

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**Modelamiento hidroquímico de la cuenca del río Moche y propuestas de solución a los problemas de contaminación, región La Libertad**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR**

**Cesar Ivan Marcelo Vasquez Cercado**

**ASESOR**

**Angel Antonio Ruiz Pico**

<https://orcid.org/0000-0003-2638-0593>

**Chiclayo, 2023**

**Modelamiento hidroquímico de la cuenca del río Moche y  
propuestas de solución a los problemas de contaminación, región  
La Libertad**

PRESENTADA POR

**Cesar Ivan Marcelo Vasquez Cercado**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR

Wilmer Moises Zelada Zamora  
PRESIDENTE

Juan Alejandro Agreda Barbaran  
SECRETARIO

Angel Antonio Ruiz Pico  
VOCAL

## **Dedicatoria**

Esta tesis está dedicada principalmente a Dios y a mi Madre Rosa Elena Cercado Chávez, que con su infinito amor hacia mí han logrado que llegue hasta este lugar, también va a dedicada a mi familia, mi primo Emerson Medina que con su apoyo incondicional siempre fue un motor más en mi vida, a mi hermano Ángel, mis tíos Irene Cerna y Ervin Cerna, que fueron mi guía en cada pequeño paso que logre dar porque siempre estuvieron en las buenas y malas, a mi primo Fernando y a tía Teonila Cercado, ellos fueron también quienes siempre estuvieron cuando más los necesite, esta tesis está dedicado también a mis ángeles en el cielo, mis abuelitos Julio Cercado y Luzmila Chávez, mi segunda madre mi tía Marta Cercado, que fueron los que creyeron en mi desde el principio, a todos ustedes mi familia les dedico mi trabajo que con su apoyo se ha logrado esta meta.

## **Agradecimientos**

Agradecimiento principal a Dios, mi madre y mi familia que han inculcado siempre en mi la capacidad de superación y nunca me dejaron solo, Gracias madre por jamás abandonarme y luchar conmigo en buenas y malas. Gracias familia porque sin ustedes esto no sería realidad.

A mi asesor, Ing. Angel Antonio Ruiz Pico, por guiarme en este proceso de realización de esta tesis y brindarme los conocimientos necesarios para que esta investigación se lleve a cabo y de la mejor manera posible.

A todos los involucrados en la realización de esta tesis que han sido siempre mi motor de seguir adelante y siempre lo serán. Gracias.

# Modelamiento Hidroquímico de la Cuenca del Rio Moche y Propuestas de solución a los problemas de contaminación, región La Libertad

## INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

11%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	4%
2	<a href="http://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://sial.segat.gob.pe">sial.segat.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1%
8	<a href="http://cdn.www.gob.pe">cdn.www.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1%

## Índice

<b>Resumen</b> .....	<b>7</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>8</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>9</b>
<b>Revisión de Literatura</b> .....	<b>11</b>
<b>Antecedentes</b> .....	<b>11</b>
<b>Bases teóricas - Científicas</b> .....	<b>13</b>
<b>Metodología – Materiales y métodos</b> .....	<b>26</b>
<b>Tipo y nivel de investigación</b> .....	<b>28</b>
Tipo de investigación .....	28
Nivel de investigación .....	28
Enfoque de investigación.....	28
<b>Diseño de investigación</b> .....	<b>28</b>
Hipótesis .....	28
Diseño de contrastación de hipótesis.....	29
<b>Población, muestra, muestreo</b> .....	<b>29</b>
<b>Población</b> .....	<b>29</b>
<b>Muestra</b> .....	<b>29</b>
<b>Muestreo</b> .....	<b>29</b>
<b>Criterios de selección</b> .....	<b>32</b>
<b>Operacionalización de variables</b> .....	<b>33</b>
<b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> .....	<b>34</b>
<b>Procedimientos</b> .....	<b>35</b>
<b>Plan de procesamiento y análisis de datos</b> .....	<b>43</b>

<b>Consideraciones éticas .....</b>	<b>44</b>
<b>Matriz de consistencia.....</b>	<b>44</b>
<b>Resultados y Discusión.....</b>	<b>47</b>
<b>Discusión .....</b>	<b>57</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>66</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>67</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>68</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>69</b>

## **Resumen**

La presente investigación tiene como efecto el estudio directo de la calidad de agua en la cuenca del río Moche en la región La Libertad, para así analizar los diversos contaminantes presentes en el río que atraviesa toda la dicha cuenca, se analizaron sus propiedades, iones de concentración así como el desarrollo de un modelo matemático de cómo es el comportamiento del mismo a lo largo de toda la extensión mencionada, para así tener una idea clara de lo que se puede plantear como medidas de mitigación o corrección en los diversos puntos en análisis, ya que se ha evidenciado directamente por entidades competentes la presencia de dichos contaminantes riesgosos para la salud humana de todos los moradores de sus alrededores del río, ya que es la principal fuente de ingreso para su agua de consumo, siendo la misma que puede estar contaminada, por tal motivo esta investigación hará uso de los nuevos modelos de desarrollo e investigación para poder plasmar más a detalle todos estos puntos y poder ayudar a las personas a tener una mejor calidad de vida.

### **Abstract**

The present investigation has as effect the direct study of the quality of water in the basin of the river Moche in the region La Libertad, in order to analyze various pollutants present in the river that crosses the entire basin, analyzing their properties, concentration ions and the development of a mathematical model of how is the behavior of the same along the entire length mentioned, in order to have a clear idea of what can be raised as mitigation or correction measures at various points in analysis, Since it has been directly evidenced by competent entities the presence of these contaminants risky for the human health of all the inhabitants around the river, since it is the main source of income for their drinking water, being the same that may be contaminated, for such reasons this research will make use of new models of development and research to be able to capture more detail all these points and to help people to have a better quality of life.

**Keywords:** Las palabras claves seleccionadas en el resumen también deben traducirse al idioma inglés.

## Introducción

Dado que en el mundo el recurso hídrico es el más valioso y el que cada día va siendo contaminado más y más, es oportuno poder lograr identificar esos puntos de contaminación importante que están incurriendo en un desastre natural causado por las diversas actividades que desarrolla el hombre, puesto que esta contaminación está siendo ya muy extensa y está llegando a todos los lugares de nuestro país, nuestro reto ahora es poder lograr reducir estos niveles contaminantes con diferentes alternativas que ayuden al medio ambiente a poder recuperarse.

Así pues, por lo que esta investigación se ha desarrollado en base a la identificación de los diversos puntos contaminantes en un sector del país que se encuentra actualmente en peligro inminente por su nivel de alerta, esta es la cuenca del río Moche, la cual es una de las principales fuentes de contribución hídrica a diferentes puntos de la región La Libertad. Esta cuenca desde su nacimiento en la Laguna Grande hasta su fin de llegada en el océano Pacífico se pueden verificar muchas fuentes de contaminación, los cuales son de diversos tipos como residuos domésticos, residuos sólidos, relaves mineros, desechos industriales, entre otros muchos contaminantes que caen de manera directa al río, y algunos sin algún tratamiento previo para poder mitigar su contaminación. Cabe señalar que según el informe técnico N°068-ANA-ALAMVCH, del ANA, se han encontrado alrededor de 61 fuentes contaminantes hídricas en 04 provincias del departamento de la Libertad, las cuales son SANTIAGO DE CHUCO – OTUZCO – JULCAN – Y TRUJILLO.

Por consiguiente, se sabe que el ser humano es el principal actuante en el daño irreparable que se ha producido en estos lugares estudiados, siendo la parte ambiental sobre la naturaleza la que recibe todo el daño a un ecosistema completo, hoy en día la contaminación por parte de las mineras, las industrias y los desechos domésticos, contaminan el agua y cada vez lo hace menos aprovechable para el uso humano, por falta de conciencia ambiental es que seguimos contaminando nuestros ríos de una manera inhumana, pero ya los organismos internacionales están poniendo una alerta sobre las malas prácticas al momento del cuidado del agua, de manera que estos impactos estén dentro de los parámetros establecidos conjuntamente con medidas de mitigación que puedan garantizar una buena calidad de este recurso.

Con motivo de esta investigación se elaboró un modelo hidroquímico de la cuenca del río Moche, para con esto identificar el estado actual de los diversos puntos en estudio respecto a la cuenca, así como proponer soluciones o medidas correctoras a estos problemas de

contaminación, y para lograr este objetivo se elaboró una base de datos hidroquímico con puntos georreferenciados que se logró ubicar los puntos con mayor presencia de contaminantes, además se pudo identificar estos contaminantes en base a los ensayos realizados de agua en sus diferentes puntos, con estos datos ya presentes se pudo elaborar el modelo hidroquímico completo mediante los softwares ARCGIS y QGIS, con los cuales se ha logrado identificar las anomalías producidas con respecto a los parámetros límite de calidad de agua, y finalizando se ha propuesto alternativas para la solución y mitigación de los contaminantes en sus diferentes puntos de estudio, estas propuestas serán analizadas respecto a los diferentes parámetros en estudio que se han logrado encontrar.

## Revisión de Literatura

### Antecedentes

Para el análisis respecto de esta problemática se han realizado diversas investigaciones que nos van a brindar la base para poder desarrollar esta investigación, evaluando los artículos tanto a nivel internacional como nacional.

Robledo, Víctor; Velázquez, Martha; Montañez, José; Pimentel, José; Vallejo, Alba; López, María; Venegas, José [3] en su estudio titulado “*Hidroquímica y Contaminantes emergentes en aguas residuales urbano industriales de Morelia, Michoacán, México*” nos explica que el tratamiento de aguas proveniente de las acciones humanas es de manera deficiente y es una de las principales causas de contaminación de los ríos, realizaron estudios de sitio donde se encontraron los diversos factores de contaminación y los mismos se llevaron a analizar a través de ensayos para verificar la calidad del agua en ese punto. En los resultados estos ensayos arrojaron mucha cantidad de contaminantes químicos en el agua lo que hacía que estos sean muy dañinos para la salud de las personas ya que el agua no cumplía con los estándares de calidad necesarios. Para esto se plantean métodos de reúso de las aguas residuales tratadas para mitigar estos contaminantes directos a través de métodos de eliminación de sales y con esos ensayos se pudo demostrar que los tratamientos anteriores reducen la concentración de sales en el agua para uso agrícola dando por consiguiente un buen planteamiento de mitigación de impactos de las aguas anteriormente contaminadas.

Wang, Binbin; Wang, Yuanyuan; Wang, Shuli en su investigación titulada [4] “*Improved water pollution index for determining spatiotemporal water quality dynamics, China*” (*Mejora del índice de contaminación del agua para determinar la dinámica espacio – temporal de la calidad del agua, China*), nos detalla cómo es que a través del método de análisis permanente se pudo identificar los causantes de contaminación en la cuenca en análisis, este estudio se realizó por 5 años de manera anual y estacionaria, en el cual se pudo evidenciar la presencia de factores químicos en el agua que dañaban su calidad ambiental, y estos variaban respecto al momento de estudio, ya sea por año o por estación climática, representada por la época de verano como la peor estación por que traía consigo mayor contaminación en la cuenca. El modelo matemático usado fue el IWPI<sub>min</sub>, que analizaba 4 parámetros PI, DO, COD<sub>cr</sub>

y DBO5. Concluyendo de esta forma que estos estudios podían servir como bases para posteriores investigaciones en los recursos hídricos como también para la seguridad hídrica mundial ya que evidencian que los parámetros de temperatura y las estaciones influyen en la contaminación de las aguas.

Jiménez, Francisco; Faustino, Jorge; Velásquez, Sergio [5] en su artículo *“Análisis integral de la vulnerabilidad a amenazas naturales en cuencas hidrográficas de América Central”* nos brinda información mediante mapas de vulnerabilidad de las cuencas hidrográficas y como estas tras las ocurrencias de accidentes medioambientales pueden quedar muy dañadas, el procedimiento que se realizó para llegar a analizar esta vulnerabilidad en micro cuencas y cuencas es el de identificar cada indicador representativo de las cuencas para formar estadísticas en base a parámetros de cuales de las cuencas en análisis es las más probable daño en caso de desastres. Estos parámetros son importantes ya que en base a estas ideas se pueden diferenciar los mapas de concentración de contaminantes o posibles contaminantes que es posteriormente lo que se plantea desarrollar.

Corroto, Fernando; Gamarra, Oscar; Barboza, Elgar [6] en su artículo titulado *“Evaluación multivariante de la calidad del agua en la cuenca del Utcubamba, Perú”* nos presenta la idea de cómo es que la población que vive en la cuenca de del río Utcubamba, al pasar el tiempo fue aumentando, lo que causo consigo un aumento en la contaminación por parte de las aguas residuales arrojadas en los ríos y por consiguiente la disminución en la calidad del agua, siendo cierto que esto es lo que constituye a una amenaza directa sobre el ecosistema de la cuenca. Se analizaron 43 muestras de agua en diferentes puntos de la cuenca con indicadores de diferentes parámetros fisicoquímicos para posteriormente poder analizarlo haciendo uso de métodos estadísticos multivariables y así poder encontrar las fuentes de estos contaminantes. Esto nos lleva a saber qué tipo de contaminantes son los que se encuentran en estos muestreos y analizar para que tipo de muestras se pueden saber con mayor exactitud el estado de contaminación.

