

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS AGUAS DEL RÍO  
RONQUILLO INFLUENCIADAS POR FACTORES EXTERNOS,  
COMPARADO CON LOS ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA  
CONSUMO HUMANO (ECA-1A)**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO**

**AUTOR:**

Bach. Zambrano Rojas Jason Marcelino

**ASESOR:**

M.Cs. Arapa Vilva Vicor Ausberto

**CAJAMARCA - PERU**

**2023**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres Marcelino y Catalina por apoyarme en todo momento, por los valores que me inculcaron y por darme la oportunidad de tener una educación maravillosa a lo largo de mi vida. Especialmente convertirse en un ejemplo perfecto para la vida a seguir.

Hacer de mis hermanas una parte importante de mi vida y de la unidad familiar. A Cinthia y Victoria por ser un modelo a seguir para el desarrollo de carrera a seguir, a Katherine por llenar mi vida de alegría cuando más lo necesitaba.

A mi abuelito Juan que desde el cielo guía y cuida mi camino.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi madre por ser el pilar y por mostrarme siempre su amor y apoyo incondicional, a mi padre que me guió en mi carrera.

## ÍNDICE

Ítems	Pág.
ABREVIATURAS .....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT .....	ix
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS .....	4
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	4
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	4
2.1.3. Antecedentes Locales .....	5
2.2. BASES TEÓRICAS .....	5
2.2.1. Factores Físicos: .....	5
2.2.2. Factores Químicos:.....	6
2.2.3. Criterios que permiten definir la calidad del agua según el uso destinado.....	7
2.2.4. Contaminantes naturales del agua.....	11
2.2.5. El flúor en la naturaleza .....	12
2.2.6. Arsénico, el contaminante natural más agresivo.....	12
2.2.7. Del agua de lluvia a la tecnología.....	13
2.2.8. Metales Pesados en el Agua .....	13
2.2.9. Factores que determinan la composición química de las aguas naturales .....	14
2.2.10. Concepto de eutrofización .....	14
2.2.11. Agua eutrófica y oligotrófica.....	15
2.2.12. Nutrientes que eutrofizan las aguas.....	15
2.2.13. Medida del grado de eutrofización .....	16
2.2.14. Contaminación por fitosanitarios .....	16
2.2.15. Efectos provocados por la materia inorgánica .....	17
2.2.16. Factores geólogo-geomorfológicos .....	17
2.2.17. Factores hidrogeológicos.....	18
2.2.18. Factores pedológicos .....	18
2.2.19. Factores climáticos .....	18
2.2.20. Factor antropogénico .....	19

	<b>Pág.</b>
2.2.21. Factores químico-físicos.....	19
2.2.22. Alteración de la calidad del agua .....	20
2.2.23. Contaminantes químicos.....	22
2.2.24. Estándares de Calidad Ambiental para el agua (ECA) .....	26
2.2.25. Modificación de los Estándares de Calidad Ambiental para el agua .....	30
2.2.25.2. Categoría 2: Actividades de Extracción y Cultivo Marino Costeras y Continentales .....	32
2.2.25.3. Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales .....	33
2.2.25.4. Categoría 4: Conservación del ambiente acuático .....	33
2.2.26. Cuenca Hidrográfica.....	34
2.2.27. División de la cuenca .....	35
2.2.28. Índices de Calidad de Agua (ICA) .....	38
2.2.29. Importancia de la Calidad del Agua.....	39
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	39
CAPÍTULO III.....	41
MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
3.1.1 Ubicación Geográfica.....	41
3.1.2 Ubicación Hidrográfica.....	41
3.1.3 Accesibilidad .....	41
3.2 PROCEDIMIENTO Y TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS .....	42
3.2.1 Metodología: .....	42
3.2.1.1 Trabajo de Gabinete: .....	42
3.2.1.2 Trabajo de Campo: .....	42
3.2.2 Definición de variables.....	43
3.2.2.1 Variable independiente:.....	43
3.2.2.2 Variable dependiente: .....	43
3.2.2.3 Población de estudio.....	43
3.2.2.4 Muestra. ....	43
3.2.2.5 Unidad de análisis.....	43
3.2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	43
3.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MICROCUENCA .....	44
3.3.1 Clima .....	44
3.3.2 Hidrografía .....	48
3.3.3 Geología.....	48
3.3.3.1 Depósitos aluviales (Qh-al) .....	48

	<b>Pág.</b>
3.3.3.2 Depósitos coluviales (Qh-co).....	48
3.3.3.3 Depósitos fluviales (Qh-fl) .....	49
3.3.3.4 Depósitos glaciares o morrenas (Qpl-mo) .....	49
3.3.3.5 Grupo Pulluicana .....	49
3.3.3.6 Grupo Crisnejas .....	50
3.3.3.7 Grupo Goyllarisquizga .....	51
3.3.4 Geología Local .....	52
3.3.5 Geomorfología .....	52
3.3.6 Eventos Geodinámicos .....	54
3.3.7 Geología Ambiental.....	55
3.3.7.1 Recursos Hídricos.....	55
3.3.7.2 Recurso Suelo .....	55
3.3.7.3 Situación actual del agua .....	56
3.4.1 Muestreo.....	56
3.4.1.1 Determinación del número de muestras.....	57
3.4.1.2 Selección de parámetros de muestreo.....	57
3.4.1.3 Recipientes utilizados para muestreo .....	60
3.4.1.4 Etiquetado.....	60
3.4.1.5 Forma de recolectar las muestras .....	61
3.4.1.6 Preservación, conservación y traslado de las muestras al laboratorio de análisis. .	61
3.4.1.7 Preservación de las muestras .....	62
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>63</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>63</b>
<b>4.1 RESULTADOS Y ANÁLISIS .....</b>	<b>63</b>
4.1.1 Ubicación de las estaciones de muestreo .....	63
4.1.2 Parámetros establecidos por el ANA .....	63
4.1.2 Parámetros ECA Categoría 1 Analizados.....	68
4.1.3 Resultados por parámetro .....	69
4.1.4. Análisis de datos .....	80
<b>4.2. Contrastación de la hipótesis.....</b>	<b>83</b>
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>84</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>84</b>
<b>5.1 CONCLUSIONES.....</b>	<b>84</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>85</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>86</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 01. parámetros que definen la calidad de agua para preservación de fauna y flora, en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas. ....	8
Tabla 02. Parámetros del agua para ser potabilizada.....	10
Tabla 03. Parámetros de agua para ser potabilizada contratamiento de desinfección. ....	11
Tabla 04 Datos sobre deterioro de la calidad del agua en el Perú.....	23
Tabla 05. Definición de los parámetros Físico - Químicos. ....	27
Tabla 06. Definición de los parámetros Inorgánicos. ....	28
Tabla 07. Definición de los parámetros Orgánicos y Biológicos. ....	29
Tabla 08. Modificación ECA para el agua .....	31
Tabla 09. Zonificación de la cuenca .....	37
Tabla 10. Orden de una cuenca. ....	37
Tabla 11. ICA como herramienta de evaluación de calidad de agua. Ventajas y limitaciones.....	38
Tabla 12. Accesibilidad al área de estudio.....	41
Tabla 13. Métodos de Ensayo para los parámetros.....	58
Tabla 14. Datos tomados al recolectar la muestra.....	61
Tabla 15. Coordenadas de las estaciones de muestreo.....	63
Tabla 16. Parámetros ECA categoría 1 analizados.....	64
Tabla 17. Parámetros considerados en las muestras tomadas.....	65
Tabla 18. Coordenadas de estación de muestreo.....	65
Tabla 19. El periodo de muestreo se realizó de abril del 2013 a marzo del 2014, obteniendo los siguientes resultados.....	66
Tabla 20. Resumen del Índice de Calidad del Agua ICA en las 3 estaciones monitoreadas en el Río Ronquillo.....	66
Tabla 21. Estaciones de Monitoreo.....	66
Tabla 22. Resultados del análisis de la muestra con fecha 20/09/2021.....	67
Tabla 23. Parámetros ECA categoría 1 analizados.....	68
Tabla 24. Comparación Resultados Muestras vs ECA categoría 1.....	80
Tabla 25. Comparación Resultados Muestras del 2021 y 2023 vs ECA categoría 1.....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Cuenca hidrográfica (Riveros, 2016) .....	35
Figura 02. Cuenca, subcuenca y microcuenca (Casaverde, 2011) .....	36
Figura 03. Partes de la cuenca (Ordoñez, 2011) .....	39

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Climograma 2012-2022 (SENAMHI, 2022).....	45
Gráfico 02: Climograma 2012-2022 (SENAMHI, 2022).....	46
Gráfico 03: Diagrama de temperaturas máximas de los años 2012-2022 (SENAMHI 2022).....	46
Gráfico 04: Diagrama de temperaturas mínimas de los años 2012-2022 (SENAMHI 2022).....	47
Gráfico 05: Tabla de precipitaciones máximas de los años 2012-2022 (SENAMHI, 2022).....	47
Gráfico 06: Tabla de precipitaciones mínimas de los años 2012-2022 (SENAMHI, 2022).....	48
Gráfico 07: Resultados obtenidos por Aluminio.....	69
Gráfico 08: Resultados obtenidos por Arsénico.....	70

	<b>Pág.</b>
Gráfico 09: Resultados obtenidos por Boro.....	70
Gráfico 10: Resultados obtenidos por Bario.....	71
Gráfico 11: Resultados obtenidos por Cadmio.....	71
Gráfico 12: Resultados obtenidos por Cromo.....	72
Gráfico 13: Resultados obtenidos por Cobre.....	72
Gráfico 14: Resultados obtenidos por Hierro.....	73
Gráfico 15: Resultados obtenidos por Manganeso.....	73
Gráfico 16: Resultados obtenidos por Plomo.....	74
Gráfico 17: Resultados obtenidos por Selenio.....	74
Gráfico 18: Resultados obtenidos por Zinc.....	75
Gráfico 19: Resultados obtenidos por Níquel.....	75
Gráfico 20: Resultados obtenidos por Fluoruro.....	76
Gráfico 21: Resultados obtenidos por Cloruro.....	76
Gráfico 22: Resultados obtenidos por Nitrito.....	77
Gráfico 23: Resultados obtenidos por Sulfato.....	77
Gráfico 24: Resultados obtenidos por Nitrito+ Nitrito.....	78
Gráfico 25: Resultados obtenidos por Bicarbonato.....	78
Gráfico 26: Resultados obtenidos por Cianuro.....	79

## **ABREVIATURAS**

ECA: Estándar de Calidad del Agua

DQO: Demanda Química de Oxígeno

MINSA: Ministerio de Salud

MINAM: Ministerio del Ambiente

ANA: Autoridad Nacional del Agua

DBO: Demanda Biológica de Oxígeno

PSP: Porcentaje de Sodio Posible

RAS: Relación de Absorción de Sodio

SO<sub>4</sub>: Sulfatos

Ppm: Partes por Millón

OMS: Organización Mundial de la Salud

ICA: Índice de calidad del Agua

OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

RAE: Real Academia Español

ALA: Administración Local del Agua

L: Litros

Mg: Miligramos

PH: Potencial de Hidrógeno

## RESUMEN

El agua es uno de los recursos vitales para el desarrollo humano, por ende, cualquier alteración en su composición física o química es desfavorable para su uso. Los ríos son una de las principales fuentes que se ven afectados por contaminantes producto de la actividad humana, así como naturales. Por ello este trabajo tuvo como finalidad determinar la calidad de las aguas del Río Ronquillo cuenca Porcón, teniendo en cuenta que algunas de las formaciones geológicas que se encuentran a lo largo del recorrido del río cuya migración de metales y compuestos químicos en el ciclo exógeno para producir anomalías en las concentraciones de elementos como Aluminio (Al), Arsénico (As), Boro(B), Bario (Ba), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Plomo (Pb), Selenio (Se), Zinc (Zn), Níquel (Ni), Fluoruro(F-), Cloruro (Cl-), Nitrito (NO<sub>2</sub>-), Sulfato (SO<sub>4</sub>=), N-Nitrato+N-Nitrito, Bicarbonatos y Cianuro Wad, de igual manera la actividad humana que se desarrolla en su recorrido, siendo necesario realizar el análisis fisicoquímico de las aguas y compararlas con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Categoría I-A y determinar si es apta para el consumo humano.

Realizar el muestreo en cinco estaciones en diferentes periodos, para su posterior análisis, la estación MA-01 ubicada en la captación de la planta de tratamiento de agua potable Ronquillo y la estación MA-02 ubicada en la confluencia de tres ríos la misma que da el nombre del río Tres Ríos en la parte superior del valle de Cajamarca realizadas en el año 2021, la estación MA-03, MA-04 y MA-05 se encuentran en el recorrido del río realizadas en el año 2023, ambas muestras fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis según ECA categoría I. Con el resultado de los análisis se comprobó que los valores de las estaciones muestreadas están dentro de los parámetros estipulados por la norma para los estándares ambientales para consumo humano. Concluyendo que no existe alteración alguna ya sea de manera natural o antrópica, siendo posible su potabilización y tratamiento para su posterior distribución a la población.

**Palabras Claves:** Calidad, ECA, consumo humano, agua, migración, anomalías, exógeno, análisis.

## ABSTRACT

Water is one of the vital resources for human development, therefore, any alteration in its physical or chemical composition is unfavorable for its use. Rivers are one of the main sources that are affected by contaminants resulting from human activity, as well as natural ones. For this reason, the purpose of this work was to determine the quality of the waters of the Ronquillo River in the Porcón basin, taking into account that some of the geological formations found along the course of the river whose migration of metals and chemical compounds in the exogenous cycle to produce anomalies in the concentrations of elements such as Aluminum (Al), Arsenic (As), Boron (B), Barium (Ba), Cadmium (Cd), Chromium (Cr), Copper (Cu), Iron (Fe), Manganese (Mn), Lead (Pb), Selenium (Se), Zinc (Zn), Nickel (Ni), Fluoride (F<sup>-</sup>), Chloride (Cl<sup>-</sup>), Nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), Sulfate (SO<sub>4</sub><sup>=</sup>), N-Nitrate +N-Nitrite, Bicarbonates and Cyanide Wad, in the same way the human activity that takes place along its route, being necessary to carry out the physicochemical analysis of the waters and compare them with the Environmental Quality Standards (ECA) Category I-A and determine if it is suitable for human consumption.

Carry out the sampling in five stations in different periods, for its subsequent analysis, the MA-01 station located in the catchment of the Ronquillo drinking water treatment plant and the MA-02 station located at the confluence of three rivers, the same one that gives the name of the Tres Ríos river in the upper part of the Cajamarca valley carried out in the year 2021, the station MA-03, MA-04 and MA-05 are located in the course of the river carried out in the year 2023, both samples were sent to the laboratory for its respective analysis according to ECA category I. With the result of the analyzes it was verified that the values of the sampled stations are within the parameters stipulated by the norm for environmental standards for human consumption. Concluding that there is no alteration either naturally or anthropically, making it possible to purify and treat it for subsequent distribution to the population.

**Key words:** Quality, ECA, human consumption, water, anomalies, analysis.

## **CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN**

### **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

El río Ronquillo, cuenca Porcón tiene una extensión de 48 km<sup>2</sup>. Esta cuenta con un gran potencial y disponibilidad hídrica, la cual es usada para abastecer la planta de tratamiento de agua potable Ronquillo, así como también, una gran variedad de formaciones geológicas que van desde el Cretáceo inferior a la actualidad, incluida las últimas actividades volcánicas recientes del arco volcánico ocurridas en el Paleógeno Temprano. De la misma manea, se evidencian zonas de mineralización y alteración, cuya mineralogía es favorable a producir anomalías en las concentraciones de elementos, es así que, como resultado de la interacción agua-roca existen aguas ácidas naturales que vierten sus aguas directamente o como producto de la mezcla con agua superficial; formando parte de las quebradas y riachuelos.

Las aguas naturales, al estar en contacto con diferentes agentes aire, suelo, vegetación, subsuelo, incorporan parte de los mismos por disolución o arrastre, o incluso, en el caso de ciertos gases, por intercambio. Por tanto, es necesario sumar la presencia de un gran número de organismos acuáticos asociados a ellos a través de diversos procesos biológicos en los que se consumen y excretan diversas sustancias.

Esto hace que las aguas naturales pueden presentar un elevado número de sustancias en su composición química natural, dependiendo de diversos factores tales como las características de los terrenos atravesados, las concentraciones de gases disueltos. Entre los compuestos más comunes que se pueden encontrar en el agua dulce se encuentran: carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos como componentes mayoritarios, fosfatos y silicatos como componentes menores, minerales como oligoelementos y gases disueltos como oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono.

La composición química natural del agua puede ser modificada por las actividades humanas: agricultura, ganadería e industria. El resultado es una mezcla de sustancias de diferente naturaleza a través del vertido de aguas residuales al flujo de agua o debido al paso de las aguas por terrenos tratados con productos agroquímicos o contaminados. Estos grupos provocan el deterioro de la calidad

del agua, provocando muchos efectos negativos como la alteración de los ecosistemas acuáticos, la destrucción de los recursos hídricos, salud Aumenta el costo del tratamiento del agua para su uso y causa daños a gran escala y erosión de la vegetación.

### **PREGUNTA PRINCIPAL**

Para la investigación se ha realizado la siguiente pregunta

¿Cuáles son las características físicas y químicas de las aguas del río Ronquillo influenciadas por factores externos, comparado con los estándares de calidad ambiental para consumo humano (ECA-1A)?

### **HIPÓTESIS GENERAL**

Se plantea que la características físicas y químicas de las aguas del río Ronquillo se ven alteradas por la actividad humana como agricultura y ganadería, de igual manera por el enriquecimiento natural ya que parte del recorrido del río atraviesa zonas de mineralización y alteraciones cuya migración de metales y compuestos químicos en el ciclo exógeno puede producir anomalías en las concentraciones de elementos como como Aluminio (Al), Arsénico (As), Boro(B), Bario (Ba), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Plomo (Pb), Selenio (Se), Zinc (Zn), Níquel (Ni), Fluoruro(F-), Cloruro (Cl-), Nitrito (NO<sub>2</sub>-), Sulfato (SO<sub>4</sub>=), N-Nitrato+N-Nitrito, Bicarbonatos y Cianuro Wad, modificando la composición haciendo necesaria su tratamiento para considerarla apta para consumo humano.

### **JUSTIFICACIÓN**

La justificación del presente trabajo se basa que la geología ambiental aplica los conocimientos geológicos a la investigación del ambiente y sus relaciones causa-efecto, en casos de contaminación contribuyendo al diagnóstico y corrección, para poder identificar cuáles pueden ser causados de forma natural producto de la mineralización y/o alteración o por la contaminación del ser humano ya sea por la utilización de productos químicos. Buscando con la investigación conocer las características físicas y químicas de las aguas del río Ronquillo y determinar si están dentro de los parámetros de lo establecido para los Estándares de Calidad Ambiental. Además, el presente trabajo busca servir como base para la realización de trabajos futuros, integrando otros elementos como sedimentos y aire y así poder determinar la calidad de vida en el distrito.

### **ALCANCE**

El presente trabajo comprende el área del cauce del Río Ronquillo Cuenca Porcón con una extensión de 18 km, centrando los puntos de interés en el río Ronquillo que alimenta

la planta de tratamiento de agua potable del mismo nombre que abastecen del líquido elemento a la ciudad de Cajamarca.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Analizar las características físicas y químicas de las aguas del río Ronquillo influenciada por factores externos, comparado con los estándares de calidad ambiental para consumo humano (ECA-1A).

### **Específicos**

Identificar los principales agentes contaminantes.

Determinar la calidad de las aguas mediante muestreo y análisis físico/químicos

Definir la existencia de una fuente de enriquecimiento natural.

## **DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE LOS CAPÍTULOS**

Para la investigación se ha desarrollado el siguiente esquema, el cual está constituido de cinco capítulos, a continuación, se describen los capítulos desarrollados.

Capítulo II, describirá los antecedentes teóricos internacionales, nacionales y locales, de la investigación, bases teóricas y definición de términos. En el capítulo III que corresponde materiales y métodos donde se detallará el desarrollo pasó a paso de los métodos y los materiales empleados en el proyecto de investigación. En el capítulo IV corresponde a la descripción y discusión de resultados siguiendo la secuencia de los objetivos planteados. En el capítulo V corresponde a las conclusiones y recomendaciones, así mismo se presenta referencias bibliográficas y anexos en la investigación

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS**

#### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Sánchez (2016), calidad de las aguas del río Ariguanabo según índices físico-químicos y bioindicadores, Cuba. El índice de calidad de las aguas superficiales y el basado en la tolerancia de los macroinvertebrados arrojaron resultados muy similares caracterizando las aguas desde contaminadas hasta muy contaminadas para todos los puntos de muestreo del río Ariguanabo. Aparecen valores de DQO (Demanda química de oxígeno) y coliformes fecales fuera de norma, debido a la gran cantidad de aportes de aguas residuales, con altas concentraciones de materia orgánica de origen doméstico y porcino. En la fauna macroinvertebrada existe un predominio de familias con alta tolerancia a la contaminación fundamentalmente del orden Mollusca.

Robles (2012), Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. Este artículo revisa algunas de los principales CE (pesticidas, productos farmacéuticos, drogas ilícitas, compuestos de “estilo de vida”, aseo personal y otros), el origen, uso y efectos nocivos; de igual manera analiza algunos tratamientos en potencia, para su eliminación. El uso de tratamientos fisicoquímicos, biológicos y avanzados, entre otros.

#### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

FIODM (2012), estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco. Se concluye que la mayoría de las fuentes de agua de los sistemas de agua potable son manantiales, en el caso de la localidad de Santo Tomás las fuentes son superficiales, no se evidencia contaminación por efectos de uso de agroquímicos en la zona muestreada.

MINSA (2012), Caracterización de fuentes de agua y del agua para consumo humano. El muestreo de agua es una actividad dirigida a la recolección de una pequeña porción del total de la masa, de manera que represente lo más fidedignamente posible la calidad de la misma, en el lugar y en el momento de obtención de la muestra. La toma de muestras no sólo involucra el proceso de la obtención física de la muestra, sino también la caracterización del ambiente del cual la muestra fue tomada.

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

Siveroni (2012), Caracterización del potencial hidrogeológico de las unidades hidrográficas Ronquillo Alto y Alto Chetilla de la Provincia de Cajamarca. Con el presente estudio se logró probar que el potencial hídrico es abundante, presentando los mayores caudales en los meses de precipitaciones alcanzando valores máximos de 178 m<sup>3</sup>/día y valores bajos de 1.47 m<sup>3</sup>/día en épocas de estiaje, realizando la caracterización litoestratigráfica que son las que condicionan la presencia de las aguas subterráneas.

García (2014), Calidad y uso del agua de la Subcuenca del San Lucas (Cajamarca) en Función del índice de Brown. La investigación tuvo como objetivo realizar análisis fisicoquímicos y bacteriológicos para determinar el Índice de Calidad de Agua (ICA), en base a ecuaciones matemáticas propuestas por Brown, lo que permitió clasificar las aguas de los diferentes tributarios de la subcuenca del San Lucas y compararlo con la clasificación contenida en la Ley de Recursos Hídricos del Perú N° 29338. Al finalizar la presente investigación se demostró en primer lugar, que existe diferencia sustancial entre los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), considerados para los diferentes usos a los que son destinados las aguas superficiales en el D.S. N° 002-2008-MINAM y el ICA.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Factores Físicos:**

**Clima:** Se entiende como cambio a largo plazo de las condiciones atmosféricas del en un espacio, y se calcula como el promedio de las condiciones climáticas a lo largo de un intervalo de tiempo (ANA, 2018).

**Radiación Solar:** Es un fenómeno físico resultante de la emisión de energía del sol en forma de radiación electromagnética, radiación que se puede medir y expresar en unidades de irradiancia que reflejan energía por superficie. La cantidad de radiación solar que llega a la Tierra depende de factores como la distancia entre la Tierra y el Sol, la dirección o el ángulo en el que esta radiación ingresa a la atmósfera y los movimientos que normalmente tiene la Tierra en su rotación y movimiento. (ANA, 2018).

**Precipitación:** La precipitación es el producto de la condensación del vapor de agua atmosférico en la superficie de la Tierra, que ocurre cuando la atmósfera está saturada de vapor de agua y el agua se condensa, lo que da lugar a la precipitación. El aire puede saturarse mediante dos procesos: enfriamiento y humidificación. Cuando la precipitación llega a la superficie de la Tierra, puede tomar

la forma de lluvia, llovizna, nieve y granizo. Las precipitaciones se pueden clasificar en tres categorías:

**Precipitación glacial:** como llovizna congelada y lluvia congelada (ANA, 2018).

**Precipitación líquida:** tales como llovizna y lluvia (ANA, 2018).

**Precipitación congelada:** Se presenta en forma de nieve, partículas de hielo, granizo, nieve, hielo y cristales de hielo. (ANA, 2018).

**Evaporación:** El proceso en el que las moléculas líquidas se vuelven gaseosas de forma natural, y el fenómeno de la evaporación es lo opuesto a la condensación. Este fenómeno es una parte importante del ciclo del agua y su calidad porque la energía solar evapora el agua de los océanos, lagos, humedad del suelo y otras fuentes de agua. En hidrología, la evaporación y la transpiración (fenómeno que involucra la transpiración dentro de los estomas de las plantas) se conocen colectivamente como transpiración. (ANA, 2015).

**Temperatura:** Su efecto sobre la calidad del agua se debe a la relación bien establecida entre la temperatura y la solubilidad de sales y gases: a mayor temperatura, mayor solubilidad de la sal y menor solubilidad del gas. Reduce la calidad del agua, debido a la menor solubilidad del oxígeno. (ANA, 2015).

### **2.2.2. Factores Químicos:**

**Oxígeno Disuelto:** Es un indicador que permiten determinar la calidad del agua debido a que todas las especies necesitan el oxígeno para mantenerse con vida. Siendo fuente principal del oxígeno el aire, el cual es difundido rápidamente en el agua por la turbulencia de los ríos y por el viento en los lagos. Los rangos de oxígeno disuelto óptimos para una buena calidad del recurso varían entre 7.0 y 8.0 mg/L (Rigola,1999).

**pH:** Es la medida de la acidez del agua, expresada en una escala que va entre 1 y 14, donde el valor 1 indica condiciones de máxima acidez, y 14 indica condiciones de alcalinidad extrema. El rango de pH adecuado para una óptima calidad del recurso y así asegurar el crecimiento y desarrollo de los organismos acuáticos es muy estrecho. porque la mayoría de las especies acuáticas se encuentran en el rango de pH en el agua de 6, 5 a 8,0. (Rigola,1999).

**Dureza:** La dureza en el agua es definida por la concentración de iones de magnesio como de carbonato de calcio presentes en el recurso, las fuentes hídricas que presentan bajas concentraciones la dureza se define como agua dulce y poco productiva biológicamente, el agua con dureza alta es el agua más productiva, y el agua con una concentración media de dureza, posiblemente con una mayor diversidad de flora y fauna; la productividad del

recurso está determinada por las especies que han logrado adaptarse a este tipo de condiciones (Rigola,1999).

**Demanda biológica de oxígeno (DBO):** La demanda biológica de oxígeno es un parámetro que mide la cantidad de una sustancia que puede ser consumida u oxidada por medios biológicos contenida en una muestra de agua, y este parámetro es importante para determinar el nivel de contaminación de una fuente, y por lo tanto el método de tratamiento puede ser determinado. Se utilizarán las necesidades de uso correspondientes (Rigola,1999).

**Demanda química de oxígeno (DQO):** La demanda química de oxígeno ayuda a determinar las condiciones para la biodegradación y el contenido de sustancias tóxicas en la fuente de agua. La determinación de DQO ayuda a calcular la concentración de productos de desecho de aguas residuales domésticas e industriales para la calidad del agua en el entorno receptor. (Rigola,1999).

### **2.2.3. Criterios que permiten definir la calidad del agua según el uso destinado**

#### **Uso Agrícola y Pecuario:**

En la agricultura, los recursos hídricos se utilizan para irrigar los campos y criar ganado.

Los niveles de boro deben estar entre los rangos de 0,3 y 4,0 mg/l, dependiendo del tipo de suelo y del cultivo.

Las concentraciones de coliformes totales no deben exceder las 2400 ppm cuando esta fuente se utiliza para el riego de frutas sin pelar y vegetales de tallo corto.

De igual forma, para determinar la calidad del recurso, se requieren mediciones periódicas de parámetros físicos y químicos como conductividad eléctrica, tasa de absorción de sodio (RAS) y porcentaje de sodio posible (PSP), así como análisis de salinidad real y potencial, carbonato de sodio residual y los radionúclidos deben ser (Brack, y Mendiola, 2006).

#### **Preservación de Fauna y Flora:**

Este tipo de uso del agua se utiliza para actividades encaminadas a preservar la vida normal en los ecosistemas acuáticos y terrestres sin provocar cambios que los afecten; La siguiente tabla muestra los valores máximos aceptables de los parámetros que determinan la calidad del recurso para la conservación de la flora y la fauna, en aguas dulces, frías o templadas y en aguas marinas o estuarinas. (Brack, y Mendiola, 2006).

Tabla 01. Parámetros que determinan la calidad del agua para la conservación de plantas, animales en agua dulce, fría o templada y agua de mar.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor máximo en agua fría dulce</b>	<b>Valor máximo en agua cálida dulce</b>	<b>valor máximo en agua marina</b>
<b>Clorofenoles</b>	0.5	0.5	0.5
<b>Difenilo</b>	0.0001	0.0001	0.0001
<b>Oxígeno</b>	5.0	5.0	5.0
<b>Disuelto(mg/L)</b>			
<b>pH</b>	6.5-9.0	4.5-9.0	6.5-8.5
<b>Amoniaco</b>	0.1	0.1	0.1
<b>Arsenico</b>	0.1	0.1	0.1
<b>Cianuro Libre</b>	0.05	0.05	0.05
<b>Cloro Total Residual</b>	0.1	0.1	0.1
<b>Fenoles Monohídricos</b>	1.0	1.0	1.0
<b>Grasas y Aceites</b>	0.01	0.01	0.01
<b>Hierro</b>	0.1	0.1	0.1
<b>Manganeso</b>	0.1	0.1	0.1
<b>Mercurio</b>	0.01	0.01	0.01
<b>Níquel</b>	0.01	0.01	0.01
<b>Plaguicidas</b>	0.001	0.001	0.001
<b>Organoclorados</b>			
<b>Plaguicidas</b>	0.05	0.05	0.05
<b>Organofosforados</b>			

Fuente: Brack, y Mendiola, 2006.

### **Uso Estético:**

Los parámetros de las normas de calidad del agua que permiten el uso de los recursos naturales con fines estéticos deben ser los siguientes: (Brack, y Mendiola, 2006).

- Ausencia de sustancias que produzcan olor.
- Ausencia de material flotante y de espumas, provenientes de actividad humana.
- Ausencia de grasas y aceites que formen película visible.

### **Uso Recreativo:**

Los recursos utilizados con fines recreativos se utilizan para exposiciones primarias como nadar, bucear o bañarse y exposiciones secundarias como deportes acuáticos o pesca, el

criterio máximo de aceptación para el número que determina la calidad del recurso es sobrevivientes:

Si el recurso es para actividades de contacto primario, la concentración de coliformes totales no debe exceder las 1000 ppm, la concentración de coliformes fecales no debe exceder las 200 ppm, el pH debe estar entre 5 y 9 unidades y el oxígeno disuelto en el colon no debe exceder el 70 por ciento. Porcentaje de concentración de saturación a temperatura media, además de los parámetros anteriores, no se permite el uso de grasa flotante en el recurso, la presencia de una sustancia flotante proveniente de la actividad humana y sustancias tóxicas o irritantes por contacto, ingestión o inhalación. Tiene efectos nocivos para la salud humana.

Si la propiedad se usa para una exposición secundaria y la concentración de coliformes totales es inferior a 5000 ppm, también se deben considerar todos los signos anteriores. (Brack, y Mendiola, 2006).

