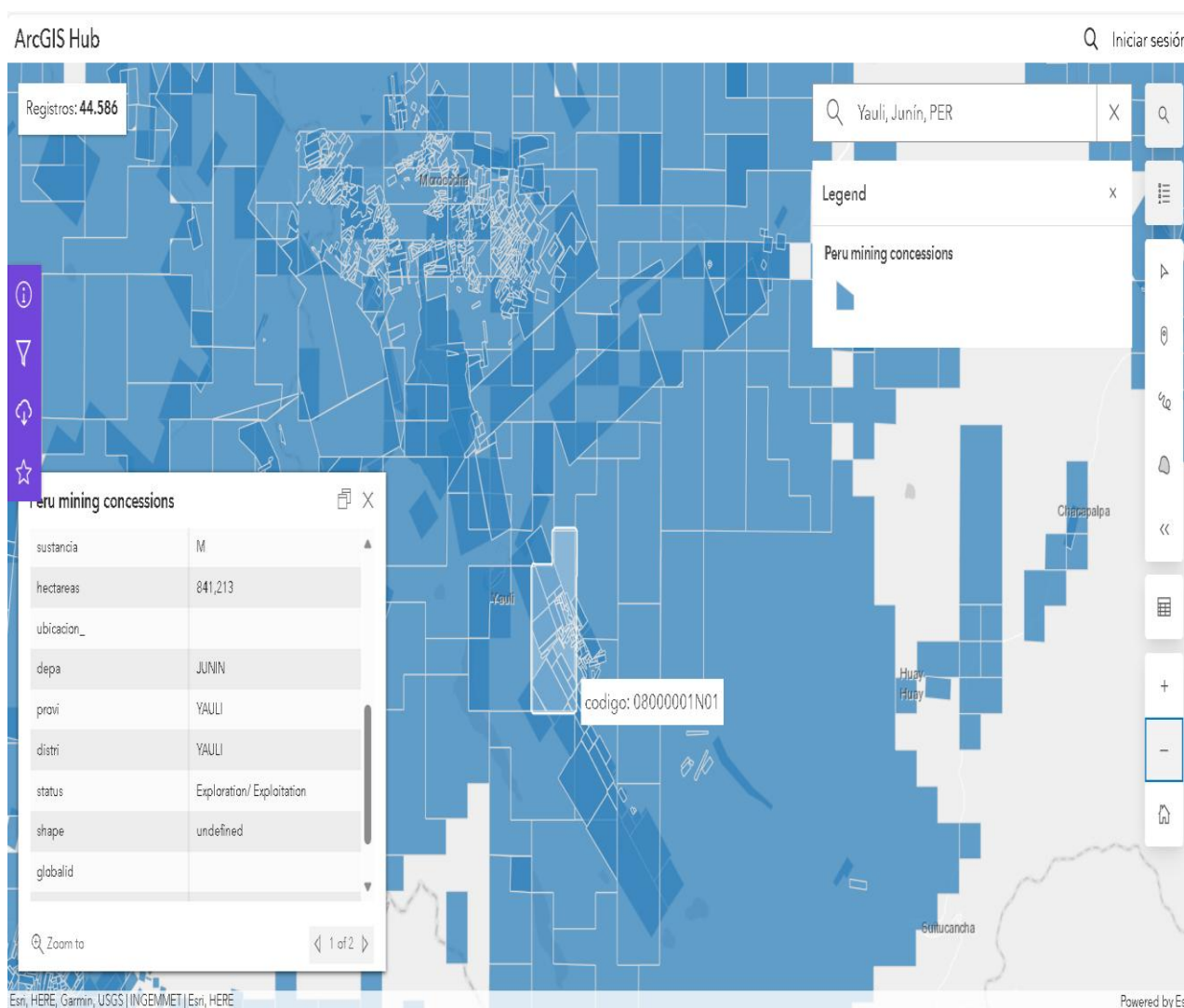
*Ubicación geográfica de la ciudad de Yauli*



Nota: Tomado de Google Maps (s.f)

<https://www.google.com/maps/@-11.6724298,-76.1059002,14z?entry=ttu>

**Figure 2**  
*Distrito de Yauli y concesiones mineras*



Nota: Vista tomada de la página en línea [ArcGIS Hub Peru mining concessions](https://hub.arcgis.com/datasets/gfw:peru-mining-concessions/explore?location=-11.639310%2C-76.097466%2C13.79)  
<https://hub.arcgis.com/datasets/gfw:peru-mining-concessions/explore?location=-11.639310%2C-76.097466%2C13.79>

**Figura A3**

*Ubicación de la Estación 1 en el distrito de Yauli*



Nota: Tomado de Google Maps (s.f)

<https://www.google.com/maps/@-11.6744291,-76.0971026,6570m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>

**Figura A4**

*Ubicación de la Estación 2 en el distrito de Yauli*



Nota: Tomado de Google Maps (s.f)

<https://www.google.com/maps/@-11.6744291,-76.0971026,6570m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>

**Figura A5**

*Ubicación de la Estación 3 para los puntos de muestreo de agua*



Nota: Tomado de Google Maps (s.f)

<https://www.google.com/maps/@-11.6744291,-76.0971026,6570m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>

**Figura A6**

*Vista fotográfica de los Relaves enterrados en los alrededores de la ciudad de Yauli*

**Figura A7**

*Vista fotográfica de un drenaje de relave en los alrededores de la ciudad de Yauli*

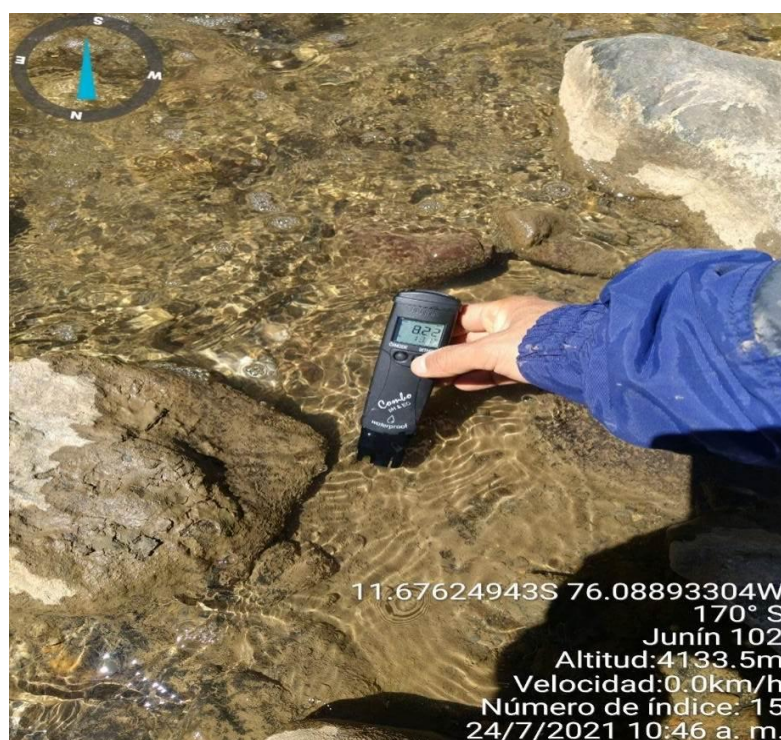


**Figura A8**

Vista fotográfica de la toma de datos de los parámetros de campo en la estación 1