## **Bases teóricas - Científicas**

### **BASES LEGALES**

Teniendo como punto de partida el reglamento nacional en el que nos estipula las cuestiones de análisis hidrológicos e hidro químicos del agua y sus contaminantes, se toma en cuenta los siguientes reglamentos y leyes.

#### **Ley 29338 Ley de recursos Hídricos (Autoridad Nacional del Agua)**

Esta ley nos indica que el agua es un patrimonio de la Nación, asimismo nos menciona que es un bien de uso público y su administración solo puede ser otorgada y ejercida con el bien común, la protección ambiental y el interés de la Nación, por lo tanto, no existe propiedad privada sobre el agua.

#### **Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA, aprueba la Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales.**

Esta resolución contempla la clasificación de cuerpos de agua en función a sus características naturales y a los usos que se destinan, tomando como base la implementación progresiva de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua que apruebe el Ministerio del Ambiente, de acuerdo con los usos actuales y potenciales al que se destina el agua. En este caso esta reglamentación es la base para poder identificar el uso del cuerpo de agua a analizar y su clasificación para poder identificar los mínimos estándares para su uso y verificar que estos puedan abastecerse de la calidad reglamentada.

#### **Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, que aprueba el Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de fecha 11/01/2016.**

Esta reglamentación establece los protocolos para identificar por medio de monitoreos la calidad de los recursos hídricos superficiales los cuales según un breve diagnóstico de su estado verifica y evalúa los factores fisicoquímicos del agua además de su calidad según los protocolos de monitoreo establecidos a fin de generar la recuperación y control del recurso natural tan importante como es el agua.

#### **Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establece disposiciones complementarias.**

El presente decreto supremo nos puede ayudar a estandarizar la calidad del agua según los estudios realizados y poder verificar e identificar los parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, suelo y aire en condiciones de cuerpos receptores, estos estándares de calidad de agua establecen los límites máximos permisibles de cada parámetro analizado ya que si estos exceden dichos límites representan un riesgo para la salud de las personas y el ambiente físico donde se encuentran.

**Resolución Jefatural N°263 -2019-ANA, que aprueba el PLANEFA para el año 2020 de la Autoridad Nacional del Agua.**

La presente resolución nos habla del Plan Anual de Fiscalización Ambiental que es entonces el instrumento por el cual cada una de las entidades de fiscalización ambiental evalúan y supervisan a través de lineamientos prácticos. Todas estas acciones de seguimiento y planificación se hacen para poder promover el cumplimiento ambiental de todos los límites y normas ambientales establecidas para cada uno de los parámetros analizados.

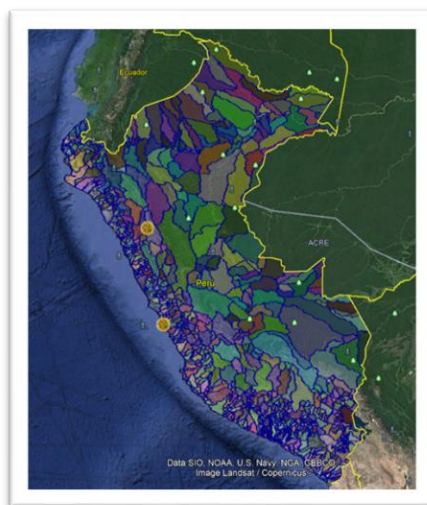
## BASES TEÓRICAS

### **Recursos hídricos**

En el Perú existen valiosos recursos hídricos a lo largo de todas las regiones por esto es por lo que se cita al ministerio del ambiente para explicar con mayor claridad sobre estos recursos.

En nuestro país contamos con valiosos recursos hídricos y ecosistemas impresionantes que están distribuidos en aproximadamente 106 ecosistemas llamadas cuencas hidrográficas. Además de esto se tiene alrededor de 12,200 lagunas en la sierra, también casi más de 1,007 ríos los cuales tienen una capacidad media de 2,046,000 mmc concentrado principalmente en la vertiente amazónica. Gracias a que las regiones cuentan con una extensión y muchas de estas son de orografía accidentada o variada dentro del territorio peruano, claro ejemplo la que es caracterizada por la Cordillera de los Andes que se extiende longitudinalmente de Norte a Sur, da origen a la conformación de ríos y cuencas hidrográficas con características distintas, destacándose tres grandes vertientes denominadas: Pacífico con 53 cuencas; Atlántico con 44 cuencas y; Lago Titicaca con 09 cuencas hidrográficas [7]

### **Ilustración 1. Cuenca Hidrográfica**



### **Ilustración. Cuenca Hidrográfica**

*Fuente: Elaboración Propia*

El vertido del cual se abastece el Pacífico se caracteriza por la aridez de sus tierras, en el cual se cuenta solo con 1.8% de los recursos de agua del país, con un índice de 2,027 m<sup>3</sup>/hab-año, lo más llamativo es que en estas regiones se concentran aproximadamente el 70% de la población el cual por sus actividades producen aproximadamente 80.4% del PBI del país. En gran diferencia con la vertiente del Atlántico que cuenta con casi el 97.7% de los recursos hídricos, y en el cual tiene una densidad poblacional muy pobre la que produce el 17.7% del PBI del país. [7]

#### **DEFINICION CUENCA HIDROGRAFICA**

Es una región geográfica que por excelencia contiene y relaciona los ecosistemas naturales, productivos, sociales y económicos, además de ser una red geográfica e hidrológica, que se forma a base de un cauce principal o río y sus ramificaciones como quebradas y más en los cuales tiene como base la naciente del río y su disposición final o desembocadura.

Esta es un área en la que el recurso hídrico se abastece a base de las precipitaciones que forman un curso en el cauce principal del agua, esta es también representada por un conglomerado de sistemas de cauces de agua los cuales se definen por el relieve u orografía en representación. Los límites de una cuenca se definen entonces naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río (Ramakrishna, 1997). [8]

En una cuenca hidrográfica, sus recursos naturales y habitantes tienen condiciones naturales, biológicas, sociales y culturales que les otorgan unas definiciones especiales. La meta es utilizar la cuenca como área de captación para diferentes propósitos, primeramente, para consumo de los seres humanos y reducir el impacto de la escorrentía, protegiendo así las áreas vulnerables cercanas a laderas o arroyos. Los proyectos recientes de manejo de cuencas hidrográficas han enfatizado cada vez más la necesidad de mejorar la calidad del agua, no solo la cantidad y el momento de la descarga. Las cuencas hidrográficas, ya sean independientes o interconectadas con otras cuencas, son reconocidas como la perfecta unidad territorial que es la mejor y más adecuada para el manejo íntegro de los recursos hídricos [9]

#### ➤ CLASIFICACION DE LAS CUENCAS

Una cuenca hidrográfica está conformada por 3 zonas de magnitud importante para poder identificar su formación geográfica, según la Unión Internacional para la conservación de la naturaleza (UICN) estas son:

- **Cuenca alta:** En estas se menciona a las zonas de laderas y montañas, en las cuales está el nacimiento del río o cauce principal de la cuenca.
- **Cuenca media:** Esta está constituida por las zonas geográficas accidentadas u onduladas, además también de los valles, se dice que en esta zona es donde el río va cambiando de direcciones.
- **Cuenca baja:** Es donde se encuentra directamente a las tierras llanas o bajas, donde el caudal del río empieza a perder la fuerza y velocidad que tenía para poder transportar material sólido y por ende estos empiezan a sedimentarse a lo largo o en puntos específicos. [10]



**Ilustración 2.Cuenca Hidrográfica**

*Fuente: UICN*

➤ **TIPOS DE LAS CUENCAS**

Existen diferentes formas de analizar una cuenca, para esto se tiene que saber cuál de ellas es la que está en estudio y poder definirla, para esto Gravellius, (1914) nos indica su clasificación:

- **Cuenca Principal:** Se puede definir como la que contiene al cauce principal y lo conduce directamente hasta el mar, vendría a decirse que es la que contiene al río mayor o más importante y que lleva el mayor caudal de transporte.
- **Subcuenca:** Es aquella donde las aguas superficiales o acuíferos abastecen a este tipo de cuencas o llamadas también como cuencas de segundo orden y están definidas por pequeñas subdivisiones internas de la cuenca principal.
- **Microcuenca:** Llamadas como las unidades menores, las cuales son formadas por áreas de poca dimensión analizadas con fines de investigaciones. Estas microcuencas al unirse entre sí ayudan a formar las subcuencas y estas a las cuencas principales.

Para poder definir los rangos en los cuales se pueden definir estos tipos de cuencas tenemos la revista “Metodología de priorización de cuencas” DSMC-DGAS, (1983), en la cual nos menciona los rangos y unidades de cada uno de los tipos. [11]

**Tabla 1. Clasificación de los tipos de cuencas por rango y unidades respecto a su área**

<b>Descripción</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>N° de orden del río</b>
Cuenca	700-600	6° a mas
Sub-Cuenca	100-700	4° y 5°
Microcuenca	10-100	1°, 2° y 3°

*Fuente: DSMC-DGAS, (1983)*

#### ➤ ELEMENTOS DE UNA CUENCA

Existen diferentes elementos que constituyen a una cuenca hidrográfica, los cuales nos dan la idea completa de sus características, estas nos permiten tener una idea más global de como poder analizarlas y estudiarlas, ahora se detallan estos elementos para el estudio de estas. [12]

- **Rio principal:** Suele ser definido como una vía o corriente fluvial natural de agua la cual sigue su corriente de manera constante e ininterrumpida, se puede diferenciar porque este río lleva gran cantidad de caudal y es el que desemboca en el océano, lago o se une con otro río.
- **Afluentes y Efluentes:** Las afluentes son las que llegan al río principal o con las que se une y proporciona mayor caudal. Los efluentes son los que desabastecen de agua a la corriente principal para formar lagos o corrientes alternas.
- **Divisoria de Aguas:** Zona de delimitación de una cuenca formada por una línea imaginaria la cual marca un límite entre las cuencas.

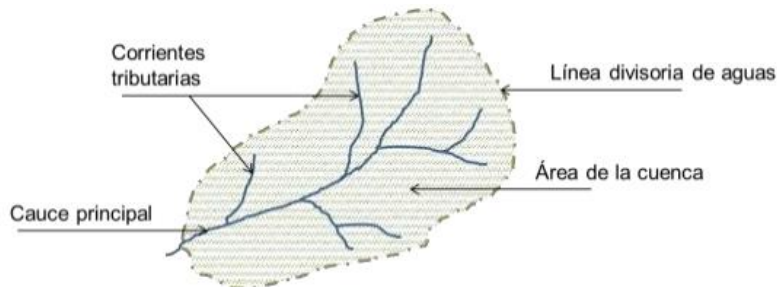
#### ➤ DEFINICION GEOMORFOLOGICA DE UNA CUENCA

La cuenca es una de las partes más básicas del estudio ciclo hidrológico y su estudio en la precipitación de entrada, ya que por medio de este análisis se realizan varios procesos de cambio en la esorrentía de salida. Este desarrollo involucra a la geomorfología de la cuenca, sus tipos y usos de la tierra, la cobertura de la vegetación o los niveles de urbanización donde el clima es el factor más importante. Existen algunos parámetros calculables que se toman en cuenta para la importancia de estos procesos y que los mismos puedan establecer inicialmente las

comparaciones de las cuencas más relevantes. Las características geomorfológicas de las cuencas que son de mayor importancia son las siguientes [12]:

- ✓ **AREA (A):** Parte de un terreno sobre el cual el agua de las precipitaciones las cuales convergen al mismo punto de evacuación a través del canal secundario o del arroyo el cual une al canal principal. El agua de lluvia, los puntos de almacenamiento natural de agua que no se infiltran por el suelo se denomina escorrentía superficial y se mueve desde coordenadas de mayor altitud a coordenadas de menor altura por acción de la fuerza gravitatoria. La proporción del área de una cuenca se puede verificar por medio de una proyección de la misma sobre un plano horizontal, esto depende también de la localización georreferenciada de la cuenca y el grado para el aporte en escorrentía ya que con esto se puede definir como cuenca, sub cuenca o micro cuenca.

Al calcular el área bajo el cual se va a inscribir una línea imaginaria divisoria de una cuenca hidrográfica llamada divisoria de agua que delimita de manera en que entre esta línea concurren pendientes opuestas



*Figura: Componentes de una cuenca*

- ✓ **Perímetro (P):** Esto se define como la extensión del delimitante en forma de línea que diferencia las pendientes opuestas y lo demarca como el contorno del área de la cuenca, este parámetro nos puede indicar si es que la cuenca se puede diferenciar como cuenca redondeada o alargada.
- ✓ **Longitud del cauce o río principal (L):** En la definición de este parámetro podemos semejarlo a la longitud del cauce más largo el cual puede ser un criterio que representa a la longitud real de la cuenca, pero se define con mayor exactitud como la longitud del cauce que realiza el recorrido desde su

nacimiento en la cabecera de cuenca para llegar a un punto de estudio donde se requiera hacer una medida o una estación de aforo.