#### **Uso Doméstico y Consumo Humano:**

Un recurso para el consumo humano debe ser el agua que mejor cumpla con los estándares máximos permisibles de los parámetros que determinan su calidad, ya que esta agua es de uso público y no debe representar una amenaza para la vida humana. Fuerte; para este tipo de uso, el recurso debe cumplir con los siguientes criterios:

El objetivo último de los estándares de calidad del agua es definir el uso humano del recurso como agua para asegurar su condición y permitir su uso sin ningún riesgo para la salud de las personas.

Si el procesamiento para potabilizar el recurso es un proceso normal, el valor del parámetro debe ser el siguiente:

Tabla 02. Parámetros del agua para ser potabilizada.

<b>Parámetros</b>	<b>Valores mg/l</b>
<b>Amoníaco (NH3)</b>	1.0
<b>Arsénico</b>	0.01
<b>Bario</b>	1.0
<b>Cadmio</b>	0.01
<b>Cianuro</b>	0.2
<b>Zinc</b>	15.0
<b>Cloruros</b>	200.0
<b>Cobre</b>	1.0
<b>Compuestos fenólicos</b>	0.002
<b>Cromo</b>	0.05
<b>Mercurio</b>	0.002
<b>Nitratos</b>	10.0
<b>Nitritos</b>	1.0
<b>pH</b>	5.0-9.0
<b>Plata</b>	0.05
<b>Plomo</b>	0.01
<b>Selenio</b>	0.01
<b>Sulfatos (SO4)</b>	400.0
<b>Tensoactivos</b>	0.5
<b>Coliformes Totales (ppm)</b>	20000
<b>Coliformes Fecales (ppm)</b>	200

Fuente: Brack, y Mendiola, 2006.

En los casos en que el tratamiento para potabilizar el recurso sea únicamente la esterilización, los valores máximos permisibles de los parámetros que determinan la calidad del recurso deberán ser los siguientes: (Brack, y Mendiola, 2006).

Tabla 03. Parámetros de agua para ser potabilizada contratamiento de desinfección.

<b>Parámetros</b>	<b>Valores mg/L</b>
<b>Amoniaco</b>	1.0
<b>Arsénico</b>	0.01
<b>Bario</b>	1.0
<b>Cadmio</b>	0.01
<b>Cianuro</b>	0.2
<b>Zinc</b>	15.0
<b>Cloruros</b>	200.0
<b>Cobre</b>	1.0
<b>Compuestos Fenólicos</b>	0.002
<b>Cromo</b>	0.05
<b>Mercurio</b>	0.002
<b>Nitratos</b>	10.0
<b>Nitritos</b>	1.0
<b>pH</b>	6.5-8.5
<b>Plata</b>	0.05
<b>Plomo</b>	0.01
<b>Selenio</b>	0.01
<b>Sulfatos (SO4)</b>	400.0
<b>Tensoactivos</b>	0.5
<b>Coliformes totales (ppm)</b>	2000
<b>Turbiedad (UJT)</b>	10

Fuente: Brack, y Mendiola, 2006.

#### **2.2.4. Contaminantes naturales del agua**

Según la Organización Mundial de la Salud, más de 400 millones de personas en todo el mundo se ven afectadas por la contaminación por fluoruro en el agua, y más de 140 millones de personas en unos 70 países están infectadas con arsénico. Estos son dos tipos conocidos como Contaminantes Naturales del Agua, que ocurren principalmente en los acuíferos, donde el agua en su escorrentía subterránea disuelve varios compuestos en las capas del suelo. Entre estos, los más notables son las sales de fluoruro (fluoruro), una forma del elemento que se encuentra en la naturaleza, y el arsénico, un metal muy común en la atmósfera, la hidrosfera y el suelo; otras impurezas naturales como manganeso, uranio, radón, cesio y litio (Weart, 2019)

### **2.2.5. El flúor en la naturaleza**

Según la OMS, el flúor se encuentra en cierta medida en todas las aguas naturales. La mayoría de los refrescos normalmente no contienen más de 0,3 mg/l. Es un oligoelemento esencial para el cuerpo humano porque juega un papel importante en la formación ósea y el mantenimiento del esmalte dental. De hecho, el uso de pasta dental con flúor es eficaz para prevenir la caries dental, y la fluoración del agua también ha demostrado ser eficaz para tratar la osteoporosis en entornos con deficiencia de flúor en agua potable y productos.

Sin embargo, consumirlo en exceso puede ser muy dañino. La Organización Mundial de la Salud (OMS) limita el consumo humano de fluoruro a 1,5 mg/l. Comer o beber demasiada agua puede provocar fluorosis, una enfermedad que tiene el efecto contrario al uso de dosis bajas de flúor durante la formación de los dientes (antes de los 8 años): dientes y huesos quebradizos, cambios en el desarrollo de los dientes, la piel de los nervios y la pigmentación problemas. En muchos casos, los síntomas solo se desarrollan después de una exposición prolongada e inexplicable, lo que aumenta los daños para la salud de los afectados. De hecho, se desaconseja el uso de alimentos ricos en flúor como la pasta de dientes en adolescentes por sus efectos negativos sobre el desarrollo del sistema nervioso.

Las tasas de fluorosis han aumentado debido a la sobreexplotación de los acuíferos, lo que requiere perforaciones cada vez más profundas, en algunos casos hasta profundidades de 200 metros. El agua que ha estado en contacto con la Tierra durante 2.000 a 35.000 años puede acumularse en estas zonas de inmersión profunda. Esta agua "vieja" puede contener concentraciones más altas de fluoruro y arsénico. Es lo que está pasando en Guanajuato, donde los acuíferos están sobreexplotados por la agricultura, la industria y el turismo, y los recursos hídricos están mal administrados. (Weart. 2019)

### **2.2.6. Arsénico, el contaminante natural más agresivo**

El arsénico es uno de los 10 productos químicos identificados por la Organización Mundial de la Salud como los que presentan el mayor riesgo para la salud pública. Según la organización, la contaminación natural por arsénico de las aguas subterráneas afecta a más de 140 millones de personas en 70 países de todos los continentes. A excepción de México, el arsénico es naturalmente alto en las aguas subterráneas de algunos países, especialmente Argentina, Bangladesh, Chile, China, India y los Estados Unidos. Aquí

también, el drenaje excesivo del acuífero es un factor que contribuye al envenenamiento. (Weart. 2019)

### **2.2.7. Del agua de lluvia a la tecnología**

Es importante encontrar acuíferos no contaminados, aunque la misma cuenca a menudo tiene una composición geológica similar, lo que dificulta encontrar acuíferos sanos a bajo costo, como es el caso de grandes áreas en India, Etiopía y Bangladesh. En tales casos, la recolección de agua de lluvia es parte de la solución, especialmente en áreas con fuertes lluvias como Bangladesh, donde los sistemas de recolección domiciliaria han demostrado ser muy efectivos para combatir el envenenamiento por arsénico común en la población.

Sin embargo, en muchos casos, la eliminación de impurezas es la única solución viable, por lo que se debe utilizar tecnología. En el campo del flúor, existen en el mercado varios sistemas con diferentes grados de dificultad y rendimiento, como los sistemas basados en sorbentes (alúmina activa, óxido metálico, hidróxido de calcio, carbón activado, zeolita, arcilla, etc.), o sistemas más complejos como la ósmosis inversa o la electrodiálisis.

Se utilizan diversas técnicas de oxidación, precipitación, coagulación, absorción, intercambio iónico y filtración por membrana para eliminar el arsénico. También se están desarrollando en el país sistemas de eliminación de arsénico efectivos y económicos, aunque la evidencia de su efectividad a largo plazo es escasa. (Weart. 2019)

### **2.2.8. Metales Pesados en el Agua**

Los metales han entrado lentamente en el medio ambiente, provocando que se acumulen gradualmente en el suelo, los sedimentos y las aguas superficiales. (Griet 2016).

Los metales pesados son: arsénico (As), cadmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb), estaño (Sn) y Zinc (Zn) (Arce 2010).

Los metales pesados están presentes en niveles más altos en las emisiones de ríos profundos y subterráneos, y los acuíferos no contaminados pueden contener cantidades muy pequeñas de metales pesados. (Arce 2010).

En los sistemas de aguas continentales (ríos, lagos, embalses, etc.), la contaminación se produce por la presencia de compuestos o elementos que normalmente estarían ausentes

sin la intervención humana, o por un aumento o disminución de la concentración normal de sustancias presentes como consecuencia del comportamiento humano (Rosas 2011).

Las fuentes agrícolas de metales pesados surgen de la lixiviación de suelos cultivables donde estos elementos se han acumulado previamente como resultado del uso o uso inadecuado de pesticidas, fertilizantes y posibles desechos orgánicos utilizados como fertilizante (Rosas 2011).

Los metales presentes en el suelo ingresan a los cursos de agua no solo directamente mediante el lavado de la escorrentía superficial (irrigación y aguas pluviales), sino también indirectamente mediante la infiltración de acuíferos precontaminados (Rosas 2011).

Los metales pesados son más peligrosos porque no son química ni biológicamente degradables. Una vez liberados, pueden persistir en el medio ambiente durante cientos de años. Además, sus concentraciones en los organismos aumentan cuando son consumidos por otros, por lo que consumir plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación (Arce 2010).

### **2.2.9. Factores que determinan la composición química de las aguas naturales**

El agua natural adquiere su composición química como resultado de complejos procesos en los que intervienen factores geológicos, hidrogeológicos, topográficos, edáficos, climáticos y físico-químicos.

### **2.2.10. Concepto de eutrofización**

La eutrofización ocurre cuando el agua de un río, lago o embalse es rica en nutrientes. A primera vista, es bueno que el agua sea rica en nutrientes porque facilita la vida al organismo. Pero la situación no es tan simple. El problema es que las plantas y otros organismos pueden crecer en abundancia con un exceso de nutrientes. Posteriormente, cuando mueren, se pudren y quedan en agua con un olor desagradable que les da un aspecto muy desagradable, reduciendo significativamente la calidad.

El proceso de descomposición utiliza una gran cantidad de oxígeno disuelto y el agua ya no es adecuada para la mayoría de los organismos. El resultado final es que el ecosistema está casi destruido. (Arce 2010).

### **2.2.11. Agua eutrófica y oligotrófica**

Cuando un lago o lago está agotado de nutrientes (pobre en nutrientes), tiene agua limpia, buena transmisión de luz, poco crecimiento de algas y pocos animales. La flora y la fauna encontradas son tan características de las aguas ricas en oxígeno como el salmón. Cuando un lago está lleno de nutrientes, se vuelve eutrófico. La abundancia de algas enturbia el agua. Algas y otros organismos descompuestos por bacterias que consumen oxígeno cuando mueren.

Los peces que necesitan agua rica en oxígeno no pueden sobrevivir, por lo que en lagos con esta característica encontramos tentáculos, pájaros posados y otras criaturas en aguas poco ventiladas. En algunos casos, la descomposición anaeróbica ocurre con un olor desagradable. El agua es turbia y de mala calidad para uso humano o deportivo. El fondo del lago está lleno de sedimentos y la profundidad está disminuyendo. (Arce 2010).

### **2.2.12. Nutrientes que eutrofizan las aguas**

Los nutrientes que más inciden en este proceso son los fosfatos y los nitratos. En algunos ecosistemas, el factor limitante es el fosfato, como en la mayoría de los lagos de agua dulce, pero en muchos océanos el nitrógeno es el factor limitante para la mayoría de las especies de plantas. Las concentraciones de nitrógeno y fósforo en muchos océanos y lagos casi se han duplicado en los últimos 20 a 30 años.

La mayoría de ellos llegan a ellos a través de los ríos. En el caso del nitrógeno, una gran parte (alrededor del 30%) pasa a través de los contaminantes atmosféricos. El nitrógeno es más móvil que el fósforo y puede eliminarse del suelo o del aire por evaporación o desnitrificación del amoníaco. El fósforo es fácilmente absorbido por las partículas del suelo y arrastrado por la erosión o disuelto por el agua de lluvia.

En condiciones naturales, menos de 1 kg de fosfato/ha por año ingresa al sistema de agua. Con las emisiones humanas, esto aumentará dramáticamente. Los jabones y detergentes han sido la principal causa de este problema durante muchos años. En los años 60 y 70, el detergente para 65 semanas era un compuesto de fósforo, tripolifosfato de sodio, que "unía" (quelaba) los iones Ca, Mg, Fe y Mn. De esta forma, estos iones no interfieren en la acción de las moléculas de tensioactivo, es decir, las moléculas que llevan a cabo el proceso de lavado. Estos limpiadores contienen aproximadamente un 16 % en peso de fósforo. Como resultado, las emisiones de los hogares y la lavandería contienen una proporción significativa de iones de fosfato. En 1973, Canadá y otros países fueron los

primeros en prohibir los detergentes con un contenido de fósforo superior al 2,2 %, lo que obligó al uso de otros agentes quelantes con niveles más bajos de fósforo. Algunas normativas prohíben el uso de detergentes que contengan más de un 0,5 % de fósforo (Arce 2010).

### **Fuentes de eutrofización**

Eutrofización natural. La eutrofización es un proceso naturalmente lento en todos los lagos del mundo porque todos absorben nutrientes, la eutrofización de los orígenes humanos.

Las emisiones humanas han acelerado tanto este proceso que lo han convertido repetidamente en un grave problema de contaminación. Las principales fuentes de eutrofización son:

Emisiones municipales con detergentes y residuos orgánicos.

Los residuos de la ganadería y la agricultura proporcionan fertilizantes, desechos orgánicos y otros residuos ricos en fosfatos y nitratos (Arce 2010).

#### **2.2.13. Medida del grado de eutrofización**

Para comprender el nivel de eutrofización de una masa de agua, a menudo se mide el contenido de clorofila de las algas y se combina con otros parámetros como el contenido de fósforo y nitrógeno y los valores de transmisión de luz (Arce 2010).

#### **2.2.14. Contaminación por fitosanitarios**

Por regla general, estas sustancias son poco solubles, se descomponen fácilmente y el suelo las absorbe fuertemente, lo que limita su impacto en los acuíferos. Sin embargo, si ingresa a los acuíferos, el proceso de degradación y retención se ralentizará significativamente y el impacto será severo. Se ha confirmado la presencia de plaguicidas en los acuíferos de todos los países desarrollados. Las técnicas analíticas existentes no detectan ciertos productos fitosanitarios o sus productos de degradación en concentraciones muy bajas, y las pruebas realizadas pueden no ser prácticas debido al muestreo de plaguicidas.

La representación muy compleja y el alto costo de análisis han limitado algunos rastros de esta sustancia. En resumen, no se conoce la contaminación de las aguas subterráneas por productos fitosanitarios, pero lo cierto es que estos productos se encuentran en los acuíferos de todas las zonas de agricultura intensiva. Los productos más problemáticos

también incluyen insecticidas organoclorados y organofosforados, así como herbicidas de triazina (atrazina, normetrina, simazina, terbutina). Algunos metabolitos o productos de descomposición de los productos fitosanitarios también son más tóxicos o tóxicos que los materiales de partida.

La paraoxona es un metabolito del insecticida paratión que aumenta la inhibición de la enzima colinesterasa (sistema nervioso), el diazofos es producido por el insecticida diazinón y tiene propiedades similares a la paraoxona. Diferentes metabolitos del herbicida atrazina es un carcinógeno, etilentiourea (ETU) formado a partir de EBDC y varios fungicidas, mancoceb, zineb) también es cancerígeno y el DDE es un disruptor hormonal más potente o más fuerte que el DDT (Arce 2010).

#### **2.2.15. Efectos provocados por la materia inorgánica**

Los microorganismos en el agua convierten estos compuestos de mercurio en metilmercurio, un compuesto altamente tóxico que se absorbe fácilmente y se concentra en la cadena alimenticia hasta llegar a los humanos a través de los peces. (Weart. 2019)

#### **2.2.16. Factores geólogo-geomorfológicos**

Factores geológicos relacionados con la petrología (composición mineralógica de las rocas), estado de secuencia estratigráfica, estructura, falla, textura y porosidad de la roca. La petrología a menudo identifica el hidrófito dominante, es decir, el tipo de agua en un área determinada. Como era de esperar, la intrusión de precipitaciones en la sal de roca proviene de aguas superficiales y subterráneas (acuíferos) de naturaleza alcalina y clorada; en depósitos de yeso o anhídrido, sulfato de calcio; en caliza y dolomita, ácido carbónico; el agua tiene un alto contenido de iones de sulfato, en el granito y otras rocas ácidas insolubles, según el catión predominante, alcalino o alcalinotérreo, mientras que en las rocas superbásicas, el bicarbonato de magnesio está en ese número. Los aspectos relacionados con la fractura y la porosidad de la roca tienen una influencia decisiva en el estado de fractura del grano, a menor área superficial mayor área superficial favoreciendo la disolución del mineral. El agua que escapa de la caliza, que está muy fragmentada por los procesos tectónicos, tiene una mayor concentración de calcita disuelta (dureza) que el agua que escapa de la caliza más densa. Los factores geomorfológicos también afectan la composición química de los embalses de agua, a saber, la pendiente de la parcela, el grado de erosión del suelo y las propiedades del suelo en sí, lo que influye significativamente en la redistribución de las precipitaciones en la superficie. Aunque tiankeng, tiankeng... puede considerarse como el resultado de la corrosión en el terreno kárstico, una vez

formados, beneficiarán o limitarán los impactos ambientales adicionales de la corrosión química, esto se refleja en la composición química del agua (Marín 2019).

#### **2.2.17. Factores hidrogeológicos**

Los factores hidrogeológicos se relacionan con la permeabilidad y el patrón de flujo, la velocidad del flujo y el área a través de la cual fluye el agua. Todos estos aspectos afectan el tiempo de contacto entre el agua y el mineral, por ejemplo, si el flujo es en condiciones de difusión a través de rocas, entonces el tiempo de interacción agua-mineral es más lento, por lo que la cantidad de minerales disueltos es del 50% en condiciones de flujo. En condiciones de flujo o turbulencia con grietas más o menos anchas, son incluso más grandes. El contenido de CO<sub>2</sub>, la dureza y otras propiedades químicas y físicas del agua natural varían según su forma de fluir y la zona hidrogeológica en la que se encuentre (Marín 2019).

#### **2.2.18. Factores pedológicos**

Otros factores que también afectan la composición química de las aguas naturales son el tipo de suelo, que está relacionado con el tipo de suelo en la secuencia estratigráfica. El suelo puede ser el resultado de la meteorización de las rocas o la cubierta por ríos, agua de lluvia o glaciares, y su espesor puede variar desde sustancial a muy delgado o inexistente. La actividad microbiana relevante depende de sus características y condiciones climáticas, así como de la producción de gases y ácidos disponibles, arrastrados por la lluvia o la nieve durante el derretimiento, que son capaces de disolver los paquetes minerales en la roca. capa inferior. En el caso de las células del suelo sin protección, el agua producida por la precipitación puede extraer dióxido de carbono directamente de la atmósfera, pero en menor medida que el agua producida bajo tierra. La microbiota del suelo incluye poblaciones de algas, actinomicetos, bacterias nitrificantes, bacterias desnitrificantes, agentes celulósicos, bacterias sulfurosas y productoras de pigmentos, hongos y protozoos. Los microorganismos también son muy comunes en las aguas naturales, incluso a altas temperaturas, como en algunos manantiales mineromedicinales. El control de estos organismos en el suelo y el agua es importante para determinar su estado y su uso en termoelectricidad (Marín 2019).

#### **2.2.19. Factores climáticos**

Los factores climáticos interfieren activamente en la dinámica mecánica y química de la meteorización masiva, permitiendo en el primer caso la fragmentación, transporte y transporte de minerales lejos del origen de los mismos, y en el segundo caso, favorecen

la disolución de la roca. Cuanto más fuerte es el impacto mecánico, más corrosiva es el agua. La forma en que el agua adquiere su composición química es el mayor determinante del clima: temperatura, humedad relativa, intensidad y duración de la precipitación, intensidad y duración de la radiación, velocidad del aire y más. (Marín, 2019).

#### **2.2.20. Factor antropogénico**

Entre los factores ambientales, es necesario analizar el papel de los factores humanos en la composición química de los cuerpos de agua. Las actividades humanas han llevado al deterioro gradual de la calidad del agua superficial. Después de la contaminación, es difícil restaurar la calidad original. Con el fin de proteger la calidad del agua, utilizar racionalmente las fuentes de agua y traer beneficios a la economía, se ha establecido una zona de protección sanitaria, el área alrededor de la toma de agua se denomina zona de protección sanitaria. Diseñado para evitar la contaminación y minimizar su riesgo de deterioro (Marín 2019).

El sector de la salud pública, particularmente el sanitario y el epidemiológico, velan por que no se produzcan enfermedades microbianas por consumo o contacto con agua contaminada. Para controlar la calidad del agua natural, también se han desarrollado sistemas y políticas de monitoreo para registrar ciertos indicadores fisicoquímicos y microbianos (Marín, 2019).

#### **2.2.21. Factores químico-físicos**

Los factores fisicoquímicos, regidos por las leyes de la termodinámica, que gobiernan la disolución de los minerales, juegan un papel importante en la creación de la composición química de los reservorios de agua natural. Estos incluyen: disolución consistente e inconsistente de minerales, pH del agua, balance de carbonato, sal común y efectos de iones, potencial redox, intercambio de iones y adsorción, etc.

##### **a) Disolución congruente e incongruente de los minerales**

Se dice que una solución es compatible cuando todos los compuestos iónicos son productos de su reacción. En cambio, cuando los minerales disueltos forman formas iónicas y moléculas insolubles, se dice que la solución es incompatible. Esto último se aplica a muchas alúminas. En presencia de CO<sub>2</sub>, el agua disuelve estos minerales y libera sodio, bicarbonato y ácido silícico en solución mientras deposita el mineral arcilloso caolinita. Este proceso suele ser el resultado de la meteorización del granito. Durante la

disolución de carbonatos, a menudo se forman soluciones heterogéneas en presencia de calcita y dolomita o calcita y yeso.

En tales casos, el agua puede disolver estos minerales secuencial o secuencialmente. Donde la calcita y la dolomita coexisten a bajas temperaturas, cuando el agua está saturada de dolomita, se sobresatura con respecto a la calcita, los minerales precipitan al disolverse; En este caso, el agua disuelta no es adecuada para la calcita. Por el contrario, si el proceso se realiza a temperaturas superiores a 10°C, la disolución de la dolomita será incompatible. Cuando la disolución de dos minerales ocurre secuencialmente, la disolución ocurre independientemente de la temperatura del agua. (Marín 2019).

#### b) El pH del agua

El agua pura disuelve fácilmente solo los minerales disueltos, como sales o sulfatos. En la mayoría de los casos, sin embargo, la solubilidad de los minerales aumenta significativamente en presencia de ácidos. Por ejemplo, solo se disuelven 12 mg de calcita en un litro de agua a 25 ° C. Sin embargo, en condiciones fuertemente ácidas, la solubilidad aumenta de 25 000 a 30 000 veces (Marín 2019).

### **2.2.22. Alteración de la calidad del agua**

Las propiedades del agua son alteradas por la introducción de materiales o formas de energía que tienen un efecto directo o indirecto sobre la calidad de su uso posterior o función ecológica. Dado que el agua rara vez es pura, el concepto de contaminación del agua incluye cualquier organismo vivo, mineral o compuesto, el concentrado previene el uso beneficioso del agua (Gallego, 2010).

La contaminación del agua en el Perú es un problema muy antiguo. El crecimiento demográfico ha convertido ríos, lagos y océanos en vertederos de todo tipo de desechos, como el aceite usado. Por esta razón, podemos demostrar que el nivel de contaminación de la naturaleza aumenta con el crecimiento de las ciudades. El agua juega un papel importante en el transporte en este estado de contaminación ambiental. Recordando la definición de contaminación del agua: es la acción humana que altera sus cualidades naturales de manera que es total o parcialmente inservible para el uso al que está destinada. Las características de la calidad del agua se relacionan con sus aspectos físicos, (temperatura, transparencia), productos químicos (sales, metales) y microorganismos. En base a estas características, la calidad de un cuerpo de agua como un lago o un río puede permitir ciertos usos, pero no otros. Por ejemplo, el agua de un embalse o presa podría

usarse para energía o irrigación, pero podría estar contaminada para el consumo humano. El agua superficial se ve afectada principalmente por la descarga continua de contaminantes de cualquier fuente. Se estima que en Lima se generan alrededor de 200 litros de aguas residuales por persona por día. Esta agua contiene grandes cantidades de sales disueltas, materia orgánica, sólidos, sólidos en suspensión y microorganismos patógenos (posiblemente causantes de enfermedades). Llega a ríos y océanos en la mayoría de los casos sin tratar. Los ríos más contaminados del Perú son los ríos Mantaro, San Juan, Yauli, Rímac, Moche, Santa, Cañete, Locumba y Huallaga. Las razones de esto son múltiples, incluida la Minería, industria y ciudades sin saneamiento suficiente. Las lagunas más contaminadas son Junín, Quiulacocha, Huascacocha, Anauta y Llacsacocha, principalmente por la actividad minera. Por otro lado, las zonas costeras más contaminadas son Chimbote, Supe, Cacun, Samanco, Tambodemora y Vegeta, las cuales se encuentran contaminadas por la actividad pesquera y por la minería (MINAM, 2010).

Tabla 04 Datos sobre deterioro de la calidad del agua en el Perú

El deterioro de la calidad del agua	Datos sobre el tratamiento de agua en el Perú
<p><b>Este es uno de los problemas más graves que enfrenta el estado, ya que limita el uso potencial de los recursos y afecta el abastecimiento natural de agua de las personas, además de provocar cambios en la vida y pérdida de especies, lo que se puede identificar claramente entre sus principales causas. : - Descarga de aguas residuales domésticas e industriales (manufactura, minería y agroquímicos) en cuerpos de agua con alta carga orgánica, así como materiales peligrosos, entre ellos: agroquímicos, residuos químicos de operaciones ilegales y lixiviados de operaciones mineras estériles abandonadas y residuos sólidos vertederos- El insuficiente y deficiente tratamiento de las aguas residuales domésticas y no domésticas (principalmente de origen minero, manufacturero, pesquero y agrario, entre otros).</b></p>	<p>Un estudio de la SUNASS (Supervisión del Servicio Nacional de Saneamiento) arrojó que en 2015 el 29,1% de las aguas residuales domésticas de las ciudades del país fueron tratadas en 143 plantas de tratamiento, el resto se vierte a ríos, lagos y mares. Sin embargo, este estudio también reveló las debilidades y deficiencias de las plantas antes mencionadas (SUNASS 2008). En el mismo año, el 63,7% de la población urbana usó servicios de alcantarillado administrado por una empresa de saneamiento (EPS) y el resto administrado directamente por los municipios a través de operadores profesionales En pueblos pequeños (OES), empresas de agua o sin servicio. El sistema de tratamiento de aguas residuales ha sido operado este año. (otro) para conectarse al servicio. En 2014, de los 253 permisos para el vertimiento, el 38% correspondió a la minería, el 31% al sector pesquero, el 15% al sector hidrocarburos, el 9% al sector industrial y el 7% al sector salud. construcción, energía y ganadería.</p>

Fuente: MINAM, 2016.

### 2.2.23. Contaminantes químicos

Aunque los efectos en la salud de los contaminantes químicos no son inmediatos, como la contaminación microbiana, pueden ser crónicos e incluso irreversibles. Estos incluyen problemas hepáticos, enfermedades renales, problemas de fertilidad e incluso cáncer. La única actividad que permite a los responsables del abastecimiento de agua asegurar la calidad física y química, así como la salud de la población, es el control continuo de la calidad del agua. Los compuestos que promueven la salud son tanto orgánicos como inorgánicos. Los materiales orgánicos volátiles, como el trihalometano, se pueden extraer con ácidos (p. ej., fenoles), neutros (p. ej., compuestos organoclorados) y pesticidas. Los compuestos inorgánicos comúnmente incluyen arsénico, plomo, cadmio, mercurio, cromo, selenio y cianuro. Según los estándares de la Organización Mundial de la Salud, algunos compuestos pueden causar diversas enfermedades, como daño a órganos vitales, hígado, cerebro y piel, otros incluso están relacionados con el cáncer, siempre que se consuman en concentraciones por encima del valor máximo permitido. Echemos un vistazo a los efectos sobre la salud de algunos de estos compuestos:

**Arsénico.** El arsénico está ampliamente distribuido en la corteza terrestre y se usa comercialmente, especialmente en agentes de aleación. Su presencia en aguas superficiales es el resultado de la disolución de minerales y menas, aguas residuales industriales y la atmósfera. El agua subterránea no está contaminada con arsénico; en algunas áreas altas concentraciones debido a la erosión. Se ha demostrado que el arsénico inorgánico es cancerígeno para los humanos. Su presencia fuera del límite máximo permitido puede provocar daños en la piel, problemas circulatorios y un alto riesgo de cáncer (OMS, 2019)

**Cadmio.** Este metal se utiliza en las industrias del acero y del plástico. Sus compuestos son muy utilizados en la fabricación de baterías. Las aguas residuales liberan cadmio en el medio ambiente y su presencia generalizada se puede sentir bajo la influencia de fertilizantes y contaminantes locales. La contaminación por cadmio en el agua potable también puede resultar de la contaminación por zinc en tuberías, soldaduras galvanizadas y algunos accesorios metálicos. La presencia de cadmio por encima del límite máximo puede ser perjudicial para los riñones, ya que se concentra principalmente en los riñones y tiene una vida media de 10 a 35 años (OMS, 2019)

**Cromo.** Es uno de los minerales más extendidos en la corteza terrestre. La concentración total en el agua potable suele ser baja, los contaminantes pueden provenir de las industrias

del enchapado, del acero o del papel. La absorción de cromo tras la exposición oral es relativamente baja y depende del grado de oxidación. El cromo se absorbe fácilmente en el tracto gastrointestinal a medida que atraviesa las membranas celulares. La presencia de cromo por encima del límite máximo permitido puede provocar dermatitis atópica. (OMS, 2012)

**Plomo.** El plomo se utiliza principalmente en la fabricación de baterías de plomo-ácido, soldaduras y aleaciones. El plomo en el agua del grifo proviene en cierta medida de fuentes naturales disueltas, pero principalmente de la plomería doméstica con tuberías, soldaduras y accesorios que contienen el elemento, o de conexiones en el hogar. La cantidad de plomo disuelto en el agua depende de varios factores, especialmente el pH del agua, la temperatura, la dureza y cuánto tiempo se ha utilizado en el sistema de plomería. El agua blanda y ácida disuelve mejor el plomo. En bebés y niños, los niveles de plomo por encima del máximo pueden causar retraso mental y físico, así como problemas de concentración y aprendizaje. Los adultos pueden desarrollar enfermedad renal y presión arterial alta. Dermatitis alérgica (OMS, 2012)

**Mercurio.** El mercurio se encuentra en forma inorgánica en aguas superficiales y subterráneas, a menudo en concentraciones muy bajas. Su presencia se puede atribuir a la erosión de los sedimentos naturales, la contaminación de las aguas residuales de refinerías y plantas, así como a los lixiviados de los vertederos y las tierras de cultivo. La ingestión de mercurio inorgánico puede afectar gravemente a los riñones, otros compuestos de mercurio actúan principalmente sobre el sistema nervioso central. (OMS, 2012)

**Selenio.** Las concentraciones de selenio en el agua potable varían según la región geográfica, pero generalmente se encuentran por debajo de 0,01 mg/L. Su presencia puede deberse a una fuente de contaminación de aguas residuales de refinerías o minas o a la erosión natural de los sedimentos. Los datos experimentales no indican un efecto cancerígeno del selenio, excepto en forma de sulfuro de selenio, que no está presente en el agua potable. La presencia de selenio por encima del límite máximo permitido puede causar pérdida de cabello o uñas, entumecimiento de los dedos de manos y pies y problemas circulatorios. (OMS, 2012)

**Trihalometanos.** Los trihalometanos formados por la reacción de cloro libre o bromo libre con sustancias orgánicas naturales como ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y algas se

conocen como precursores. Cuatro compuestos se conocen como trihalometanos: cloroformo, diclorobromometano, dibromoclorometano y bromoformo. A menudo aparecen juntos como indicación de la presencia de otros subproductos de la cloración en el agua; Se absorben por vía oral, a través de la piel o por inhalación, y cuando se consumen en exceso de 0,2 mg/l durante varios años, se asocian comúnmente con una mayor incidencia de cáncer y daño hepático. La OMS recomienda que la concentración total de THM en el agua potable no supere los 0,2 mg/l. (OMS, 2012)

**Cianuro.** El cianuro tiene una alta toxicidad aguda. Su presencia en el agua potable se puede atribuir a la contaminación de las aguas superficiales con aguas residuales de acerías, acerías, plásticos e industrias de fertilizantes. Valores de cianuro por encima del máximo pueden causar daño al sistema nervioso o problemas de tiroides. (OMS, 2012)

**Nitratos.** Los nitratos se utilizan como fertilizantes agrícolas porque ayudan a formar proteínas vegetales. Hay dos fuentes principales de contaminación por nitratos en los recursos hídricos:

1) Los nitratos se liberan cuando las bacterias del suelo descomponen la materia orgánica. Sin embargo, si las plantas no crecen, las plantas no utilizarán los nitratos producidos por la actividad microbiana, pero el agua de lluvia fluirá a través del suelo hacia los acuíferos, contaminando así las aguas subterráneas.