**Figura A9**

Vista fotográfica de la toma de datos de los parámetros de campo en la estación 2



**Figura A10**

*Vista fotográfica de la toma de datos de los parámetros de campo en la estación 3*





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL -  
DA CON REGISTRO N° LE-147



## INFORME DE ENSAYO N°: IE-MA-21-0251

### I. DATOS DEL SERVICIO

1. RAZÓN SOCIAL	: OSCAR PEREZ PINEDO
2. DIRECCIÓN	: NO INDICA
3. PROYECTO	: SERVICIO DE ANALISIS DE AGUA
4. PROCEDENCIA	: PIURA
5. SOLICITANTE	: OSCAR PEREZ PINEDO
6. ORDEN DE SERVICIO N°	: OSI N° 011072021
7. PLAN DE MONITOREO	: NO APLICA
8. MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9. FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-08-23

### II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO


1. MATRIZ	: AGUA
2. NÚMERO DE MUESTRAS	: 9
3. FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 2021-07-25
4. PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-07-25 al 2021-08-23

### III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

ENSAYO	NORMA REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales <sup>(a)</sup>	EPA Method 200.7 Rev.4.4 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Fenol <sup>(a)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5530 B, C, 23 rd Ed. 2017	Phenols. Cleanup Procedure. Chloroform Extraction Method
Cianuro WAD <sup>(a)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN <sup>-</sup> I, F, 23 rd Ed. 2017	Cyanide. Weak Acid Dissociable. Cyanide-Selective Electrode Method
Color <sup>(a)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23 rd Ed. 2017	Color Spectrophotometric-Single-Wavelength Method <sup>1</sup>
Nitritos <sup>(a)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B, 23 rd Ed. 2017	Nitrogen (Nitrite). Colorimetric Method
Sulfatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 42- E, 23rd Ed. 2017	Sulfate. Turbidimetric Method

(a) Los métodos indicados han sido subcontratados por un laboratorio acreditado por el INACAL-DA

\*EPA\* : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.  
\*SMEWW\* : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

  
CHRISTOPHER LEE MERCADO PUENTE  
JEFE DE LABORATORIO Y OPERACIONES  
QUIMPETROL PERU S.A.C.

  
Segundo Alberto Ríos Sánchez  
Gerente General  
QUIMPETROL PERU S.A.C.  
N° CIP: 181539

QUIMPETROL PERÚ S.A.C., Mz. A, Lt. 62 zona industrial – Talara Alta – Piura, Talara, Paríñas.

Telf. +51 073-381778- Cel 961 296 169 / 961 293 883 E-mail: [cotizaciones@quimpetrolperu.pe](mailto:cotizaciones@quimpetrolperu.pe); [informes@quimpetrolperu.pe](mailto:informes@quimpetrolperu.pe);  
[cmercado@quimpetrolperu.pe](mailto:cmercado@quimpetrolperu.pe)

## IV. RESULTADOS

ITEM		1	2	3	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M/MA-0621	M/MA-0623	M/MA-0624	
CÓDIGO DEL CLIENTE:		AG-01	AG-02	AG-03	
COORDENADAS UTM WGS 84:		NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	
MATRIZ:		AGUA			
GRUPO:		NATURAL			
SUBGRUPO:		SUPERFICIAL			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		GMU-PO-005			
MUESTREO	FECHA :	2021-07-24	2021-07-24	2021-07-24	
	HORA :	10:12	10:46	10:49	
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	RESULTADOS		
Sulfatos	mg/L	0.004	1384	1392	123.76
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mgO <sub>2</sub> /L	0.4	<0.4	<0.4	<0.4
Fenol <sup>(a)</sup>	mg fenol/L	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cianuro WAD <sup>(a)</sup>	mg CN-/L	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Color <sup>(a)</sup>	UC	2.0	0.84	0.86	0.74
Nitritos <sup>(a)</sup>	mg N-NO <sub>2</sub> -/L	0.008	<0.008	<0.008	<0.008

\*L.D.M.\* : Límite de Detección del Método

(a) Los métodos indicados han sido subcontratados por un laboratorio acreditado por el INACAL-DA

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Quimpetrol Perú SAC.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL -  
DA CON REGISTRO N° LE-147



INFORME DE ENSAYO IE-MA-21-0251

#### IV. RESULTADOS

ITEM		1	2	3	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M/MA-0621	M/MA-0623	M/MA-0624	
CÓDIGO DEL CLIENTE:		AG-01	AG-02	AG-03	
COORDENADAS UTM WGS 84:		NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	
MATRIZ:		AGUA			
GRUPO:		NATURAL			
SUBGRUPO:		SUPERFICIAL			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		GMU-PO-005			
MUESTREO	FECHA :	2021-07-24	2021-07-24	2021-07-24	
	HORA :	10:12	10:46	10:49	
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	RESULTADOS		
<b>Metales <sup>(a)</sup></b>					
Aluminio	mgL	0.002	0.068	0.064	0.051
Arsenico	mgL	0.00004	0.00505	0.00575	0.00509
Azufre	mgL	3.70	911	255	226
Berilio	mgL	0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Bismuto	mgL	0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Bario	mgL	0.0003	0.0257	0.0624	0.0564
Boro	mgL	0.002	0.178	0.296	0.277
Cadmio	mgL	0.00001	0.05085	0.00199	0.00220
Calcio	mgL	0.08	497	423	365
Cerio	mgL	0.00001	0.00089	<0.00001	<0.00001
Cobalto	mgL	0.00003	0.02444	0.00409	0.00385
Cobre	mgL	0.0003	0.0070	0.0169	0.0152
Cromo	mgL	0.001	0.002	0.002	0.002
Estaño	mgL	0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004
Estroncio	mgL	0.00004	2.4669	2.6107	2.3077
Hierro	mgL	0.03	107	0.69	0.55
Plomo	mgL	0.00006	0.05235	0.01814	0.01634
Fosforo	mgL	0.008	0.020	0.042	0.039

"L.D.M.": Límite de Detección del Método

(a) Los métodos indicados han sido subcontratados por un laboratorio acreditado por el INACAL-DA

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Quimpetrol Perú SAC.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

QUIMPETROL PERÚ S.A.C., Mz. A, Lt. 62 zona industrial – Talara Alta – Piura, Talara, Pariñas.