- ✓ **Perfil de la cuenca:** Para poder identificar el perfil o su forma de la cuenca y sus características se tiene que tener en consideración varios parámetros a los cuales se asocia la delimitación del perímetro, su área y extensión del cauce, estos parámetros son:

- **Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius.**

Este coeficiente nos representa la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia equivalente a al área aproximada de la cuenca a la que corresponde el cálculo de esta manera se puede identificar este índice que representa la forma de su superficie como su delimitación e influencia sobre los escurrimientos.

Este índice se puede expresar mediante una fórmula matemática en base a ecuación [12]:

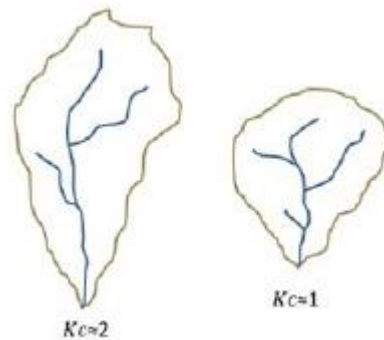
$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{A\pi}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

*K<sub>c</sub> = Coeficiente de compacidad*

*P = Perímetro de la cuenca en km*

*A = Área de la cuenca en km<sup>2</sup>*

Para valores de K<sub>c</sub> cercanos a uno, o que tiendan a uno, se puede decir que la cuenca tendrá una forma cercana a la circular, En tal motivo los valores cercanos a dos, representarían a cuencas alargadas, esto se debe a los tiempos de concentración de agua en diferentes puntos de la cuenca y lo que demora una gota de agua, en el inicio de la cuenca, en llegar al punto final de desembocadura.



*Figura: Comparación de la forma de cuencas según valores del coeficiente de Compacidad*

○ **Factor de forma.**

Este factor es un parámetro que nos ayuda al momento de poder entender como es la distensión de una cuenca y su longitud, este parámetro se puede definir mediante la siguiente ecuación:

$$Ff = \frac{A}{L^2}$$

*Ff= Factor de forma*

*A= Área de la cuenca en km<sup>2</sup>*

*L= Longitud de la cuenca en km*

Este factor de forma es un numero adimensional, el cual puede considerar a la cuenca respecto a diferentes criterios: cuando se acerca a uno, la cuenca es casi circular, si el factor es menor a uno, serian cuencas alargadas. Además, se tiene que verificar tres criterios adicionales como es la longitud del rio respecto a su sinuosidad, considerando el eje de la misma cuenca y la distancia desde un punto inicial hasta el punto más lejano a este en línea recta.

*Tabla: Rangos aproximados del factor de forma*

<b>Factor de forma (Valores aproximados)</b>	<b>Forma de la cuenca</b>
< 0.22	Muy alargada

0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

***Fuente: Pérez, 1979***

### IMPORTANCIA DE LA CUENCA

Según, MIDAGRI (2015), la importancia de una cuenca hidrográfica está en que los recursos medioambientales y en mayor proporción los recursos hídricos del planeta son parte fundamental de todos los ecosistemas del mundo. A base del ciclo hidrográfico una cuenca se abastece del recurso natural más importante para la vida y desarrollo humano, este recurso es indispensable para la generación de ecosistemas, y aprovechada de una manera correcta proporciona al ambiente natural todo lo que se necesita para que el ser humano subsista. Por este motivo y muchos de mayor importancia es que la Organización de las Naciones Unidas (ONU), indica que se tome una estricta importancia al estudio, delimitación y preservación de las Cuencas Hidrográficas, ya que su contaminación puede afectar a todos los seres vivos que en ella habitan.

Para ello la protección de estos recursos naturales que habitan en las cuencas es primordial y así poder mantener el bienestar de todos, tanto ahora como para el futuro próximo.

El análisis y estudio de las cuencas nos ayuda a poder evidenciar los parámetros que se deben de tener en cuenta para la protección de estas reservas naturales y además poder ser la base para un estudio de su uso o la disponibilidad de proyectos que se puedan realizar.

## FUENTES CONTAMINANTES EN UNA CUENCA

Los vertidos que contaminan el medio físico donde habitamos son muy usuales por el mal manejo de los recursos y falta de conciencia ambiental. Para poder definirlos se tiene que identificar cuáles son, en este caso una fuente de contaminación de los recursos hidrológicos que abastece una cuenca es toda la que llega de manera externa de manera directa o indirectamente a un cuerpo de agua ya sea de manera superficial o la que se encuentra subterránea, estas contaminantes pueden dañar la calidad de este recurso en sus distintos parámetros como lo son de manera física, química o biológica, de manera que tales contaminantes o afectaciones sea de riesgo y cauce severos daños en el medio ambiente a corto o largo plazo, ya que las contaminaciones de los ríos son las de transmiten los factores dañinos a lo largo de toda la cuenca hidrográfica, dañando así la vida de los seres humanos, animales y plantas al pasar los límites permisibles de la calidad aceptada para una buena calidad de agua. A estos también se le pueden agregar la contaminación por parte de las aguas residuales que traen consigo partículas en suspensión, patógenos como los virus, bacterias y gusanos), materia orgánica biodegradable también, compuestos xenobióticos, metales pesados, sólidos inorgánicos disueltos, materia orgánica refractaria, sólidos sedimentables, son los tipos de contaminantes que pueden afectar directamente a el estado y calidad del agua en las cuencas, lo que hace más dañina la vida del ecosistema. Estos contaminantes se definen por su tipo como [1]:

- **Contaminantes Físicos:** Por acción o exposición a radiaciones ionizantes y no ionizantes
- **Contaminantes Químicos:** Por accidentes con materiales peligrosos o mal manejo de residuos peligrosos o en su transporte.
- **Contaminantes Biológicos:** Exposición de residuos sanitarios con el agua o agentes biológicos que generan toxinas.

La autoridad nacional del agua (ANA) hace estudios sobre la calidad del agua en estos ambientes y en sus resultados evidencian la variedad de contaminantes existentes en los puntos o fuentes contaminantes analizadas, en los cuales se resalta el lugar de donde es extraída esas muestras, los cuales pueden ser provenientes de comunidades, centros poblados o municipios que no cuentan

con estructuras de mitigación de impactos como pueden ser las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Existen también los pasivos ambientales por accionar de la minería los cuales por falta de regulación son los más grandes contaminantes que sufren las reservas hidrológicas, en el Perú existe una ley de regulación de estos, Ley N°29271 “Pasivos Ambientales de la Actividad Minera” la cual nos delimita a que se denomina pasivos ambientales mineros, los cuales son los restos o depósitos de los residuos generados por accionar de las empresas mineras, algunas en operaciones sin regulación o inactivas que siguen produciendo contaminantes como los relaves mineros, y tales constituyen un riesgo invariable y de mucho riesgo para la población o el ecosistema de la localidad donde se encuentra [1].

En nuestro país se tiene un protocolo para gestionar los pasivos ambientales mineros (PAM) el cual se puede concretar en cuatro fases según el plan de manejo ambiental:

- Actualización del inventario.
- Fijar a los responsables causantes de un pasivo ambiental minero.
- Gestación de los estudios de ingeniería para la remediación de los pasivos y estos ser asumidos por el Estado.
- Realización de las obras de remediación de los pasivos ambientales.

## MODELO HIDROQUIMICO

El modelo hidroquímico se basa en el estudio del flujo del agua, ya que es el estudio de la química del agua, los procesos y reacciones químicas que afectan la circulación de las especies que se pueden disolver en el agua, a base de una representación del sistema real en un prototipo matemático, como una expresión analítica. En este modelo se representa la cuenca hidrográfica y todos los parámetros que componen al ciclo hidrológico. De esta manera esta representación nos puede ayudar a poder tener una idea completa del caso en estudio, lo cual nos brindará la facilidad de poder optar por decisiones a base de efectos reales y plantear propuestas a los principales problemas que contenga el área en estudio [13].

Según Custodio, (1991) “la hidroquímica estudia el flujo de agua como vehículo de transporte de las características físico - químicas e isotópicas”. Entonces el modelo hidrológico e hidroquímico son muestras simplificadas de un sistema real de un ambiente natural como una cuenca, a partir del cual se va a poder analizar sus características por medio de los datos de entrada y salida para así tener un mejor juicio de los procesos que intervienen dentro de una cuenca hidrográfica.

➤ **PARA QUE SIRVE UNA MODELACION HIRDROLOGICA**

Un modelo hidrológico nos ayuda a poder plantear escenarios posibles de un determinado ambiente ecosistémico, cuenca, para posteriormente poder analizar los parámetros existentes para el área de análisis, así como los recursos hídricos que aporta la cuenca, posterior a eso se puede hacer un estudio de los caudales, así como también el posible impacto que sufriría el ambiente con su contaminación, y su afectación a los diversos usos de los recursos que tendría esta cuenca.

Al poder simular los posibles escenarios se puede evidenciar los problemas ambientales existentes y poder dar alternativas de mitigación para su manejo correcto de los recursos que aportan y estos cumplan con los estándares de calidad de agua, verificando así que cumplan los límites establecidos para garantizar el mejor uso de estos recursos.

## SOFTWARES

### GOOGLE HEART

Es un software de que tiene gran cantidad de información geográfica y georreferenciada del planeta, tanto en 2D como en 3D, siendo de mucha ayuda al momento de querer ubicar puntos referenciados con coordenadas UTM y coordenadas decimales, así como también es un software muy potente al momento de encontrar información de cuencas geográficas por su sistema de relieve en 3D que permite ubicar los puntos con su altitud en m.s.n.m, Asimismo nos permite visualizar la cartografía base de innumerables lugares que nos da lugar a poder crear mapas de referencia ya que su sistema de posicionamiento global nos da puntos exactos en donde podemos armar polígonos o mostrar superficies de análisis.

## ARCGIS

Este software ayuda con el análisis y la evaluación de diferentes sectores de una cuenca en la identificación de los recursos hídricos, a través de un modelo digital del terreno en base a una cartografía del lugar de análisis, el cual nos muestra mapas de flujo y red hidrográfica completa como también las cuencas y vertientes completas. Mediante este programa se va a lograr identificar los mapas de izo concentración

## IBER

Este programa es un software libre para la realización de modelos hidráulicos de manera bidimensional, el cual tiene la capacidad de poder representar a través de una simulación los flujos de ríos, canales y cauces naturales, permitiendo lograr identificar el comportamiento de los diferentes parámetros requeridos para ese estudio, también puede evidenciar las zonas de inundación si es que lo requirieran en las investigaciones, y para mi caso se ha podido desarrollar el modelo para la identificación de calidad de agua.

## **Metodología – Materiales y métodos**

Esta investigación se ha realizado en base al estudio y análisis de muestras de agua tomadas a lo largo de la cuenca del río Moche, los cuales se han verificado a través de la ubicación de puntos estratégicos georreferenciados para poder realizar el análisis de la toma de muestras y lograr identificar los puntos óptimos para un análisis completo del estado de la cuenca hidrográfica, así como su evolución a lo largo de su avance hasta llegar a su punto final que es el océano Pacífico.

Se han estudiado 08 puntos de referencia propios y 28 puntos anteriormente analizados por la autoridad nacional del agua, los cuales nos ayudan a poder tener mayor información de la cuenca y así poder realizar con mayor detalle el análisis de la calidad del agua anteriormente descrito, con los datos extraídos de estos puntos se procedió a realizar la base de datos georreferenciados y posterior a eso identificarlos de manera cualitativa mediante mapas de izo concentración por cada parámetro a analizar, siendo estos los puntos:

COORDENADAS PUNTO DE MUESTRA	UTM		Descripcion
	Este (X)	Norte (Y)	
P.M.1	796565.497	9113345.678	salida de agua al río San Lorenzo – Distrito Quiruvilca.
P.M.2	793961.991	9112679.894	Qda. San Felipe. antes de la confluencia con el Río Moche, Localidad de Shorey –Distrito Quiruvilca.
P.M.3	792450.609	9114822.684	Río Moche. aprox. aguas debajo de la confluencia con la Qda. San Felipe, localidad Shorey – Motil - Distrito Quiruvilca
P.M.4	774829.263	9114881.885	Río Moche. aprox. aguas debajo de la confluencia con la Qda. San Felipe, localidad Motil - Distrito Quiruvilca
P.M.5	741369.811	9115697.124	Río Moche (Santa Vicente) localidad de Motil – Distrito Quiruvilca
P.M.6	773894.674	9115641.418	Vertimiento de aguas residuales domésticas, provenientes de dos pozas de oxidación de la ciudad de Agallpampa, por rebose las aguas se descargan a una quebrada sin nombre tributario del río Moche
P.M.7	767897.124	9123067.733	Río Otuzco. antes de la confluencia con el Río Moche (Loc. Otuzco/ Prov. Otuzco/ Dpto. La Libertad)
P.M.8	759466.851	9117952.366	Se observa restos de aguas residuales de origen minero de color rojizo y de olor fuerte, con descarga en la margen derecha del Río Moche en Casmiche.