2) Cuando se aplica nitrato como fertilizante en cantidades que superan las necesidades de un cultivo o las condiciones de uso, el exceso permanece adherido al suelo o, más probablemente, debido a su solubilidad, la lluvia fluye a través del suelo y crea agua superficial y subterránea. El nitrato en sí parece ser inofensivo en las concentraciones que se encuentran en el agua. Sin embargo, en el cuerpo, se absorbe rápidamente en el intestino delgado y se absorbe en el torrente sanguíneo. Después de la absorción, el nitrato se excreta en la orina sin cambios importantes. Sin embargo, en el intestino, el nitrito (forma reducida de nitrato) reacciona con algunos compuestos alimentarios en condiciones ácidas para formar compuestos N-nitroso, aminas y amidas, que son carcinógenos conocidos. Sin embargo, el principal problema con los altos niveles de nitrato en el agua potable es la formación de metahemoglobina en el recién nacido. Para aumentar los niveles de metahemoglobina en la sangre, primero se debe reducir el nitrato a nitrito, porque el nitrato por sí solo no causa enfermedades. Los nitritos se combinan con la hemoglobina en los glóbulos rojos para formar metahemoglobina, que no puede

transportar oxígeno, lo que reduce la capacidad del pulmón para absorber oxígeno. La enfermedad causa un fenómeno de "bebé azul" en los bebés enfermos. Afortunadamente, no se conocen casos de alta ingesta de nitratos en el Perú. (OMS, 2012)

**Fluoruros.** Los compuestos inorgánicos de flúor se utilizan en la producción de aluminio y fertilizantes de fósforo. Los sedimentos de estas industrias y la erosión de los sedimentos naturales pueden provocar la contaminación del agua con este elemento. La exposición al fluoruro en el agua potable depende en gran medida del medio ambiente. En el agua no tratada, las concentraciones suelen ser inferiores a 1,5 mg/L, pero en áreas ricas en minerales fluorados, el agua subterránea puede contener alrededor de 10 mg/L. Sin embargo, este compuesto también se encuentra ocasionalmente. Agregue al agua potable para prevenir la caries dental. El fluoruro que excede el límite máximo permitido puede provocar enfermedades óseas (dolor y debilidad) y puede provocar problemas dentales como la decoloración de los dientes en los niños. (OMS, 2012)

**Otros parámetros.** Los parámetros que afectan la aceptación del agua por parte de las personas, incluidos aquellos que exceden los valores recomendados, no son deseables. Por lo tanto, estos parámetros, aunque inofensivos para la salud, pueden ser rechazados por los usuarios porque afectan el olor, el color y el sabor del agua, además de causar corrosión, decoloración, precipitación y descamación... en la tubería. Los parámetros incluidos en este grupo son turbidez, pH, conductividad, dureza, presencia de cloruros, sulfatos, aluminio, hierro y manganeso. Veamos cómo funcionan algunos de ellos. (OMS, 2012)

**Hierro.** El hierro es uno de los metales más abundantes en la corteza terrestre. Puede estar presente en el agua potable por el uso de coagulantes de hierro en la red de distribución o por la corrosión de las tuberías de hierro fundido. La presencia de hierro amarillea el agua, contaminando la ropa y los sanitarios. (OMS, 2012)

**Manganeso.** Junto con el hierro, el manganeso es uno de los metales más abundantes en la corteza terrestre. Por lo general, ella llega a jugar junto a él. En presencia de oxígeno, el manganeso puede formar óxidos negros insolubles, que pueden causar depósitos indeseables y causar problemas de decoloración en el sistema dispensador. Según la Organización Mundial de la Salud, no hay datos convincentes sobre los efectos tóxicos de ingerir manganeso en el agua potable en humanos, aunque, explica, solo hay estudios

limitados. La agencia recomienda que los niveles de manganeso no superen los 0,5 mg/L. (OMS, 2012)

**Aluminio.** El aluminio es un elemento común y generalizado, que constituye aproximadamente el 8% de la corteza terrestre. Los compuestos de aluminio se utilizan para tratar el agua del grifo. Habitualmente, su presencia en el agua potable se debe a defectos en el control y funcionamiento del proceso de tratamiento. La exposición humana al aluminio puede ocurrir de varias maneras. La Organización Mundial de la Salud establece que menos del 5% del total de aluminio consumido puede encontrarse en el agua potable. (OMS, 2019)

#### **2.2.24. Estándares de Calidad Ambiental para el agua (ECA)**

Según la Resolución Jefatural 068-2018 ANA, la ECA (Estándar de Calidad Ambiental del Agua) no es más que una medida que determina el nivel o rango de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire y el agua. . o la condición de la tierra como receptora no presenta ningún riesgo significativo para la salud humana o el medio ambiente. La concentración o extensión se puede expresar como valor máximo, valor mínimo o rango dependiendo del parámetro específico al que se refiere.

Determina la concentración de elementos, sustancias o parámetros que puede contener el agua sin afectar la calidad del recurso para una determinada aplicación. El estándar se establece en cuatro categorías: población y recreación, con tres subcategorías cuando el agua se usa para producir agua potable y dos subcategorías cuando el agua se usa recreativamente (exposiciones primarias y secundarias). No hemos encontrado una definición de dos. Dividido en tres subcategorías: agua potable vegetal y animal, y agua ambiental, que incluye lagunas y lagos, ríos costeros y de montaña, y ríos, bosques, estuarios y ecosistemas marinos. (ANA, 2018)

Tabla 05. Definición de los parámetros Físico - Químicos.

<b>Parámetros</b>	<b>Definición</b>
<b>Bicarbonatos y Carbonatos</b>	Estos iones comunican alcalinidad al agua en el sentido que da capacidad de consumo de ácido al producir una solución tampón. Se pueden precipitar con mucha facilidad como $\text{CO}_3\text{Ca}$ .
<b>Fluoruro</b>	El flúor es un gas corrosivo de color amarillo pálido, fuertemente oxidante. Es el elemento más electronegativo y reactivo y forma compuestos con prácticamente todo el resto de elementos. Se encuentra en la naturaleza combinado y tiene tal afinidad por otros elementos.
<b>Cloruro</b>	Los cloruros aparecen en todas las aguas naturales en concentraciones que varían ampliamente, en las aguas de mar el nivel de cloruros es muy alto, en promedio de 1900 mg/l, constituyen el ion predominante. En aguas superficiales, su contenido es generalmente menor que los bicarbonatos y sulfatos.
<b>Nitratos y nitritos</b>	El nitrato es un compuesto inorgánico compuesto por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O); el símbolo químico del nitrato es $\text{NO}_3$ . El nitrato no es normalmente peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito ( $\text{NO}_2$ ). Nitrato es una forma de nitrógeno que todas las plantas necesitan para crecer. Desafortunadamente, los nitratos pueden contaminar los acuíferos de agua subterránea.
<b>Ph</b>	El pH expresa la intensidad de la condición ácida o alcalina de una solución. El pH del agua natural depende de la concentración de $\text{CO}_2$ . El pH de las aguas naturales se debe a la composición de los terrenos atravesados, el pH alcalino indica que los suelos son calizos y el pH ácido que son silíceos.
<b>Sulfuros</b>	Los sulfuros son minerales constituidos por el enlace entre el azufre y elementos metálicos, tales como el cobre, hierro, plomo, zinc, etc. Los minerales sulfurados de cobre más comunes son calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ , bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) calcosina ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), covelina ( $\text{CuS}$ ) y enargita ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ).
<b>Conductividad</b>	La Conductividad es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es indicativa de la presencia de iones. Proviene de una base, un ácido o una sal, disociadas en iones.
<b>Demanda bioquímica de oxígeno</b>	La DBO es una prueba que mide la cantidad de oxígeno consumido en la degradación Bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobios.
<b>Sulfatos</b>	Los sulfatos son las sales o los ésteres del ácido sulfúrico. Contienen como unidad común un átomo de azufre en el centro del tetraedro formado por cuatro átomos de oxígeno.
<b>Berilio</b>	Es un metal gris de peso ligero con fuerza tensil elevada, muy duro, muy elástico. Sus propiedades químicas están entre las del aluminio y las del manganeso.
<b>Sodio</b>	Es un elemento metálico blanco plateado, extremadamente blando y muy reactivo. El sodio es un metal tan blando que puede cortarse con un cuchillo. Tiene una dureza de 0,4. Se oxida con rapidez al exponerlo al aire y reacciona violentamente con agua formando hidróxido de sodio e hidrógeno.
<b>Calcio</b>	El calcio (Ca) es acumulado por las plantas, especialmente en las hojas donde se deposita irreversiblemente, es un elemento esencial para el crecimiento de meristemas y particularmente para el crecimiento y funcionamiento apropiado de los ápices radicales.

<b>Parámetros</b>	<b>Definición</b>
<b>Oxígeno disuelto</b>	Es el oxígeno que esta disuelto en el agua, esto se logra por la aireación y como un producto de desecho de la fotosíntesis. La solubilidad del oxígeno en agua depende, además de su presión parcial, de la temperatura.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2018.

Tabla 06. Definición de los parámetros Inorgánicos.

<b>Parámetros</b>	<b>Definición</b>
<b>Aluminio</b>	Es un metal plateado con una densidad de 2.70 g/cm <sup>3</sup> a 20°C (1.56 oz/in <sup>3</sup> a 68°F). El que existe en la naturaleza consta de un solo isótopo, <sup>27</sup> 13Al. El aluminio se conoce por su alta conductividad eléctrica y térmica, lo mismo que por su gran reflectividad.
<b>Arsenico</b>	Es un metaloide de color gris plateado, brillante, quebradizo y amorfo, de olor aliáceo, que en contacto con el aire húmedo se oxida fácilmente formando Trióxido de Arsénico o Anhídrido Arsenioso o Arsénico blanco.
<b>Boro</b>	Es de color negro azabache a gris plateado con brillo metálico. Una forma de boro cristalino es rojo brillante. La forma amorfa es menos densa que la cristalina y es un polvo que va del café castaño al negro.
<b>Bario</b>	Es un metal plateado-blancuzco que puede ser encontrado en el medioambiente, donde existe de forma natural. Aparece combinado con otros elementos químicos, como el azufre, carbón u oxígeno.
<b>Cadmio</b>	Es un metal blanco plateado dúctil y maleable. Puede cortarse fácilmente con el cuchillo. Es insoluble en bases, se disuelve en ácido nítrico diluido y es poco soluble en los ácidos sulfúricos y clorhídricos.
<b>Cromo</b>	Es un metal de transición duro, frágil, gris acerado y brillante. Es muy resistente frente a la corrosión
<b>Cobre</b>	Es blando, maleable, dúctil y un buen conductor del calor. Se le considera semiprecioso. Pues solo es atacado directamente por los ácidos oxidantes. En presencia de O <sub>2</sub> es atacado por otros ácidos.
<b>Hierro</b>	Es un elemento metálico, magnético, maleable y de color blanco plateado. Es un metal maleable, tenaz, de color gris plateado y magnético. Está presente en las aguas freáticas y en la hemoglobina roja de la sangre.
<b>Manganeso</b>	Es un metal que ocurre naturalmente y que se encuentra en muchos tipos de rocas. El manganeso puro es de color plateado, pero no ocurre naturalmente en esta forma.
<b>Plomo</b>	Es un metal pesado (densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4 s 16°C (61°F)), de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. El plomo forma muchas sales, óxidos y compuestos.
<b>Selenio</b>	Es un metaloide parecido al azufre y un subproducto de la industria del cobre que a temperatura ambiente se presenta como una sustancia sólida, insoluble en agua y en solventes orgánicos.
<b>Zinc</b>	Es un metal blanco ligeramente azulado y brillante. Es un metal quebradizo cuando esta frío, pero se vuelve maleable y dúctil entre 100 y 150°C.
<b>Níquel</b>	Es un elemento natural muy abundante, metal duro, maleable y dúctil, que puede presentar un intenso brillo. Tiene propiedades magnéticas por debajo de 345 °C.
<b>Plata</b>	Es un metal moderadamente suave, de color blanco, un poco más duro que el oro. Cuando se pule adquiere un lustre brillante y reflejo el 95% de la luz que incide sobre ella. Su densidad es 10.5 veces la del agua.
<b>Mercurio</b>	Es de color gris claro, como plateado y bastante brillante. Es el único metal líquido a temperatura ambiente. Es además muy volátil. Su dilatación es uniforme a cualquier temperatura.

<b>Parámetros</b>	<b>Definición</b>
<b>Magnesio</b>	Es blanco plateado y muy ligero. Su densidad relativa es de 1.74 y su densidad de 1740 kg/m <sup>3</sup> . Es el metal estructural más ligero en la industria, debido a su bajo peso y capacidad para formar aleaciones mecánicamente resistentes.
<b>Cianuro wad</b>	Se halla donde halla vida e industria, existen dos formas tanto las inorgánicas como las orgánicas, los cianuros se emplean en múltiples métodos industriales, durante algunos de estos usos se puede producir contaminación del aire y del agua además el empleo ocasional del cianuro en la exterminación de playas puede contaminar el agua.

Fuente: Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2018.

Tabla 07. Definición de los parámetros Orgánicos y Biológicos.

<b>Parámetros</b>	<b>Definición</b>
<b>ORGÁNICOS</b>	
<b>Aceites y grasas</b>	Altamente estables, inmiscibles con el agua, proceden de desperdicios alimentarios en su mayoría, a excepción de los aceites minerales que proceden de otras actividades.
<b>Fenoles</b>	Las características toxicas del fenol está en el producto y el efluente, sus efectos adversos presentados en su destino final del fenol en el ambiente y su remoción es complicado y difícil por diversos factores; ALEMANY etal (1996) mencionan algunos de ellos: su alta solubilidad en el agua a temperatura ambiente, su habilidad para ionizarse, su baja presión de vapor y su tendencia a la oxidación.
<b>Sustancias activas para el azul de metileno (detergente)</b>	Son compuestos de materiales orgánicos superficialmente activo en soluciones acuosas. Las moléculas de los compuestos superficialmente activos, son grandes, un extremo de la molécula muy soluble en agua y el otro soluble en aceites; generalmente se usan como sales de sodio o de potasio. Los detergentes, en el agua alteran su tensión superficial y permiten la formación de burbujas estables de aire, gracias a su contenido de agentes superficiales activos o surfactantes, sustancias que combinan en una sola molécula un grupo fuertemente hidrofobico con uno fuertemente hidrofílico.
<b>BIOLÓGICOS</b>	
<b>Coliformes termotolerantes coliformes totales</b>	Los coliformes termo tolerantes comprenden a los géneros de Escherichia y en menor grado Klebsiella, Enterobacter y Citrobacter. Este grupo de organismos puede fermentar la lactosa entre 44 – 45 °C. Los estreptococos fecales están constituidos por especie del genero Streptococcus como S.Faecalis, S. Faecium, S. Avium, S. Bovis, S. Equim y S. Gallinarum. Los enterococos se diferencian de los estreptococos por su capacidad para crecer en CINa al 6,5% y pH 9,6 a 45°C.

<b>Parámetros</b>	<b>Definición</b>
<b>Escherichiacoli</b>	<p>Pertenece a la familia de las enterobacteriáceas, posee las enzimas beta galactosidasas. Se desarrolla a 44–45 C° en medios complejos, fermenta la lactosa y el manitol liberando ácido y gas, produciendo índole a partir del triptofano. Algunas cepas pueden desarrollarse a 37 C° pero no a 44–45 C° y algunas no liberan gas. La Escherichiacoli no produce oxidasa ni hidroliza la urea. La Escherichiacoli es el principal indicador bacteriano en el agua. Estudios efectuados han demostrado que la E. coli está presente en las heces de humanos y animales de sangre caliente entre 108 y 109 por gramo de heces.</p>
<b>Huevos de Helmintos</b>	<p>Los huevos son de color parduzco y los fecundados tienen forma elíptica, miden de 45 a 75 micras de largo y de 35 a 50 micras de ancho. Tienen una cubierta externa gruesa de superficie mamelonada y de color café. Los huevos deben madurar en el suelo antes de ser infectivos. Los Nematodos son gusanos redondos, como el Ascaris lumbricoides, y los Platelminfos son acintados, como la Taenia solium.</p>

Fuente: Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2018.

### **2.2.25. Modificación de los Estándares de Calidad Ambiental para el agua**

De acuerdo al Decreto Supremo N° 068-2018, publicado el 21 de febrero de 2018 en el diario oficial El Peruano, el ANA con la colaboración de todas las dependencias gubernamentales, inició a partir del 2015, seguido de la redacción y Consulta pública, normas ambientales de calidad del agua aprobadas (ECA de Agua) y normativa aplicable. Este es el resultado de un riguroso proceso científico-técnico que permite analizar el estado de las normas aprobadas hace siete años (2008), de acuerdo con las normas técnicas establecidas por los organismos especializados en las reglamentaciones en la materia, y con claras protecciones de finalidad y ambientales. salud. Por lo tanto, MINAM. Se debe considerar compartir la siguiente información sobre el proceso y el contenido de este importante estándar:

1. Las normas de calidad ambiental son "medidas jurídicas que determinan la extensión o concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, el agua o el suelo que, en las condiciones de quien los recibe, no representa un peligro para la salud humana". o representar un riesgo significativo para el medio ambiente. En particular, como se describe a continuación, el ECA de agua es una unidad de medida utilizada para determinar los usos que se pueden aplicar a un cuerpo de agua en función de su valor natural o carga contaminante que puede En otras palabras, Water ECA tiene como objetivo proteger el medio ambiente y la salud al establecer varios

objetivos de calidad que deben cumplir los propietarios de la actividad económica de la industria y que contienen parámetros que definen el uso del producto.

2. En el Perú, a partir de la Ley de Aguas (Ley N° 17752 de 1969) y posteriormente la Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338 de 2009), y finalmente la Resolución Jefatural 068-2018 ANA, cabe recalcar que la cantidad de aguas residuales debe determinarse de acuerdo a las categorías correspondientes. los cuerpos usuarios del agua del Área de Control de la siguiente manera:

Tabla 08. Modificación ECA para el agua

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Descripción</b>
<b>Categoría 1-A</b>	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	A1	Agua que puede ser potabilizada con desinfección
		A2	Agua que puede ser potabilizada con tratamiento convencional
		A3	Agua que puede ser potabilizada con tratamiento avanzado
<b>Categoría 1-B</b>	Aguas superficiales destinadas a recreación	B1	Contacto primario
		B2	Contacto secundario
<b>Categoría 2: Actividades de extracción y cultivo marino costeras y continentales</b>	Agua de mar	C1	Extracción y cultivos de moluscos bivalvos
		C2	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas
	Agua continental	C3	Otras actividades
		C4	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
<b>categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales</b>	Parámetros para riego de vegetales	D1	Riego de cultivos de tallo alto y bajo
	Parámetros para bebida de animales	D2	Bebida animal
<b>Categoría 4</b>	conservación del Ambiente Acuático	E1	Lagunas y lagos
		E2: Ríos	Ríos de costa y sierra
			Ríos de la selva
		E3: ecosistemas marino costeras	Estuarios Marinos

Fuente: MINAM, 2018

3. Es decir, en cada tipo de agua se debe identificar el ECA con un valor relacionado con el uso previsto del respectivo cuerpo natural. Por ejemplo, si desea designar un cuerpo de agua para producir agua para consumo humano, debe considerar los valores definidos en el Tipo 3. Por otro lado, si desea designar un área de agua para riego, se deben considerar los valores definidos en el Tipo 3.

4. Nuevamente, cabe señalar que la ECA de agua de Perú está establecida con estándares internacionales. Por lo tanto, la ley de uso de agua de Perú para la producción de agua potable (categoría 1), mejor actualizada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), para el agua para riego de vegetales y bebidas para animales (categoría 3), como el agua de las Naciones Unidas ha sido adoptado, es el equivalente de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) para el agua y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). También se debe tener en cuenta que estas pautas internacionales se actualizan continuamente en función de los estudios periódicos de toxicidad. D.S. Se actualizó el ETO número 015-2015-MINAM para reflejar los últimos lineamientos.

Para implementar la Resolución jefatural N° 0068-2018-ANA y D.S. N° 015-2015-MINAM, se consideran las siguientes especificaciones para el tipo de agua ECA.

#### **2.2.25.1. Categoría 1: Poblacional y Recreacional**

Subcategoría 1-A. Agua superficial para producción de agua potable

A1. Agua potable después de la esterilización.

El término agua se entiende como agua por sus características de calidad que cumplen las condiciones de suministro de agua a las personas después de la desinfección simple según lo prescrito.

Subcategoría 1-B. agua superficial para el entretenimiento

Se trata de aguas superficiales utilizadas con fines recreativos en las zonas costeras, incluidas las aguas a 500 m del paralelo entre el límite terrestre y las aguas continentales, cuyo volumen es determinado por las autoridades competentes. capacidad.

#### **2.2.25.2. Categoría 2: Actividades de Extracción y Cultivo Marino Costeras y Continentales**

Subcategoría C1: Explotación y propagación de moluscos bivalvos en aguas costeras.

Subcategoría C2: Explotación y reproducción de otras especies acuáticas en aguas costeras.

Subcategoría C3: Otras actividades en aguas costeras; significa agua utilizada para actividades distintas a las especificadas en las subclases C1 y C2, tales como infraestructura portuaria, operaciones industriales y sanitarias.

Subcategoría C4: Recolección y propagación de especies acuáticas en lagos o lagunas; conocimiento de los cuerpos de agua utilizados para la explotación o cría de especies acuáticas para el consumo humano.

### **2.2.25.3. Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales**

Subcategoría D1: Vegetales de Tallo Bajo y Alto.

se entiende como agua utilizada para regar plantas, generalmente hierbas y plantas de tallo corto (tallo bajo) como ajos, lechugas, fresas, repollo, col, apio, guisantes y otras plantas similares) y arbustos o árboles (altos) tales como árboles forestales, árboles frutales, etc.

Subcategoría D2: Bebidas para animales.

Se entiende como agua para animales grandes como vacas, ovejas, cerdos, caballos o camellos, y agua para animales pequeños como cabras, cobayas, pájaros y conejos.

### **2.2.25.4. Categoría 4: Conservación del ambiente acuático**

Se refieren a aguas superficiales que forman parte de ecosistemas sensibles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento y cuyas características requieren protección.

Subcategoría E1: Lagunas y Lagos

Incluyen todos los cuerpos de agua, incluidos los humedales donde no hay corriente directa, fuente y un estado natural y estático.

Subcategoría E2: Ríos

Subcategoría E3: Ecosistemas marinos costeros

Océano: entendido como el mar de pleamar paralelo al límite oceánico nacional.

### **2.2.26. Cuenca Hidrográfica**

Se entiende por cuenca una depresión o forma geográfica que hace que el territorio pierda altura al aproximarse al nivel del mar. Las cuencas hidrológicas son aquellas en las que el agua de montaña o el hielo se derrite a través de depresiones hasta desembocar en el mar. En algunos casos, si la cuenca es un valle rodeado de montañas, puede que no alcance la altura del nivel del mar, en cuyo caso el acuífero será una laguna o lago. Las cuencas hidrológicas se pueden dividir en dos categorías principales: cuencas tributarias, es decir, aquellas que no tienen acceso al mar, lo que lleva a la formación de sistemas de agua estancada (como lagos o lagunas), y cuencas el área de drenaje al mar y, por lo tanto, no está cubierta por diferentes cadenas montañosas. A menudo, tanto las piscinas de entrada como las de salida pueden crear una gran cantidad de afluentes, todos los cuales desembocan en una vía fluvial principal, ya sea mar, océano, lago o laguna. Al mismo tiempo, a medida que estos afluentes se acercan a su destino, pierden la fuerza original que tenían al comienzo de su descenso. Las cuencas hidrográficas son importantes tanto para el medio ambiente como para las personas. En este sentido, son reservorios importantes que pueden ser utilizados por los humanos no solo para diversas actividades económicas como el consumo personal, la agricultura y el transporte, sino también para el consumo de animales y alimentos para desarrollar organismos intactos y resilientes. sistema. No hace falta decir que encontramos muchas cuencas hidrológicas en la Tierra, cada una con características específicas. Algunos océanos hoy en día se consideran cuencas hidrológicas tributarias porque su contacto con el océano está disminuyendo gradualmente. (Riveros, 2016)

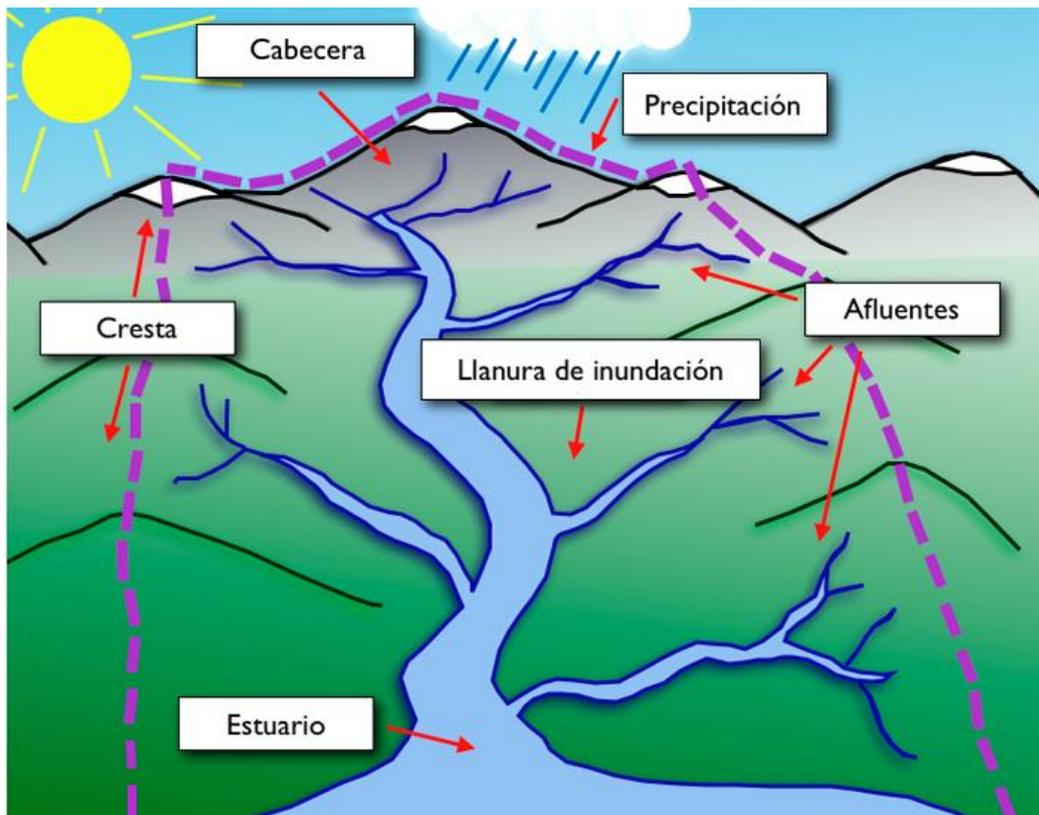


Figura 01. Partes de una divisoria de aguas (CSERC, 2018)

### 2.2.27. División de la cuenca

Dentro de los términos que se utilizan generalmente para definir e identificar los componentes y características de una cuenca, se tiene:

#### **Cuenca**

Sistema integrado por varias subcuencas o microcuencas.

#### **Subcuencas**

Conjunto de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente.

#### **Microcuencas**

Una micro cuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una Subcuenca; es decir, que una Subcuenca está dividida en varias microcuencas.

#### **Quebradas**

Es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una microcuenca.

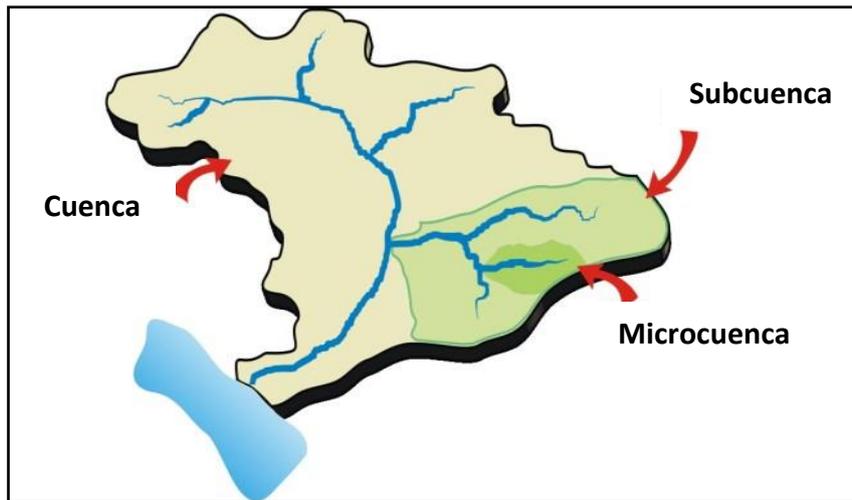


Figura 02. Cuenca, subcuenca y microcuenca (Casaverde, 2015)

### Cuenca alta

Corresponde generalmente a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros, limitadas en su parte superior por las divisorias de aguas.

### Cuenca media

Donde se juntan las aguas recogidas en las partes altas y en donde el río principal mantiene un cauce definido.

### Cuenca baja o zonas transicionales

Donde el río desemboca a ríos mayores o a zonas bajas tales como estuarios y humedales.

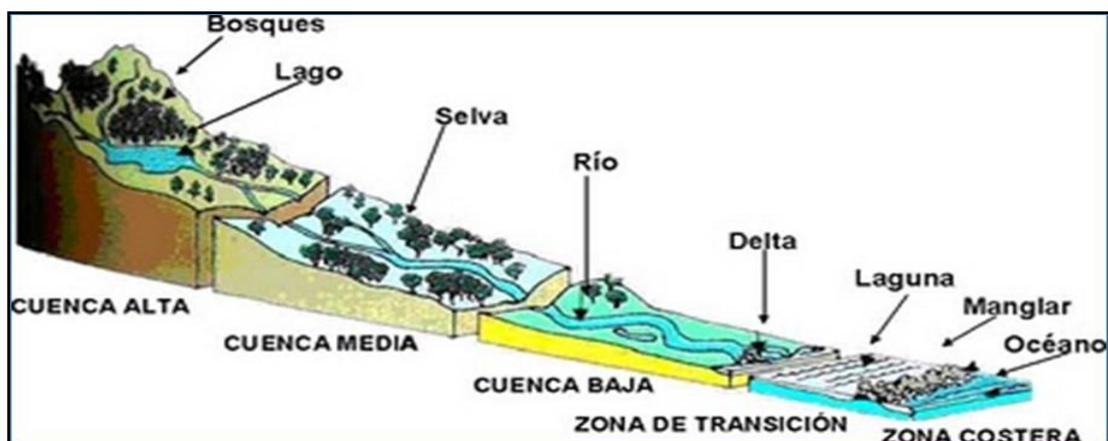


Figura 03. Partes de la cuenca (Ordoñez, 2015)

La subdivisión de la superficie facilita el análisis del comportamiento de los diferentes elementos del balance hídrico, pero también apoya la división de áreas funcionales del área de captación, lo cual es consistente con la descripción sobre el medio fluvial de Robertson (1992), quien define un sistema fluvial generalizado basado en Schumm (1977) con la zonificación que se muestra en la Tabla 09.