Telf. +51 073-381778- Cel 961 296 169 / 961 293 883 E-mail: [cotizaciones@quimpetrolperu.pe](mailto:cotizaciones@quimpetrolperu.pe); [informes@quimpetrolperu.pe](mailto:informes@quimpetrolperu.pe); [cmmercado@quimpetrolperu.pe](mailto:cmmercado@quimpetrolperu.pe)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL -  
DA CON REGISTRO N° LE-147



INFORME DE ENSAYO IE-MA-21-0251

#### IV. RESULTADOS

ITEM			1	2	3
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M/MA-0621	M/MA-0623	M/MA-0624
CÓDIGO DEL CLIENTE:			AG-01	AG-02	AG-03
COORDENADAS UTM WGS 84:			NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
MATRIZ:			AGUA		
GRUPO:			NATURAL		
SUBGRUPO:			SUPERFICIAL		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			GMU-PO-005		
MUESTREO		FECHA :	2021-07-24	2021-07-24	2021-07-24
		HORA :	10:12	10:46	10:49
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	RESULTADOS		
<b>Metales<sup>(a)</sup></b>					
Litio	mg/L	0.0001	0.2368	0.1983	0.1768
Manganeso	mg/L	0.00006	487.40	22.204	19.106
Magnesio	mg/L	0.001	732	50.1	43.2
Mercurio	mg/L	0.000070	<0.00007	<0.00007	<0.00007
Molibdeno	mg/L	0.00003	0.00048	0.01421	0.01286
Niquel	mg/L	0.0009	0.0567	0.01	0.0074
Potasio	mg/L	0.08	32	16	14
Plata	mg/L	0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Selenio	mg/L	0.00004	0.00396	0.00595	0.00430
Silicio	mg/L	1.56	4.16	3.58	3.07
Sodio	mg/L	0.01	28	24	22
Talio	mg/L	0.00001	0.15658	0.00243	0.00142
Titanio	mg/L	0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
Torio	mg/L	0.00001	0.00213	<0.00001	<0.00001
Uranio	mg/L	0.00001	0.00035	<0.00001	<0.00001
Vanadio	mg/L	0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Wolframio	mg/L	0.000	<0.00002	0.00559	0.00521
Zinc	mg/L	0.002	147	51.4	53.0

\*L.D.M.\* : Límite de Detección del Método

(a) Los métodos indicados han sido subcontratados por un laboratorio acreditado por el INACAL-DA

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Quimpetrol Perú SAC.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

QUIMPETROL PERÚ S.A.C., Mz. A, Lt. 62 zona industrial – Talara Alta – Piura, Talara, Pariñas.

Telf. +51 073-381778- Cel 961 296 169 / 961 293 883 E-mail: [cotizaciones@quimpetrolperu.pe](mailto:cotizaciones@quimpetrolperu.pe); [informes@quimpetrolperu.pe](mailto:informes@quimpetrolperu.pe); [cmmercado@quimpetrolperu.pe](mailto:cmmercado@quimpetrolperu.pe)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-147



INFORME DE ENSAYO IE-MA-21-0251

#### IV. RESULTADOS

ITEM		4	5	6	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M/MA-0624	M/MA-0625	M/MA-0626	
CÓDIGO DEL CLIENTE:		AG-04	AG-05	AG-06	
COORDENADAS UTM WGS 84:		NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	
MATRIZ:		AGUA			
GRUPO:		NATURAL			
SUBGRUPO:		SUPERFICIAL			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		GMU-PO-005			
MUESTREO	FECHA :	2021-07-24	2021-07-24	2021-07-24	
	HORA :	11:40	11:46	11:50	
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	RESULTADOS		
Sulfatos	mg/L	0.004	688.57	677.68	710.94
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mgO <sub>2</sub> /L	0.4	<0.4	<0.4	<0.4
Fenol <sup>(a)</sup>	mg fenol/L	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cianuro WAD <sup>(a)</sup>	mg CN-/L	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Color <sup>(a)</sup>	UC	2.0	0.83	0.72	0.81
Nitritos <sup>(a)</sup>	mg N-NO <sub>2</sub> -/L	0.008	<0.008	<0.008	<0.008

"L.D.M." : Límite de Detección del Método

(a) Los métodos indicados han sido subcontratados por un laboratorio acreditado por el INACAL-DA

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Quimpetrol Perú SAC.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

QUIMPETROL PERÚ S.A.C., Mz. A, Lt. 62 zona industrial – Talara Alta – Piura, Talara, Pariñas.

Telf. +51 073-381778- Cel 961 296 169 / 961 293 883 E-mail: [cotizaciones@quimpetrolperu.pe](mailto:cotizaciones@quimpetrolperu.pe); [informes@quimpetrolperu.pe](mailto:informes@quimpetrolperu.pe); [mercado@quimpetrolperu.pe](mailto:mercado@quimpetrolperu.pe)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL -  
DA CON REGISTRO N° LE-147



INFORME DE ENSAYO IE-MA-21-0251

#### IV. RESULTADOS

ITEM			4	5	6
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M/MA-0624	M/MA-0625	M/MA-0626
CÓDIGO DEL CLIENTE:			AG-04	AG-05	AG-06
COORDENADAS UTM WGS 84:			NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
MATRIZ:			AGUA		
GRUPO:			NATURAL		
SUBGRUPO:			SUPERFICIAL		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			GMU-PO-005		
MUESTREO		FECHA :	2021-07-24	2021-07-24	2021-07-24
		HORA :	11:40	11:46	11:50
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	RESULTADOS		
<b>Metales <sup>(a)</sup></b>					
Aluminio	mg/L	0.002	<0.002	0.052	0.046
Arsenico	mg/L	0.00004	0.00697	0.00498	0.00459
Azufre	mg/L	3.70	40.3	261	238
Berilio	mg/L	0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Bismuto	mg/L	0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Bario	mg/L	0.0003	0.0549	0.0636	0.0585
Boro	mg/L	0.002	0.100	0.231	0.177
Cadmio	mg/L	0.00001	<0.00001	0.00224	0.00171
Calcio	mg/L	0.08	47	430	388
Cerio	mg/L	0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Cobalto	mg/L	0.00003	<0.00003	0.00431	0.00392
Cobre	mg/L	0.0003	0.0025	0.0158	0.0140
Cromo	mg/L	0.001	0.001	0.002	0.002
Estaño	mg/L	0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004
Estroncio	mg/L	0.00004	0.31133	2.6003	2.4055
Hierro	mg/L	0.03	0.08	0.56	0.47
Plomo	mg/L	0.00006	0.00390	0.01978	0.01359
Fosforo	mg/L	0.008	0.041	0.040	0.049

"L.D.M.": Límite de Detección del Método

(a) Los métodos indicados han sido subcontratados por un laboratorio acreditado por el INACAL-DA

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Quimpetrol Perú SAC.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

QUIMPETROL PERÚ S.A.C., Mz. A, Lt. 62 zona industrial – Talara Alta – Piura, Talara, Paríñas.

Telf. +51 073-381778- Cel 961 296 169 / 961 293 883 E-mail: [cotizaciones@quimpetrolperu.pe](mailto:cotizaciones@quimpetrolperu.pe); [informes@quimpetrolperu.pe](mailto:informes@quimpetrolperu.pe); [mercado@quimpetrolperu.pe](mailto:mercado@quimpetrolperu.pe)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL -  
DA CON REGISTRO N° LE-147