Parámetros Analizados:

✓ Conductividad microS cm	✓ Cadmio (Cd) mg l
✓ Oxígeno Disuelto mg l	✓ Cobalto (Co) mg l
✓ Potencial Hidrogeno un ph	✓ Cromo (Cr) mg l
✓ Temperatura C	✓ Cobre (Cu) mg l
✓ Aceites Grasas mg l	✓ Hierro (Fe) mg l
✓ Cianuro Total mg l	✓ Mercurio (Hg) mg l
✓ Cianuro WAD mg l	✓ Potasio (K) mg l
✓ Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5) mg l	✓ Litio (Li) mg l
✓ Demanda Química de oxígeno (DQO) mg l	✓ Magnesio (Mg) mg l
✓ Fenoles mg l	✓ Manganeso (Mn) mg l
✓ Fósforo total (P tot) mg l	✓ Molibdeno (Mo) mg l
✓ Nitrógeno amoniacal (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) mg l	✓ Sodio (Na) mg l
✓ Nitrógeno Total (NTK) mg l	✓ Níquel (Ni) mg l
✓ Sólidos Suspendidos Totales mg l	✓ Plomo (Pb) mg l
✓ Sulfuros mg l	✓ Antimonio (Sb) mg l
✓ Cloruros (Cl <sup>-</sup> ) mg l	✓ Selenio (Se) mg l
✓ Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) mg l	✓ Silicio (Si) mg l
✓ Nitratos como (N) mg l	✓ Estaño (Sn) mg l
✓ Sulfatos. SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> mg l	✓ Estroncio (Sr) mg l
✓ Plata (Ag) mg l	✓ Titanio (Ti) mg l
✓ Aluminio (Al) mg l	✓ Talio (Tl) mg l
✓ Arsénico (As) mg l	✓ Uranio (U) mg l
✓ Boro (B) mg l	✓ Vanadio (V) mg l

✓ Bario (Ba) mg l	✓ Zinc (Zn) mg l
✓ Berilio (Be) mg l	✓ Coliformes Termotolerantes (44.5°C) NMP 100ml
✓ Bismuto (Bi) mg l	✓ Escherichia coli NMP 100ml
✓ Calcio (Ca) mg l	✓ Huevos de Hemintos huevos l

Fuente: Elaboración Propia

## Tipo y nivel de investigación

### Tipo de investigación

Por el estudio que se desarrolló en esta tesis, es de forma investigativa, ya que se han analizado los parámetros fisicoquímicos que actúan en el agua a causa de la contaminación del río por factores externos como, aguas residuales o relaves mineros, y luego se desarrolló un modelo matemático a base de software de análisis, como lo son IBER y ARCGIS, y de los datos extraídos en la investigación se identificaron los puntos de contaminación mediante los mapas de iso concentración, logrando así identificar estos puntos contaminantes y así beneficiar un mejor análisis de los mismos y estado de la cuenca en estudio.

### Nivel de investigación

El nivel de la investigación es descriptivo, puesto que se ha buscado analizar las características de un grupo determinado de muestras de agua ensayadas, y se exponen los resultados de los ensayos de laboratorio y sus propiedades de cada una de ellas en sus diferentes parámetros fisicoquímicos a analizar.

### Enfoque de investigación

La presente investigación tiene enfoque cualitativo, puesto que se verificaron las características fisicoquímicas de cada muestra tomada, y esos resultados nos ayudaron a conocer el estado en que se encuentran dichos puntos en estudio.

## Diseño de investigación

### Hipótesis

Haciendo un estudio hidroquímico del río Moche se podrá ayudar en el logro de la identificación de la calidad y cantidad de agua presente en la cuenca y de este modo analizar sus principales puntos de contaminación para así poder plantear medidas de mitigación de los diferentes contaminantes en las localidades afectadas, con el fin de que esta agua obtenga la calidad que los estándares tienen como base para la calidad de agua superficial.

### **Diseño de contrastación de hipótesis**

- De acuerdo con el diseño de la investigación que es de tipo investigativa se recolectan los datos de los ensayos de laboratorio para su comprobación con la hipótesis.
- De esta manera, como el fin que se sigue es de manera aplicada, ya que se busca dar y plantear posibles soluciones de mitigación de impactos a los problemas de manera práctica utilizando los diversos conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera de ingeniería civil ambiental.

### **Población, muestra, muestreo**

#### **Población**

Para efectos del desarrollo de esta investigación, la población de estudio está constituida por las muestras de agua tomadas a lo largo de la cuenca del río Moche en la región La Libertad, las cuales presentan diversos parámetros hidroquímicos, físicos y bacteriológicos que se procedió a analizar en laboratorio para así poder identificarlos a detalle.

#### **Muestra**

Las muestras de agua en estudio que se han tomado para esta investigación fueron de los puntos ya descritos anteriormente y a lo largo de la cuenca de Moche, en puntos estratégicos, fueron 08 muestras de obtención propia, las cuales fueron tomadas de agua superficial del río Moche en diversos puntos, y cuya distribución fueron escogidos a criterio del investigador.

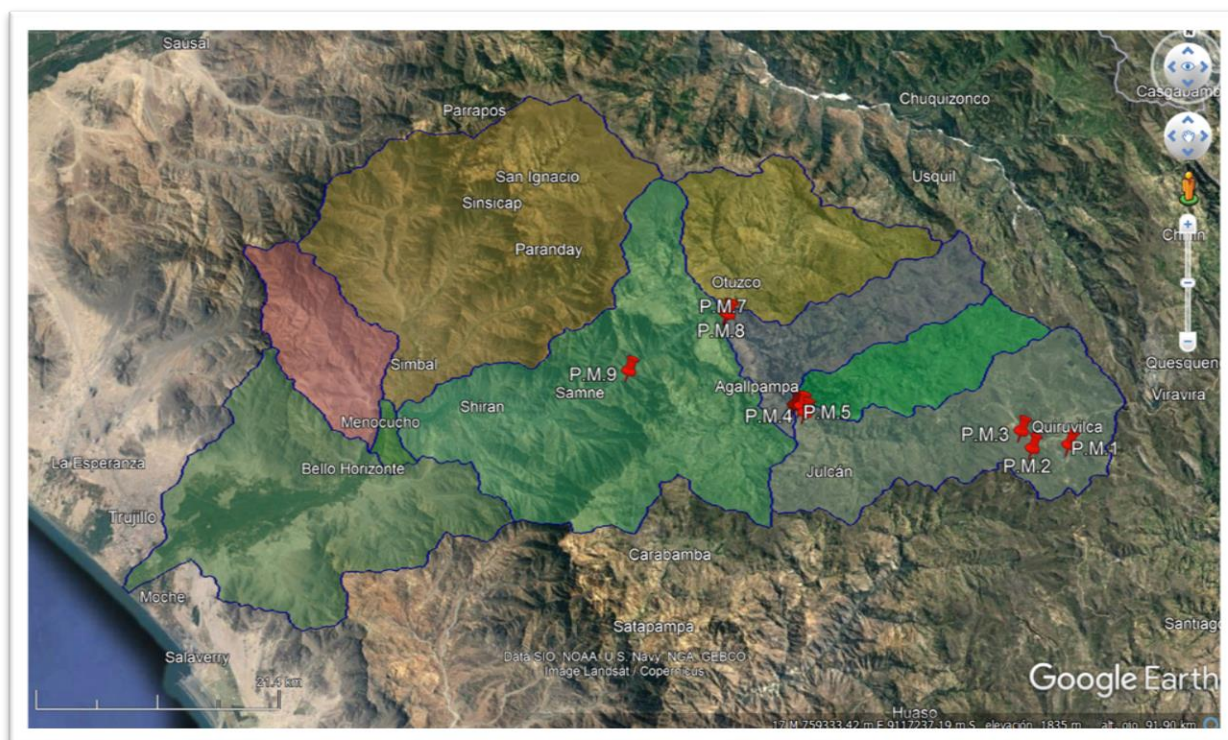
#### **Muestreo**

El muestreo para esta investigación es de tipo no probabilísticas ya que están tomadas a criterio del investigador y la norma técnica peruana respecto al alcance de muestras de agua superficiales (NTP 214.042 AS: Agua superficial, ADR: agua de río), que establecen los requisitos para la recepción de muestras de agua en laboratorio y el tipo de preservación que se tiene que tener en cuenta para su posterior ensayo o análisis a considerar, el siguiente cuadro se especifican los diversos ensayos realizados para los parámetros considerados a analizar en las muestras tomadas.

Nro.	Parámetro	Método de ensayo	Preservación
1	Alcalinidad_CX	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd Ed: 2017. Alkalinity Titration Method	Almacenar entre > 0°C a <= 6°C
2	ANIONES_CX	EPA 300.0. Rev. 2.1. 1993. Determination Of Inorganic Anions By Ion	ALMACENAR ENTRE: >0°C A <= 6°C DE TEMPERATURA
3	Cianuro total	ASTM D7511-12: (Reapproved 2017) E01.Standard Test Method for Total Cyanide by Segmented Flow Injection Analysis	VER CARTILLA N° 2
4	Conductividad_CX	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510-B, 23rd Ed: 2017. Conductivity: laboratory Method	Almacenar de: > 0°C a = 6°C.
5	CX Cianuro total/	ASTM D7511-12: (Reapproved 2017) E01.Standard Test Method for Total Cyanide by Segmented Flow Injection Analysis, In-Line Ultraviolet Digestion and Amperometric Detection	VER CARTILLA N° 2
6	CX Conductividad/	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221B; 23rd Ed; 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation	Almacenar de: > 0°C a = 6°C.
7	CX Num.Colif.Fecales/CX Num.Colif.Totales/CX Numeración de Esc/	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221B; 23rd Ed; 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group	REFRIGERAR < 8°C PROCEDIMIETO [] INS-P-EHS.1.

8	Dureza Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340-C, 23rd Ed: 2017. Hardness: EDTA Titrimetric Method	ADICIONAR HNO <sub>3</sub> , 1:1, HASTA PH < 2 (AÑADIR 1.5ML DE HNO <sub>3</sub> , 1:1)
9	Metales Totales	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015	ADICIONAR HNO <sub>3</sub> 1:1 PH < 2 (AÑADIR 0.3 ML O 6 GOTAS DE HNO <sub>3</sub> 1:1).
10	Nitrógeno amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 - NH <sub>3</sub> D; 23rd Ed: 2017	ADICIONE APROX. 2ML DE H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1) HASTA LLEGAR A UN PH < 2 Y ALMACENAR ENTRE >0°C A = 6°C.
11	Nitrógeno Amoniacal /Amonio / Amoniaco	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH <sub>3</sub> D; 23rd Ed: 2017	ADICIONE APROX. 2ML DE H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1) HASTA LLEGAR A UN PH < 2 Y ALMACENAR ENTRE >0°C A = 6°C.
12	Potencial de Hidrógeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H <sup>+</sup> -B; 23rd Ed: 2017. pH Value: Electrometric Method.	VER CARTILLA N° 2
13	Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D; 23rd Ed: 2017. Solids: Total Suspended	ALMACENAR DE: >0°C A <=4°C
14	Turbidez	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed.: 2017. Turbidity. Nephelometric Method	ANALIZAR EL MISMO DÍA, ALMACENAR EN OSCURIDAD POR 24 HRS, DE >0°C A <= 4°C

La finalidad de esta investigación es poder determinar que se puedan tomar los puntos necesarios para completar el estudio que se necesita para poder saber el estado actual de la calidad de agua puesto que eso es lo determinante para el desarrollo de esta investigación. De cada punto de muestreo se han extraído 14 muestras de agua en sus recipientes específicos para sus diferentes ensayos a realizar, en todos los parámetros descritos anteriormente, siendo los puntos optados los descritos en un gráfico a continuación:



*Ilustración: Cuenca de Moche y microcuencas presentes en ella además de los puntos de muestreo especificada, región La Libertad.*

*Fuente: Elaboración Propia*

Esto se hace con la finalidad de que se establezca un orden de importancia por cada punto analizado, el cual empieza desde donde se ha evidenciado la contaminación que es la parte más cercana a la localidad de Quiruvilca, hasta llegar al último punto de descarga que es en el mar donde cierra esta cuenca, para así poder determinar el índice de concentración de cada uno de los parámetros químicos analizados.