Tabla 09. Zonificación de la cuenca.

	<b>Zona Alta</b>	<b>Zona Media</b>	<b>Zona Baja</b>
	<b>Montaña y Colinas</b>	<b>Valle Aluvial</b>	<b>Delta</b>
<b>Procesos Dominantes</b>	Erosión	Transporte	Sedimento
<b>Influencia</b>	Lito/Relieve	Erosión-Sedimentación	Fluvio-Marina

Fuente: Pladeyra, 2013

### Microcuenca

Existen criterios de tamaño de cuenca relacionados con el número de secuencia de drenaje y/o el tamaño del área que cubren. En términos de escala, dentro de una subcuenca grande, el término superficie en acres que describe el área de una cuenca de captación, subcuenca o microcuenca debe tener en cuenta otros factores físicos, naturales o socioeconómicos.

Tabla 10. Orden de una cuenca.

<b>Unidad</b>	<b>Nº de orden</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
<b>Microcuenca</b>	1,2,3	10 – 500
<b>Subcuenca</b>	4,5	500 – 2000
<b>Cuenca</b>	6,7 o más	Más de 2000

Fuente: (Faustino y Jiménez, 2015).

Al igual que una cuenca hidrográfica, una microcuenca hidrológica es una unidad física definida por un límite de agua que marca el punto en el que toda el agua fluye hacia el fondo del mismo valle, río o arroyo. La cuenca hidrológica más grande se forma combinando el flujo y el drenaje superficial de varias cuencas pequeñas. Una microcuenca hidrológica es una unidad topográfica/hidrológica que es drenada por la misma corriente. La naturaleza de este río está determinada en gran medida por el uso y desarrollo del área, así como por la flora de la microsubdivisión. Todas las actividades humanas en las microaguas están relacionadas con el ciclo del agua. A su vez, la gestión del suelo, el agua y los cultivos en la parte superior del microembalse tendrá un impacto significativo en los recursos aguas abajo. (Jiménez, 2015)

### 2.2.28. Índices de Calidad de Agua (ICA)

La evaluación de la calidad del agua puede entenderse como la evaluación de sus propiedades químicas, físicas y biológicas en relación con la calidad natural, las influencias humanas y las posibles aplicaciones. Para simplificar la interpretación de los datos de monitoreo, existen Índices de Calidad del Agua (ICA) e Índices de Contaminación (ICO) que reducen una gran cantidad de parámetros en expresiones simples y fáciles de entender para los técnicos, gestores ambientales y el público. La principal diferencia entre ellos es la forma en que se evalúa el proceso de contaminación y la cantidad de variables que se tienen en cuenta al construir los indicadores relevantes. En pocas palabras, AQI es un número que representa la calidad de una fuente de agua mediante la integración de mediciones de parámetros específicos de calidad del agua, y su uso es cada vez más común para determinar tendencias integrales en la calidad del agua. La Tabla 1 enumera las principales ventajas y limitaciones del ICA. (Faustino y Jiménez, 2015).

Tabla 11. ICA como herramienta de evaluación de calidad de agua. Ventajas y limitaciones

<b>Ventajas</b>	<b>Limitaciones</b>
Permiten mostrar la variación espacial y temporal de la calidad del agua.	Proporcionan un resumen de los datos. No proporcionan información completa sobre la calidad del agua.
Método simple, conciso y válido para expresar la importancia de los datos generados regularmente en el laboratorio.	No pueden evaluar todos los riesgos presentes en el agua.
Útiles en la evaluación de la calidad del agua para usos generales.	Pueden ser subjetivos y sesgados en su formulación.
Permiten a los usuarios una fácil interpretación de los datos.	No son de aplicación universal debido a las diferentes condiciones ambientales que presentan las cuencas de una región a otra.
Pueden identificar tendencias de la calidad del agua y áreas problemáticas.	Se basan en generalizaciones conceptuales que no son de aplicación universal.
Permiten priorizar para evaluaciones de calidad del agua más detalladas.	Algunos científicos y estadísticos tienden a rechazar y criticar su metodología, lo que afecta la credibilidad de los ICA como una herramienta para la gestión.
Mejoran la comunicación con el público y aumentan su conciencia sobre las condiciones de calidad del agua.	
Ayudan en la definición de prioridades con fines de gestión.	

Fuente: (Faustino y Jiménez, 2015).

### **2.2.29. Importancia de la Calidad del Agua**

El agua tiene un valor dual, es un elemento del ecosistema, y por tanto un bien social. Su calidad y escasez es un problema que afecta la producción de alimentos, la salud, la estabilidad política y social. La calidad del agua está influenciada por muchos factores, tanto naturales como relacionados con las actividades humanas. Existen diferentes valores para los parámetros de calidad del agua que definen propiedades que definen el tipo de operación para la que se puede utilizar. Los criterios y estándares más estrictos se aplican al agua destinada al consumo humano, que luego definen las características de los hábitats de peces y vida silvestre, usos recreativos, agrícolas e industriales, usos marinos y otros (por ejemplo, hidroelectricidad, marino, acuíferos). Etc.). El cumplimiento de estos estándares de calidad significa probar y medir las concentraciones de contaminantes (tanto físicos como químicos y biológicos).

Los efectos de beber agua contaminada varían en la salud pública, la Organización Mundial de la Salud (1998) estimó que alrededor del 80% de las enfermedades y más de un tercio de las muertes en los países en desarrollo se deben al agua contaminada. El agua doméstica directa de las personas en las zonas rurales está muy contaminada con heces. (Arroyo, 2017)

### **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

**Aguas Naturales:** Las aguas naturales son masas de agua cuyas propiedades originales no han sido alteradas por la actividad humana y se clasifican en superficiales, subsuperficiales y atmosféricas o atmosféricas. (Marín, 2014)

**Suelo:** Es la parte superficial de la corteza terrestre que es biológicamente activa como resultado de la descomposición de las rocas o de cambios físicos y químicos, y la actividad biológica que permanece en ella. (Sánchez, 2016)

**Subsuelo:** Es una capa de suelo debajo de la superficie de la tierra que puede contener sustancias como arcilla y/o arena que se descompone solo parcialmente por el aire, la luz solar, el agua, el viento, etc. para formar tierra real. (Sánchez, 2016)

**Disolución:** Es una mezcla homogénea a nivel molecular o iónico de dos o más sustancias puras que no reaccionan entre sí, cuyos componentes se encuentran en diferentes proporciones, pudiendo definirse también como una mezcla de cobre formada por un solvente y uno o más solutos. (Escalante 2007)

**Carbonatos:** Los carbonatos son las sales del ácido carbónico o ésteres con el grupo R-O-C(=O)-O-R'. Las sales tienen en común el anión CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> y se derivan del ácido carbónico H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Según el pH (la acidez de la disolución) están en equilibrio químico con el bicarbonato y el dióxido de carbono. (Marchand, E, 2012)

**Radiación Solar:** Es una colección de radiación electromagnética emitida por el sol. El Sol es una estrella con una temperatura superficial promedio de 5778 K (5505 °C), donde tienen lugar una serie de reacciones de fusión y la pérdida de masa resultante se convierte en energía. (Marchand, E. 2012)

**Precipitación:** La caída de agua sólida o líquida debido a la condensación del vapor sobre la superficie terrestre. (Sánchez, 2016)

**Evaporación:** La evaporación es un proceso físico que cambia lenta y gradualmente de líquido a gas una vez que tiene suficiente energía para superar la tensión superficial. A diferencia de la ebullición, la evaporación puede ocurrir a cualquier temperatura, cuanto más alta, más rápido. (Escalante, 2007).

**Parámetros:** Es un elemento descriptivo de una variable o una característica numérica de la misma. (IMTA, 2019)

**Erosión:** es el desgaste que se produce en la superficie de un cuerpo por la acción de agentes externos (como el viento o el agua) o por la fricción continua de otros cuerpos. (Romero, 2008)

**Río:** Es un curso de agua en movimiento continuo (no estacionario) que se une y desemboca en masas de agua más grandes, como lagos, mares, océanos u otros ríos. (OEFA, 2014)

## CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1.1 Ubicación Geográfica

La investigación está ubicada en el cauce del río Ronquillo, Cuenca Porcón, parte sur-este del distrito de Cajamarca a 3.2 km. de la ciudad, ubicados en la zona 17, sistema de coordenadas Unidad Técnica de Medida (UTM - DATUM WGS-84), perteneciente al cuadrángulo 15-f de la carta Geológica Cajamarca. (Ver anexo Plano N° 01)

#### 3.1.2 Ubicación Hidrográfica

La Cuenca Porcón drena el lado sur del Distrito Minero de Yanacocha, e incluye dos subcuencas hidrográficas principales, el Río Grande y el Río Porcón. Los dos ríos convergen al norte de Cajamarca para formar el Río Mashcón. La parte de la cuenca en el estudio va desde el límite de la zona sur-oeste del valle a la ciudad de Cajamarca, una distancia de aproximadamente 12 km.

#### 3.1.3 Accesibilidad

EL acceso al área de estudio es por vía terrestre, por medio de carreteras asfaltadas, afirmadas y caminos de herradura, estos caminos sirven para recorrer y observar con el fin de realizar la presente tesis. (Ver anexo Plano N° 02)

Tabla 12. Accesibilidad al área de estudio

<b>Ruta</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Tipo de vía</b>	<b>Distancia (km)</b>
Cajamarca - Planta de Potabilización Ronquillo	60	Asfaltada-Afirmada	2.34
Planta de Potabilización Ronquillo-Segundo Punto de Monitoreo	130	Afirmada-Camino de Herradura	4.2

Fuente: Propia

## **3.2 PROCEDIMIENTO Y TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS**

### **3.2.1 Metodología:**

#### **3.2.1.1 Trabajo de Gabinete:**

Recopilación de información bibliográfica

Una vez hecha la delimitación de la investigación se realizó la búsqueda bibliográfica de información relacionada a:

Estudios Geológicos

Estudios hidrogeológicos

Estudios hidrológicos

Estudios ambientales

#### **3.2.1.2 Trabajo de Campo:**

##### **Muestreo de agua**

Consistió en tomar muestras de agua de 2 estaciones seleccionados en este estudio. Los puntos se seleccionan en función a su ubicación y su importancia hídrica. (Ver anexo Plano N° 04)

##### **Cadena de seguridad para muestras**

Este es un proceso que asegura la integridad de la muestra desde el muestreo hasta el informe de análisis final, para que la muestra siempre sea monitoreada y responsable, se deben observar ciertos aspectos de esta cadena, tales como:

- a) Etiquetado de las muestras donde conste al menos el número de la muestra, fecha, hora, lugar de la toma y coordenadas.
- b) Sellado de la muestra, el cual se hará delante de quien ha hecho la toma.
- c) Una solicitud de análisis, enviada con la muestra al laboratorio, donde el trabajo de campo será registrado por su personal y completado a su llegada al laboratorio, junto con la fecha de recepción, número de muestra, nombre del recolector, recolectarla y almacenarla hasta que se la asigne a el analista.

##### **Método de toma de muestras**

El protocolo utilizado para el muestreo utilizado cumple con el Reglamento de Monitoreo de Aguas de DIGESA, el mismo que se utiliza en la recepción, monitoreo y análisis de

aguas, y establece que para asegurar muestras representativas: método de muestreo artesanal.

### **Envases de las muestras**

Los contenedores se preparan con anticipación con las condiciones adecuadas para obtener muestras que cumplan con los criterios requeridos.

### **Comparación de resultados con los ECA de agua.**

Los resultados obtenidos en el laboratorio serán comparados con los estándares de calidad ambiental del agua de clase 3 para determinar la calidad del agua del río Ronquillo.

### **Análisis e interpretación de datos.**

El análisis e interpretación de datos será realizado en gabinete mediante procesamiento de datos obtenidos en campo, los cuales serán plasmados en los informes parciales y el informe final usando procesador de textos, hoja de cálculo, y software como Google Earth, AutoCAD2018 y SASPlanet y Arc Gis 10.4 para la elaboración de planos.

### **3.2.2 Definición de variables**

#### **3.2.2.1 Variable independiente:**

Litología, mineralización-alteración y contaminación antrópica.

#### **3.2.2.2 Variable dependiente:**

Características físicas y químicas de agua.

#### **3.2.2.3 Población de estudio.**

Río Ronquillo, 18 kilómetros de extensión del río.

#### **3.2.2.4 Muestra.**

Aguas del río Ronquillo.

#### **3.2.2.5 Unidad de análisis.**

Parámetros químicos físicos y biológicos de las aguas del río Ronquillo cuenca Porcón.

### **3.2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

Las técnicas utilizables son observación directa, análisis documental, e instrumentos de muestreo, para el monitoreo de aguas, mapa y recolección de datos.

Softwares (Microsoft Word, Microsoft Excel, ArcGIS 10.4, AutoCAD2018 y SASPlanet): Se empleó Word para la redacción del texto de la tesis, Excel para

procesamiento de los datos y presentación de resultados, de igual forma se empleó ArcGIS10.4 y AutoCAD2018 para la creación de los mapas. SASPlanet para la representación de imágenes satelitales de acceso y ubicación.

Protactor: Se empleó para poder medirla distancia de los puntos de muestreo en los planos.

GPS Garmin Etrex-10: Para la toma de las coordenadas de los puntos de muestreo.

Brújula Brunton: Se utilizó para la determinación de la dirección del río así como el rumbo y buzamiento.

Cámara Digital CANON HW400 – Negro: Con la cámara se pudo realizar la toma de fotografías en la toma de muestras.

Planos Geológico 1/7500

Planos de Puntos de Muestreo 1/7500

Phmetro: Se utilizó para la toma del pH de las aguas de los ríos, previo a la toma de muestras para ser analizadas.

Frascos de muestra: Proporcionados por el laboratorio para la toma de muestras; para el análisis físico químicos se emplearon frascos de vidrio.

Guantes: Utilizados para la toma de muestras para evitar contaminarlas.

Instrumento de recolección de datos: Instrumento de recolección de datos para el control de las muestras y él envió a laboratorio.

### **3.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MICROCUENCA**

La superficie del distrito Cajamarca es de 192.29 Km<sup>2</sup> representando el 10.63% de la extensión territorial de la provincia de Cajamarca, con una densidad de población de 162.37 Hab/Km<sup>2</sup>.

#### **3.3.1 Clima**

El clima es templado con días secos y soleados y noches frías. Las lluvias ocurren cíclicamente de diciembre a marzo con El Niño, un fenómeno climático en el norte tropical del Perú. La temperatura media anual es de 15,8 ° C. Hace calor por la mañana y frío por la noche. Por su cercanía con Ecuador y por ser una ciudad de baja geotermia,

febrero tiene inviernos templados y veranos calurosos y lluviosos en febrero. Temperatura media anual: media alta 21°C, media baja: 6°C.

La temporada de lluvias se extiende de diciembre a marzo, perteneciente al verano costero. La estación seca, en el hemisferio sur correspondiente al otoño e invierno, ocurre de mayo a septiembre, con días bastante templados y noches frescas. (SENAMHI, 2021)

### **Climograma:**

La temporada más húmeda dura 6.7 meses, del 6 de octubre al 29 de abril, con una probabilidad de más del 90 % de humedad. Los niveles de máxima humedad se presentaron en los meses de diciembre del 2020 con el del 94.8 % de humedad.

La temporada más seca fue registrada en el mes de julio del 2022 con un 42.2% de humedad.

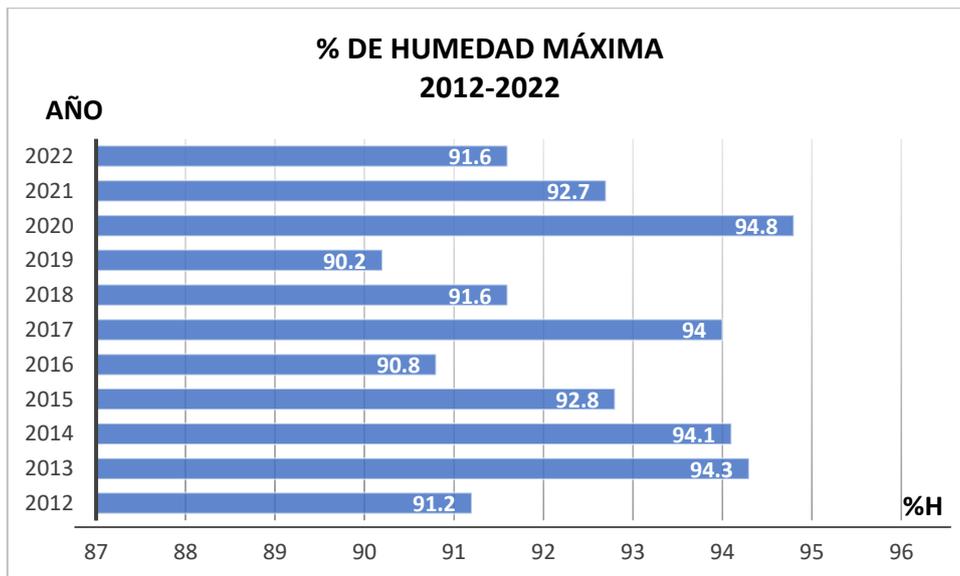


Gráfico 01: Climograma 2012-2022 (SENAMHI, 2022)

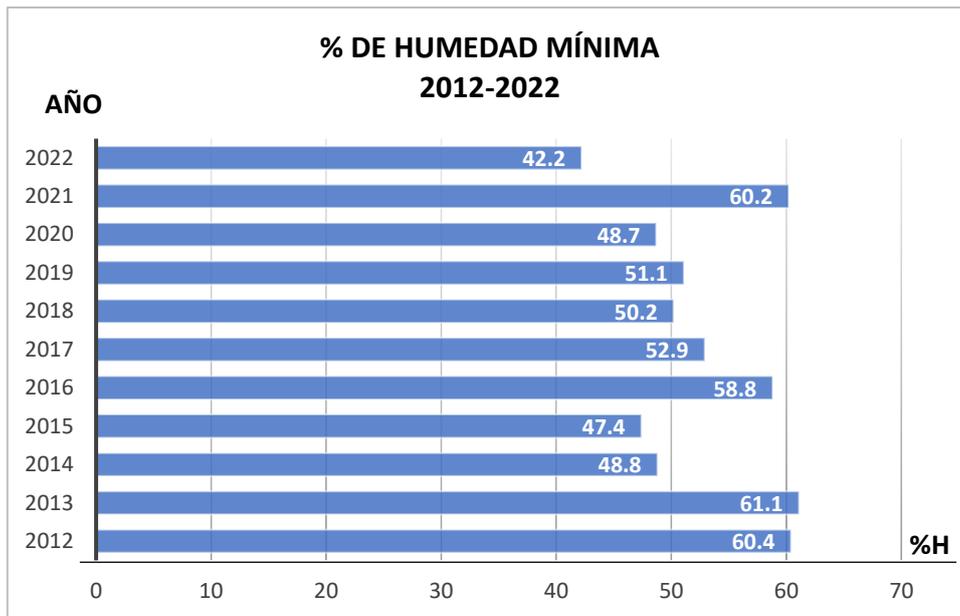


Gráfico 02: Climograma 2012-2022 (SENAMHI, 2022)

**Diagrama de temperatura:**

La temporada templada dura 3.4 meses, del 1 de diciembre al 14 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 27.4 °C. El día más caluroso del año es el 13 de enero, con una temperatura máxima promedio de 19 °C y una temperatura mínima promedio de -8.8 °C.

La temporada fresca dura 2 meses, del 3 de junio al 4 de agosto, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 17 °C. El año donde se observan las temperaturas mas bajas en junio del 2012 y junio del 2021.

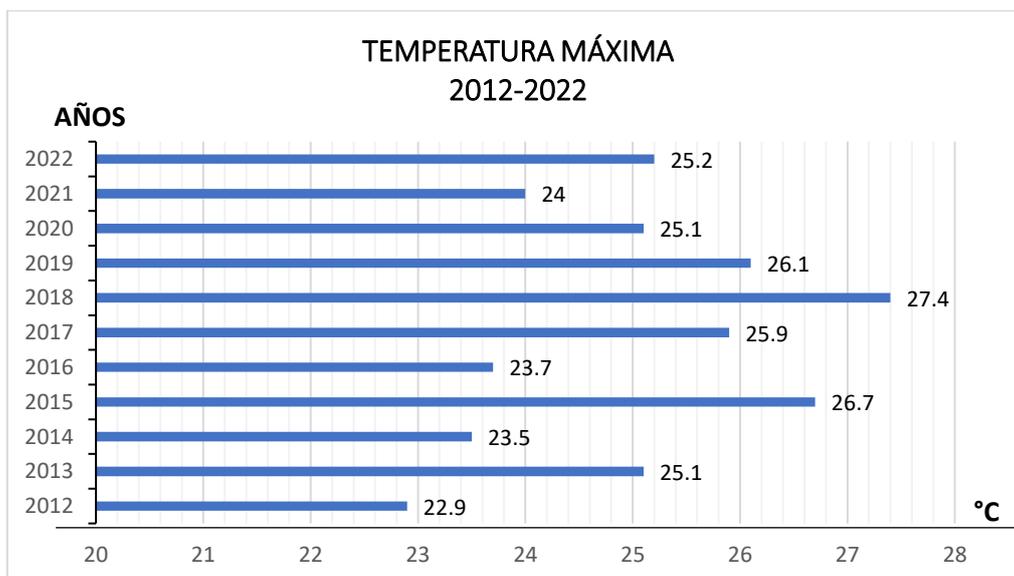


Gráfico 03: Diagrama de temperaturas máximas de los años 2012-2022 (SENAMHI 2022)

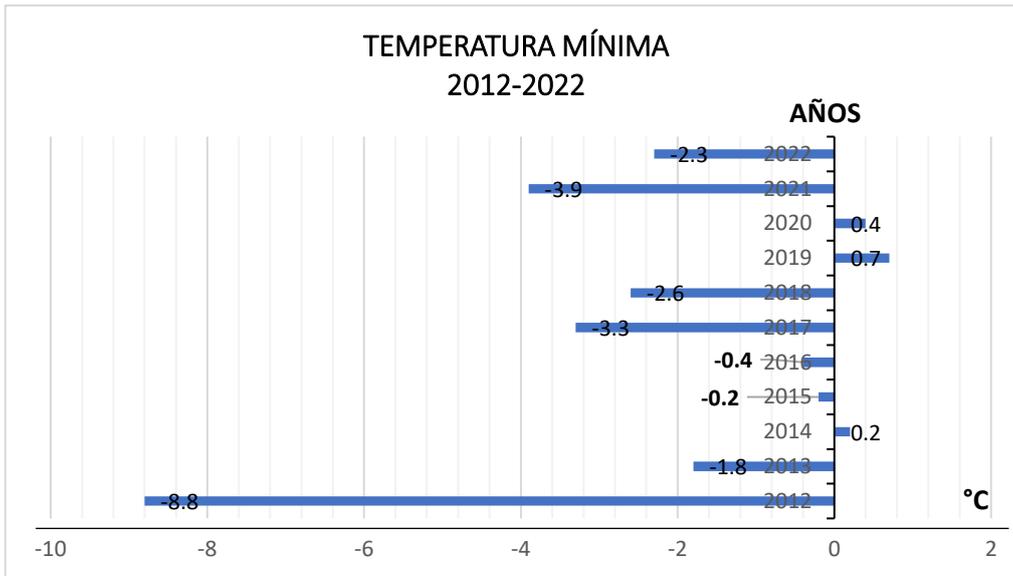


Gráfico 04: Diagrama de temperaturas mínimas de los años 2012-2022 (SENAMHI 2022)

**Tabla climática // datos históricos del tiempo:**

La precipitación varía 186.80 mm en los meses más lluviosos y 1.1 mm en el mes con menos precipitación. La variación en las temperaturas durante todo el año es 9 °C.

En donde los años de menor precipitación fueron 2016 y 2022 en estos últimos 10 años.

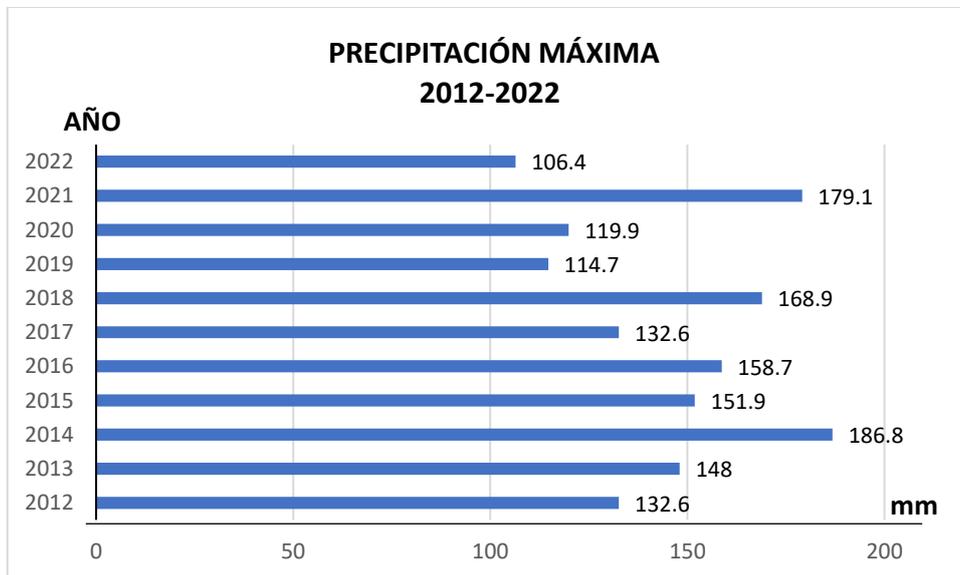


Gráfico 05: Tabla de precipitaciones máximas de los años 2012-2022 (SENAMHI, 2022)

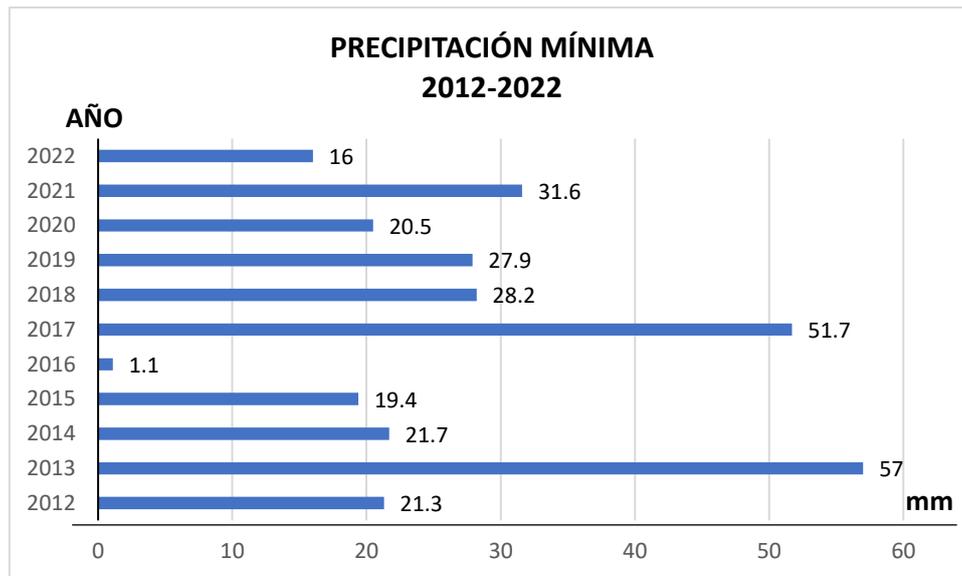


Gráfico 06: Tabla de precipitaciones mínimas de los años 2012-2022 (SENAMHI, 2022)

### 3.3.2 Hidrografía

Se ha encontrado que los cuerpos de agua en el área forman manantiales, arroyos, lagunas y aguas subterráneas. Distribuir agua a través de sus divisiones, dársenas y afluentes, a través de cursos de agua, hasta el acueducto principal, el Mascón. El agua tratada en Santa Apolonia, que abastece el 30% del agua de Cajamarca, proviene del río Ronquillo (cuenca Porcón), en una cuenca fuera del área de influencia de la minera.

### 3.3.3 Geología

Tomado de la Carta Geológica 15-f Cajamarca – INGEMMET

#### 3.3.3.1 Depósitos aluviales (Qh-al)

Están ubicadas en las quebradas y superficies topográficas de laderas. A diferencia de los coluviales, poseen un espesor más apreciable y conforman terrazas más desarrolladas especialmente en los márgenes de valles fluviales. En algunos casos, las terrazas aluviales están representadas por niveles bien estratificados. Consiste en fragmentos mal clasificados que varían en tamaño desde guijarros, grava y gránulos hasta arena gruesa.

#### 3.3.3.2 Depósitos coluviales (Qh-co)

Están presentes tanto en climas áridos como secos, tienen apariencia de conos o pequeños abanicos los que no cuentan con un espesor importante ya que corresponden a

acumulaciones locales sin mucho transporte. En algunos casos, pueden formarse en las cabeceras de terrazas aluviales dando la apariencia de ser un mismo depósito.

### **3.3.3.3 Depósitos fluviales (Qh-fl)**

Afloran en el fondo de los valles. No obstante, la textura al interior de éstos es notablemente diferente a los depósitos ya mencionados. Debido a que sus clastos son redondeados, alargados y sobre todo imbricados en una matriz que puede ser arenosa o arcillosa según las condiciones hidrológicas y climáticas de su sedimentación.

### **3.3.3.4 Depósitos glaciares o morrenas (Qpl-mo)**

son acumulaciones de gravas, arenas y arcillas que se localizan en sitios geográficos relacionados a la caída de nieve tanto en la actualidad como en el pasado y climas secos. Su formación depende directamente de la erosión por deslizamiento de la superficie topográfica, lo que lleva al transporte local y la absorción de sedimentos por parte de los glaciares. Aunque estos depósitos comparten algunas similitudes con los depósitos aluviales en los perfiles estratigráficos, se caracterizan por su morfología menos prominente y drenaje desviado de esbeltas laderas en la parte baja de montañas o en lagunas glaciares.

### **3.3.3.5 Grupo Pulluicana**

#### **Formación Yumagual**

La Formación Yumagual suprayace con leve discordancia a la Formación Pariatambo e infrayace con aparente concordancia a la Formación Mujarrún y Grupo Quiquiñan

consiste en una secuencia de margas y calizas, calizas y arcillitas, y arcillitas y margas. La Formación Yumagual se caracteriza por tener bastante contenido fosilífero (bivalvos, gasterópodos, cefalópodos e icnofósiles). Está compuesta por tres miembros (Inferior, Medio y Superior); presentando un espesor de 700 m. aproximadamente.

#### **Miembro inferior**

La litología en el miembro inferior está compuesta por calizas masivas y nodulares gris parduscas intercaladas con niveles de poco espesor de arcillitas, margas y chert. Este miembro se caracteriza por presentar cefalópodos.

### Miembro Medio

En la parte media se diferencia un miembro arcilloso margoso de color gris blanquesino a gris pardusco, que se intercalan con calizas gris parduscas y niveles de arcillitas. Este miembro se caracteriza por tener niveles de gran espesor de margas y arcillitas.