INFORME DE ENSAYO IE-MA-21-0251

#### IV. RESULTADOS

ITEM		4	5	6	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M/MA-0624	M/MA-0625	M/MA-0626	
CÓDIGO DEL CLIENTE:		AG-04	AG-05	AG-06	
COORDENADAS UTM WGS 84:		NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	
MATRIZ:		AGUA			
GRUPO:		NATURAL			
SUBGRUPO:		SUPERFICIAL			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		GMU-PO-005			
MUESTREO	FECHA :	2021-07-24	2021-07-24	2021-07-24	
	HORA :	11:40	11:46	11:50	
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	RESULTADOS		
<b>Metales <sup>(a)</sup></b>					
Litio	mg/L	0.0001	0.0295	0.1851	0.1305
Manganeso	mg/L	0.00006	0.10986	22.708	20.674
Magnesio	mg/L	0.001	33.2	49.6	44.6
Mercurio	mg/L	0.000070	0.00056	<0.00007	<0.00007
Molibdeno	mg/L	0.00003	<0.00003	0.01397	0.01354
Niquel	mg/L	0.0009	<0.0009	0.0080	0.0081
Potasio	mg/L	0.08	4.7	16	15
Plata	mg/L	0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Selenio	mg/L	0.00004	0.00325	0.00646	0.00663
Silicio	mg/L	1.56	5.18	3.83	3.38
Sodio	mg/L	0.01	8.3	21	19
Talio	mg/L	0.00001	<0.00001	0.00134	0.00115
Titanio	mg/L	0.0006	<0.0006	0.0024	<0.0006
Torio	mg/L	0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Uranio	mg/L	0.00001	<0.00001	0.00031	<0.00001
Vanadio	mg/L	0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Wolframio	mg/L	0.00002	<0.00002	0.00539	0.00532
Zinc	mg/L	0.002	48.7	49.1	42.7

"L.D.M." : Límite de Detección del Método

(a) Los métodos indicados han sido subcontratados por un laboratorio acreditado por el INACAL-DA

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Quimpetrol Perú SAC.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

QUIMPETROL PERÚ S.A.C., Mz. A, Lt. 62 zona industrial – Talara Alta – Piura, Talara, Pariñas.

Telf. +51 073-381778- Cel 961 296 169 / 961 293 883 E-mail: [cotizaciones@quimpetrolperu.pe](mailto:cotizaciones@quimpetrolperu.pe); [informes@quimpetrolperu.pe](mailto:informes@quimpetrolperu.pe); [cmmercado@quimpetrolperu.pe](mailto:cmmercado@quimpetrolperu.pe)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL -  
DA CON REGISTRO N° LE-147



INFORME DE ENSAYO IE-MA-21-0251

#### IV. RESULTADOS

ITEM		7	8	9	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M/MA-0627	M/MA-0658	M/MA-0629	
CÓDIGO DEL CLIENTE:		AG-07-L	AG-08	AG-09	
COORDENADAS UTM WGS 84:		NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	
MATRIZ :		AGUA			
GRUPO :		NATURAL			
SUBGRUPO :		SUPERFICIAL			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO :		GMU-PO-005			
MUESTREO		FECHA :	2021-07-24	2021-07-24	2021-07-24
		HORA :	12:09	12:30	12:36
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	RESULTADOS		
Sulfatos	mg/L	0.004	205.98	1308	1019
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mgO <sub>2</sub> /L	0.4	<0.4	<0.4	<0.4
Fenol <sup>(a)</sup>	mg fenol/L	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cianuro WAD <sup>(a)</sup>	mg CN-/L	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Color <sup>(a)</sup>	UC	2.0	0.77	0.79	0.75
Nitritos <sup>(a)</sup>	mg N-NO2-/L	0.008	<0.008	<0.008	<0.008

\*L.D.M.\* : Límite de Detección del Método

(a) Los métodos indicados han sido subcontratados por un laboratorio acreditado por el INACAL-DA

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Quimpetrol Perú SAC.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

QUIMPETROL PERÚ S.A.C., Mz. A, Lt. 62 zona industrial – Talara Alta – Piura, Talara, Pariñas.

Telf. +51 073-381778- Cel 961 296 169 / 961 293 883 E-mail: [cotizaciones@quimpetrolperu.pe](mailto:cotizaciones@quimpetrolperu.pe); [informes@quimpetrolperu.pe](mailto:informes@quimpetrolperu.pe); [mercado@quimpetrolperu.pe](mailto:mercado@quimpetrolperu.pe)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-147



INFORME DE ENSAYO IE-MA-21-0251

#### IV. RESULTADOS

ITEM		7	8	9	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M/MA-0627	M/MA-0658	M/MA-0629	
CÓDIGO DEL CLIENTE:		AG-07-L	AG-08	AG-09	
COORDENADAS UTM WGS 84:		NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	
MATRIZ:		AGUA			
GRUPO:		NATURAL			
SUBGRUPO:		SUPERFICIAL			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		GMU-PO-005			
MUESTREO	FECHA :	2021-07-24	2021-07-24	2021-07-24	
	HORA :	12:09	12:30	12:36	
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	RESULTADOS		
<b>Metales <sup>(a)</sup></b>					
Aluminio	mg/L	0.002	0.027	0.045	0.062
Arsenico	mg/L	0.00004	0.00793	0.00399	0.00532
Azufre	mg/L	3.70	41.2	243	237
Berilio	mg/L	0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Bismuto	mg/L	0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Bario	mg/L	0.0003	0.0580	0.0651	0.0614
Boro	mg/L	0.002	0.079	0.143	0.200
Cadmio	mg/L	0.00001	<0.00001	0.00123	0.00197
Calcio	mg/L	0.08	45	393	369
Cerio	mg/L	0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Cobalto	mg/L	0.00003	<0.00003	0.00379	0.00336
Cobre	mg/L	0.0003	0.0034	0.0105	0.0135
Cromo	mg/L	0.001	0.001	0.002	0.002
Estaño	mg/L	0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004
Estroncio	mg/L	0.00004	0.31359	2.3176	2.2190
Hierro	mg/L	0.03	0.18	0.34	0.51
Plomo	mg/L	0.00006	0.00917	0.01021	0.01768
Fosforo	mg/L	0.008	0.074	0.075	0.078

"L.D.M." : Limite de Detección del Método

(a) Los métodos indicados han sido subcontratados por un laboratorio acreditado por el INACAL-DA

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Quimpetrol Perú SAC.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

QUIMPETROL PERÚ S.A.C., Mz. A, Lt. 62 zona industrial – Talara Alta – Piura, Talara, Pariñas.

Telf. +51 073-381778- Cel 961 296 169 / 961 293 883 E-mail: [cotizaciones@quimpetrolperu.pe](mailto:cotizaciones@quimpetrolperu.pe); [informes@quimpetrolperu.pe](mailto:informes@quimpetrolperu.pe); [cmercado@quimpetrolperu.pe](mailto:cmercado@quimpetrolperu.pe)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL -  
DA CON REGISTRO N° LE-147



INFORME DE ENSAYO IE-MA-21-0251

#### IV. RESULTADOS

ITEM			7	8	9
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M/MA-0627	M/MA-0658	M/MA-0629
CÓDIGO DEL CLIENTE:			AG-07-L	AG-08	AG-09
COORDENADAS UTM WGS 84:			NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
MATRIZ:			AGUA		
GRUPO:			NATURAL		
SUBGRUPO:			SUPERFICIAL		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			GMU-PO-005		
MUESTREO		FECHA :	2021-07-24	2021-07-24	2021-07-24
		HORA :	12:09	12:30	12:36
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	RESULTADOS		
<b>Metales <sup>(a)</sup></b>					
Litio	mg/L	0.0001	0.0275	0.1133	0.1388
Manganeso	mg/L	0.00006	0.17518	22.317	19.949
Magnesio	mg/L	0.001	31.0	46.7	42.0
Mercurio	mg/L	0.000070	<0.00007	<0.00007	<0.00007
Molibdeno	mg/L	0.00003	<0.00003	0.01354	0.01261
Niquel	mg/L	0.0009	<0.0009	0.0070	0.0070
Potasio	mg/L	0.08	4.7	14	14
Plata	mg/L	0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Selenio	mg/L	0.00004	0.00279	0.00687	0.00928
Silicio	mg/L	1.56	5.23	3.33	4.28
Sodio	mg/L	0.01	7.7	16	17
Talio	mg/L	0.00001	<0.00001	0.00107	0.00113
Titanio	mg/L	0.0006	<0.0006	<0.0006	0.00
Torio	mg/L	0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Uranio	mg/L	0.00001	<0.00001	0.00032	<0.00001
Vanadio	mg/L	0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Wolframio	mg/L	0.00002	<0.00002	0.00497	0.00468
Zinc	mg/L	0.002	36.1	49.6	41.9