### **Criterios de selección**

En la unidad hidrográfica (U.H) moche se viene evidenciando respecto a los monitoreos contantes de la asociación nacional del agua (ANA), diversos puntos donde existe diferentes tipos de contaminantes que ponen en riesgo el ecosistema natural del cual los diversos seres vivos hacen uso para subsistir, así como las personas se abastecen del recurso hídrico importante como el agua. Por tal motivo el ANA en el año 2011, mediante un monitoreo identifico 41 puntos de la problemática y lo evidenció en su informe técnico N° 1357-2011-ANA-DGCRH/MSAP, el cual evidencia el tipo de

vertimientos que llegan a la cuenca y ponen en riesgo la salud de las personas por un mal desarrollo de las actividades humanas. [1]

N°	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS WGS 84 – Z 17 L		CAUDAL (L/S)	CUERPO RECEPTOR
			ESTE	NORTE		
1	FCVM1	Se observa un canal de tierra, con restos de aguas residuales de origen minero de color rojizo y de olor fuerte, con descarga en la margen derecha del Río Moche, a la altura de la Planta de concentrados de minerales Virgen de la Puerta, en Motil	774500	9115530	-	Río Moche
2	FCVD1	Vertimiento de aguas residuales domésticas, provenientes de dos pozas de oxidación de la ciudad de Agallpampa, por rebose las aguas se descargan a una quebrada sin nombre tributario del río Moche	770558	9117193	0.40	Qda. Sin nombre, tributario del Río Moche
3	FCVD2	Vertimiento de aguas residuales domésticas provenientes de dos pozas de oxidación, generadas de una parte de la ciudad de Agallpampa, por filtraciones se descarga a la quebrada Mangandanga.	769683	9116474	0.4	Qda. Mangandanga
4	FCVD3	Vertimiento de aguas residuales domésticas del Centro Poblado de Casmiche, se descarga a la margen derecha del Río Moche, mediante una tubería de PVC de 8" de diámetro.	759827	9117952	0.4	Río Moche
5	FPCM1	Pasivo ambiental minero (distrito de Samne), inventariado por el MEM con RM N° 102-2015-MEM/MD, se observan zonas erosionadas que llegan a la margen derecha del Río Moche.	754906	9115443	-	Río Moche
6	FCVD4	Vertimiento de aguas residuales domésticas sin tratamiento provenientes del Caserío Platanar ubicado a la margen izquierda del Río Moche, mediante un tubo de PVC.	754132	9114358	-	Río Moche
7	FCVD5	Vertimiento de aguas residuales domésticas tratadas provenientes de tres (03) pozas de oxidación administradas por la Municipalidad de Simbal, provistas de colectores, uno de ellos está colapsado descargando al Río Lucmar.	739976	9117107	1.0	Río Lucmar (llamado Río Simbal)
8	FCV11	Vertimiento de aguas residuales de uso industrial, sin tratamiento provenientes de las empresas industriales (distrito de Moche) haciendo su descarga mediante tubos de concreto en la margen derecha del Río Moche.	719058	9099421	15.0	Río Moche
9	FCRD1	Presencia de Residuos sólidos de origen doméstico provenientes de la ciudad de Mache, ubicado a un costado de una de las pozas de oxidación, en el cauce de la quebrada El Almagre (margen izquierda).	770546	9111481	-	Cauce Qda. El Almagre.

***Fuente: Informe Técnico N° 1357-2011-ANA-DGCRH/MSAP***

Por tal motivo la Autoridad Nacional del Agua a seguido haciendo monitoreos constantes de la situación problemática hasta llegar a que, en el año 2020, INDECI y COEN, presentan un reporte de peligro inminente por contaminación hídrica en el río de la cuenca de moche, en el cual habría ocurrido un desborde y ruptura de los diques de las relaveras de la unidad minera de la localidad de Quiruvilca y por consiguiente una afectación a los pobladores de las provincias aledañas del departamento de La Libertad. (Ver ANEXO)

## Operacionalización de variables

Variable independiente:

- Modelo hidrológico

- Base de datos
- Puntos contaminantes

VARIABLES DEPENDIENTES:

- Mapas de iso concentraciones
- Alternativas de solución

Tabla 1: Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Base de datos V. I	Parámetros físicos	Temperatura, Aceites y grasas, conductividad	Normas para el ensayo calidad de agua	Recopilación de información del ensayo
	Parámetros químicos	Selenio, Sulfatos, DBO5, Fosforo, nitritos, zinc, cobre, carbonatos y bicarbonatos.		
	Parámetros bacteriológicos	Cloriformes		
Modelo hidrológico V.I	Modelo Físico	Precipitación, Temperatura, abastecimiento, Parámetros geomorfológicos, calidad del agua.	Simulación de escenarios	IBER
	Modelo Matemático	Parámetros químicos, caudales históricos, Evapotranspiración, Área, Pendiente		QGIS
Puntos Contaminantes V. I	Contaminación Ambiental	Calidad del Agua	Toma de muestras de agua	Ficha de observación documental estructurada
		Calidad del Suelo	Visitas técnicas	
Mapas de iso concentración V. D	Características Geograficas	Clima, hidrografía, población, relieve, extensión	Recopilación de información	Modelado a través de QGIS
	Puntos Georeferenciados	Puntos de control	Identificación de puntos de referencia importantes	Visita técnica, Recopilación de información
Alternativas de solución V. D	Calidad del agua	Planteamiento de infraestructuras de mitigación	Normativa Internacional	Referencias Internacionales

*Fuente: Elaboración Propia*

### Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Como procedimiento para poder realizar la recolección de datos es el seguimiento de la norma técnica para la toma de muestras de agua para su análisis de calidad, a través de su instrumento que es la recopilación de esa información para posteriormente poder aplicarlos.

Otras técnicas aplicadas en esta investigación son las visitas técnicas al lugar en estudio para poder tomar las muestras que posteriormente se van a ser analizadas en el laboratorio, a través de las fichas de observación se pudo identificar todos los puntos en referencia, así como el orden de todos los puntos en desarrollo. Con esto se pudo realizar la identificación de los puntos importantes o de mayor significancia para realizar la toma de muestras indicadas.

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Norma del ensayo de calidad de agua	Recopilacion de informacion del ensayo
Toma muestras	Ficha de Observacion
Visitas Tecnicas	
Identificacion de puntos de referencia importantes	Visita tecnica, recopilacion de informacion

*Fuente: Elaboración Propia*

## **Procedimientos**

Esta investigación se ha realizado en base al estudio y análisis de muestras de agua tomadas a lo largo de la cuenca del río Moche, los cuales se han verificado a través de la ubicación de puntos estratégicos georreferenciados para poder realizar el análisis de la toma de muestras y lograr identificar los puntos óptimos para un análisis completo del estado de la cuenca hidrográfica, así como su evolución a lo largo de su avance hasta llegar a su punto final que es el océano Pacífico.

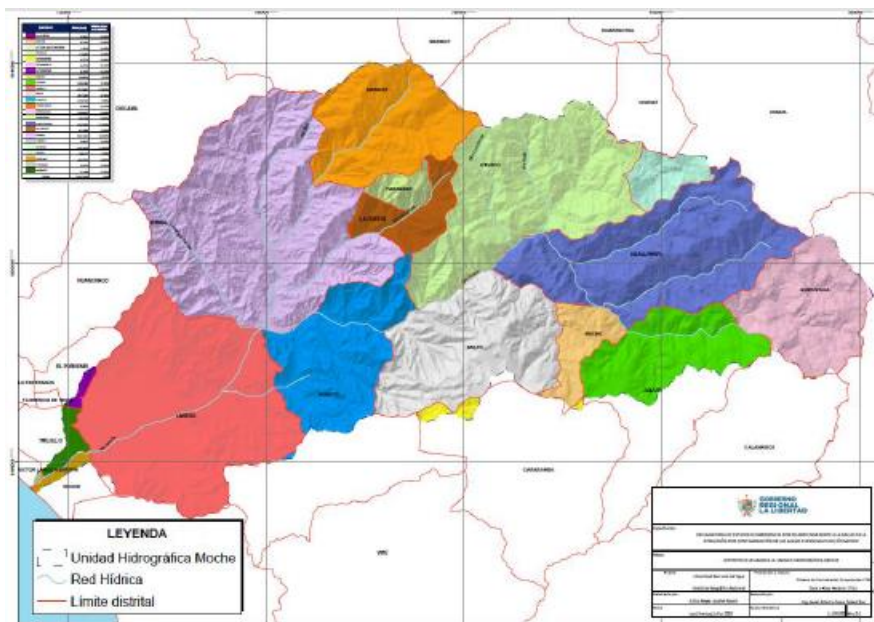
Se han estudiado 08 puntos de referencia propios y 28 puntos anteriormente analizados por la autoridad nacional del agua, los cuales nos ayudan a poder tener mayor información de la cuenca y así poder realizar con mayor detalle el análisis de la calidad del agua anteriormente descrito, con los datos extraídos de estos puntos se procedió a realizar la base de datos georreferenciados y posterior a eso identificarlos de manera cualitativa mediante mapas de concentración por cada parámetro a analizar, siendo estos los puntos:

COORDENADAS PUNTO DE MUESTRA	UTM		Descripcion
	Este (X)	Norte (Y)	
P.M.1	796565.497	9113345.678	salida de agua al río San Lorenzo – Distrito Quiruvilca.
P.M.2	793961.991	9112679.894	Qda. San Felipe. antes de la confluencia con el Río Moche, Localidad de Shorey –Distrito Quiruvilca.
P.M.3	792450.609	9114822.684	Río Moche. aprox. aguas debajo de la confluencia con la Qda. San Felipe, localidad Shorey – Motil - Distrito Quiruvilca
P.M.4	774829.263	9114881.885	Río Moche. aprox. aguas debajo de la confluencia con la Qda. San Felipe, localidad Motil - Distrito Quiruvilca
P.M.5	741369.811	9115697.124	Río Moche (Santa Vicente) localidad de Motil – Distrito Quiruvilca
P.M.6	773894.674	9115641.418	Vertimiento de aguas residuales domésticas, provenientes de dos pozas de oxidación de la ciudad de Agallpampa, por rebose las aguas se descargan a una quebrada sin nombre tributario del río Moche
P.M.7	767897.124	9123067.733	Río Otuzco. antes de la confluencia con el Río Moche (Loc. Otuzco/ Prov. Otuzco/ Dpto. La Libertad)
P.M.8	759466.851	9117952.366	Se observa restos de aguas residuales de origen minero de color rojizo y de olor fuerte, con descarga en la margen derecha del Río Moche en Casmiche.

Para lograr obtener los datos de los puntos en muestra el investigador se ha dirigido hasta el lugar en estudio siendo este en la siguiente ubicación:

#### Ubicación política

En referencia política la cuenca Moche está localizada en el departamento de La Libertad, y dentro de la cual está comprendida, de manera parcial o total por las provincias de Trujillo, Santiago de Chuco, Julcán y Otuzco.



**Fuente: Gobierno regional de la libertad, 2019**

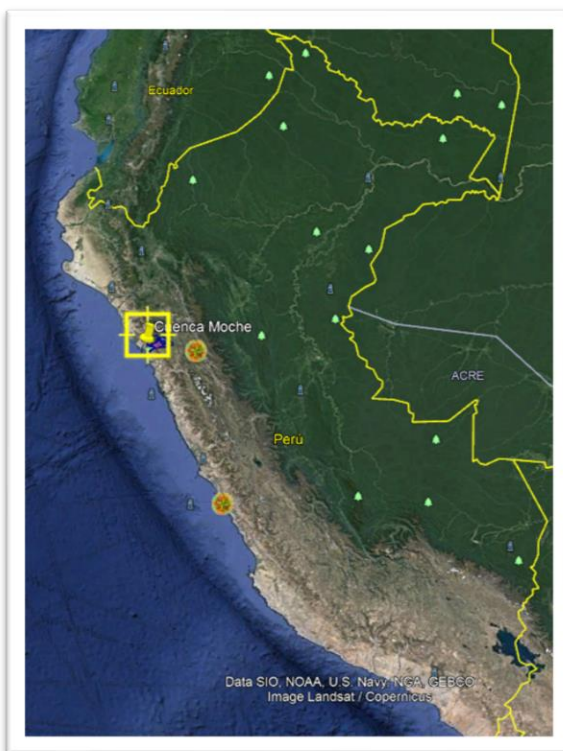
#### Ubicación geográfica

La cuenca del río Moche se encuentra en la siguiente referenciación geográfica:

- Latitud Sur: paralelos 7°46' y 8°15'
- Longitud Oeste: paralelos 78°16' y 79°08'