### Miembro Superior

El miembro superior está constituido por una intercalación de calizas masivas gris parduscas con margas, encontrándose también calizas nodulares de poco espesor. Este miembro se caracteriza por tener niveles de gran espesor de calizas.

Esta Formación pertenece al Albiano superior y cenomaniano inferior (Reyes, 1980).

### **3.3.3.6 Grupo Crisnejas**

#### **Formación Pariatambo**

La Formación Pariatambo yace concordantemente sobre la Formación Chúlec e Infrayace, con leve discordancia a la Formación Yumagual; relación observable en la cuenca de Pulluicana. Las mejores exposiciones de esta unidad se hallan en los alrededores de Cajamarca, La Encañada, San Marcos y hacienda Tambería.

Inicialmente estudiada por MC LAUGHLIN (1925); en el área consiste de una alternancia de lutitas con lechos delgados de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos con nódulos silíceos (chert) y dolomíticos, con un característico olor fétido al fracturarlas. Generalmente, su espesor oscila entre los 150 a 200 m.

La Formación Pariatambo tendría su tope en la base del Albiano superior, siendo correlacionable con la parte superior de la Formación Crisnejas y con la Formación Yacu Ushco. Se extiende ampliamente en los Andes centrales del Perú (Reyes, 1980).

#### **Formación Chúlec**

Se extiende en la zona norte del Perú suprayace concordantemente a la Formación Inca e Infrayace con la misma relación a la Formación Pariatambo.

Litológicamente, consta de una secuencia bastante fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema-amarillento. Generalmente, los bancos de margas se presentan muy nodulosos y las calizas frescas muestran colores gris-parduzcos, su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirla en el campo. Sus grosores varían de 200 a 250 m. con tendencia a aumentar hacia el suroeste.

La Formación Chúlec se le correlaciona con la parte inferior de la Formación Crisnejas que aflora en el valle del Marañón y con la Formación Santa Ursula. Esta Formación se extiende por los Andes centrales del Perú (Reyes, 1980).

### **Formación Inca**

Esta Formación, inicialmente denominada “Capas Rojas” del Barremiano por TAFUR (1950), fue posteriormente definida por BENAVIDES (1956) como formación Inca, refiriéndose a los afloramientos al este de los Baños del Inca en Cajamarca.

Infrayace concordantemente a la Formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la Formación Farrat, con un aparente paso transicional. En varios lugares, se ha observado que gradualmente se intercalan areniscas calcáreas y lechos de cuarcitas, dando en superficie un matiz amarillento. Alrededor de Cajamarca es rojizo, mientras que en el resto del área prevalece un color amarillo anaranjado. Su espesor no supera los 100 m.

Por la presencia de Parahoplites, BENAVIDES (1956) asignó para la Formación Inca una edad Albiano inferior, pero teniendo en cuenta que éstos presentan sus costillas con poco abultamiento en el lado umbilical, respecto a los parahoplites albianos que los tienen más desarrollados (Hypacanthoplites), la edad de la Formación Inca se encuentra entre el Aptiano superior y Albiano inferior, máxime si se tiene en cuenta que en algunos lugares ella se presenta como un paso transicional de la Formación Farrat (Reyes, 1980).

#### **3.3.3.7 Grupo Goyllarisquizga**

##### **Formación Farrat**

Esta Formación representa el nivel superior de la parte clástica del Cretáceo inferior. Consta de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, tiene un grosor promedio de 500 m. aumentando en el sector suroeste. En algunos lugares se observa estratificación cruzada y marcas de oleaje.

La Formación Farrat suprayace con aparente concordancia a la Formación Carhuaz y subyace, con la misma relación, a la formación Inca, dando la impresión en muchos lugares, de tratarse de un paso gradual (Reyes, 1980).

### **3.3.4 Geología Local**

#### **Depósitos cuaternarios.**

Existen depósitos cuaternarios, tales como los que afloran en los flancos del río en la parte este. Está constituido por depósitos aluviales, fluviales.

#### **Depósitos Fluviales**

Estos depósitos cubren grandes áreas a ambos lados del río. Son de menor espesor que los depósitos aluviales y consiste en cantos rodados angulares guijarros y depósitos rocosos de varios tamaños cubiertas con una matriz arcillosa.

Los cantos angulosos y bloques rocosos, son calizas. Depósitos que rellenan el lecho actual de los ríos o quebradas de escorrentía estacional. (Ver anexos foto 01)

#### **Quebradas**

Su origen está en la acción del discurrir de las aguas en el transcurso del tiempo o por actividad tectónica. Generalmente, por ella corre un arroyo o riachuelo, al menos, durante una parte del año o luego de tormentas, y en cuyo recorrido se puede observar depósitos o material de las partes altas de los cerros que va arrastrando el agua en su recorrido, siendo las épocas de mayor actividad los meses de mayor precipitación.

#### **Depósitos Aluviales**

Los depósitos aluviales están compuestos por cantos rodados o guijarros, de rocas sedimentarias e intrusivas más o menos redondeadas que varían en tamaño según la distancia del transporte pudiendo llegar a 1.5 m. la matriz es la que está envuelta de arena y de limo. Tienen grandes exposiciones a lo largo del río.

Estos depósitos aluviales son muy importantes porque han dado origen a suelos agrícolas muy fértiles, como los que se observan en los alrededores. Debajo del suelo se observan una capa detrítica, en proceso de consolidación, denominado caliche, cuyo espesor alcanza 2 a 4 m. (Ver anexos foto 02)

### **3.3.5 Geomorfología**

#### **Cárcavas**

Son cavidades formada en el terreno por la erosión de las corrientes de agua, estas producen la llamada erosión remontante.

Se han formado en el sustrato de tipo arcilloso, se observan cárcavas paralelas en línea verticales, formados en los materiales blandos por el agua que ataca las pendientes excavando largos surcos. (Ver anexos foto 03)

### **Colinas**

Son elevaciones naturales y aisladas del terreno, presentan un desnivel desde la línea base hasta la cima menor a 200 m; sus laderas presentan una inclinación promedio superior al 16% y divergen en todas direcciones a partir de la cima relativamente estrecha, siendo su base aproximadamente circular. Se han considerado colinas altas, medias y bajas (Castro et al. 2013).

Se observan colinas medianas con una pendiente aproximada de 14%, y con desniveles de 50 metros. La mayoría de los distritos que pertenecen a la microcuenca están ubicados en morfologías correspondientes a colinas medianas. (Ver anexos, foto 04)

### **Escarpe**

Es una vertiente de roca que corta el terreno abruptamente, la pendiente es mayor a 45°, aunque sea solamente una parte de la vertiente. A veces adopta la forma de una cornisa, que corona una vertiente en una extensión más o menos larga, aunque conservando una altitud sensiblemente constante (Castro et al. 2013).

Los escarpes están presentes en la microcuenca, en los cuales se observan pendientes que van desde los 48° grados hasta las 70°. (Ver anexos, foto 05)

### **Valle**

Son extensiones de terreno cuyas aguas vierten en un río y está delimitado por montañas o cordilleras. A lo largo de todo el recorrido del río Ronquillo se puede observar el valle en forma de V, debido a que es un valle joven y la microcuenca en la mayoría de su área supera los 3000 metros de altitud. (Ver anexos, foto 06)

### **Terrazas**

Son zonas llanas, bajas y estrechas formadas por depósitos aluviales de arenas características del Cuaternario combinados con guijarros grandes. Se localizan a ambos lados del plano inundable y originado por repetidos descensos del nivel de base de erosión (Castro et al. 2013).

En la microcuenca se observan pequeñas terrazas cercanas a los drenajes principales, dichas terrazas están constituidas básicamente por guijarros debido a que en el invierno las precipitaciones arrastran bloques considerables de rocas de la parte alta de la microcuenca, que van depositándose en las márgenes en la parte media e inferior de ésta. (Ver anexos, foto 07)

### **3.3.6 Eventos Geodinámicos**

Esto se debe principalmente a la erosión fluvial, en la que el factor geomorfológico más importante es el agua, que erosiona el fondo del valle tanto horizontal como verticalmente durante millones de años.

La erosión fluvial contribuye a la profundidad y amplitud del valle a través de una serie de procesos secundarios como la erosión fluvial, la erosión, la abrasión, la succión y el transporte.

Por acción hidráulica, el agua del río Ronquillo retiene material meteorizado que se acumula temporalmente en el cauce o riberas del río.

El agua del río a través del proceso de disolución de la erosión y el roce del material rocoso del lecho del río, y a través de la abrasión del material transportado por el río (rocas, cantos rodados, grava, arena, etc.) horizontalmente, creando así el fondo del valle

La atricción fluvial incluye el consumo de materiales transportados a través de los ríos por impacto, fricción, raspado y aplastamiento, que indirectamente contribuyen al dragado y ensanchamiento del cauce. Este proceso convierte las grandes rocas capturadas por los ríos en guijarros, grava y eventualmente arena.

Finalmente, debido al transporte fluvial, el material obtenido por fluviración es transportado río abajo debido a las corrientes y la competencia de los ríos. Hay varias formas de este transporte: tracción, salto, suspensión, retracción y flotación.

El transporte fluvial por tracción consiste en el acarreo de materiales, por acción del caudal y competencia del río. "La tracción involucra el sostén ascensional del agua, pero consta principalmente del rodaje, empuje y arrastre de las partículas de rocas" (Thornbury, 1960:50).

El transporte de salto se crea saltando y saltando rocas a medida que chocan entre sí y por la flotabilidad de los rápidos. El transporte suspendido implica el apoyo temporal de las

partículas de roca más diminutas debido a la fuerza ascendente y la turbulencia de los rápidos.

El transporte por solución se realiza sin gasto extra de energía de aquellos materiales que son solubles. Finalmente, el transporte por flotación se realiza con materiales sumamente ligeros o pequeños, del tipo de las pumitas, micas y arcillas. (Thornbury, 1960:51).

El material arrastrado por los ríos antes mencionados se deposita en las orillas para formar los lechos de los ríos. Debido a sus riberas se crean terrazas fluviales. Debido a la juventud y estrechez del cauce, en estos ríos no se observaron riberas.

Los depósitos aluviales sobre los que se encuentra la ciudad se crearon durante el Holoceno y posiblemente el Pleistoceno, mediante la remoción masiva de limo y capas de limo.

Los sedimentos fluviales observados a lo largo del río provienen de quebradas y también son el resultado de una remoción masiva a través de la deposición de flujos fangosos o huaycos.

### **3.3.7 Geología Ambiental**

#### **3.3.7.1 Recursos Hídricos**

Una limitación importante para la calidad del suelo y la agricultura son los recursos hídricos. El distrito de Cajamarca cuenta con los siguientes recursos hídricos:

- Río
- Humedales y lagunas.

Estas aguas superficiales abastecen a las poblaciones aledañas para el consumo humano, así como para la agricultura y la ganadería de subsistencia.

#### **3.3.7.2 Recurso Suelo**

El suelo de la región de Cajamarca es predominantemente calizo y volcánico, con muy poca tierra cultivable en el borde de la cuenca. La agricultura de baja calidad en el área de pastizales del páramo está limitada por el suelo y la erosión, y cubre aproximadamente la mitad de la superficie del área.

La mayor parte del área está cubierta de vegetación natural y pastizales. La alta calidad de la siembra y la mejora de los pastos de apoyo muestra el potencial de este recurso para

promover la ganadería (bovinos, ovinos, camellos, equinos y animales menores), mejorar el manejo y la sanidad.

Los recursos del suelo en el grupo micro están solo moderadamente o erosionados secundariamente. Esto se debe a que gran parte del terreno tiene una suave pendiente. Hay estratificación o escorrentía superficial en pendientes pronunciadas. Esta erosión se produce en laderas que no están cubiertas de vegetación.

Las causas de la erosión del suelo son: pérdida de la cubierta vegetal; el uso de surcos que promuevan pendientes; pastoreo y barbecho en terrenos bastante inclinados; fragmentación de las tierras agrícolas debido al aumento de la población local; los recursos naturales han creado aún más presión. No se observaron medidas de conservación del suelo tales como trincheras a nivel, terrazas de formación lenta o trincheras de infiltración.

### **3.3.7.3 Situación actual del agua**

El recurso hídrico en Cajamarca es suministrado por SEDACAJ la cual es la encargada de captar y tratar el agua para el consumo de la población, siendo los principales puntos de captación los ríos que ingresan a la ciudad, mas no se tiene por el momento puntos de captación de lagunas.

La mejora del abastecimiento de agua potable de Cajamarca se está convirtiendo poco a poco en una realidad con la instalación de más de 2 km de nuevas tuberías desde la cuenca del Ronquillo hasta la planta potabilizadora de Santa Apolonia, que trata el 30% del agua que recibe la ciudad de Cajamarca.

El 69.48% de los predios cuentan con red pública de agua dentro del lote, por lo que un importante sector de la población realiza se abastece a través de pilón, se utiliza con fines públicos (agua potable), camiones, pozos, ríos, zanjas, primavera y otro mecanismo para establecer de acuerdo con su propia iniciativa.

## **3.4 TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

### **3.4.1 Muestreo**

La distribución de las estaciones de muestreo de las aguas se determinó tomando los puntos de una mayor influencia de factores externos, de tal manera que estos cubrieran la mayor parte de la cuenca Porcón, Considerando este aspecto se tomaron dos puntos.

### **3.4.1.1 Determinación del número de muestras**

Se dispuso la toma de cinco estaciones de muestreo dos en el 2021 y tres en el 2023, considerando una primera estación en la unión con otros ríos y quebradas (Tres Ríos) y la segunda estación de muestre estaría ubicada en la captación de la planta de tratamiento de agua potable el Ronquillo, y las tres restantes en el recorrido del rio Ronquillo todas las muestras de agua recolectadas se enviaron para su análisis en el laboratorio del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca, en la ciudad de Cajamarca, donde se realizaron los análisis del agua con fines de evaluar su cumplimiento con los ECAs categoría 1 (agua para ser tratadas para consumo humano).

**Estación 1:** La estación se ubica en la captación de la planta de tratamiento de agua potable Ronquillo a una altura de 2850 m.s.n.m. Con coordenadas UTM-WGS84 N: 9208199.00 y E: 772072.00. Se realizo la toma de la primera muestra MA-01. (Ver anexos, foto 08, foto 09, foto 10 y foto 11)

**Estación 2:** La estación está ubicada en la confluencia de tres ríos la misma que da el nombre, a una altura de 2994 m.s.n.m. Con coordenadas UTM-WGS84 N:9208881.00 y E:770457.00. Se realizo la segunda toma de muestras MA-02.

Toma de muestra M-02. Foto (Ver anexos foto 12, foto 13, foto 14 y foto 15)

**Estación 3:** La estación está ubicada en el recorrido del rio Ronquillo, a una altura de 2854 m.s.n.m. Con coordenadas UTM-WGS84 N: 9208556.00 y E: 771671.00. Se realizo la tercera toma de muestras MA-03. (Ver anexo foto 16 y 17)

**Estación 4:** La estación está ubicada en el recorrido del rio Ronquillo, a una altura de 2896 m.s.n.m. Con coordenadas UTM-WGS84 N: 9209031.00 y E: 770956.00. Se realizo la cuarta toma de muestras MA-04. (Ver anexo foto 18 y 19)

**Estación 5:** La estación está ubicada en el recorrido del rio Ronquillo, a una altura de 2982 m.s.n.m. Con coordenadas UTM-WGS84 N: 9209031.00 y E: 770956.00. Se realizo la quinta toma de muestras MA-05. (Ver anexo foto 20 y 21)

### **3.4.1.2 Selección de parámetros de muestreo**

Los parámetros analíticos se seleccionarán de acuerdo con los Estándares de calidad Nacionales del agua. DS No. 015-2015-MINAM Según el uso previsto.

Tipo 1: Agua para consumo humano. Para fines de impermeabilización, se aplican restricciones de metales y sustancias peligrosas para diferentes usos.

Tabla 13. Métodos de Ensayo para los parámetros

Ensayo	Método de Ensayo	Definición	Unidad
Bicarbonatos	<b>SMEWW-APHA- AWWA- WEF Part 2320 B, 22 nd Ed. 2012 : Alkalinity. Titration Method</b>	Este análisis se realiza por medio de una titulación volumétrica. Se toma una alícuota de la muestra y se agrega unas 10 gotas de fenolftaleína, para determinar la concentración de bicarbonatos, se deben adicionar 2 gotas de anaranjado de metilo a la	mg CaCO <sub>3</sub> / L
<i>Cianuro Wad</i>	<b>Skalar Methods 1296-311</b>	Este método está basado en la formación del ion complejo Ag(NO) <sub>2</sub> por la adición de nitrato de plata a la solución a analizarse. En el momento que la reacción se completa, el exceso de plata es detectado por el indicador yoduro de potasio, formándose un	mg/L
<i>Aniones ECA I</i>	<b>EPA Method 300.1 Rev. 1.0. 1997: Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography</b>	Este método permite la separación de moléculas basada en sus propiedades de carga eléctrica. Se compone de dos fases: la fase estacionaria o intercambiador iónico, y la fase móvil. La fase estacionaria insoluble lleva en la superficie cargas electrostáticas fijas, que retienen contraiones móviles que pueden intercambiarse por iones de la fase	mg/L
<i>N-Nitrato + N-Nitrito</i>	<b>EPA Method 300.1 Rev. 1.0. 1997: Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography</b>	<b>La cromatografía iónica es una técnica basada en la separación de sustancias por su diferente migración en una columna de intercambio iónico o en una lámina impregnada con un intercambiador iónico. Los iones de las muestras son desplazados de la columna con una solución de</b>	mg/L

<b>Ensayo</b>	<b>Método de Ensayo</b>	<b>Definición</b>	<b>Unidad</b>
<b>Conductividad (uS/cm)</b>	<b>SMEWW-APHA- AWWA- WEF Part 2510 B, 22 nd Ed. 2012: Conductivity. Laboratory Method</b>	La determinación de la conductividad se realiza midiendo la resistencia eléctrica en un área de la solución definida por el diseño de la sonda ("probe"). Se aplica un voltaje entre los dos electrodos que integran la sonda y que están inmersos en la solución. La caída en voltaje causada por la resistencia de la solución es utilizada para calcular la conductividad por centímetro. El flujo de electrones entre los electrodos en una solución de electrolitos varía con la temperatura de la solución.	<b>uS/cm</b>
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)</b>	<b>SMEWW-APHA- AWWA- WEF Part 5210 B, 22 nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test</b>	El método de ensayo se basa en medir el dióxigeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se han inhibido los procesos fotosintéticos de producción de dióxigeno en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos. La curva de consumo de dióxigeno suele ser al principio débil y después se eleva rápidamente hasta un máximo sostenido, bajo la acción de la fase logarítmica de crecimiento de los microorganismos.	<b>mg O2/L</b>
<b>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b>	<b>SMEWW-APHA- AWWA- WEF Part 5220 C, 22 nd Ed. 2012: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Titrimetric Method</b>	Se somete a reflujos una muestra en una solución ácida fuerte con un exceso de dicromato potásico. Después de la digestión, el dicromato no reducido que quede, se determina con sulfato ferroso amónico, sal de Mohr: (SO4)2Fe(NH4)2, para determinar la cantidad de dicromato consumido y calcular la M.O. oxidable en términos de equivalente de oxígeno.	<b>mg O2/L</b>
<b>Oxígeno Disuelto</b>	<b>SMEWW-APHA- AWWA- WEF Part 4500- O C, 22 nd Ed. 2012: Oxygen (Dissolved). Azide Modification.</b>	Se basa en la adición de una solución de manganeso divalente, seguido por una de álcali fuerte a la muestra en un frasco de tapón esmerilado. El oxígeno disuelto rápidamente oxida una cantidad divalente precipitado a hidróxido de un estado de valencia mayor. En presencia de iones Ioduro en medio ácido, el manganeso oxidado se revierte a su estado divalente, liberando una porción equivalente de Yodo elemental al oxígeno disuelto original presente en la muestra.	<b>mg O2/L</b>

<b>Ensayo</b>	<b>Método de Ensayo</b>	<b>Definición</b>	<b>Unidad</b>
<b>Potencial de Hidrógeno (pH) a 25 oC</b>	<b>SMEWW-APHA- AWWA- WEF Part 4500- H+ B, 22 nd Ed. 2012: pH Value. Electrometric Method</b>	El método radica en usar una celda electroquímica, consistente en un electrodo indicador sensible a la concentración de protones, [H+], un electrodo de referencia y la muestra (como electrolito de la celda). El potencial de la celda está relacionado con el pH.	<b>pH</b>
<b>Metales ECA</b>	<b>EPA Method 200.7 Rev. 4.4. 1994 (Validado- PEQ1- 5.4-01): Determination of Metals and Trace</b>	<b>Es una técnica de análisis inorgánico elemental e isotópico capaz de determinar y cuantificar la mayoría de los elementos de la tabla periódica en un rango dinámico lineal de 8 órdenes de magnitud (ng/l – mg/l) además de poder llevar a cabo la determinación de los elementos en un análisis multielemental que provee la composición de la muestra analizada. Puede</b>	<b>mg/L</b>

FUENTE: Autoridad Nacional del Agua, 2017

### **3.4.1.3 Recipientes utilizados para muestreo**

En cada estación de muestreo se utilizó dos envases de vidrio de 500 ml, los envases utilizados fueron previamente esterilizados y al momento de tomar las muestras fueron debidamente rotulado para su identificación.

#### **Parámetros Físicos Químicos**

Para determinar Metales Pesados: Se utilizo envases de vidrio de boca ancha con cierre hermético, limpios de 500 ml. de capacidad. Abrir el envase, enjuagar tres veces y sumergirlo a unos 20 cm por debajo de la superficie y luego aplicar preservante. (Ver anexos foto 22 y foto 23)

Muestras para los parámetros Físicos e iones: Se utilizan frascos de vidrio de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 500 ml. de capacidad, se enjuaga tres veces, conservándose en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente. (Ver anexos foto 24 y foto 25)

### **3.4.1.4 Etiquetado**

El etiquetado o rotulado de envases se realizó después de la toma de muestras para evitar confundir las muestras o que las etiquetas se despintaran o borrarán. En la foto que se muestra a continuación las etiquetas utilizadas para el muestreo. (Ver anexos foto 26 y foto 27)

### 3.4.1.5 Forma de recolectar las muestras

Se realizó la calibración de instrumentos antes de medir los parámetros fisicoquímicos de la muestra pH y temperatura. Los datos registrados para cada punto incluyen: fecha de muestreo, hora de muestreo, ubicación y coordenadas UTM utilizando un dispositivo de posicionamiento GPS Garmin.

Tabla 14. Datos tomados al recolectar la muestra

Muestra	Fecha	Hora	Localidad	Norte	Este
M-01	15/07/2021	8:04 a.m.	Cajamarca	9208199.00	772072.00.
M-02	15/07/2021	12:58 p.m.	Cajamarca	9208881.00	770457.00
M-03	05/01/2023	8:30 a.m.	Cajamarca	9208556.00	771671.00
M-04	05/01/2023	12:00 p.m.	Cajamarca	9209031.00	770956.00
M-05	05/01/2023	14:00 p.m.	Cajamarca	9209031.00	770956.00

### 3.4.1.6 Preservación, conservación y traslado de las muestras al laboratorio de análisis.

El muestreo es muy importante. Los resultados de los procedimientos analíticos óptimos serán inútiles si las muestras no se recolectan y manipulan adecuadamente, el Ministerio de Salud ha desarrollado recomendaciones a través de la Dirección General de Protección al Ambiente (DIGESA) y Laboratorios de Pruebas de Agua del Gobierno Regional de Cajamarca.

#### Consideraciones generales

Según el “Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de Recursos Hídricos”.

Los frascos requeridos deben ser de vidrio, los cuales deben estar limpios y secos para evitar contaminación.

Todo equipo debe estar debidamente calibrados (termómetro, pH metro).

Las muestras deben conservarse criogénica y/o químicamente para mantener su integridad durante el transporte y antes del análisis de laboratorio.

Los preservantes químicos más comunes son ácido clorhídrico, nítrico, sulfúrico e hidróxido de sodio.

Las cajas térmicas usadas para el transporte de las muestras son las más apropiadas para almacenar las muestras tomadas, materiales de empaque y hielo. Llenar los registros de cada muestra recolectada (ficha de muestreo) e identifique cada frasco (etiquetado)

Utilice procedimientos formales que rastrean la historia de la muestra desde la recolección hasta su llegada al laboratorio de análisis (cadena de custodia).

#### **3.4.1.7 Preservación de las muestras**

Para la preservación de muestras se siguió la guía de instrucciones recomendadas por ENVIROLAB PERU-SAC, según el tipo de análisis requerido:

Metales pesados: (Cd, Cu, Cr, Fe, Pb, Hg, Ní): se tomó 1/2 litro de muestra en frasco de vidrio y se agregó 20 gotas de HNO<sub>3</sub> (1:1) hasta pH < 2, posteriormente se mezcló para guardar en refrigeración.

**CAPÍTULO IV**  
**ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

**4.1 RESULTADOS Y ANÁLISIS**

**4.1.1 Ubicación de las estaciones de muestreo**

Tabla 15. Coordenadas de las estaciones de muestreo

Muestra	Estación	coordenadas			Parámetros fisicoquímicos	
		Este	Norte	Cota	T°	pH
<b>M-01</b>	1	9208199	772072	2850	14°	7.2
<b>M-02</b>	2	9208881	770457	2994	13°	7.1
<b>M-03</b>	3	9208556	771671	2854	14°	7.1
<b>M-04</b>	4	9209031	770956	2896	14°	7.1
<b>M-05</b>	5	9209031	770956	2982	13°	7.2

Luego de determinar los puntos y realizado el muestreo, los recipientes con las muestras fueron enviados al Laboratorio de Aguas del Gobierno Regional de Cajamarca, donde fueron procesadas, los análisis correspondientes considerando los parámetros indicados para los estándares de calidad ambiental (ECA) para el aguade categoría 1.

**4.1.2 Parámetros establecidos por el ANA**

Los resultados de los análisis de las muestras de agua son comparados con los estándares aprobados con Resolución Jefatural N°068-2018 ANA la cual define los limites en los cuales deben encontrarse los valores de los elementos a analizar para aguas tipo A para ser potabilizadas.

Tabla 16: Parámetros para ECA1

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>ECA 1</b>
<b>Aluminio (Al)</b>	mg/L	0.9
<b>Arsénico (As)</b>	mg/L	0.1
<b>Boro(B)</b>	mg/L	2.4
<b>Bario (Ba)</b>	mg/L	0.7
<b>Cadmio (Cd)</b>	mg/L	0.01
<b>Cromo (Cr)</b>	mg/L	0.05
<b>Cobre (Cu)</b>	mg/L	2
<b>Hierro (Fe)</b>	mg/L	0.3
<b>Manganeso (Mn)</b>	mg/L	0.4
<b>Plomo (Pb)</b>	mg/L	0.01
<b>Selenio (Se)</b>	mg/L	0.04
<b>Zinc (Zn)</b>	mg/L	3
<b>Níquel (Ni)</b>	mg/L	0.07
<b>Fluoruro(F-)</b>	mg/L	1.5
<b>Cloruro (Cl-)</b>	mg/L	500
<b>Nitrito (NO<sub>2</sub>-)</b>	mg/L	50
<b>Sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)</b>	mg/L	250
<b>N-Nitrato+N-Nitrito</b>	mg/L	100
<b>Bicarbonatos CaCO<sub>3</sub></b>	mg /L	518
<b>pH a 25°C</b>	pH	6.5-8.5
<b>(*) Cianuro Wad</b>	mg/L	0.2

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2018

## Antecedentes locales

### Calidad y uso del agua de la subcuenca del San lucas (Cajamarca) en función del índice de Brown

Tabla 17. Parámetros considerados en las muestras tomadas

Parámetros	Tipo de parámetro		
	Físico	Químico	Bacteriológico
Temperatura °C	X		
Turbidez (UNT)	X		
Sólidos disueltos totales (mg/L)	X		
Oxígeno Disuelto (OD en % de saturación)		X	
Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ L)		X	
pH (en unidades de pH)		X	
Nitratos (NO <sub>3</sub> -en mg/L)		X	
Fosfatos (PO <sub>4</sub> -en mg/L)		X	
Coliformes fecales o termotolerantes (NMP/100 mL)			X

Fuente: Flor García 2014

Tabla 18. Coordenadas de estación de muestreo

Estación	Nombre de la Estación	Altitud m.s.n.m	Coordenadas	
			LATITUD SUR	LONGITUD OESTE
1	Tres Ríos (Puente Tres Ríos)	2921	7° 08'59,84''	78° 32'42,51''
2	Ronquillo (Antes de la zona de captación)	2864	7° 09'18,47''	78° 32'15,12''
3	Ronquillo (Después de la zona de captación)	2834	7° 09'25,22''	78° 32'10,64''

Fuente: Flor García, 2014

Tabla 19. El periodo de muestreo se realizó de abril del 2013 a marzo del 2014, obteniendo los siguientes resultados

Parámetros	Mayor		Menor	
	Unidades	Mes	Unidades	Mes
Temperatura °C	18 °c	nov-dic	12 °c	julio
Turbidez (UNT)	56 UNT	octubre	7.14 UNT	mayo
Sólidos disueltos totales (mg/L)	79 mg/L	mayo	33 mg/L	junio
Oxígeno Disuelto (OD en % de saturación)	8.19%	abril	5.89%	noviembre
Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ L)	3 mg/L	noviembre	1.12 mg/L	octubre
pH (en unidades de pH)	8.6 pH	julio	7.6 pH	febrero
Nitratos (NO31-en mg/L)	16.13mg/L	junio	1.03mg/L	mayo
Fosfatos (PO43-en mg/L)	15.19mg/L	mayo	0.43mg/L	abril
Coliformes fecales o termotolerantes (NMP/100 mL)	70 NMP/100 mL	agosto	15 NMP/100 mL	abril-mayo

Fuente: Flor García 2014

Tabla 20. Resumen del Índice de Calidad del Agua ICA en las 3 estaciones monitoreadas en el Río Ronquillo

RÍO	ESTACION	ESTADO DE CALIDAD DE AGUA	COLOR
Ronquillo	Puente Tres Ríos	Regular	
Ronquillo	Antes de la captación de agua para tratamiento en la Planta Santa Apolonia	Regular	
Ronquillo	Después de la captación de agua para tratamiento en la Planta Santa Apolonia	Regular	

Flor García 2014

#### Informe Técnico N° 0079-2021-ANA-AAA-M-ALA.CIMCC

Primer Monitoreo de Calidad de Agua Superficial de la Cuenca Crisnejas-Sub Cuenca Cajamarquino, ejecutado por la Administración Local de Agua Cajamarca

Tabla 21. Estaciones de Monitoreo

N°	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
			NORTE	ESTE
10	RRonq2	Río Ronquillo, 100 m. aguas arriba captación Planta de Tratamiento de agua Potable Santa Apolonia	9 Z08 237	772 043

Fuente: Administración Local del Agua, 2021.