"L.D.M." : Límite de Detección del Método

(a) Los métodos indicados han sido subcontratados por un laboratorio acreditado por el INACAL-DA

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Quimpetrol Perú SAC.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

"FIN DEL INFORME"

QUIMPETROL PERÚ S.A.C., Mz. A, Lt. 62 zona industrial – Talara Alta – Piura, Talara, Paríñas.

Telf. +51 073-381778- Cel 961 296 169 / 961 293 883 E-mail: [cotizaciones@quimpetrolperu.pe](mailto:cotizaciones@quimpetrolperu.pe); [informes@quimpetrolperu.pe](mailto:informes@quimpetrolperu.pe);  
[cmmercado@quimpetrolperu.pe](mailto:cmmercado@quimpetrolperu.pe)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

## INFORME DE ENSAYO N° 2205177A

Código de Laboratorio		2205177A-01	2205177A-02	2205177A-03		
Identificación de la Muestra		1,1	1,2	1,3		
(1) Descripción del Punto de Muestreo		Ribera de río, rocosa con vegetación del lugar	Ribera de río, rocosa con vegetación del lugar	Ribera de río, rocosa con vegetación del lugar		
(1) Fecha y hora de muestreo		19/05/2022 12:50	19/05/2022 12:55	19/05/2022 13:05		
(1) Ubicación Geográfica (WGS-84)		NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA		
Tipo de Matriz y/o Producto		AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RÍO				
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Cloruro WAD	mg/L	0,008	0,025	<0,008	<0,008	<0,008
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A
Cloruros	mg/L	1,67	5,00	6,33	11,20	10,71
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		0,51	0,66	0,86
Color Verdadero	Pt/Co	1,67	5,00	<1,67	<1,67	<1,67
	Pt/Co	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	0,6	0,5	0,6
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		0,1	0,1	0,1
Fenoles	mg/L	0,0005	0,0020	<0,0005	<0,0005	<0,0005
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A
Nitros	mg/L	0,01	0,04	0,23	0,19	0,20
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		0,02	0,02	0,32
Sulfatos	mg/L	0,67	2,00	1 067,07	909,15	923,34
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		89,66	74,99	76,16
Oxígeno Disuelto	mg/L	-	-	7,6	7,5	7,6
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		0,7	0,6	0,7

Nota:

Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas al laboratorio.

La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno, vidrio y polietileno ámbar.

La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.

L.C.M. Límite de cuantificación del método; L.D.M. Límite de detección del método.

N/A: No Aplica, por ser resultados menores al límite de detección.

Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.

(1) Datos proporcionados por el cliente.

  
 Leonor Lucía Morcoco Yuto  
 JEFE DE LABORATORIO DE FQ  
 R-LAB S.A.C.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

## INFORME DE ENSAYO N° 2205178A

Código de Laboratorio		2205178A-01	2205178A-02	2205178A-03		
Identificación de la Muestra		2.1	2.2	2.3		
(1) Descripción del Punto de Muestreo		Ribera de río, rocosa, sin vegetación.	Ribera de río, rocosa, sin vegetación.	Ribera de río, rocosa, sin vegetación.		
(1) Fecha y hora de muestreo		18/05/2022 13:38	18/05/2022 13:55	18/05/2022 14:10		
(1) Ubicación Geográfica (WGS-84)		NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA		
Tipo de Matriz y/o Producto		AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RIO				
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Cianuro WAD	mg/L	0,008	0,025	<0,008	<0,008	<0,008
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A
Cloruros	mg/L	1,67	5,00	6,82	6,82	5,36
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		0,54	0,54	0,43
Color Verdadero	Pt/Co	1,67	5,00	<1,67	<1,67	<1,67
	Pt/Co	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	<0,1	<0,1	<0,1
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A
Fenoles	mg/L	0,0005	0,0020	<0,0005	<0,0005	<0,0005
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A
Nitratos	mg/L	0,01	0,04	0,18	0,19	0,87
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		0,02	0,02	0,01
Sulfatos	mg/L	0,67	2,00	893,38	812,30	308,77
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		73,69	75,25	25,47
Oxígeno Disuelto	mg/L	-	-	7,8	7,9	7,9
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		0,7	0,7	0,7

**Nota:**

Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas al laboratorio.

La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno, vidrio y polietileno ámbar.

La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.

L.C.M. Límite de cuantificación del método; L.D.M. Límite de detección del método.

N/A: No Aplica, por ser resultados menores al límite de detección.

Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.

(1) Datos proporcionados por el cliente.

  
 Leonor Lucia Morocolla Yuto  
 JEFE DE LABORATORIO DE PQ  
 R-LAB S.A.C.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

## INFORME DE ENSAYO N° 2205179A

Código de Laboratorio		2205179A-01	2205179A-02	2205179A-03		
Identificación de la Muestra		3.1	3.2	3.3		
(1) Descripción del Punto de Muestreo		Laguna con vegetación, musgos, y presencia de aves del lugar	Laguna con vegetación, musgos, y presencia de aves del lugar.	Laguna con vegetación, musgos, y presencia de aves del lugar.		
(1) Fecha y hora de muestreo		19/05/2022 15:10	19/05/2022 15:15	19/05/2022 15:22		
(1) Ubicación Geográfica (WGS-84)		NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA		
Tipo de Matriz y/o Producto		AGUA NATURAL SUPERFICIAL - LAGUNA				
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Cloruro WAD	mg/L	0,008	0,025	<0,008	<0,008	<0,008
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A
Cloruro	mg/L	1,67	5,00	<1,67	<1,67	<1,67
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A
Color Verdadero	PtCo	1,67	5,00	17,50	18,30	14,50
	PtCo	Incertidumbre de la Medición ±		1,31	1,37	1,08
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	<0,1	3,5	0,8
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	0,3	0,1
Fenoles	mg/L	0,0005	0,0020	<0,0005	<0,0005	<0,0005
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A
Nitratos	mg/L	0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A
Sulfatos	mg/L	0,67	2,00	178,61	148,96	168,68
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		14,73	12,29	13,91
Oxígeno Disuelto	mg/L	-	-	6,9	6,5	6,8
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		0,6	0,6	0,6

**Nota:**

Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas al laboratorio.

La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno, vidrio y polietileno ámbar.

La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.

L.C.M: Límite de cuantificación del método; L.D.M: Límite de detección del método.

N/A: No Aplica, por ser resultados menores al límite de detección.

Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.