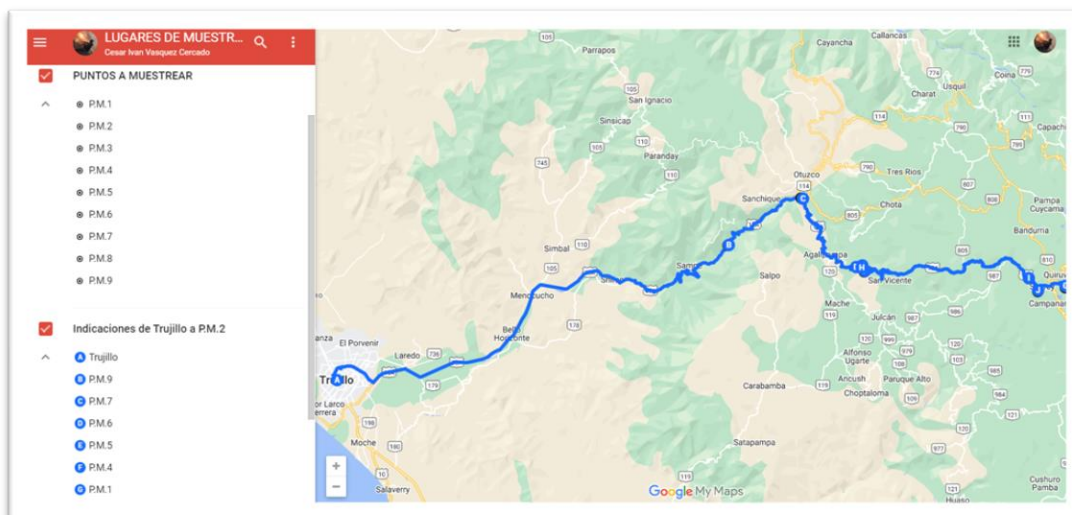
Respecto a las coordenadas UTM (WGS84) Zona 17

- Este (X): 801490 m y 705613 m
- Norte (Y): 9140524 m y 9086583.35 m
- Altitud: 4,001 m.s.n.m



***Fuente: Elaboración Propia***

Ruta tomada desde la localidad de Trujillo hasta Quiruvilca, lugar del primer punto de muestra en la región La libertad



***Fuente: Elaboración Propia***

Para su accesibilidad a las áreas de estudio se tiene diversos sistemas de vías integradoras dentro de la cuenca, las cuales unen a las provincias de Laredo, Angallpampa, Quiruvilca, Samne, Shorey, de esta manera ayudando a la integración de los departamentos vecinos como lo son Huánuco, Cajamarca y Ancash por medio de vías divisorias dentro de los límites de los ríos Moche y Santa.

A continuación, se especifican más a detalle el procedimiento que se realizó para las tomas de muestra en los puntos anteriormente descrito y así poder lograr los objetivos planteados

**1. TOMA DE MUESTRAS:**

COORDENADAS PUNTO DE MUESTRA	UTM		Descripcion
	Este (X)	Norte (Y)	
P.M.1	796565.497	9113345.678	salida de agua al río San Lorenzo – Distrito Quiruvilca.
P.M.2	793961.991	9112679.894	Qda. San Felipe. antes de la confluencia con el Río Moche. Localidad de Shorey –Distrito Quiruvilca.
P.M.3	792450.609	9114822.684	Río Moche. aprox. aguas debajo de la confluencia con la Qda. San Felipe, localidad Shorey – Motil - Distrito Quiruvilca
P.M.4	774829.263	9114881.885	Río Moche. aprox. aguas debajo de la confluencia con la Qda. San Felipe, localidad Motil - Distrito Quiruvilca
P.M.5	741369.811	9115697.124	Río Moche (Santa Vicente) localidad de Motil – Distrito Quiruvilca
P.M.6	773894.674	9115641.418	Vertimiento de aguas residuales domésticas, provenientes de dos pozas de oxidación de la ciudad de Agallpampa, por rebose las aguas se descargan a una quebrada sin nombre tributario del río Moche
P.M.7	767897.124	9123067.733	Río Otuzco. antes de la confluencia con el Río Moche (Loc. Otuzco/ Prov. Otuzco/ Dpto. La Libertad)
P.M.8	759466.851	9117952.366	Se observa restos de aguas residuales de origen minero de color rojizo y de olor fuerte, con descarga en la margen derecha del Río Moche en Casmiche.

Fuente: Elaboración propia

P.M.1:



Figura: primer punto de muestreo en la localidad de Quiruvilca  
P.M.2:



Figura: segundo punto de muestreo en la localidad de Quiruvilca

P.M.3:

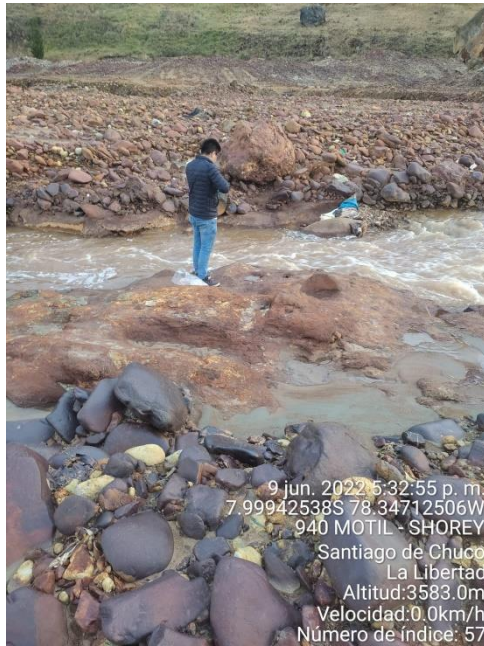


Figura: tercer punto de muestreo en la localidad de Quiruvilca

P.M.4:



Figura: cuarto punto de muestreo en la localidad de Quiruvilca

P.M.5:



Figura: quinto punto de muestreo en la localidad de Quiruvilca

P.M.6:



Figura: sexto punto de muestreo en la localidad de Quiruvilca

P.M.7:



Figura: séptimo punto de muestreo en la localidad de Quiruvilca

P.M.8:



Figura: octavo punto de muestreo en la localidad de Quiruvilca

Posteriormente a la toma de muestras en todos los puntos indicados se procedió a lacrar cada uno de los recipientes, así como su información correspondiente para poder llevarlos hasta el laboratorio donde se harían los ensayos correspondientes, para esto se había hecho un contrato por los ensayos con la empresa SGS DEL PERU SAC. La cual era la encargada de realizar cada uno de dichos muestreos y ensayos de acuerdo con la

NTP (Norma Técnica Peruana) correspondiente para análisis de agua superficial como es el caso.

### **Plan de procesamiento y análisis de datos**

El estudio se empezará realizando la base de datos georreferenciada, que está a base de investigación sobre análisis realizados anteriormente sobre el área en estudio y adicionando a esta la toma de muestras en diversos puntos que se logran identificar y su posterior análisis de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos que estas tendrán, estos ensayos se van a seguir a base de las normas de ensayos actualizadas para cada uno de los parámetros, y luego poder plasmarlo en la base de datos y tener así cada uno de estos parámetros identificados y localizados para facilitar el estudio posterior.

Con la obtención de toda información necesaria para la base de datos, se procederá a realizar el modelo hidroquímico, que está a base del estudio de la zona a través de la identificación del modelo físico y sus diferentes parámetros, como la precipitación, temperatura, abastecimiento de la cuenca, parámetros geomorfológicos de la zona a estudiar y calidad del agua que se va a estudiar. Con esta información se puede crear un modelo matemático que nos brinda el software QGIS y ARCGIS que nos ayudara a plasmar estos parámetros en un modelo de simulación de escenarios, que nos brindaran la idea concreta de cómo está evolucionando la calidad del agua.

Poder identificar los puntos de vulnerabilidad de la cuenca ayudaran en que todos estos datos puedan servir de base para el planteamiento de soluciones de mitigación en los lugares afectados y con esto mejorar la calidad de vida de todo el ecosistema como de las personas que viven en las inmediaciones de donde se realizara el estudio.

La realización de mapas de iso concentración es la base para la ubicación y aplicación de las medidas de correctoras a plantear para estos puntos o fuentes de contaminación, estos mapas se van a realizar con ayuda de los softwares de modelamiento ARCGIS Y QGIS que tienen la herramienta de poder plasmar las características identificadas y modeladas de la zona en estudio, además de poder indicar los puntos de control importantes para posteriores análisis de estudio.

Las alternativas de solución o mitigación para la contaminación de los puntos localizados que se pueden plantear con la realización de esta investigación van a ser de mucha importancia, ya que se va a mejorar la calidad de vida de todos los seres vivos

que se abastecen del agua en esta cuenca hidrográfica, estas medidas correctoras tendrán como base el principal objetivo de mejorar la calidad del agua presente.

### **Consideraciones éticas**

- Consentimiento informado: Los pobladores de las diversas localidades donde se hizo el estudio para las tomas de muestras de agua fueron informadas con la finalidad de que puedan dar facilidades de acceso para realizar dichos trabajos.
- Autenticidad: mi persona como investigador manifiesta tener conocimiento que el proyecto de tesis “Modelamiento Hidroquímico de la Cuenca del Rio Moche y Propuestas de solución a los problemas de contaminación, región La Libertad” es una investigación verídica y no ha sido o viene siendo realizada por ninguna otra persona o institución.
- Honestidad: Mi persona se compromete a presentar los resultados expuestos en este informe con total veracidad, mediante los ensayos e informes de laboratorio descritos.
- Antecedentes: Las investigaciones y antecedentes que se toman como referencia para poder desarrollar esta tesis están enmarcadas dentro de la normativa para hacer referencia a cualquier información obtenida de ellos para poder realizar dichos estudios.
- Código de ética: Para esta investigación se han seguido las consideraciones morales y éticas del código Deontológico del Colegio de Ingenieros del Perú según el artículo 4 que se define como “reglamento ético de conducta, que contiene los deberes, valores y las normas morales que rigen a los profesionales”

### **Matriz de consistencia**

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIÓN	INDICADORES	MITOLOGÍA TÉCNICAS INSTRUMENTOS
<p>¿Se podrá identificar las características fisicoquímicas del río moche haciendo un modelamiento hidroquímico y analizar los factores que causan la contaminación del río?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b> Elaborar el modelo hidroquímico de la cuenca del río moche y propuestas de solución a los problemas de contaminación en la región la libertad.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> O1.-Elaborar una base de datos hidroquímicos georreferenciada, a base de la realización de ensayos para el análisis de agua a fin de identificar la presencia de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos. O2.-Elaborar el modelo hidroquímico del río moche mediante los softwares IBER y ARCGIS. O3.-Identificar puntos contaminantes que producen anomalías en las concentraciones de algunos iones en el agua.</p>	<p>Haciendo un estudio hidroquímico del río moche se podrá ayudar en el logro de la identificación de la calidad y cantidad de agua presente en la cuenca y de este modo analizar sus principales puntos de contaminación para así poder plantear medidas de mitigación de los diferentes contaminantes en las localidades afectadas, con el fin de que esta agua obtenga la calidad que los estándares tienen como base.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> Base de datos Modelo hidrológico Puntos contaminantes</p> <p><b>Dimensiones</b> Parámetros Físicos Parámetros Químicos Parámetros bacteriológicos Modelo Físico Modelo matemático Contaminación Ambiental</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> Mapas de iso concentración Alternativas de solución</p> <p><b>Dimensiones</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura, aceites y grasas, conductividad</li> <li>- Selenio, sulfatos, DBO5, fosforo, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, etc.</li> <li>- Parámetros geomorfológicos de calidad de agua</li> <li>- Parámetros químicos.</li> <li>- Clima, hidrografía, población, relieve extensión.</li> <li>- Puntos de control</li> <li>- Planteamiento de infraestructuras</li> </ul>	<p><b>Tipo y diseño de Investigación:</b> Tipo de investigación: Investigativa Nivel de investigación:  Diseño de investigación:  Fin que persigue:  <b>Población y Muestra:</b> <b>La población:</b>  <b>La muestra:</b> No probabilística, por conveniencia</p> <p><b>Técnica:</b> Observación experimental y de análisis de documentos y resultados</p> <p><b>Instrumento:</b> - Base de datos</p>

	<p>O4.-Elaborar mapas de iso concentraciones de los diferentes iones en la traza del rio moche.</p> <p>O5.-Proponer alternativas de solución o mitigación de los principales contaminantes.</p>		<p>Características geográficas Puntos Georreferenciados Calidad del agua</p>		<p>- Ensayos de laboratorio Hojas de registro</p>
--	---	--	--	--	---

## Resultados y Discusión

En este apartado de la investigación se presentan los resultados obtenidos en los diversos ensayos realizados en el laboratorio, los cuales fueron entregados por parte de la empresa SGS DEL PERU SAC, para el desarrollo de esta investigación, tal y como fue mencionado anteriormente en el desarrollo de este informe.