Tabla 22. Resultados del análisis de la muestra con fecha 20/09/2021

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>ECA 1</b>	<b>RRonq2</b>
<b>Aluminio (Al)</b>	mg/L	0.9	0.026
<b>Arsénico (As)</b>	mg/L	0.1	0.0005
<b>Boro(B)</b>	mg/L	2.4	0.007
<b>Bario (Ba)</b>	mg/L	0.7	0.0368
<b>Cadmio (Cd)</b>	mg/L	0.01	0.001
<b>Cromo (Cr)</b>	mg/L	0.05	0.0014
<b>Cobre (Cu)</b>	mg/L	2	0.0004
<b>Hierro (Fe)</b>	mg/L	0.3	0.034
<b>Manganeso (Mn)</b>	mg/L	0.4	0.0022
<b>Plomo (Pb)</b>	mg/L	0.01	0.0002
<b>Selenio (Se)</b>	mg/L	0.04	0.0006
<b>Zinc (Zn)</b>	mg/L	3	0.008
<b>Níquel (Ni)</b>	mg/L	0.07	0.0008
<b>Fluoruro(F-)</b>	mg/L	1.5	NR
<b>Cloruro (Cl-)</b>	mg/L	500	0.784
<b>Nitrito (NO<sub>2</sub>-)</b>	mg/L	50	0.29
<b>Sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)</b>	mg/L	250	8.3
<b>N-Nitrato+N-Nitrito</b>	mg/L	100	0.015
<b>Bicarbonatos CaCO<sub>3</sub></b>	mg /L	518	55..64
<b>pH a 25°C</b>	pH	6.5-8.5	7
<b>(*) Cianuro Wad</b>	mg/L	0.2	0.001

Fuente.: Administración Local del Agua, 2021

Los valores obtenidos en el análisis de la muestra del Río Ronquillo no supera los límites establecidos indicando que las aguas del Río Ronquillo no presentan contaminantes que modifiquen su composición química por ende es posible su potabilización.

#### 4.1.2 Parámetros ECA Categoría 1 Analizados

Para comparar con los resultados obtenidos al analizar muestras, tenemos en cuenta la siguiente tabla junto con los parámetros que determinan el ECA.

categoría 1:

Tabla 23. Parámetros ECA categoría 1 analizados

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>M-01</b>	<b>M-02</b>	<b>ECA 1</b>
<b>Aluminio (Al)</b>	mg/L	0.019	0.021	0.9
<b>Arsenico(As)</b>	mg/L	0.006	0.006	0.1
<b>Boro(B)</b>	mg/L	0.40	0.43	2.4
<b>Bario(Ba)</b>	mg/L	0.007	0.007	0.7
<b>Cadmio (Cd)</b>	mg/L	0.004	0.004	0.01
<b>Cromo (Cr)</b>	mg/L	0.003	0.003	0.05
<b>Cobre (Cu)</b>	mg/L	0.011	0.012	2
<b>Hierro(Fe)</b>	mg/L	0.032	0.032	0.3
<b>Manganeso (Mn)</b>	mg/L	0.005	0.005	0.4
<b>Plomo(Pb)</b>	mg/L	0.003	0.003	0.01
<b>Selenio (Se)</b>	mg/L	0.023	0.023	0.04
<b>Zinc (Zn)</b>	mg/L	0.020	0.029	3
<b>Niquel (Ni)</b>	mg/L	0.004	0.004	0.07
<b>Fluoruro(F-)</b>	mg/L	0.043	0.043	1.5
<b>Cloruro (Cl-)</b>	mg/L	0.072	0.070	500
<b>Nitrito (NO<sub>2</sub>-)</b>	mg/L	0.060	0.058	50
<b>Sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)</b>	mg/L	0.090	0.096	250
<b>N-Nitrato+N-Nitrito</b>	mg/L	0.079	0.084	100
<b>Bicarbonatos</b>	mg CaCO <sub>3</sub> /L	0.826	0.829	518
<b>pH a 25°C</b>	pH	NA	NA	6.5-8.5
<b>(*) Cianuro Wad</b>	mg/L	0.004	0.004	0.2

Fuente: Propia

### 4.1.3 Resultados por parámetro

En los siguientes gráficos podemos apreciar los valores obtenidos por los análisis de las muestras MA-01, MA-02, MA-03, MA-04 y MA-05 comparadas con los estándares de calidad de agua para un ECA 1

#### ALUMINIO

Los valores de la muestra poseen valores que están debajo del rango permitido para los estándares de calidad del agua para un ECA 1

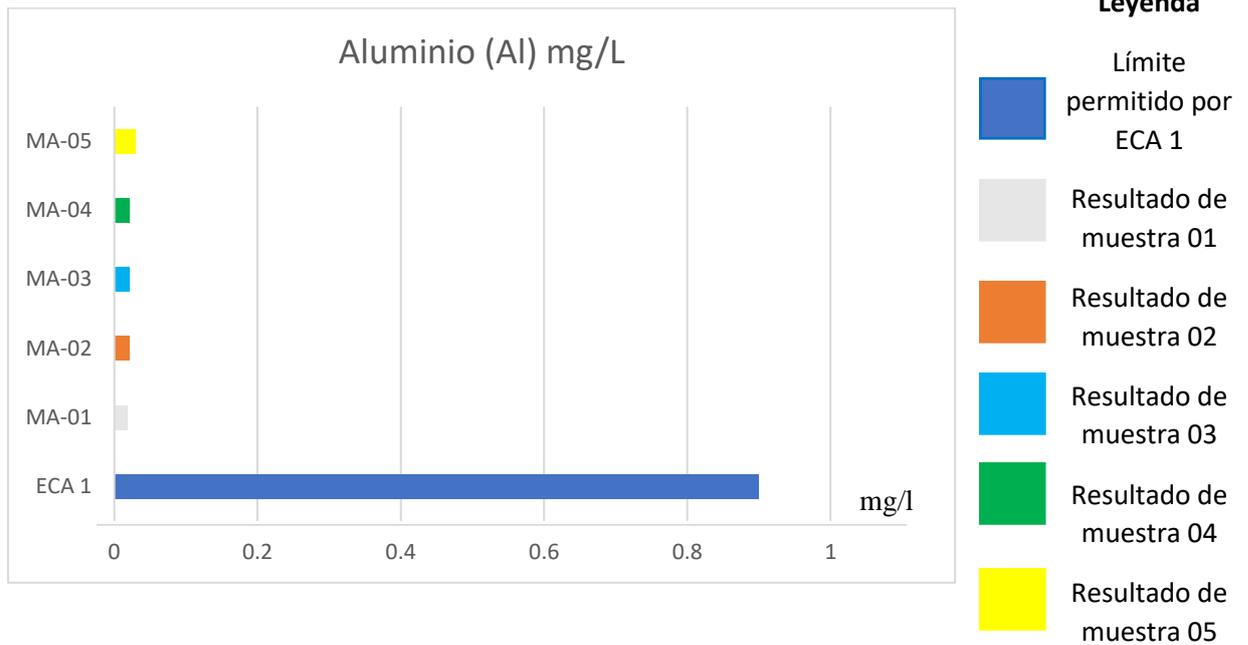


Gráfico 07: Resultados obtenidos por Aluminio

## ARSÉNICO

El valor permitido por los ECA tipo 1 es de 0.1 mg/L y ambas muestras se encuentra por debajo de este valor.

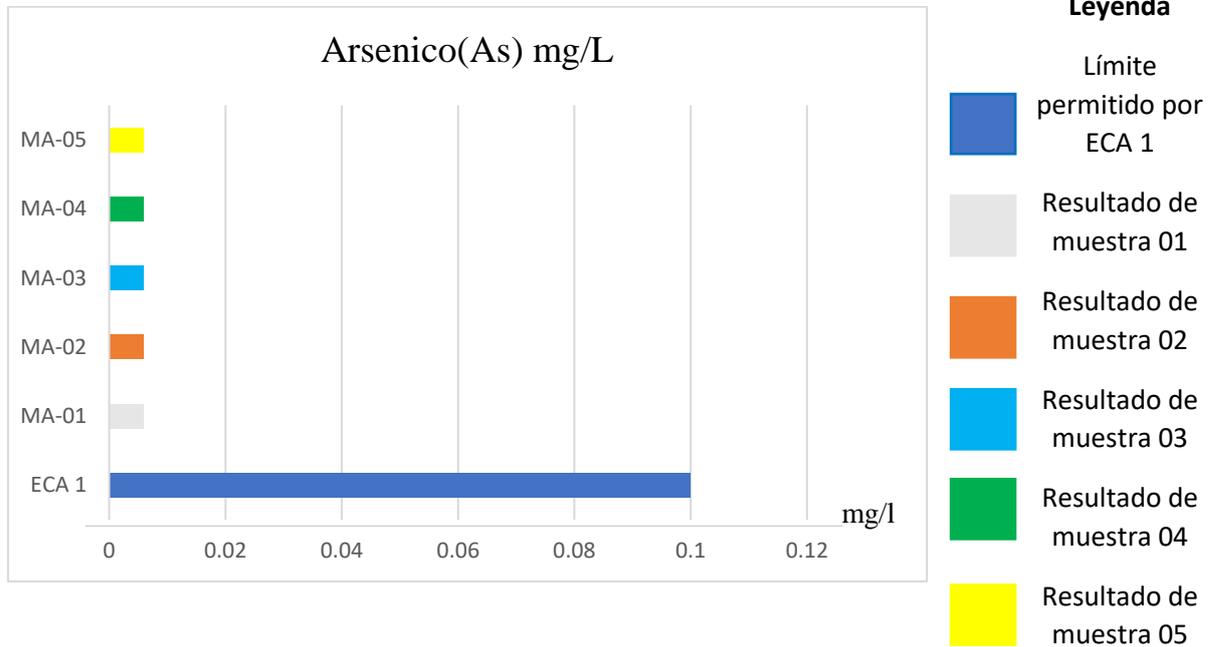


Gráfico 08: Resultados obtenidos por Arsénico

## BORO

La concentración de Boro en las muestras se encuentra debajo del límite permisible dados por los ECA tipo 1 que es 0.24 mg/L.

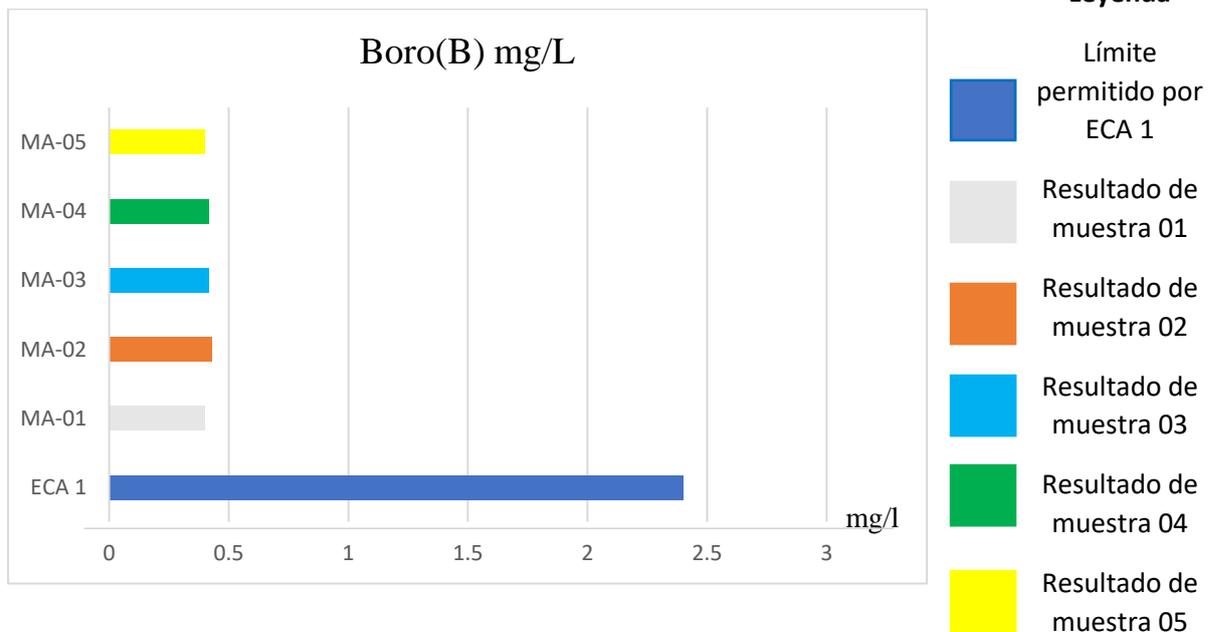


Gráfico 09: Resultados obtenidos por Boro

## BARIO

Los resultados de las muestras por Bario arrojan valores muy por debajo de lo permitido para un ECA 1.

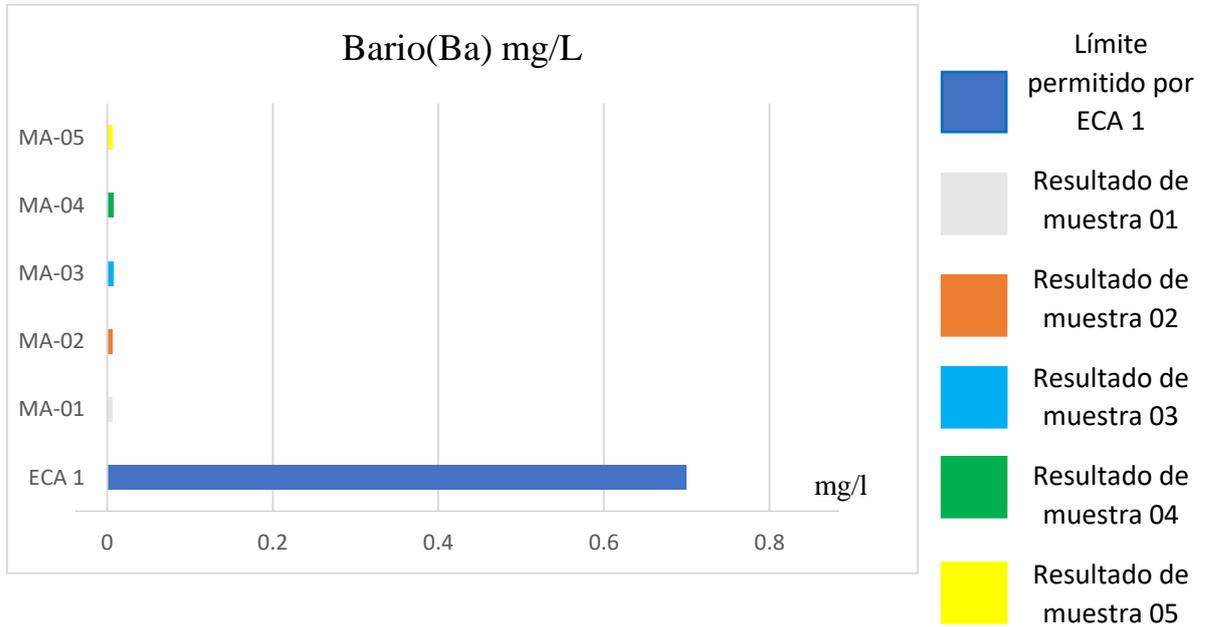


Gráfico 10: Resultados obtenidos por Bario

## CADMIO

Los valores de cadmio son representativos sin superar los límites establecidos para un ECA 1

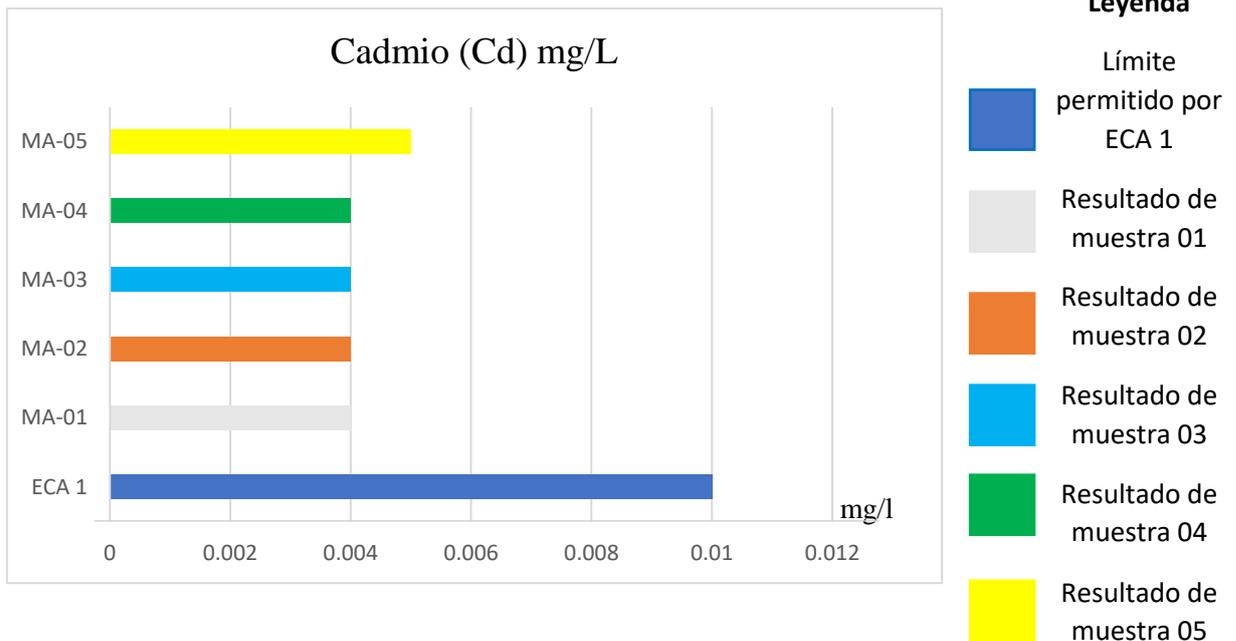


Gráfico 11: Resultados obtenidos por Cadmio

## CROMO

Los resultados para Cromo obtienen valores muy inferiores al límite.

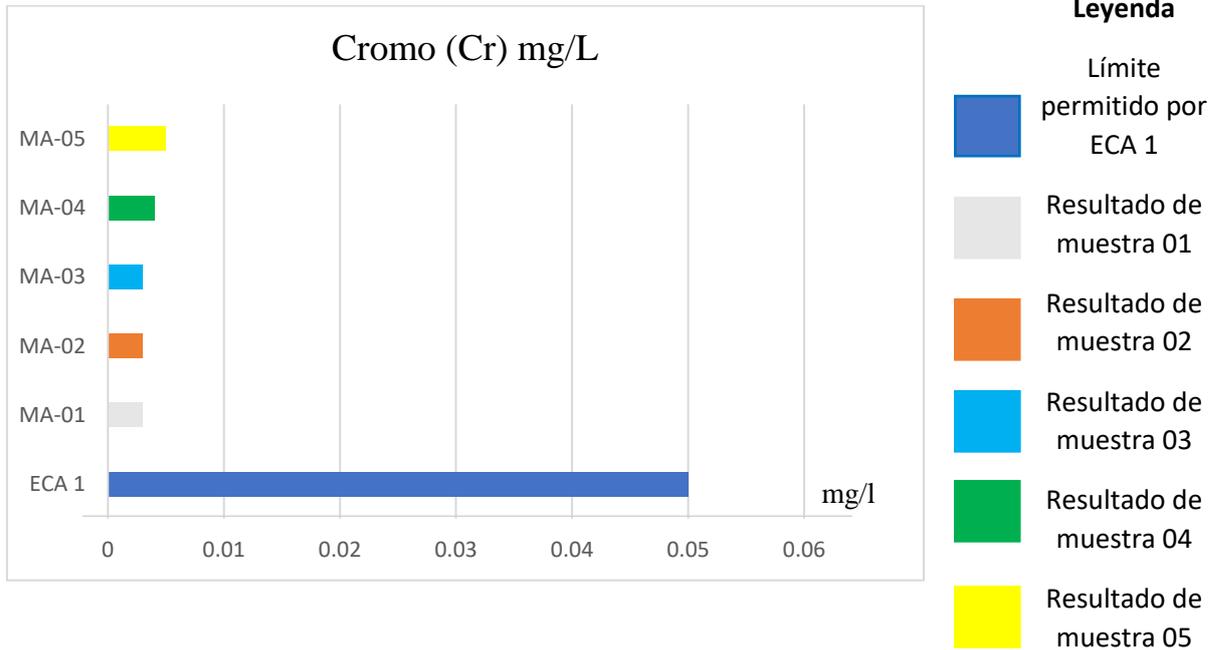


Gráfico 12: Resultados obtenidos por Cromo

## COBRE

Los resultados obtenidos de la muestra por cobre poseen valores muy por debajo del límite permitido.

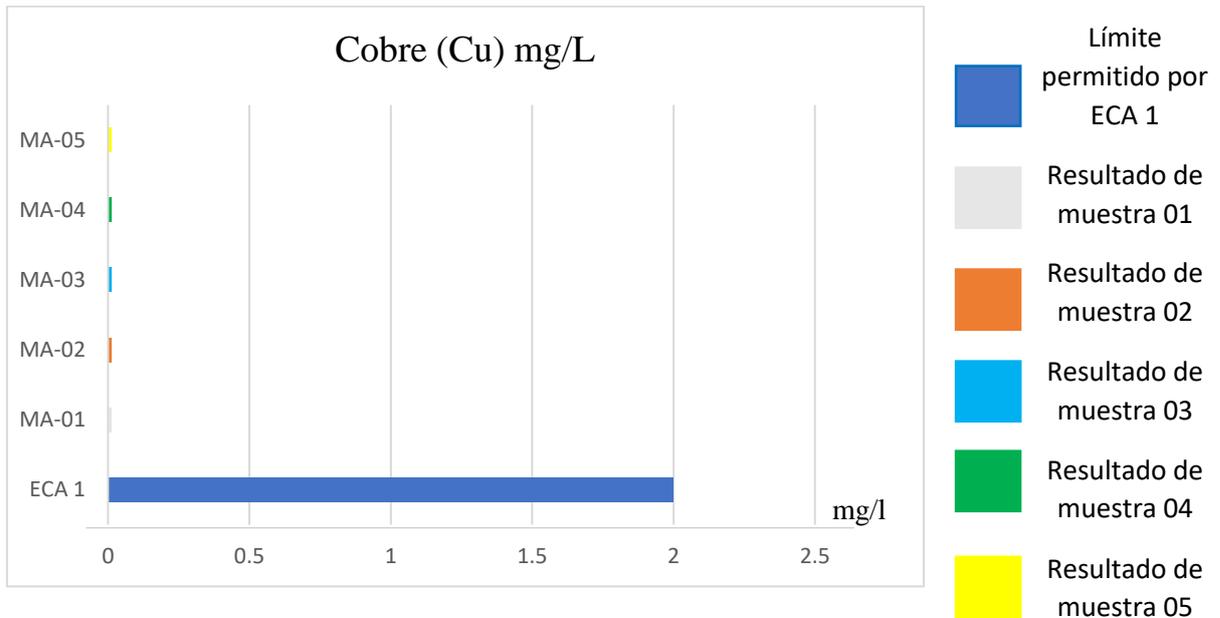


Gráfico 13: Resultados obtenidos por Cobre

## HIERRO

El hierro presente en la muestra presenta valores bajos para un ECA 1

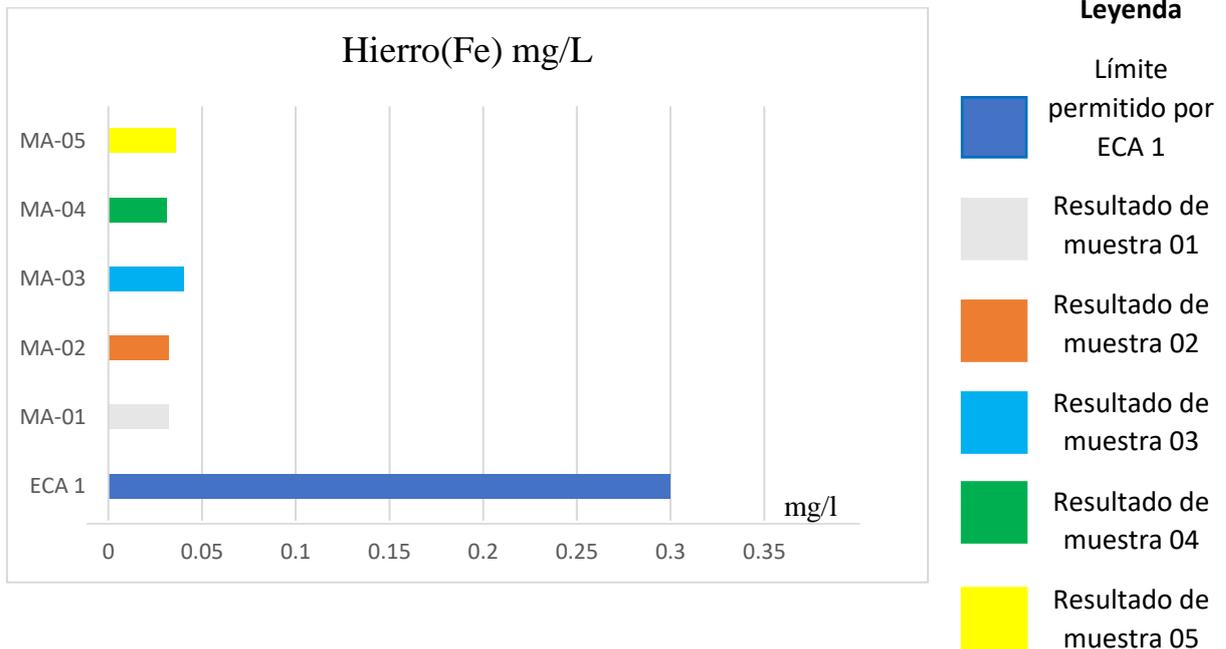


Gráfico 14: Resultados obtenidos por Hierro

## MANGANESO

Los resultados de manganesos e la muestra presentan valores muy por debajo del límite permitido.

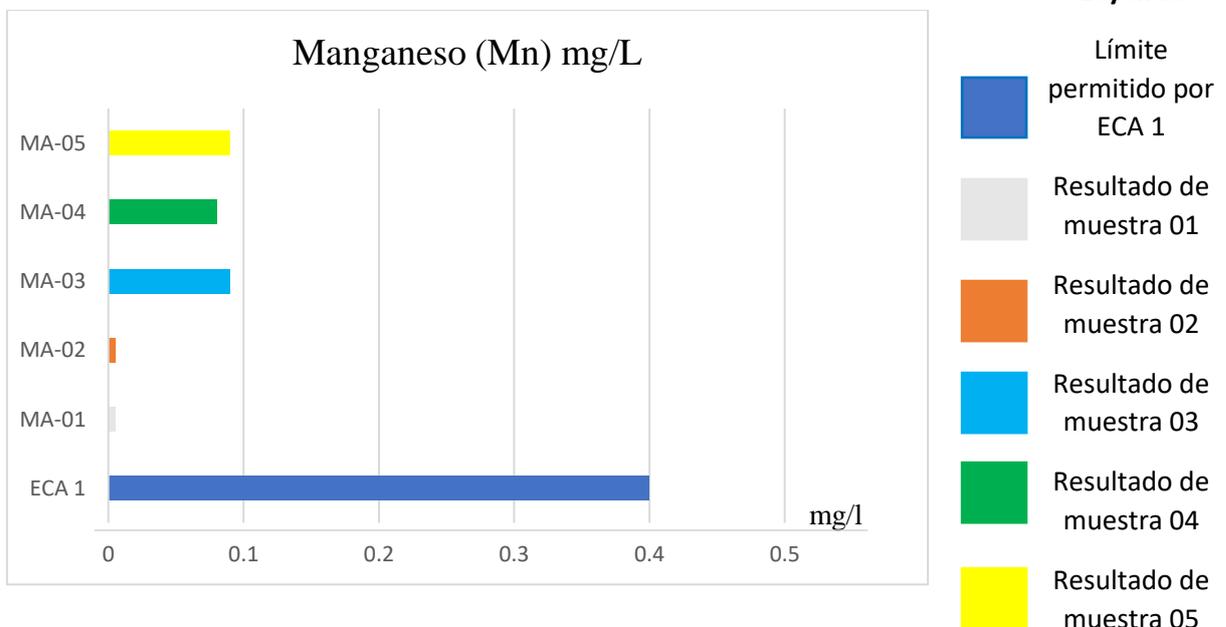


Gráfico 15: Resultados obtenidos por Manganeso

## PLOMO

El plomo en la muestra no supera lo establecido para un ECA 1.

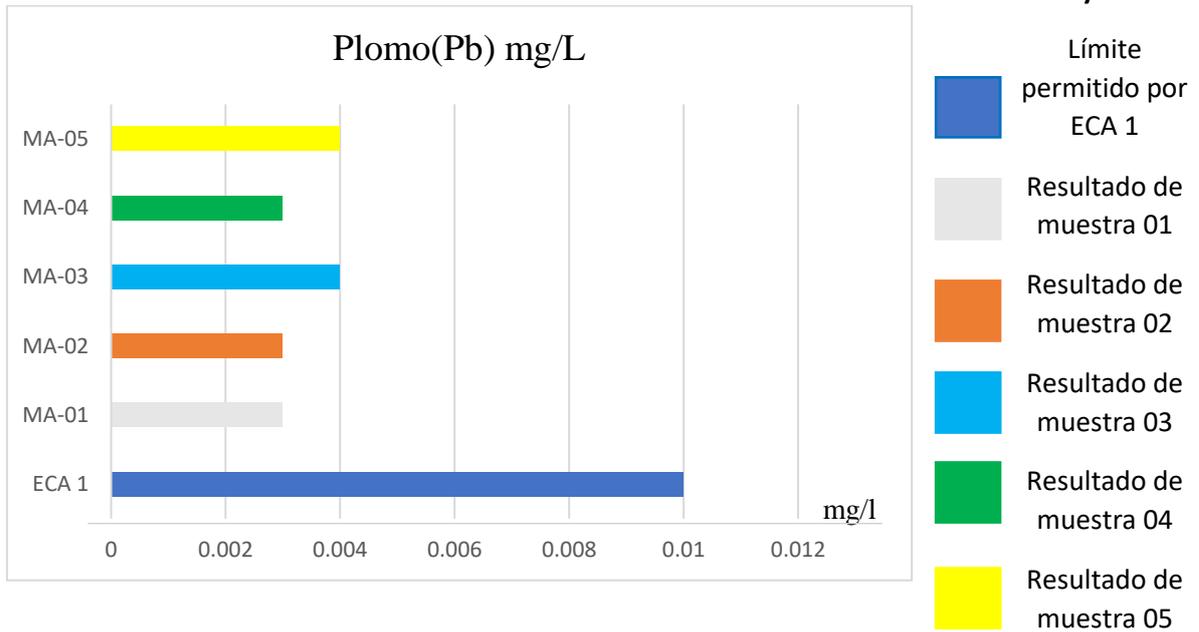


Gráfico 16: Resultados obtenidos por Plomo

## SELENIO

La concentración de selenio no supera los límites permitidos para un ECA 1.

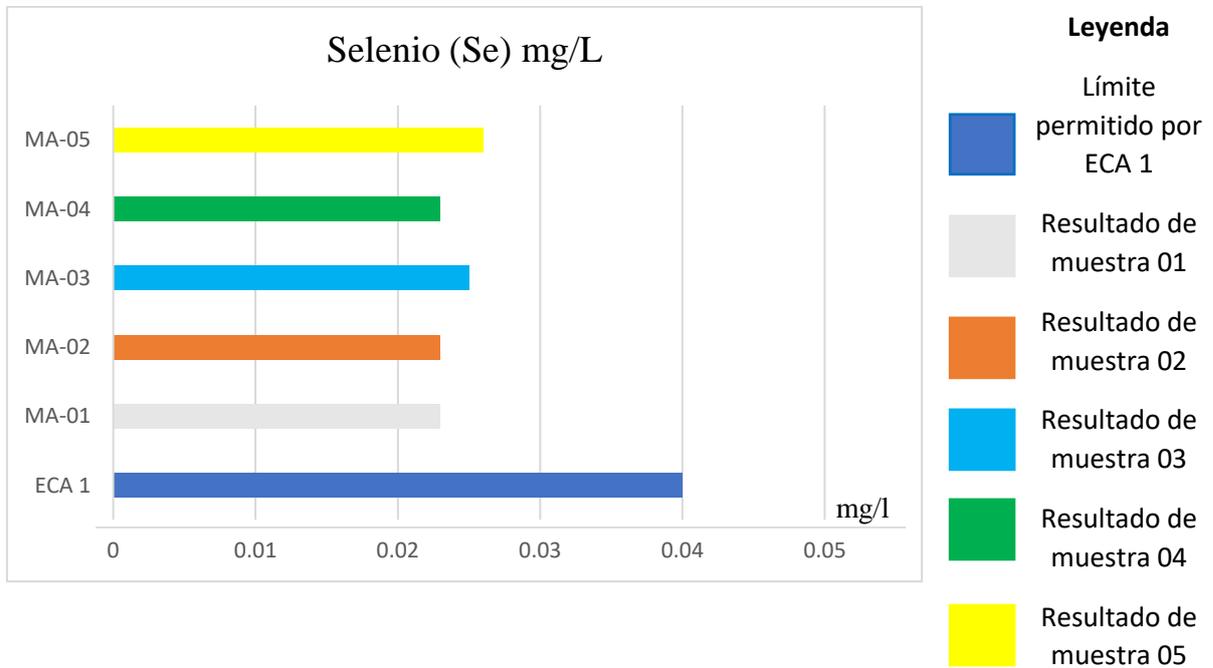


Gráfico 17: Resultados obtenidos por Selenio

## ZINC

Los resultados de zinc no logran superar los límites permitidos para ser admitidos en un ECA 1.