(1) Datos proporcionados por el cliente.

  
 Leonor Lucía Morcoccia Yuto  
 JEFE DE LABORATORIO DE FQ  
 R-LAB S.A.C.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

## INFORME DE ENSAYO N° 2205177A

Norma de Referencia			
Tipo de Ensayo	Código	Título	Año de Versión o Edición
Cianuro WAD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 4500-CN- I, F. 23rd Ed	Cyanide, Weak Acid Dissociable Cyanide, Cyanide-Ion Selective Electrode Method	2017
Cloruro	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 4500-Cl B, 23rd Ed	Chloride, Argentometric Method	2017
Color Verdadero	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed	Color (Spectrophotometric - Single-Wavelength Method (Proposed))	2017
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA/AWWA-WEF Part. 5210 B 23rd Ed	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test	2017
Fenoles	SMEWW - APHA-AWWA-WEF Part. 5530 B, C 23rd Ed	Phenols, Cleanup procedure, Chloroform extraction method	2017
Nitritos	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 4500-NO2 B, 23rd Ed	Nitrogen (Nitrite), Colorimetric Method	2017
Sulfatos	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 4500-SO4(2 <sup>-</sup> ) E, 23rd Ed.	Sulfate, Turbidimetric Method	2017
Oxígeno Disuelto	SMEWW - APHA - AWWA - WEF, Part. 4500 - O C, 23rd Ed.	Oxygen Dissolved, Azide Modification	2017

Fin del documento

  
 Leonor Lucia Morcocola Yutu  
 JEFE DE LABORATORIO DE FQ  
 R-LAB S.A.C.



Nº de Referencia: A-22/060136

Descripción(\*): 1.1 / Zona con Vegetación y Rocas

Tipo Muestra: Agua Río

Fecha Fin: 24/05/2022

## RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio Total	0,148	mg/L	±0,0193	
Antimonio Total	0,00833	mg/L	±0,00099 9	
Arsénico Total	0,00708	mg/L	±0,00092 1	
Bario Total	0,0577	mg/L	±0,0081	
Berilio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Bismuto Total	< 0,00001	mg/L	-	
Boro Total	0,210	mg/L	±0,0399	
Cadmio Total	0,00153	mg/L	±0,00019 9	
Calcio Total	338	mg/L	±47,4	
Cerio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Cobalto Total	0,00339	mg/L	±0,00033 9	
Cobre Total	0,0549	mg/L	±0,00604	
Cromo Total	< 0,001	mg/L	-	
Estaño Total	< 0,00004	mg/L	-	
Estroncio Total	1,8548	mg/L	±0,31530 9	
Fósforo Total	0,042	mg/L	±0,0072	
Hierro Total	0,7777	mg/L	±0,07777	
Litio Total	0,1255	mg/L	±0,01381	
Magnesio Total	45,7	mg/L	±2,287	
Manganeso Total	18,999	mg/L	±2,46986	
Mercurio Total	< 0,000070	mg/L	-	
Molibdeno Total	0,01731	mg/L	±0,00294 2	
Niquel Total	0,0179	mg/L	±0,00215	
Plata Total	< 0,00006	mg/L	-	
Plomo Total	0,02285	mg/L	±0,00411 2	
Potasio Total	10	mg/L	±1,34	
Selenio Total	< 0,00004	mg/L	-	
Sodio Total	17	mg/L	±2,49	
Talio Total	0,00098	mg/L	±0,00016 6	
Titanio Total	< 0,0006	mg/L	-	
Torio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Uranio Total	0,00031	mg/L	±0,00005 2	
Vanadio Total	< 0,006	mg/L	-	
Wolframio Total	0,00219	mg/L	±0,00026 3	
Zinc Total	0,454	mg/L	±0,0771	

Nº de Referencia: A-22/060137

Descripción(\*): 1.2 / Zona con Vegetación y Rocas

Tipo Muestra: Agua Rio

Fecha Fin: 24/05/2022

## RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio Total	0,140	mg/L	±0,0182	
Antimonio Total	0,00833	mg/L	±0,00100 0	
Arsénico Total	0,00786	mg/L	±0,00102 2	
Bario Total	0,0555	mg/L	±0,0078	
Berilio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Bismuto Total	< 0,00001	mg/L	-	
Boro Total	0,341	mg/L	±0,0649	
Cadmio Total	0,00131	mg/L	±0,00017 0	
Calcio Total	317	mg/L	±44,4	
Cerio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Cobalto Total	0,00319	mg/L	±0,00031 9	
Cobre Total	0,0962	mg/L	±0,01059	
Cromo Total	< 0,001	mg/L	-	
Estaño Total	< 0,00004	mg/L	-	
Estroncio Total	1,8708	mg/L	±0,31803 5	
Fósforo Total	0,055	mg/L	±0,0094	
Hierro Total	0,7565	mg/L	±0,07565	
Litio Total	0,2457	mg/L	±0,02702	
Magnesio Total	43,9	mg/L	±2,197	
Manganeso Total	16,465	mg/L	±2,14045	
Mercurio Total	< 0,000070	mg/L	-	
Molibdeno Total	0,01667	mg/L	±0,00283 4	
Niquel Total	0,0702	mg/L	±0,00843	
Plata Total	< 0,00006	mg/L	-	
Plomo Total	0,02192	mg/L	±0,00394 6	
Potasio Total	11	mg/L	±1,44	
Selenio Total	< 0,00004	mg/L	-	
Sodio Total	25	mg/L	±3,71	
Talio Total	0,00095	mg/L	±0,00016 1	
Titanio Total	< 0,0006	mg/L	-	
Torio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Uranio Total	0,00031	mg/L	±0,00005 3	
Vanadio Total	< 0,006	mg/L	-	
Wolframio Total	0,00217	mg/L	±0,00026 0	
Zinc Total	0,416	mg/L	±0,0707	

Nº de Referencia: A-22/060138

Descripción(\*): 1.3 / Zona con Vegetación y Rocas

Tipo Muestra: Agua Río

Fecha Fin: 24/05/2022

## RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio Total	0,185	mg/L	±0,0240	
Antimonio Total	0,00777	mg/L	±0,00093 3	
Arsénico Total	0,00816	mg/L	±0,00106 1	
Bario Total	0,0558	mg/L	±0,0078	
Berilio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Bismuto Total	< 0,00001	mg/L	-	
Boro Total	0,241	mg/L	±0,0459	
Cadmio Total	0,00142	mg/L	±0,00018 5	
Calcio Total	326	mg/L	±45,6	
Cerio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Cobalto Total	0,00343	mg/L	±0,00034 3	
Cobre Total	0,0518	mg/L	±0,00569	
Cromo Total	< 0,001	mg/L	-	
Estaño Total	< 0,00004	mg/L	-	
Estroncio Total	1,7605	mg/L	±0,29928 0	
Fósforo Total	0,052	mg/L	±0,0088	
Hierro Total	0,9331	mg/L	±0,09331	
Litio Total	0,1511	mg/L	±0,01663	
Magnesio Total	43,8	mg/L	±2,192	
Manganeso Total	18,207	mg/L	±2,36695	
Mercurio Total	< 0,000070	mg/L	-	
Molibdeno Total	0,01566	mg/L	±0,00266 3	
Níquel Total	0,0178	mg/L	±0,00213	
Plata Total	< 0,00006	mg/L	-	
Plomo Total	0,02902	mg/L	±0,00522 4	
Potasio Total	9,6	mg/L	±1,25	
Selenio Total	< 0,00004	mg/L	-	
Sodio Total	17	mg/L	±2,57	
Talio Total	0,00100	mg/L	±0,00016 9	
Titanio Total	< 0,0006	mg/L	-	
Torio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Uranio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Vanadio Total	< 0,006	mg/L	-	
Wolframio Total	0,00199	mg/L	±0,00023 8	
Zinc Total	0,441	mg/L	±0,0749	