### INFORME DE ENSAYO MA2224127 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					P.M.1	P.M.2
FECHA DE MUESTREO					9113345N / 796665E	9112679N / 793961E
HORA DE MUESTREO					09/06/2022	09/06/2022
CATEGORIA					16:43:00	17:10:00
SUB CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
					AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUPERFICIAL
					AGUA DE RIO	AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Turbidez	EW APHA2130B CX	NTU	0.1	0.2	72.9 ± 15.3	322.0 ± 67.6
Alcalinidad Total	EW APHA2320B CX	mgCaCO3/L	0.5	1.0	14.8 ± 3.7	<1.0
Bicarbonatos	EW APHA2320B CX	mg HCO3/L	0.6	1.2	18.1 ± 5.2	<1.2
Carbonatos	EW APHA2320B CX	mg CO3/L	0.3	0.6	-0.6	<0.6
Dureza Total	EW APHA2340C CX	mgCaCO3/L	0.5	1.1	42.2 ± 12.2	330.1 ± 95.7
Conductividad	EW APHA2510B CX	µS/cm	--	--	142.4 ± 26.5	2,195.0 ± 439.0
Sólidos Totales en Suspensión	EW APHA2540D CX	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	64 ± 8	159 ± 19
Potencial de Hidrógeno	EW APHA4500HB CX	pH	--	--	6.10 ± 1.83	2.76 ± 0.83
Amonio	EW APHA4500NH3D CX	mg NH4/L	0.005	0.012	0.035 ± 0.008	2.057 ± 0.453
Cianuro total	EW ASTM07511 CX	mg/L	0.0003	0.0008	<0.0008	<0.0008
<b>Aniones</b>						
Cloruro	EW EPA300 0 CX	mg/L	0.025	0.050	0.211 ± 0.061	2.485 ± 0.721
Nitrato	EW EPA300 0 CX	mg/L	0.018	0.062	<0.062	<0.062
Sulfato	EW EPA300 0 CX	mg/L	0.01	0.03	44.58 ± 9.36	386.64 ± 81.19
<b>Análisis Microbiológicos</b>						
Numeración de Coliformes totales	EW APHA9221B CX	NMP/100 mL	--	--	49.0	2.0
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	EW APHA9221E_NMP_CX	NMP/100 mL	--	--	7.8	<1.8
Numeración de Escherichia coli	EW APHA9221F CX	NMP/100 mL	--	--	<1.8	<1.8
<b>Metales Totales</b>						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	1.384 ± 0.125	30.736 ± 2.766
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	0.00583 ± 0.00163	0.07274 ± 0.02037
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.03532 ± 0.00389	4.05050 ± 0.44556
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0132 ± 0.0012	0.0122 ± 0.0011
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00010	0.00006	<0.00006	0.00354 ± 0.00074
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00041 ± 0.00009	0.00753 ± 0.00158
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.006 ± 0.001	0.056 ± 0.007
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.01132 ± 0.00260	0.27552 ± 0.06337
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	10.627 ± 1.063	65.074 ± 6.507
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00226 ± 0.00018	0.02223 ± 0.00180
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0009 ± 0.0002	0.0087 ± 0.0022
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00255 ± 0.00023	0.04825 ± 0.00434
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.42535 ± 0.10634	21.67263 ± 5.41816
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.0057 ± 0.0014
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00072 ± 0.00014	0.00032 ± 0.00006
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0621 ± 0.0056	0.1603 ± 0.0144
Fosforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	1.517 ± 0.425
Gallo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	0.01304 ± 0.00106
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	3.3636 ± 0.2691	240.6296 ± 19.2504
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	0.0087 ± 0.0023
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0017 ± 0.0002	0.0172 ± 0.0015
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00019 ± 0.00005
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	3.064 ± 0.366	26.429 ± 3.411
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	1.50824 ± 0.10558	22.78596 ± 1.59502
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00011 ± 0.00003	0.00028 ± 0.00008
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00142 ± 0.00033
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0123 ± 0.0028
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000086 ± 0.000013	0.001398 ± 0.000210
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.1119 ± 0.0101	0.3185 ± 0.0287
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	0.39 ± 0.03	1.69 ± 0.14
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0027 ± 0.0003	0.0145 ± 0.0015
Seenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	0.0035 ± 0.0008
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	11.14 ± 1.34	21.93 ± 2.63
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	5.21 ± 0.63	10.25 ± 1.23
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	3.681 ± 0.405	7.889 ± 0.868
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00597 ± 0.00137
Yttrio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teturo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	0.009 ± 0.002
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	0.00047 ± 0.00003
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0021 ± 0.0003	0.0134 ± 0.0017
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000204 ± 0.000043	0.005903 ± 0.001219
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0005 ± 0.0001	0.0237 ± 0.0036
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0035 ± 0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00010 ± 0.00002	0.00150 ± 0.00032
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	1.0515 ± 0.1052	29.0167 ± 2.9017

Fuente: SGS DEL PERU SAC. Resultados de los análisis de agua solicitados

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					P.M.1 9113345N / 796565E 09/06/2022 16:43:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	P.M.2 9112679N / 793961E 09/06/2022 17:10:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO				
FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	CATEGORIA	SUB CATEGORIA	Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Totales</b>										
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	0.00116 ± 0.00027	-0.00045				

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					P.M.3 9114822N / 792450E 09/06/2022 17:34:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	P.M.4 9114881N / 774829E 09/06/2022 18:15:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO				
FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	CATEGORIA	SUB CATEGORIA	Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>										
Turbidez	EW APHA2130B CX	NTU	0.1	0.2	0.9 ± 0.2	277.0 ± 58.2				
Alcalinidad Total	EW APHA2320B CX	mgCaCO3/L	0.5	1.0	19.1 ± 4.8	<1.0				
Bicarbonatos	EW APHA2320B CX	mg HCO3/L	0.6	1.2	23.3 ± 6.8	<1.2				
Carbonatos	EW APHA2320B CX	mg CO3/L	0.3	0.6	<0.6	<0.6				
Dureza Total	EW APHA2340C CX	mgCaCO3/L	0.5	1.1	22.1 ± 6.4	110.0 ± 31.9				
Conductividad	EW APHA2510B CX	µS/cm	--	--	78.6 ± 15.7	943.0 ± 188.6				
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D_CX	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	<3	81 ± 10				
Potencial de Hidrógeno	EW APHA4500HB CX	pH	--	--	6.33 ± 1.90	2.97 ± 0.89				
Amonio	EW APHA4500NH3D CX	mg NH4/L	0.005	0.012	0.035 ± 0.008	0.084 ± 0.018				
Cianuro total	EW_ASTMD7511 CX	mg/L	0.0003	0.0008	<0.0008	<0.0008				
<b>Aniones</b>										
Cloruro	EW EPA300 0 CX	mg/L	0.025	0.050	0.264 ± 0.077	1.361 ± 0.392				
Nitrato	EW EPA300 0 CX	mg/L	0.018	0.062	<0.062	<0.062				
Sulfato	EW EPA300 0 CX	mg/L	0.01	0.03	19.52 ± 4.10	148.80 ± 31.25				
<b>Análisis Microbiológicos</b>										
Numeración de Coliformes totales	EW APHA9221B CX	NMP/100 mL	--	--	4.5	2.0				
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	EW APHA9221E_NMP_CX	NMP/100 mL	--	--	<1.8	<1.8				
Numeración de Escherichia coli	EW APHA9221F CX	NMP/100 mL	--	--	<1.8	<1.8				
<b>Metales Totales</b>										
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.195 ± 0.018	8.470 ± 0.762				
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	0.01173 ± 0.00328				
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00665 ± 0.00073	0.63682 ± 0.07005				
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0070 ± 0.0006	0.0138 ± 0.0012				
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00010	0.00006	<0.00006	0.00093 ± 0.00020				
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	0.00100 ± 0.00021				
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.023 ± 0.003	0.035 ± 0.004				
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	0.06622 ± 0.01523				
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	5.722 ± 0.572	20.120 ± 2.012				
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	0.00587 ± 0.00056				
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0005 ± 0.0001	0.0029 ± 0.0007				
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00036 ± 0.00003	0.01242 ± 0.00112				
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.01885 ± 0.00471	3.98629 ± 0.99657				
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0004 ± 0.0001	0.0017 ± 0.0004				
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.00031 ± 0.00006				
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0361 ± 0.0032	0.0944 ± 0.0085				
Fosforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	0.272 ± 0.076				
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	0.00211 ± 0.00017				
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006				
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015				
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.8744 ± 0.0700	45.4052 ± 3.6325				
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	0.0028 ± 0.0008				
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0040 ± 0.0004	0.0084 ± 0.0008				
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006				
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	1.773 ± 0.213	8.766 ± 1.172				
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.07214 ± 0.00505	5.62800 ± 0.39396				
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009				
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00031 ± 0.00007				
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015				
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0037 ± 0.0009				
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010				
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0745 ± 0.0067				
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	0.27 ± 0.02	0.83 ± 0.07				
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0010 ± 0.0001	0.0050 ± 0.0005				

**Fuente: SGS DEL PERU SAC. Resultados de los análisis de agua solicitados**

Con todos los datos obtenidos por medio de los ensayos realizados para calidad de agua y sus parámetros, además de la obtención de diferentes puntos de referencia desarrollados por la Autoridad Nacional del Agua, que habiendo desarrollado monitoreos periódicos del estado de la cuenca y dicha información se está siendo como referencia adicional para poder encontrar todos los diferentes contaminantes de las aguas en estudio, con estos datos ya tratados se procedió a realizar la base de datos georreferenciada de acuerdo con el seguimiento de los objetivos planteados