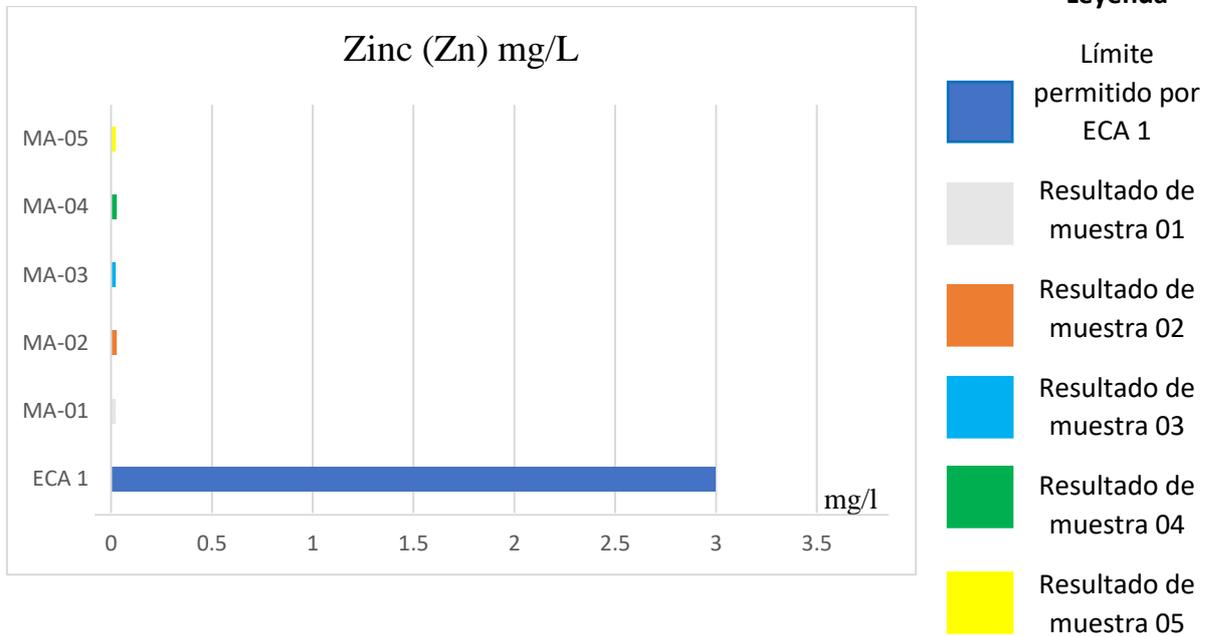


Gráfico 18: Resultados obtenidos por Zinc

## NÍQUEL

Los niveles de níquel encontrados en la muestra son ínfimos y no supera los límites establecidos por ley.

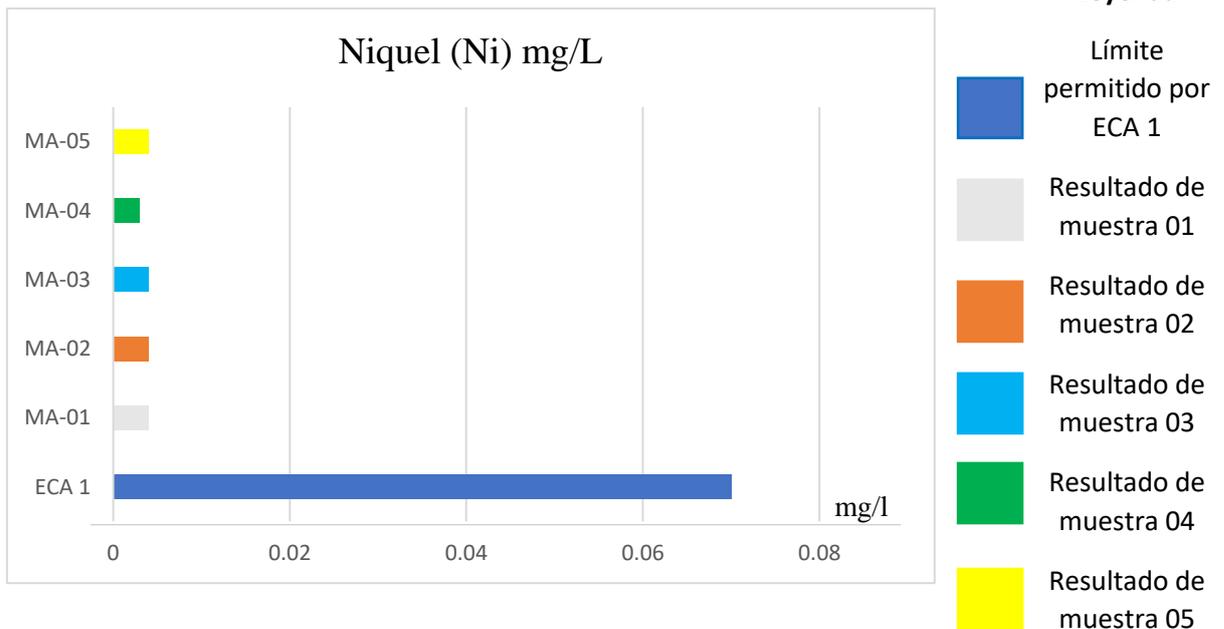


Gráfico 19: Resultados obtenidos por Níquel

## FLUORURO

Los fluoruros encontrados en la muestra poseen valores muy pequeños sin representar un peligro ni superar los parámetros establecidos por las normas del ECA 1.

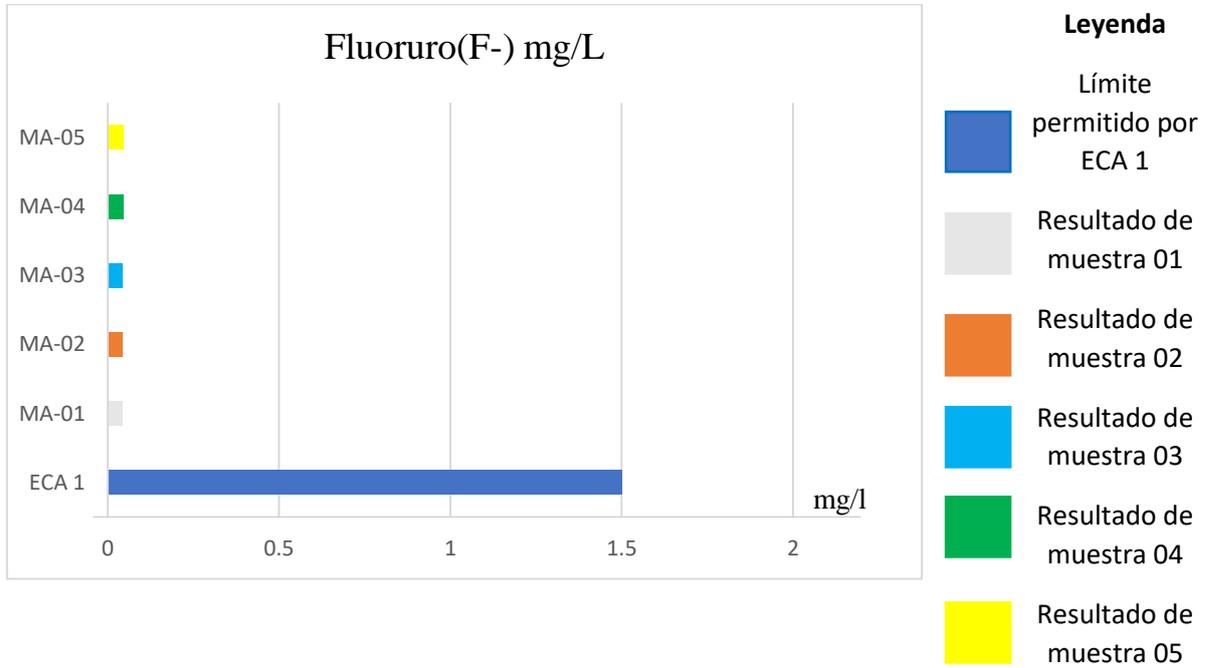


Gráfico 20: Resultados obtenidos por Fluoruro

## CLORURO

El cloruro presente en la muestra posee valores muy por debajo de lo indicado por el ECA

1.

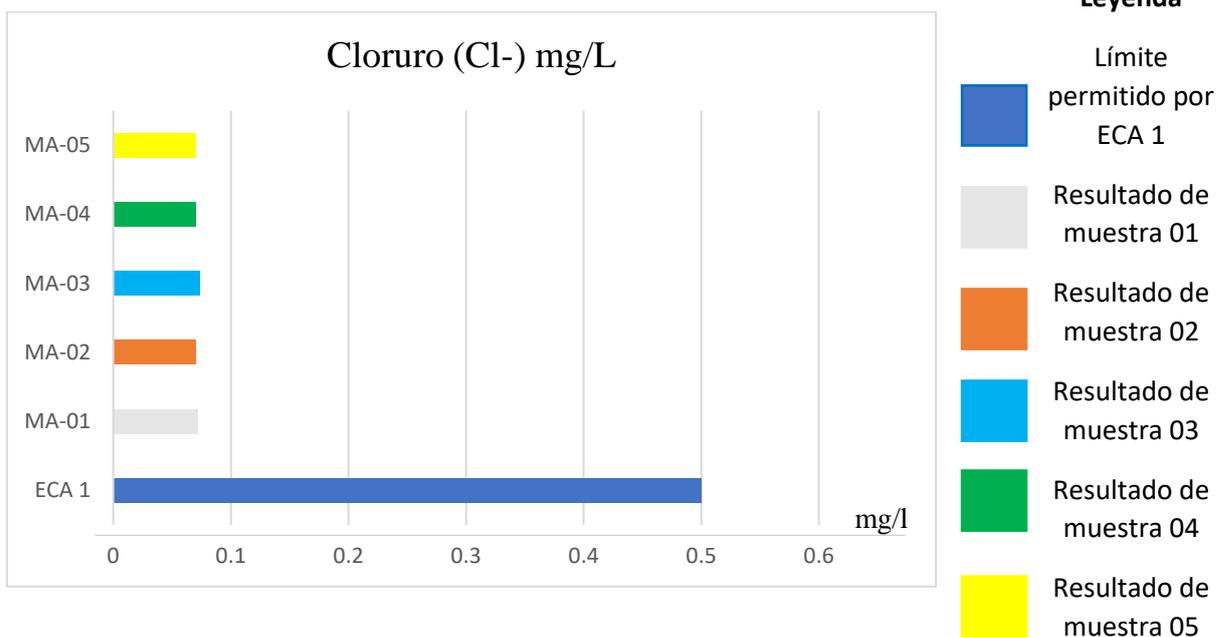


Gráfico 21: Resultados obtenidos por Cloruro

## NITRITO

El nitrito presente en la muestra resulto con valores ínfimos, no superando los limites permisibles.

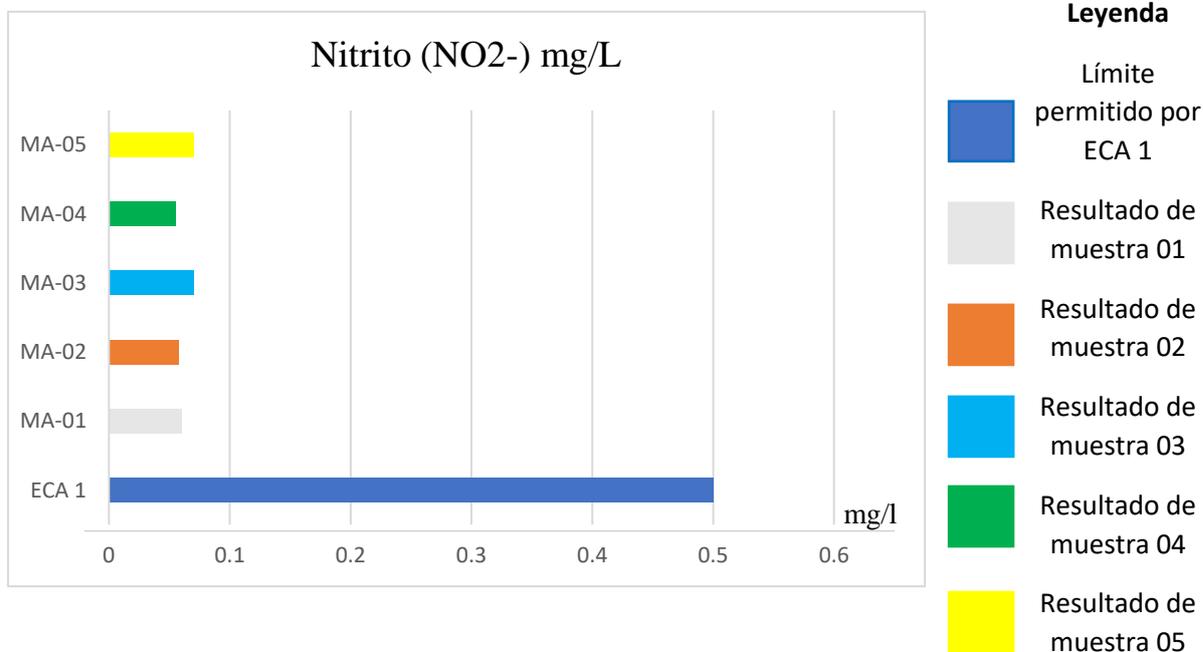


Gráfico 22: Resultados obtenidos por Nitrito

## SULFATO

Los Sulfatos que se detectaron en la muestra indica valores muy por debajo de lo estipulado para un ECA 1.

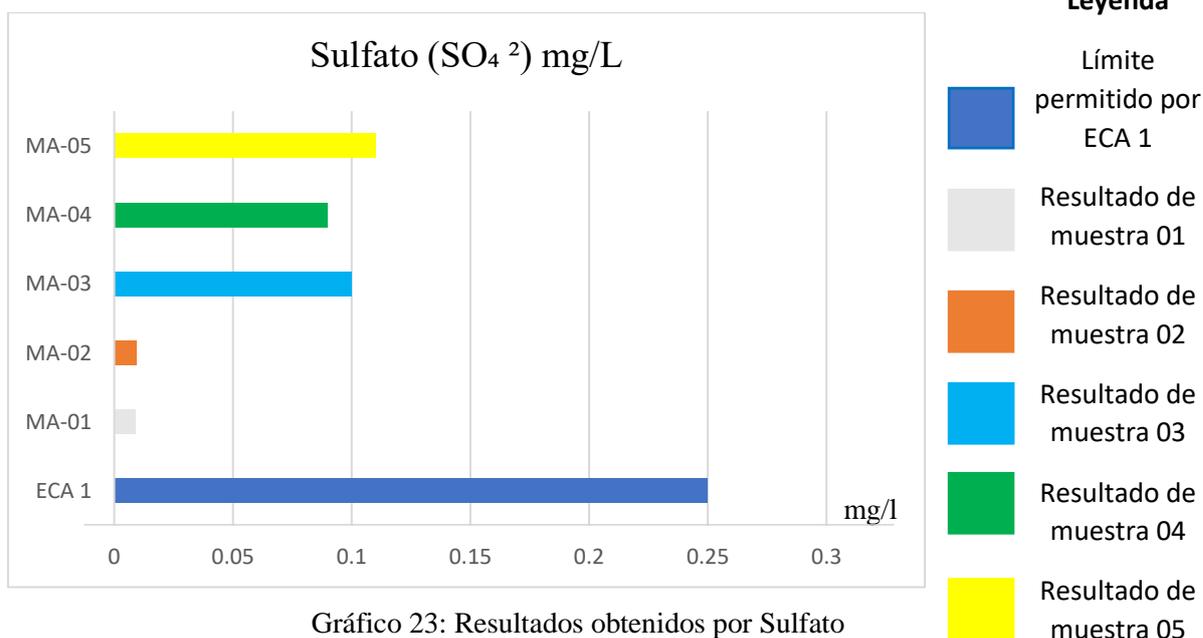


Gráfico 23: Resultados obtenidos por Sulfato

## NITRATO+ NITRITO

Los NITRATO+ NITRITO presentes en la muestra poseen valores muy bajos no superando lo establecido por la norma.

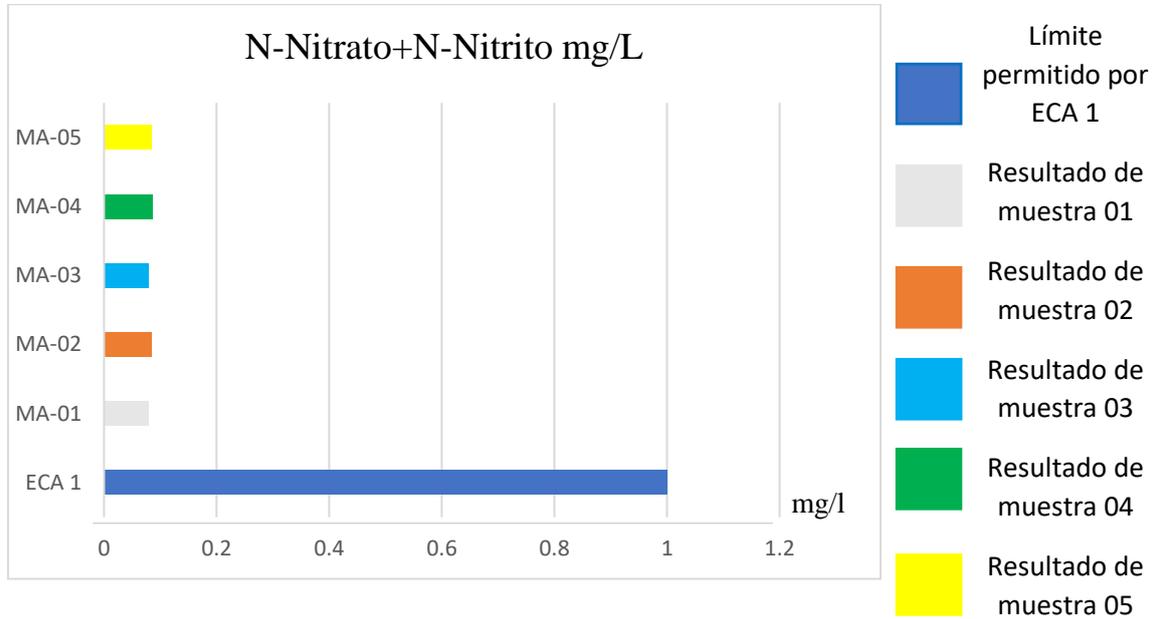


Gráfico 24: Resultados obtenidos por Nitrato+ Nitrito

## BICARBONATO

Los resultados obtenidos por Bicarbonato no superan el límite permitido para un ECA 1.

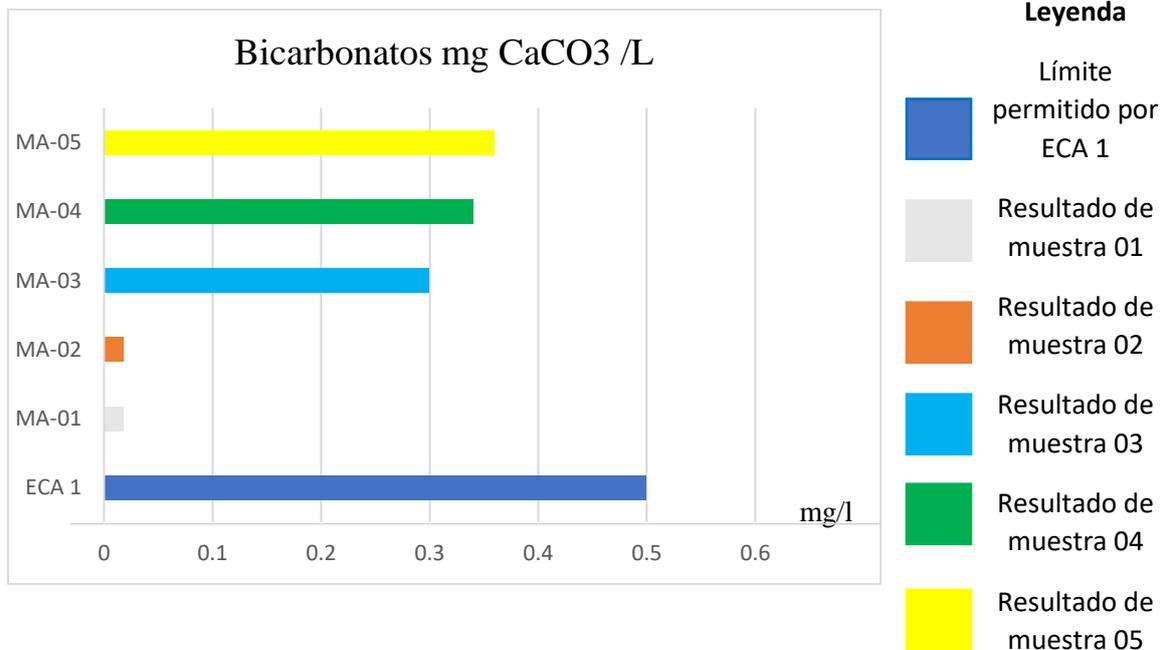


Gráfico 25: Resultados obtenidos por Bicarbonato

## CIANURO

La concentración de Cianuro en la muestra, arrojan valores muy por debajo del límite permitido por los estándares de calidad de agua para un ECA 1

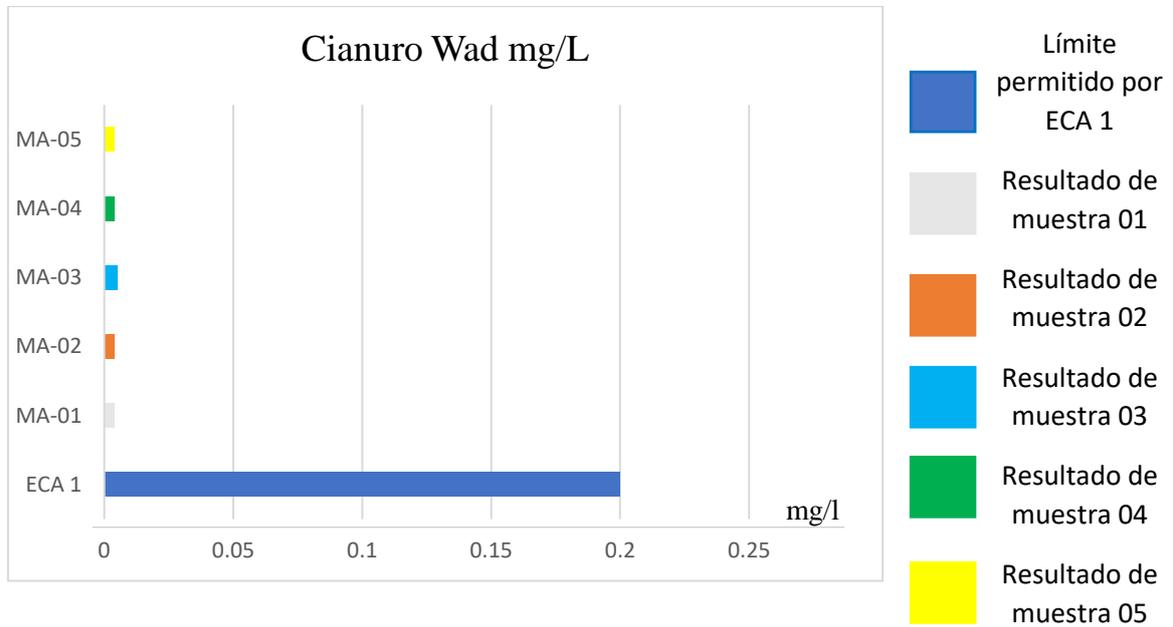


Gráfico 26: Resultados obtenidos por Cianuro

#### 4.1.4. Análisis de datos

Tabla 24. Comparación Resultados Muestras vs ECA categoría 1

COMPARACIÓN PARAMETROS ECA VS RESULTADOS MUESTRAS					
Parámetro	Unidad	ECA 1	Fecha: 15/07/2021		Fecha:20/09/2021
			M-01	M-02	RRonq2
Aluminio (Al)	mg/L	0.9	0.019	0.021	0.026
Arsénico (As)	mg/L	0.1	0.006	0.006	0.0005
Boro(B)	mg/L	2.4	0.4	0.43	0.007
Bario (Ba)	mg/L	0.7	0.007	0.007	0.0368
Cadmio (Cd)	mg/L	0.01	0.004	0.004	0.001
Cromo (Cr)	mg/L	0.05	0.003	0.003	0.0014
Cobre (Cu)	mg/L	2	0.011	0.012	0.0004
Hierro (Fe)	mg/L	0.3	0.032	0.032	0.034
Manganeso (Mn)	mg/L	0.4	0.005	0.005	0.0022
Plomo (Pb)	mg/L	0.01	0.003	0.003	0.0002
Selenio (Se)	mg/L	0.04	0.023	0.023	0.0006
Zinc (Zn)	mg/L	3	0.02	0.029	0.008
Níquel (Ni)	mg/L	0.07	0.004	0.004	0.0008
Fluoruro(F-)	mg/L	1.5	0.043	0.043	NR
Cloruro (Cl-)	mg/L	0.5	0.072	0.07	0.0784
Nitrito (NO <sub>2</sub> -)	mg/L	50	0.06	0.058	0.029
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	0.25	0.09	0.096	0.083
N-Nitrato+N-Nitrito	mg/L	100	0.079	0.084	0.015
Bicarbonatos	mg CaCO <sub>3</sub> /L	0.5	0.0826	0.0829	0.064
pH a 25°C	pH	6.5-8.5	7.2	7.1	7
Cianuro Wad	mg/L	0.2	0.004	0.004	0.001

Tabla 25. Comparación Resultados Muestras del 2021 y 2023 vs ECA categoría 1.

<b>COMPARACIÓN PARAMETROS ECA VS RESULTADOS MUESTRAS</b>							
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Fecha: 15/07/2021</b>			<b>Fecha: 05/01/2023</b>		
		<b>ECA 1</b>	<b>MA-01</b>	<b>MA-02</b>	<b>MA-03</b>	<b>MA-04</b>	<b>MA-05</b>
<b>Aluminio (Al)</b>	mg/L	0.9	0.019	0.021	0.021	0.022	0.03
<b>Arsénico (As)</b>	mg/L	0.1	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
<b>Boro(B)</b>	mg/L	2.4	0.4	0.43	0.42	0.42	0.4
<b>Bario (Ba)</b>	mg/L	0.7	0.007	0.007	0.008	0.008	0.007
<b>Cadmio (Cd)</b>	mg/L	0.01	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005
<b>Cromo (Cr)</b>	mg/L	0.05	0.003	0.003	0.003	0.004	0.005
<b>Cobre (Cu)</b>	mg/L	2	0.011	0.012	0.013	0.011	0.012
<b>Hierro (Fe)</b>	mg/L	0.3	0.032	0.032	0.04	0.031	0.036
<b>Manganeso (Mn)</b>	mg/L	0.4	0.005	0.005	0.09	0.08	0.09
<b>Plomo (Pb)</b>	mg/L	0.01	0.003	0.003	0.004	0.003	0.004
<b>Selenio (Se)</b>	mg/L	0.04	0.023	0.023	0.025	0.023	0.026
<b>Zinc (Zn)</b>	mg/L	3	0.02	0.029	0.02	0.027	0.024
<b>Níquel (Ni)</b>	mg/L	0.07	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004
<b>Fluoruro(F-)</b>	mg/L	1.5	0.043	0.043	0.043	0.045	0.046
<b>Cloruro (Cl-)</b>	mg/L	0.5	0.072	0.07	0.074	0.07	0.07
<b>Nitrito (NO<sub>2</sub>-)</b>	mg/L	0.5	0.06	0.058	0.07	0.055	0.07
<b>Sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)</b>	mg/L	0.25	0.009	0.0096	0.1	0.09	0.11
<b>N-Nitrato+N-Nitrito</b>	mg/L	1	0.079	0.084	0.08	0.087	0.084
<b>Bicarbonatos</b>	mg CaCO <sub>3</sub> /L	0.5	0.01826	0.01829	0.3	0.34	0.36
<b>pH a 25°C</b>	pH	6.5-8.5	7.2	7.1	7.4	7.4	7.3
<b>(*) Cianuro Wad</b>	mg/L	0.2	0.004	0.004	0.005	0.004	0.004

Los valores obtenidos en la muestra de Aluminio (Al), Arsénico (As), Boro(B), Bario (Ba), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Plomo (Pb), Selenio (Se), Zinc (Zn), Níquel (Ni), Fluoruro(F-), Cloruro (Cl-), Nitrito (NO<sub>2</sub>-), Sulfato (SO<sub>4</sub>=), N-Nitrato+N-Nitrito, Bicarbonatos y Cianuro Wad, al momento de comparar con los parámetros establecidos por el ECA, para calidad ambiental del agua categoría 1 (para consumo humano), encontramos que los valores obtenidos están muy por debajo de los niveles máximos permisibles sin representar un peligro o riesgo para su tratamiento y posterior consumo.

Si bien los valores no superan los límites permitidos, pero se puede observar una variación de algunos elementos como Manganeso (Mn), Sulfato (SO<sub>4</sub>=) y Bicarbonatos entre las primeras muestras tomadas en el año 2021 y las más recientes tomadas en el año 2023, considerando que las primeras muestras fueron tomadas en épocas de ausencia de lluvias y las ultimas se tomaron cuando ya se tiene presencia de lluvias en las partes altas de la cuenca, se puede apreciar que estos elementos Manganeso (Mn), Sulfato (SO<sub>4</sub>=) y Bicarbonatos componen las formaciones de las partes altas lo que nos indica que las lluvias son las encargadas de arrastrar los sedimentos al río modificando o alterando las concentraciones de estos elementos, con lo que identificamos que las lluvias es el factor externo que modifica las características físicas y químicas en las aguas del río Ronquillo.

Además de los precedentes del estudio realizado en el 2014 que lleva por título Calidad y uso del agua de la subcuenca del San lucas (Cajamarca) en función del índice de Brown, donde luego de su análisis y monitoreo por un periodo de un año se pudo llegar a la conclusión que la calidad del agua del río ronquillo está dentro de los parámetros permitidos sin encontrar factores externos que alteren su composición química.

De igual manera el Informe Técnico N° 0079-2021-ANA-AAA-M-ALA.CIMCC, realizado dos meses después de la toma de muestras para la tesis obtiene valores muy similares a los obtenidos meses y años atrás corroborando que no existen contaminantes externos que modifiquen los valores químicos del agua en el río Ronquillo.

De la tesis de Caracterización del potencial hidrogeológico de las unidades hidrográficas Ronquillo Alto y Alto Chetilla de la Provincia de Cajamarca, nos ayuda a comprender que, si bien en épocas de estiaje los valores de los elementos fisicoquímicos se mantienen permanentes, estos tienen una pequeña variación en los meses de precipitación por el aumento del caudal y los sedimentos que estos arrastran.