Nº de Referencia: A-22/060139

Descripción(\*): 2.1 / Ribera Río rocoso sin Vegetación

Tipo Muestra: Agua Río

Fecha Fin: 24/05/2022

## RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio Total	0,128	mg/L	±0,0166	
Antimonio Total	0,00727	mg/L	±0,00087 2	
Arsénico Total	0,00685	mg/L	±0,00089 1	
Bario Total	0,0561	mg/L	±0,0079	
Berilio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Bismuto Total	< 0,00001	mg/L	-	
Boro Total	0,222	mg/L	±0,0422	
Cadmio Total	0,00154	mg/L	±0,00020 1	
Calcio Total	305	mg/L	±42,7	
Cerio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Cobalto Total	0,00284	mg/L	±0,00028 4	
Cobre Total	0,0584	mg/L	±0,00642	
Cromo Total	< 0,001	mg/L	-	
Estaño Total	< 0,00004	mg/L	-	
Estroncio Total	1,7297	mg/L	±0,29404 9	
Fósforo Total	0,037	mg/L	±0,0063	
Hierro Total	0,6946	mg/L	±0,06946	
Litio Total	0,1424	mg/L	±0,01567	
Magnesio Total	43,9	mg/L	±2,193	
Manganeso Total	18,705	mg/L	±2,43161	
Mercurio Total	< 0,000070	mg/L	-	
Molibdeno Total	0,01399	mg/L	±0,00237 8	
Níquel Total	0,0193	mg/L	±0,00231	
Plata Total	< 0,00006	mg/L	-	
Plomo Total	0,02654	mg/L	±0,00477 8	
Potasio Total	8,9	mg/L	±1,16	
Selenio Total	< 0,00004	mg/L	-	
Sodio Total	16	mg/L	±2,39	
Talio Total	0,00098	mg/L	±0,00016 6	
Titanio Total	< 0,0006	mg/L	-	
Torio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Uranio Total	0,00032	mg/L	±0,00005 5	
Vanadio Total	< 0,006	mg/L	-	
Wolframio Total	0,00186	mg/L	±0,00022 4	
Zinc Total	0,415	mg/L	±0,0705	

Nº de Referencia: A-22/060140

Tipo Muestra: Agua Rio

Descripción(\*): 2.2 / Ribera Río rocoso sin Vegetación

Fecha Fin: 24/05/2022

## RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio Total	0,150	mg/L	±0,0195	
Antimonio Total	0,00691	mg/L	±0,00083 0	
Arsénico Total	0,00672	mg/L	±0,00087 3	
Bario Total	0,0564	mg/L	±0,0079	
Berilio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Bismuto Total	< 0,00001	mg/L	-	
Boro Total	0,228	mg/L	±0,0433	
Cadmio Total	0,00153	mg/L	±0,00019 9	
Calcio Total	316	mg/L	±44,2	
Cerio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Cobalto Total	0,00308	mg/L	±0,00030 8	
Cobre Total	0,0553	mg/L	±0,00608	
Cromo Total	< 0,001	mg/L	-	
Estaño Total	< 0,00004	mg/L	-	
Estroncio Total	1,7661	mg/L	±0,30023 5	
Fósforo Total	0,024	mg/L	±0,0041	
Hierro Total	0,7331	mg/L	±0,07331	
Litio Total	0,1437	mg/L	±0,01581	
Magnesio Total	45,6	mg/L	±2,279	
Manganeso Total	19,274	mg/L	±2,50564	
Mercurio Total	< 0,000070	mg/L	-	
Molibdeno Total	0,01447	mg/L	±0,00246 0	
Niquel Total	0,0182	mg/L	±0,00219	
Plata Total	< 0,00006	mg/L	-	
Plomo Total	0,02243	mg/L	±0,00403 8	
Potasio Total	9,2	mg/L	±1,20	
Selenio Total	< 0,00004	mg/L	-	
Sodio Total	17	mg/L	±2,49	
Talio Total	0,00101	mg/L	±0,00017 1	
Titanio Total	< 0,0006	mg/L	-	
Torio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Uranio Total	0,00034	mg/L	±0,00005 7	
Vanadio Total	< 0,006	mg/L	-	
Wolframio Total	0,00179	mg/L	±0,00021 5	
Zinc Total	0,420	mg/L	±0,0714	

Nº de Referencia: A-22/D60141

Descripción(\*): 2.3 / Ribera Río rocoso sin Vegetación

Tipo Muestra: Agua Río

Fecha Fin: 24/05/2022

## RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio Total	0,053	mg/L	±0,0069	
Antimonio Total	0,00558	mg/L	±0,00066 9	
Arsénico Total	0,00891	mg/L	±0,00115 8	
Bario Total	0,0627	mg/L	±0,0088	
Berilio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Bismuto Total	< 0,00001	mg/L	-	
Boro Total	0,079	mg/L	±0,0150	
Cadmio Total	0,00036	mg/L	±0,00004 7	
Calcio Total	138	mg/L	±19,3	
Cerio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Cobalto Total	0,00093	mg/L	±0,00009 3	
Cobre Total	0,0386	mg/L	±0,00424	
Cromo Total	< 0,001	mg/L	-	
Estaño Total	< 0,00004	mg/L	-	
Estroncio Total	0,67138	mg/L	±0,11413 5	
Fósforo Total	0,061	mg/L	±0,0103	
Hierro Total	0,2648	mg/L	±0,02648	
Litio Total	0,0492	mg/L	±0,00542	
Magnesio Total	31,8	mg/L	±1,588	
Manganeso Total	6,4831	mg/L	±0,84280 8	
Mercurio Total	< 0,000070	mg/L	-	
Molibdeno Total	0,00515	mg/L	±0,00087 6	
Níquel Total	0,0144	mg/L	±0,00172	
Plata Total	< 0,00006	mg/L	-	
Plomo Total	0,01015	mg/L	±0,00182 7	
Potasio Total	3,9	mg/L	±0,504	
Selenio Total	< 0,00004	mg/L	-	
Sodio Total	6,6	mg/L	±0,996	
Talio Total	0,00040	mg/L	±0,00006 8	
Titanio Total	< 0,0006	mg/L	-	
Torio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Uranio Total	0,00065	mg/L	±0,00011 1	
Vanadio Total	< 0,006	mg/L	-	
Wolframio Total	0,00063	mg/L	±0,00007 6	
Zinc Total	0,188	mg/L	±0,0319	



Nº de Referencia: A-22/060142

Descripción(\*): 3.1 / Laguna con musgas y otras especies Vegetales, Aves

Tipo Muestra: Agua de Laguna/ Lago

Fecha Fin: 24/05/2022

## RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio Total	0,116	mg/L	±0,0151	
Antimonio Total	0,00148	mg/L	±0,000178	
Arsénico Total	0,01106	mg/L	±0,001437	
Bario Total	0,0677	mg/L	±0,0095	
Berilio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Bismuto Total	< 0,00001	mg/L	-	
Boro Total	0,116	mg/L	±0,0220	
Cadmio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Calcio Total	44	mg/L	±6,11	
Cerio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Cobalto Total	< 0,00003	mg/L	-	
Cobre Total	0,0219	mg/L	±0,00240	
Cromo Total	< 0,001	mg/L	-	
Estaño Total	< 0,00004	mg/L	-	
Estroncio Total	0,25079	mg/L	±0,042635	
Fósforo Total	0,194	mg/L	±0,0330	
Hierro Total	0,7044	mg/L	±0,07044	
Litio Total	0,0316	mg/L	±0,00348	
Magnesio Total	31,6	mg/L	±1,579	
Manganeso Total	0,32997	mg/L	±0,042896	
Mercurio Total	< 0,000070	mg/L	-	
Molibdeno Total	< 0,00003	mg/L	-	
Niquel Total	0,0090	mg/L	±0,00108	
Plata Total	< 0,00006	mg/L	-	
Plomo Total	0,03463	mg/L	±0,006233	
Potasio Total	3,3	mg/L	±0,432	
Selenio Total	< 0,00004	mg/L	-	
Sodio Total	8,0	mg/L	±1,21	
Talio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Titanio Total	0,0025	mg/L	±0,00020	
Torio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Uranio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Vanadio Total	< 0,006	mg/L	-	
Wolframio Total	< 0,00002	mg/L	-	
Zinc Total	0,119	mg/L	±0,0202	

Nº de Referencia: A-22/060143

Tipo Muestra: Agua de Laguna/ Lago

Descripción(\*): 3.2 / Laguna con musgos y otras especies Vegetales, Aves

Fecha Fin: 24/05/2022

## RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio Total	0,071	mg/L	±0,0092	
Antimonio Total	0,00132	mg/L	±0,000158	
Arsénico Total	0,01114	mg/L	±0,001448	
Bario Total	0,0650	mg/L	±0,0091	
Berilio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Bismuto Total	< 0,00001	mg/L	-	
Boro Total	0,138	mg/L	±0,0262	
Cadmio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Calcio Total	45	mg/L	±6,25	
Cerio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Cobalto Total	< 0,00003	mg/L	-	
Cobre Total	0,0260	mg/L	±0,00286	
Cromo Total	< 0,001	mg/L	-	
Estaño Total	< 0,00004	mg/L	-	
Estroncio Total	0,25968	mg/L	±0,044146	
Fósforo Total	0,235	mg/L	±0,0400	
Hierro Total	0,4102	mg/L	±0,04102	
Litio Total	0,0262	mg/L	±0,00288	
Magnesio Total	31,1	mg/L	±1,556	
Manganeso Total	0,25842	mg/L	±0,033595	
Mercurio Total	< 0,000070	mg/L	-	
Molibdeno Total	< 0,00003	mg/L	-	
Níquel Total	0,0115	mg/L	±0,00137	
Plata Total	< 0,00006	mg/L	-	
Plomo Total	0,01960	mg/L	±0,003527	
Potasio Total	4,3	mg/L	±0,553	
Selenio Total	< 0,00004	mg/L	-	
Sodio Total	8,0	mg/L	±1,20	
Talio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Titanio Total	0,0022	mg/L	±0,00018	
Torio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Uranio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Vanadio Total	< 0,006	mg/L	-	
Wolframio Total	< 0,00002	mg/L	-	
Zinc Total	0,087	mg/L	±0,0147	

Nº de Referencia: A-22/060144

Tipo Muestra: Agua de Laguna/ Lago

Descripción(\*): 3.3 / Laguna con musgos y otras especies Vegetales, Aves

Fecha Fin: 24/05/2022

## RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio Total	0,022	mg/L	±0,0029	
Antimonio Total	0,00115	mg/L	±0,00013 9	
Arsénico Total	0,00793	mg/L	±0,00103 0	
Bario Total	0,0431	mg/L	±0,0060	
Berilio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Bismuto Total	< 0,00001	mg/L	-	
Boro Total	0,087	mg/L	±0,0165	
Cadmio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Calcio Total	34	mg/L	±4,73	
Cerio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Cobalto Total	< 0,00003	mg/L	-	
Cobre Total	0,0291	mg/L	±0,00320	
Cromo Total	< 0,001	mg/L	-	
Estaño Total	< 0,00004	mg/L	-	
Estroncio Total	0,23052	mg/L	±0,03918 8	
Fósforo Total	0,049	mg/L	±0,0084	
Hierro Total	0,1274	mg/L	±0,01274	
Litio Total	0,0320	mg/L	±0,00352	
Magnesio Total	30,3	mg/L	±1,517	
Manganeso Total	0,06392	mg/L	±0,00831 0	
Mercurio Total	< 0,000070	mg/L	-	
Molibdeno Total	< 0,00003	mg/L	-	
Níquel Total	0,0133	mg/L	±0,00159	
Plata Total	< 0,00006	mg/L	-	
Plomo Total	0,00602	mg/L	±0,00108 3	
Potasio Total	3,0	mg/L	±0,393	
Selenio Total	< 0,00004	mg/L	-	
Sodio Total	7,9	mg/L	±1,19	
Talio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Titanio Total	< 0,0006	mg/L	-	
Torio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Uranio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Vanadio Total	< 0,006	mg/L	-	
Wolframio Total	< 0,00002	mg/L	-	
Zinc Total	0,067	mg/L	±0,0114	

Nº de Referencia: A-22/060136

Tipo Muestra: Agua Rio

Descripción(\*): 1.1 / Zona con Vegetación y Rocas

Fecha Fin: 24/05/2022

## ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,002 mg/L
Antimonio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00002 mg/L
Arsénico Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00004 mg/L
Bario Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,0003 mg/L
Berilio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00001 mg/L
Bismuto Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,00001 mg/L
Boro Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,002 mg/L
Cadmio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00001 mg/L
Calcio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,08 mg/L
Cerio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,00001 mg/L
Cobalto Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00003 mg/L
Cobre Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,0003 mg/L
Cromo Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,001 mg/L
Estaño Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,00004 mg/L
Estroncio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,00004 mg/L
Fósforo Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,008 mg/L
Hierro Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,0300 mg/L
Litio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,0001 mg/L
Magnesio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,001 mg/L
Manganeso Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00006 mg/L
Mercurio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,000070 mg/L
Molibdeno Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00003 mg/L
Niquel Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,0009 mg/L
Plata Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00006 mg/L
Plomo Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00006 mg/L
Potasio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,08 mg/L
Selenio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00004 mg/L
Sodio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,01 mg/L
Talio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00001 mg/L
Titanio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,0006 mg/L
Torio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00001 mg/L

Nº de Referencia:	A-22/060136	Tipo Muestra:	Agua Río
Descripción(*):	1.1 / Zona con Vegetación y Rocas	Fecha Fin:	24/05/2022

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
<b>Metales Totales</b>				
Uranio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00001 mg/L
Vanadio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,006 mg/L
Wolframio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,00002 mg/L
Zinc Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,002 mg/L