#### **4.2. Contratación de la hipótesis**

Los resultados de los análisis de las muestras de agua al ser comparados con los límites de los Estándares de Calidad del Agua (ECA) categoría 1, permitió comprobar que las características físico-químico las aguas del río Ronquillo no se ven alteradas por la actividad antrópica desarrollada en sus cauces, de igual manera la mineralogía de las formaciones presentes en el curso del río no han modificado su composición ni su pH, con lo que verificamos que la calidad del agua del río Ronquillo cumple con los valores permitidos para poder ser potabilizada y por ende apta para el consumo humano.

Identificamos que la lluvia es un factor externo que si bien modifica algunos elementos como Manganeso (Mn), Sulfato ( $\text{SO}_4^{=}$ ) y Bicarbonatos, los valores obtenidos no sobrepasan los límites establecidos por la norma ECA-1, pero si se observa una variación significativa, siendo los sedimentos que arrastran las lluvias al río el responsable de dicha variación.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

Las características físicas y químicas de las aguas del río Ronquillo las cuales fueron comparadas con los estándares de calidad ambiental para consumo humano (ECA-1A), con lo que se determinó que el agua del río Ronquillo posee valores químicos que están dentro de los límites permitidos para el consumo humano.

No se encontró contaminantes antrópicos que modifiquen o afecten las características químicas y físicas de las aguas del río Ronquillo, pero si se pudo identificar que las lluvias en la parte alta de la cuenca arrastran sedimentos y material que alteran los valores de algunos elementos como Manganeseo (Mn), Sulfato (SO<sub>4</sub>=) y Bicarbonatos al ser tomados en los meses donde no se tiene presencia de lluvias, si bien estos valores se ven alterados no sobrepasan el límite establecido por la norma ECA.

La calidad del agua del río Ronquillo es apta a ser potabilizada para consumo humano ya que el análisis físico/químico realizado brindo información sobre los valores de los elementos presentes Aluminio (Al), Arsénico (As), Boro(B), Bario (Ba), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Plomo (Pb), Selenio (Se), Zinc (Zn), Níquel (Ni), Fluoruro(F<sup>-</sup>), Cloruro (Cl<sup>-</sup>), Nitrito (NO<sub>2</sub>-), Sulfato (SO<sub>4</sub>=), N-Nitrato+N-Nitrito, Bicarbonatos y Cianuro Wad, los cuales se encontraron dentro de los límites máximos permitidos en R.J 068-2018 ANA para el agua Categoría 1A.

No se identificó fuentes de enriquecimiento natural que modifique los valores de los elementos en el agua del río Ronquillo.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Se recomienda que los realizar monitoreos permanentes de parámetros físicos y químicos de los ríos que abastecen las plantas de tratamiento de la ciudad de Cajamarca para determinar la calidad del agua.

Realizar conversatorios con alumnos de la Universidad Nacional de Cajamarca de la importancia de un monitoreo constante de las fuentes de agua para saber la calidad de las mismas y si estas pueden ser potabilizadas o tratadas para ser aptas para el consumo humano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Marín (2019). Características físicas, químicas y biológicas de las aguas
- Tello (2010). Plan de Gestión en las Cuenca del río Chonta.
- García (2014). Calidad y uso del agua de la subcuenca del San lucas (Cajamarca) en función del índice de Brown.
- Siveroni (2012). Caracterización del potencial hidrogeológico de las unidades hidrográficas Ronquillo Alto y Alto Chetilla de la Provincia de Cajamarca.
- Zhen (2015). Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica.
- Chávarri (2017). Efecto de las características ambientales y geológicas sobre la calidad del agua en la cuenca del río Caplina.
- Sánchez (2016). Calidad de las aguas del río Ariguanabo según índices físico-químicos y bioindicadores, Cuba
- MINAM (2015). Modificación Estándares de Calidad Ambiental para el agua.
- Robles (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos.
- WEART (2019). Efectos provocados por la materia inorgánica en fuentes de agua.
- ALA (2021). Informe Técnico N° 0079-2021-ANA-AAA-M-ALA.CIMCC,
- Fiodm (2012). Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco.
- OMS (2012). Efecto de los metales pesados en salud de la población.
- MINSA (2012). Caracterización de fuentes de agua y del agua para consumo humano
- MINAM (2018). Estándares de Calidad Ambiental para el agua.

- Escalante (2007). Caracterización de las aguas del río Mashcón y San Lucas, y del efluente de las lagunas de estabilización de la ciudad de Cajamarca con fines de evaluación ambiental, marzo – agosto del 2007.
- Arce (2010). Factores que determinan la composición química de las aguas naturales.
- Tello (2010). Plan de Gestión en las Cuencas de los Ríos Mashcón y Chonta, con Énfasis en el Afianzamiento Hídrico en las Subcuencas Azufre, Paccha y Río Grande, de Chonta, Cajamarca, Perú.
- Faustino y Jiménez (2010). Cuenca Hidrográfica, División y órdenes.
- MINAM (2015). Modificación de los Estándares de Calidad Ambiental para el agua.
- Marchand, E. (2012). Tesis “Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana”.
- Weart (2019). Contaminantes naturales del agua, el principal problema del siglo XXI.
- SENAMHI - Dirección General De Hidrología Y Recursos Hídricos (2021). “Monitoreo de la calidad de agua de los ríos en el Perú”.
- Dávila, J (2011). Diccionario Geológico. INGEMMET. Lima - Perú.
- Benavides, V (1956). Nota preliminar sobre la Geología de Cajamarca. Lima - Perú.
- INGEMMET (1980). Boletín N° 31, Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba.
- Rigola, M. (1999). Tratamiento de Aguas Industriales. Barcelona, España.

## ANEXOS

### 1. PLANOS

- 01 plano de Accesibilidad
- 02 plano de Ubicación
- 03 plano Geológico
- 04 plano Puntos de Muestreo

### 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO

- Foto 01: Depósitos Fluviales constituido por guijarros angulosos.
- Foto 02: Depósitos aluviales cubiertos de vegetación.
- Foto 03: Se observan cárcavas paralelas en línea verticales.
- Foto 04: Colinas medianas con una pendiente aproximada de 14%.
- Foto 05: Escarpe con un ángulo mayor de 45°.
- Foto 06: Valle en forma de V.
- Foto 07: Terraza formada en márgenes del río.
- Foto 08: Instrumentos para toma de muestra estacion MA-01.
- Foto 9: Toma de muestra estación MA-01.
- Foto 10: Aplicación de conservante de muestra.
- Foto 11: Rotulado de frascos de muestra.
- Foto 12: Instrumentos para toma de muestra estacion MA-02.
- Foto 13: Toma de muestra estación MA-02.
- Foto 14: Aplicación de conservante muestra estacion MA-02.
- Foto 15: Rotulado de muestra estación MA-02.
- Foto 16: material usado para la toma de muestra de la estación MA-03
- Foto 17: Rotulado de la muestra MA-03
- Foto 18: material usado para la toma de muestra de la estación MA-04
- Foto 19: Rotulado de la muestra MA-04
- Foto 20: material usado para la toma de muestra de la estación MA-05
- Foto 21: Rotulado de la muestra MA-05
- Foto 22: Cooler y envases para toma de muestras y preservación.
- Foto 23: Frascos para muestreo de metales pesados.
- Foto 24: Cooler para conserva las muestras en cadena de frio.
- Foto 25: Frasco para muestreo físico-químico.
- Foto 26. Etiquetas o rótulos usados para la identificación de muestras.
- Foto 27. Etiquetado de frasco usado en el muestreo.

### **3. RESULTADOS DE MUESTRAS**

3.1 Resultados Muestra 01

3.2 Resultados Muestra 02

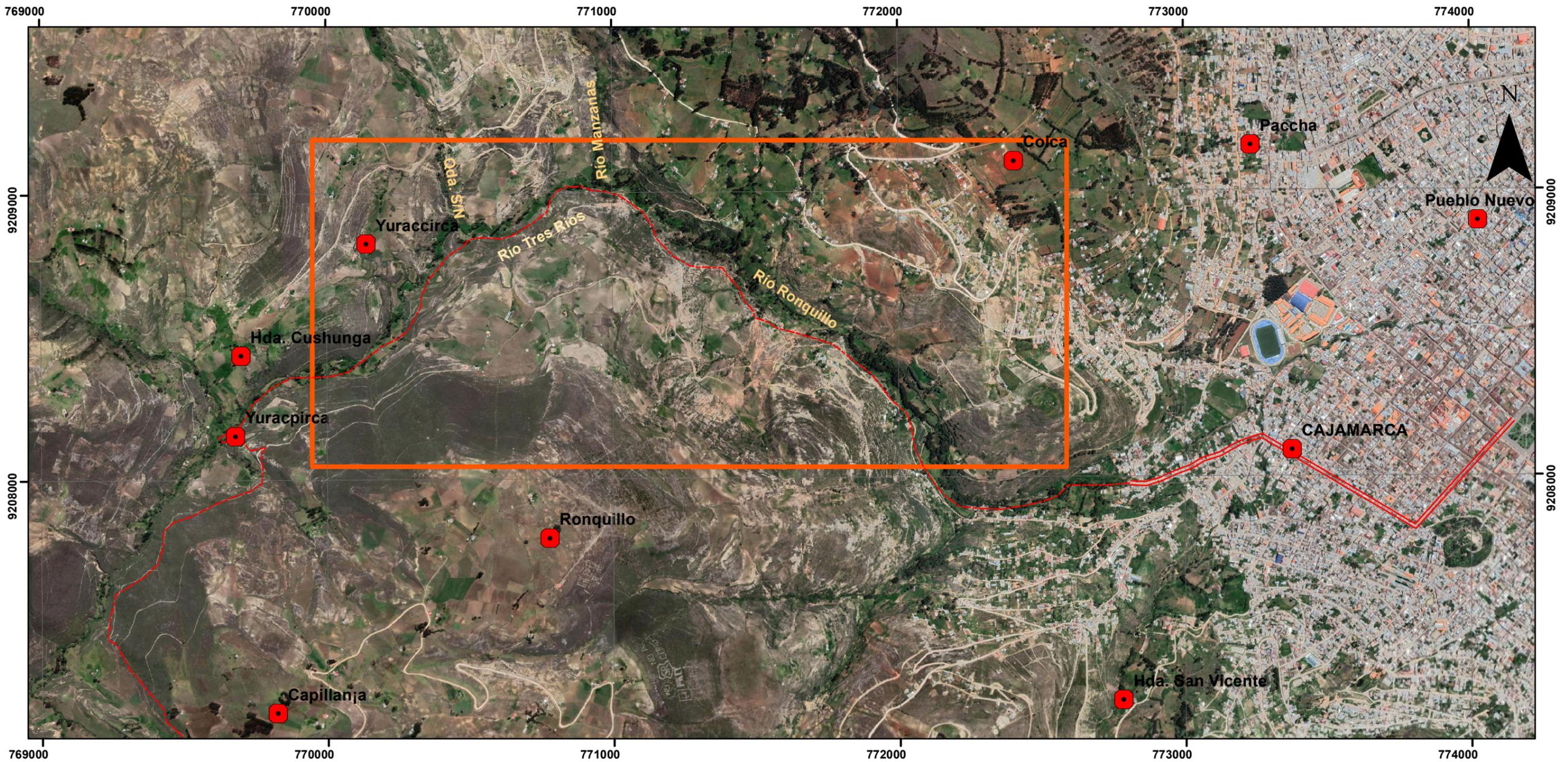
3.2 Resultados Muestra 03

3.2 Resultados Muestra 04

3.2 Resultados Muestra 05

### **4. ESTANDARES DE CALIDAD PARA AGUA**

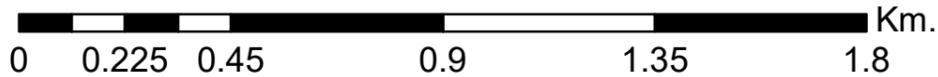
5.1. Categoría 1: Poblacional y Recreacional



## SIMBOLOGÍA

-  Área de Estudio
-  Carretera Asfaltada
-  Camino de Herradura
-  Pueblos

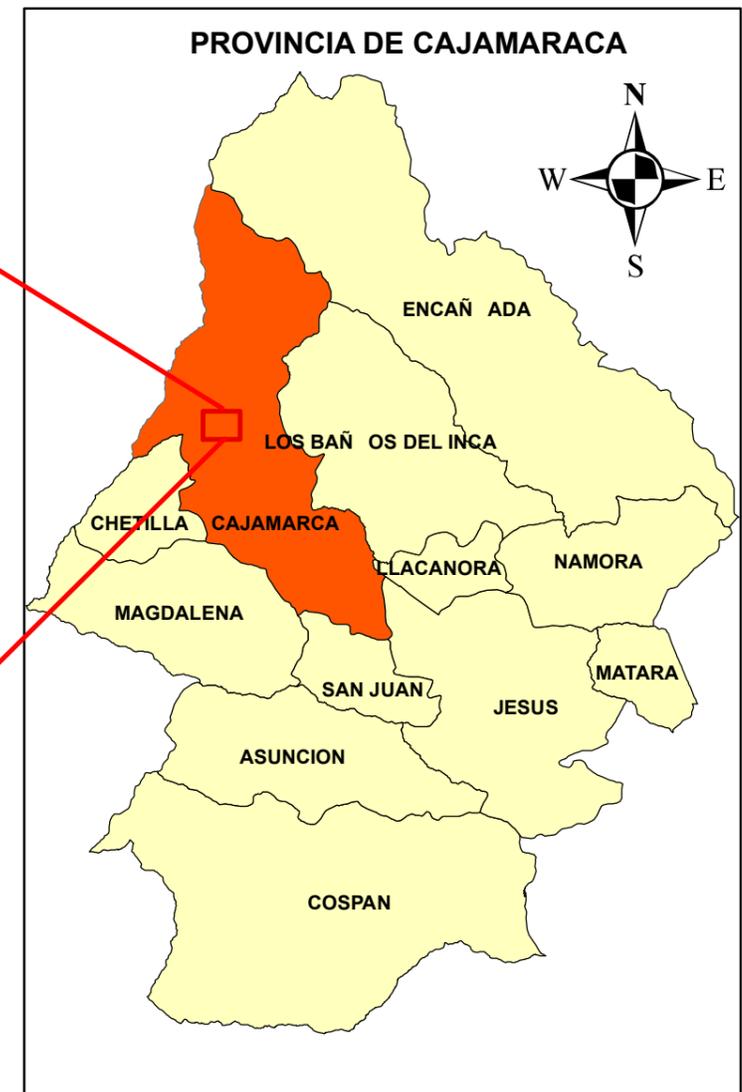
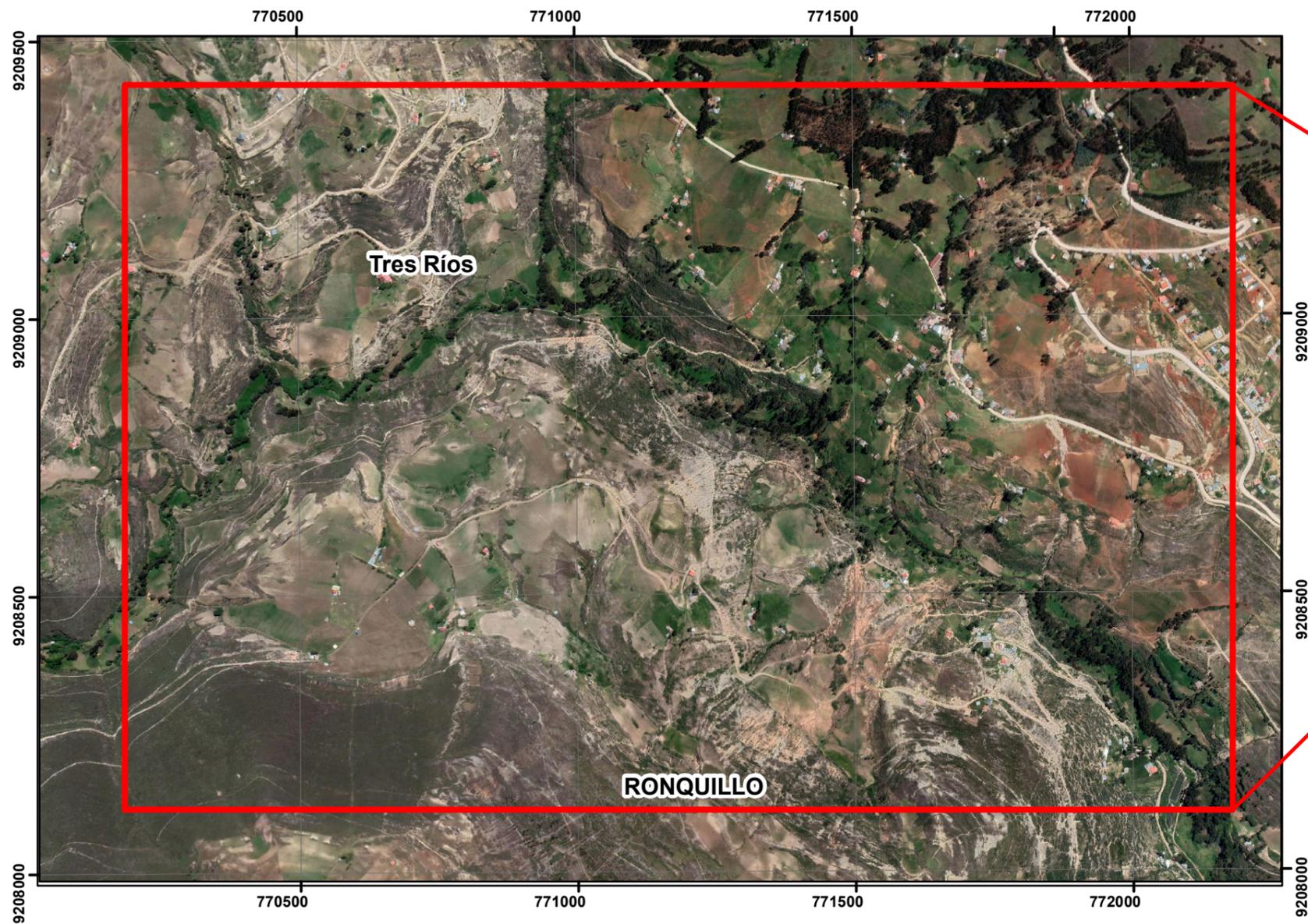
**1:15000**



Coordenadas System: WGS1984 UTM Zone15 f  
Datum: WGS 1984



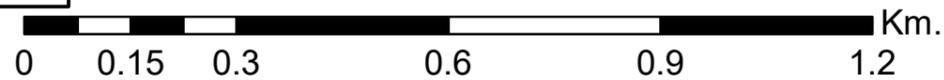
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>		<b>PLANO N° 01</b>
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>		
<b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</b>		
<b>TESIS:</b> CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS AGUAS DEL RÍO RONQUILLO INFLUENCIADAS POR FACTORES EXTERNOS, COMPARADO CON LOS ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA CONSUMO HUMANO (ECA-1A)		
<b>PLANO:</b>	ACCESIBILIDAD	
<b>TESISTA:</b>	Bach. Jason Marcelino Zambrano Rojas	
<b>ASESOR:</b>	MCs. Víctor Ausberto Arapa Vilca	
<b>ESCALA:</b>	1: 15000	<b>FECHA:</b> Enero del 2023



**LEYENDA**

Área de estudio Cajamarca - Ronquillo

**1:10,000**

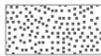
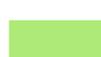


Coordenadas System: WGS1984 UTM Zone15 f  
Datum: WGS 1984

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>			<b>PLANO N°</b> <b>02</b>
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>			
<b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</b>			
<p><b>TESIS:</b> CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS AGUAS DEL RÍO RONQUILLO INFLUENCIADAS POR FACTORES EXTERNOS, COMPARADO CON LOS ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA CONSUMO HUMANO (ECA-1A)</p> <p><b>PLANO:</b> UBICACIÓN DE CAJAMARACA</p> <p><b>TESISTA:</b> Bach. Jason Marcelino Zambrano Rojas</p> <p><b>ASESOR:</b> MCs. Víctor Ausberto Arapa Vilca</p> <p><b>ESCALA:</b> 1: 10000</p> <p><b>FECHA:</b> Enero del 2023</p>			



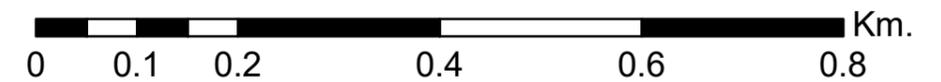
### LEYENDA

-  Qh-fl - Depósito Fluvial
-  Ks-yu - Fm. Yumagual
-  Ki-pt - Fm. Pariatambo
-  Ki-chu - Fm. Chulec
-  Ki-i - Fm. Inca
-  Ki-fa - Fm. Farrat

### SIMBOLOGÍA

-  Ríos
-  Estaciones de muestreo
-  Curvas de Nivel
-  Buzamiento

1:7,500



Coordenadas System: WGS1984 UTM Zone15 f  
Datum: WGS 1984

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS:  
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS AGUAS DEL RÍO RONQUILLO INFLUENCIADAS POR FACTORES EXTERNOS, COMPARADO CON LOS ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA CONSUMO HUMANO (ECA-1A)

PLANO: PLANO GEOLÓGICO

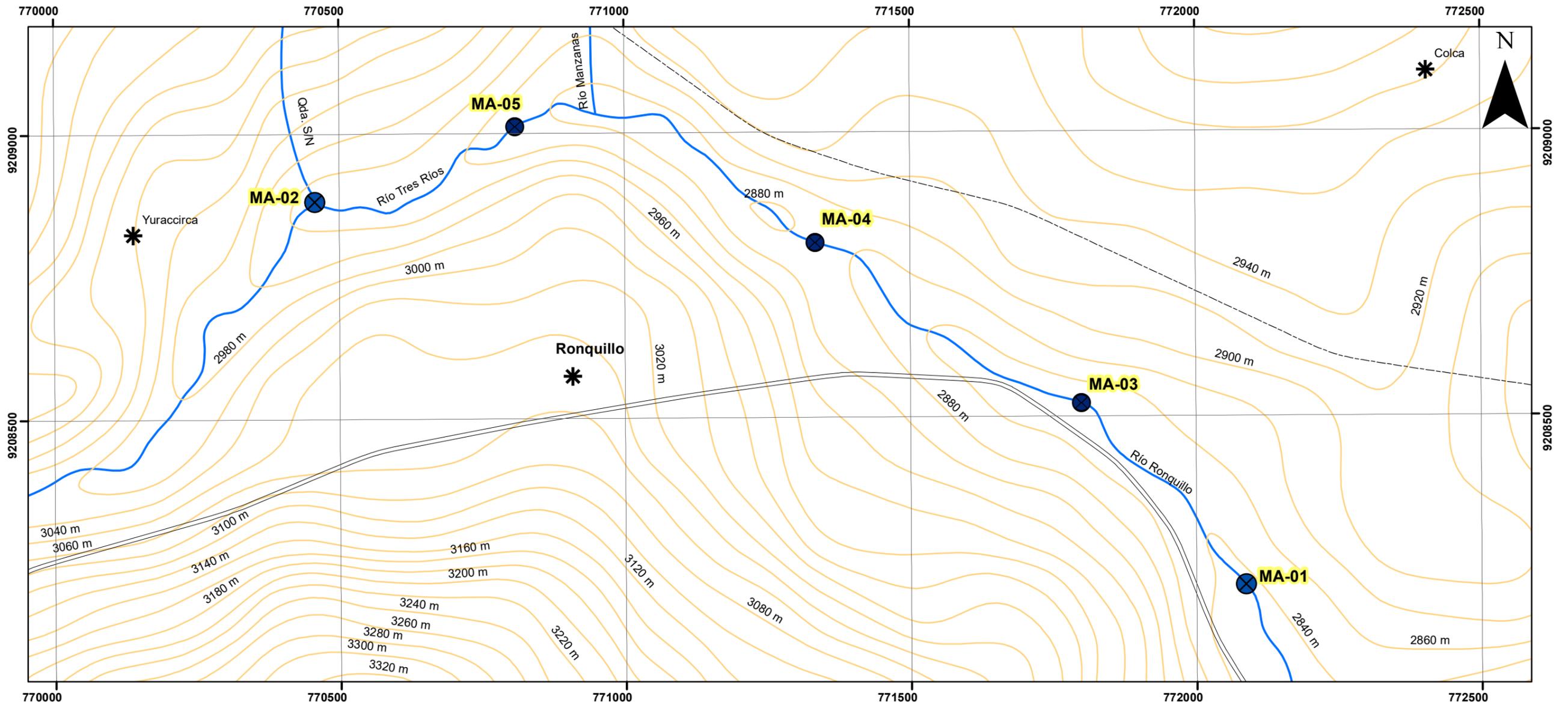
TESISTA: Bach. Jason Marcelino Zambrano Rojas

ASESOR: MCs. Víctor Ausberto Arapa Vilca

ESCALA: 1: 7500

FECHA: Enero del 2023

PLANO N°  
**03**



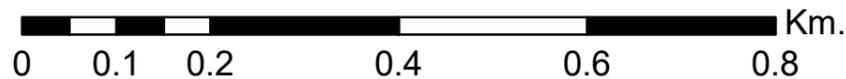
### SIMBOLOGÍA

Estaciones de muestreo

### LEYENDA

- Carretera Afirmada
- Camino de Herradura
- Curvas de Nivel
- Ríos
- Centros Poblados

**1:7,500**



Coordenadas System: WGS1984 UTM Zone15 f  
Datum: WGS 1984



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>		<b>PLANO N°</b> <b>04</b>
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>		
<b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</b>		
<b>TESIS:</b> CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS AGUAS DEL RÍO RONQUILLO INFLUENCIADAS POR FACTORES EXTERNOS, COMPARADO CON LOS ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA CONSUMO HUMANO (ECA-1A)		
<b>PLANO:</b>	PUNTOS DE MUESTREO	
<b>TESISTA:</b>	Bach. Jason Marcelino Zambrano Rojas	
<b>ASESOR:</b>	MCs. Víctor Ausberto Arapa Vilca	
<b>ESCALA:</b>	1: 7500	<b>FECHA:</b> Enero del 2023

## ÁLBUM FOTOGRÁFICO



Foto 01: Depósitos Fluviales constituido por guijarros angulosos.



Foto 02: Depósitos aluviales cubiertos de vegetación.



Foto 03: Se observan cárcavas paralelas en línea verticales.



Foto 04: Colinas medianas con una pendiente aproximada de 14%.



Foto 05: Escarpe con un ángulo mayor de 45°.



Foto 06: Valle en forma de V.



Foto 07: Terraza formada en márgenes del río.



Foto 08: Instrumentos para toma de muestra estacion MA-01.



Foto 9: Toma de muestra estación MA-01.



Foto 10: Aplicación de conservante de muestra.



Foto 11: Rotulado de frascos de muestra.



Foto 12: Instrumentos para toma de muestra estación MA-02.



Foto 13: Toma de muestra estación MA-02

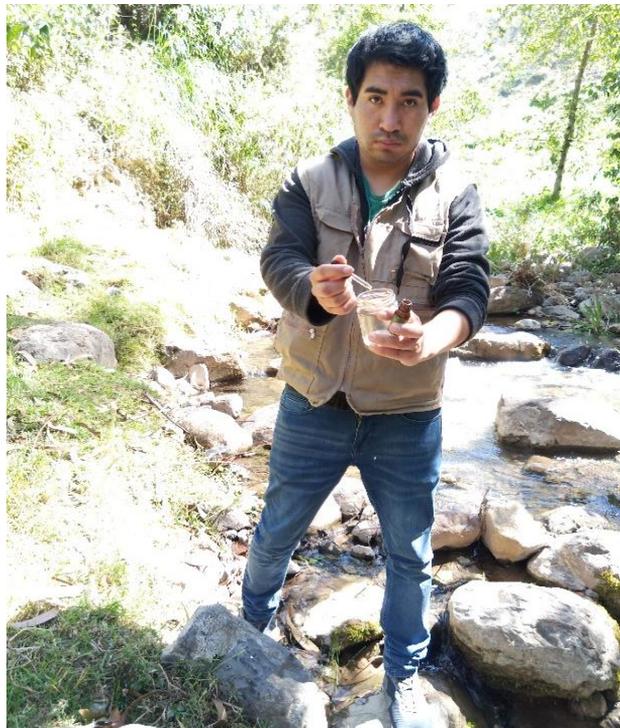


Foto 14: Aplicación de conservante muestra estacion MA-02.

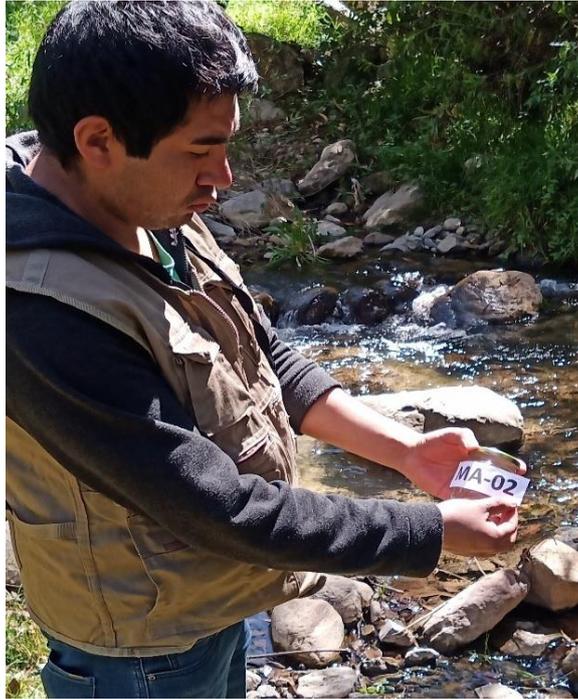


Foto 15: Rotulado de muestra estación MA-02.



Foto 16: material usado para la toma de muestra de la estación MA-03.



Foto 17: Rotulado de la muestra MA-03.



Foto 18: Material usado para la toma de muestra de la estación MA-04.



Foto 19: Rotulado de la muestra MA-04.



Foto 20: material usado para la toma de muestra de la estación MA-05.



Foto 21: Rotulado de la muestra MA-05.



Foto 22: Cooler y envases para toma de muestras y preservación.



Foto 23: Frascos para muestreo de metales pesados



Foto 24: Cooler para conserva las muestras en cadena de frio



Foto 25: Frasco para muestreo físico-químico



Foto 26. Etiquetas o rótulos usados para la identificación de muestras

**ESTANDARES DE CALIDAD PARA AGUA Resolución Jefatural 068-2018 ANA**

CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL						
PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
<b>FÍSICOS - QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas	mg/L	1	1,00	1,00	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0.005	0,022	0,022	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	0	0,08	0,08	**
Cloruros	mg/L	250	250	250	**	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15	100	200	sin cambio normal	sin cambio normal
Conductividad	(uS/cm)	1500	1600	**	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	3	5	10	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.5	0,5	na	0,5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	mg/L	0,003	0,01	0,1	**	**
Fluoruros	mg/L	1	**	**	**	**
Fósforo Total	mg/L P	0,1	0,15	0,15	**	**
Materiales flotantes		Ausencia de material flotante	**	**	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10	10	10	10	**
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	1	1	1	1(5)	**
Olor		Aceptable	**	**	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	>= 6	>= 5	>= 4	>= 5	>= 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 – 9,0	6 - 9 (2,5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1000	1000	1500	**	**
Sulfatos	mg/L	250	**	**	**	**
Sulfuros	mg/L	0.05	**	**	0.05	**
Turbiedad	UNT(b)	5	100	**	100	**

<b>CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL</b>						
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable</b>			<b>Aguas superficiales destinadas para recreación</b>	
		<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>
		<b>Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección</b>	<b>Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional</b>	<b>Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado</b>	<b>Contacto Primario</b>	<b>Contacto Secundario</b>
<b>INORGÁNICOS</b>						
Aluminio	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	0,006	0,006	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	0,7	**
Berilio	mg/L	0,004	0,04	0,04	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	0,5	0,75	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,003	0,004	0,01	0,01	**
Cobre	mg/L	2	2	2	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	1	1	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	0,4	0,5	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	0,025	0,025	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	5	5	3	**