Descripcion	LAT	LONG	ALT	Conductividad_micro_S/cm	Oxigeno_Disuelto_mg_l	Potencial_Hidrogeno_unph	Temperatura_C	Aceites_Grasas_mg_l	Cianuro_Total_mg_l	Cianuro_WAD_mg_l	Demanda_Bioquimica_de_oxigeno_DBO5_mg_l	Demanda_Quimica_de_oxigeno_DQO_mg_l	Fósforo_total_(P_tot)_mg_l	Nitrógeno_amoniacal_(NH4+)_mg_l	Nitrogeno_Total_(NTK)_mg_l	Solidos_Suspensivos_Totales_mg_l	Cloruros_(Cl-)_mg_l	Nitratos_(NO3-)_mg_l	Nitratos_como_(NO3-)_mg_l	Sulfatos_SO4-2_mg_l	Aluminio_(Al)_mg_l	Arsénico_(As)_mg_l	Boro_(B)_mg_l	Bario_(Ba)_mg_l	Calcio_(Ca)_mg_l
LGran1	796305.00	9121692.00	4001.00	5.300	5.900	7.100	11.300	0.050	0.000	0.000	1.000	0.000	0.070	0.070	0.210	4.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	1.730
LSlor1	796448.00	9119903.00	3953.00	15.300	5.900	6.900	10.900	0.050	0.000	0.000	1.000	0.000	0.060	0.090	0.180	4.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.080	0.010	0.000	0.010	6.330
RSCat1	796988.00	9113156.00	3805.00	135.000	5.910	6.590	14.200	0.050	0.000	0.000	1.000	1.000	0.060	0.000	0.130	0.000	0.090	0.020	0.000	27.560	0.160	0.000	0.010	0.030	17.010
QSFel1	793960.00	9112744.00	3720.00	654.000	4.630	2.410	15.320	0.050	0.000	0.000	1.000	14.000	0.350	0.000	0.630	0.000	1.730	0.150	0.030	329.100	8.030	0.600	0.050	0.020	31.820
RMoch1	792998.00	9114162.00	3552.00	553.000	6.300	6.800	14.400	0.050	0.000	0.000	1.000	1.000	0.010	0.000	0.080	0.000	0.260	0.000	0.000	13.540	0.060	0.000	0.040	0.010	8.450
RMoch2	791103.00	9116114.00	3515.00	2340.000	5.300	2.300	12.100	0.050	0.000	0.000	1.000	6.000	2.010	0.000	0.830	0.000	3.260	3.570	0.810	1737.000	35.490	5.140	0.090	0.020	75.010
RMoch3	776207.00	9113528.00	2881.00	2410.000	5.800	2.500	13.100	0.050	0.000	0.000	1.000	1.000	0.910	0.000	0.490	0.000	1.930	2.010	0.450	824.000	18.130	2.260	0.070	0.010	44.570
RMoti1	774782.00	9115901.00	2844.00	841.800	6.270	2.800	16.890	0.050	0.000	0.000	1.000	6.000	0.270	0.000	0.340	0.000	1.520	1.030	0.230	251.900	6.910	0.530	0.030	0.030	24.000
RMoch10	773941.00	9115579.00	2855.00	871.000	6.220	2.800	16.900	0.050	0.000	0.000	1.000	1.000	0.240	0.000	0.290	0.000	1.590	1.200	0.270	257.900	6.850	0.450	0.030	0.050	24.750
RMoch4	774852.00	9114995.00	2838.00	675.000	4.380	8.890	24.300	0.050	0.000	0.000	15.000	61.000	0.296	0.000	21.510	0.000	39.280	1.140	0.260	48.270	0.160	0.010	0.090	0.060	51.530
RMoch8	718889.00	9099303.00	42.00	1033.000	6.500	1.940	18.200	0.050	0.000	0.000	1.000	1.000	0.430	0.000	0.490	0.000	1.250	0.900	0.200	352.300	8.760	0.780	0.060	0.020	30.120
RMoch9	716491.00	9097398.00	4.00	1198.000	6.500	2.500	12.620	0.050	0.000	0.000	1.000	1.000	0.410	0.000	0.330	0.000	3.320	3.160	0.710	528.500	12.120	1.010	0.060	0.020	38.530
RChot1	778275.00	9122511.00	3100.00	95.600	6.900	7.300	12.500	0.050	0.000	0.000	1.000	1.000	0.010	0.000	0.160	0.000	0.590	0.000	0.000	3.740	0.590	0.000	0.020	0.020	11.590
RHuan1	770447.00	9127087.00	2674.00	115.100	6.260	7.500	13.370	0.050	0.000	0.000	1.000	18.000	0.010	0.000	0.350	0.000	0.880	0.910	0.210	5.790	0.260	0.000	0.010	0.010	12.550
RPoll1	766896.00	9127878.00	2781.00	117.200	5.400	7.800	16.240	0.050	0.000	0.000	1.000	8.000	0.010	0.000	0.360	0.000	0.980	0.900	0.200	5.410	0.270	0.000	0.010	0.010	13.630
ROtuz1	767893.00	9123107.00	2516.00	648.800	2.150	8.400	24.800	0.050	0.000	0.000	53.000	124.000	0.480	0.000	0.930	0.000	23.050	0.140	0.030	29.760	0.340	0.010	0.310	0.100	50.140
RMoch11	768070.00	9123043.00	2529.00	2.880	6.490	2.300	14.280	0.050	0.000	0.000	1.000	25.000	0.010	0.000	9.790	0.000	11.120	22.560	5.100	1945.000	29.080	0.000	0.100	0.020	284.700
RMoch5	767256.00	9123065.00	2517.00	325.000	6.600	8.030	16.000	0.050	0.000	0.000	1.000	27.000	0.070	0.000	0.310	0.000	7.180	0.000	0.000	56.470	0.120	0.000	0.030	0.040	42.000
RChan1	768205.00	9116710.00	2969.00	932.000	7.700	8.570	20.000	0.050	0.000	0.000	1.000	32.000	0.070	0.000	0.660	0.000	48.720	1.960	0.440	330.100	0.130	0.020	0.170	0.020	123.500
QADul1	765521.00	9116438.00	2670.00	887.000	6.180	2.200	20.300	0.050	0.000	0.000	1.000	26.000	0.230	0.000	0.540	0.000	3.380	0.550	0.120	325.600	6.830	0.380	0.060	0.030	36.300
RMoch12	755350.00	9115400.00	1376.00	884.000	8.200	2.230	20.100	0.050	0.000	0.000	1.000	4.000	2.230	0.000	1.550	0.000	3.500	1.260	0.290	320.200	13.940	0.930	0.040	0.070	32.000
RSins1	752891.00	9133439.00	3128.00	855.000	8.700	2.180	22.000	0.050	0.000	0.000	2.000	40.000	0.800	0.000	1.470	0.000	4.880	2.390	0.540	297.600	17.050	0.860	0.050	0.140	36.900
RLCue1	751671.00	9123418.00	1734.00	778.000	9.120	8.530	28.500	0.050	0.000	0.000	1.000	13.000	0.070	0.000	1.330	0.000	55.550	5.490	1.240	237.800	0.030	0.000	0.080	0.020	73.670
RLCue2	739500.00	9113669.00	362.00	237.500	5.480	8.660	14.450	0.050	0.000	0.000	3.000	6.000	0.100	0.000	0.740	0.000	1.800	2.190	0.500	35.320	0.120	0.000	0.040	0.010	27.020
RMoch6	749580.00	9114059.00	820.00	268.400	7.100	7.980	22.250	0.050	0.000	0.000	2.000	46.000	0.310	0.000	0.540	0.000	5.430	0.750	0.170	33.090	6.370	0.010	0.040	0.050	31.230
RLucm1	739994.00	9117215.00	514.00	608.300	8.800	3.000	28.430	0.050	0.000	0.000	3.000	39.000	0.550	0.000	1.490	0.000	10.800	4.090	0.920	255.800	6.860	0.780	0.070	0.060	57.090
RLucm2	739930.00	9116956.00	505.00	848.300	10.120	7.700	26.000	0.050	0.000	0.000	2.000	13.000	0.110	0.000	2.620	0.000	61.440	11.110	2.510	245.100	0.990	0.030	0.150	0.050	101.000
RMoch7	735379.00	9107130.00	293.00	937.300	5.460	7.510	27.200	0.050	0.000	0.000	4.000	23.000	0.240	0.000	2.040	0.000	69.900	6.910	1.560	250.900	3.200	0.070	0.170	0.070	111.900
P_M_1	796565.50	9113345.68	3784.50	142.400	0.000	6.100	16.000	0.500	0.0004	0.0004	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	64.000	0.210	0.030	0.000	44.580	1.380	0.040	0.010	0.010	10.630
P_M_2	793961.99	9112679.89	3729.90	2195.000	0.000	2.760	14.000	0.500	0.0004	0.0004	0.000	0.000	1.520	0.000	0.000	159.000	2.490	0.030	0.000	386.640	30.740	4.050	0.060	0.010	65.070
P_M_3	792450.61	9114822.68	3587.80	78.600	0.000	6.330	10.000	0.500	0.0004	0.0004	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	1.500	0.260	0.030	0.000	19.520	0.200	0.010	0.020	0.010	5.720
P_M_4	774829.26	9114881.89	2842.20	943.000	0.000	2.970	11.000	0.500	0.0004	0.0004	0.000	0.000	0.270	0.000	0.000	81.000	1.350	0.030	0.000	148.800	8.470	0.640	0.040	0.010	20.120
P_M_5	741369.81	9115697.12	2838.00	935.000	0.000	2.950	10.000	0.500	0.0004	0.0004	0.000	0.000	0.260	0.000	0.000	108.000	1.490	0.030	0.000	148.790	8.620	0.650	0.040	0.010	18.000
P_M_6	773894.67	9115641.42	2834.00	955.000	0.000	2.930	10.000	0.500	0.0004	0.0004	0.000	0.000	0.240	0.000	0.000	107.000	1.130	0.540	0.000	147.090	8.230	0.600	0.030	0.010	19.010
P_M_7	767897.12	9123067.73	2515.00	951.000	0.000	2.920	9.000	0.500	0.0004	0.0004	0.000	0.000	0.250	0.000	0.000	106.000	1.050	0.030	0.000	180.830	8.890	0.690	0.030	0.010	19.530
P_M_8	759466.85	9117952.37	1889.00	955.000	0.000	2.920	9.000	0.500	0.0004	0.0004	0.000	0.000	0.240	0.000	0.000	103.000	1.130	0.030	0.000	172.320	9.270	0.670	0.030	0.010	18.800

*Fuente: Elaboración Propia*

*Base de datos georreferenciado de los diferentes parámetros en estudio*

Sulfatos_SO 4_-2_mg_l	Aluminio_(Al) _mg_l	Arsénico_(As) _mg_l	Boro_(B)_m g_l	Bario_(Ba) _mg_l	Calcio_(Ca) _mg_l	Cadmio_(Cd) _mg_l	Cobalto_(Co) _mg_l	Cobre_(Cu) _mg_l	Hierro_(Fe) _mg_l	Potasio_(K) _mg_l	Litio_(Li)_mg _l	Magnesio_( Mg)_mg_l	Manganeso (Mn)_mg_l	Sodio_(Na) _mg_l	Plomo_(Pb) _mg_l	Antimonio_( Sb)_mg_l	Silicio_(Si) _mg_l	Estroncio_(S r)_mg_l	Titanio_(Ti) _mg_l	Uranio_(U) _mg_l	Vanadio_(V) _mg_l	Zinc_(Zn)_m g_l	Coliformes_T emotolerant es_(44.5°C)_N MP_100ml	Escherichia_ coli_NMP_1 00ml	Huevos_de_ Hemintos_h uevos_l
0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	1.730	0.000	0.000	0.000	0.120	0.160	0.000	0.230	0.030	0.830	0.000	0.000	0.800	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.900	0.000	0.000
0.000	0.080	0.010	0.000	0.010	6.330	0.000	0.000	0.020	0.200	0.170	0.000	0.520	0.030	1.120	0.000	0.000	2.800	0.050	0.000	0.000	0.000	0.040	0.900	0.000	0.000
27.560	0.160	0.000	0.010	0.030	17.010	0.000	0.000	0.040	0.130	0.460	0.000	2.620	0.420	4.800	0.010	0.000	6.700	0.120	0.000	0.000	0.000	0.190	0.900	0.900	0.500
329.100	8.030	0.600	0.050	0.020	31.820	0.080	0.020	4.530	58.260	1.180	0.010	12.150	9.260	7.460	0.070	0.010	10.700	0.170	0.000	0.000	0.000	12.610	0.900	0.900	0.500
13.540	0.060	0.000	0.040	0.010	8.450	0.000	0.000	0.000	0.070	0.430	0.010	1.450	0.010	4.010	0.000	0.000	8.800	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000	0.900	0.900	0.500
1737.000	35.490	5.140	0.090	0.020	75.010	0.330	0.060	21.510	379.700	1.900	0.020	40.250	41.730	6.760	0.190	0.060	12.200	0.320	0.010	0.010	0.040	59.810	0.900	0.900	0.500
824.000	18.130	2.260	0.070	0.010	44.570	0.170	0.030	10.540	185.200	1.210	0.020	20.000	20.430	4.810	0.090	0.030	8.800	0.190	0.000	0.000	0.020	28.990	0.900	0.900	0.500
251.900	6.910	0.530	0.030	0.030	24.000	0.060	0.010	3.470	44.690	1.040	0.010	8.150	7.150	5.170	0.050	0.010	9.100	0.130	0.010	0.000	0.000	9.810	0.900	0.900	0.500
257.900	6.850	0.450	0.030	0.050	24.750	0.060	0.010	3.300	40.030	1.060	0.010	8.050	7.040	4.770	0.050	0.010	9.200	0.130	0.010	0.000	0.000	9.250	0.900	0.900	0.500
48.270	0.160	0.010	0.090	0.060	51.530	0.000	0.000	0.000	0.630	12.800	0.010	11.010	0.580	48.250	0.000	0.000	10.900	0.280	0.010	0.000	0.000	0.010	110000.000	460000.000	0.500
352.300	8.760	0.780	0.060	0.020	30.120	0.080	0.020	4.610	66.640	0.960	0.010	11.360	9.610	5.820	0.060	0.010	12.900	0.150	0.000	0.000	0.010	13.130	0.900	0.900	0.500
528.500	12.120	1.010	0.060	0.020	38.530	0.110	0.020	6.610	95.210	1.170	0.010	15.390	13.250	6.080	0.070	0.010	9.900	0.190	0.000	0.000	0.010	18.370	0.900	0.900	0.500
3.740	0.590	0.000	0.020	0.020	11.590	0.000	0.000	0.000	0.470	0.650	0.000	2.240	0.050	5.840	0.000	0.000	9.500	0.090	0.010	0.000	0.000	0.000	490.000	240.000	0.500
5.790	0.260	0.000	0.010	0.010	12.550	0.000	0.000	0.000	0.360	0.520	0.000	3.340	0.040	5.330	0.000	0.000	9.000	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	46.000	23.000	0.500
5.410	0.270	0.000	0.010	0.010	13.630	0.000	0.000	0.000	0.420	0.610	0.000	3.650	0.040	5.730	0.000	0.000	9.900	0.100	0.000	0.000	0.000	0.010	330.000	130.000	0.500
29.760	0.340	0.010	0.310	0.100	50.140	0.000	0.000	0.000	0.520	5.650	0.020	14.330	0.280	83.950	0.000	0.000	8.100	0.370	0.000	0.000	0.000	0.000	3500.000	1300.000	0.500
1945.000	29.080	0.000	0.100	0.020	284.700	1.510	0.220	10.310	11.970	8.780	0.040	100.500	14.840	46.170	0.520	0.000	26.700	1.140	0.000	0.000	0.000	180.000	0.900	0.900	0.500
56.470	0.120	0.000	0.030	0.040	42.000	0.000	0.000	0.000	0.240	1.450	0.000	9.730	0.080	14.990	0.000	0.000	9.500	0.240	0.000	0.000	0.000	0.050	79.000	49.000	0.500
330.100	0.130	0.020	0.170	0.020	123.500	0.000	0.000	0.010	0.260	3.180	0.000	33.280	0.200	50.930	0.000	0.000	15.900	0.550	0.010	0.000	0.000	0.030	140.000	49.000	0.500
325.600	6.830	0.380	0.060	0.030	36.300	0.060	0.010	3.510	37.110	1.480	0.010	11.950	7.320	8.980	0.070	0.010	10.700	0.180	0.010	0.000	0.000	9.980	0.900	0.900	0.500
320.200	13.940	0.930	0.040	0.070	32.000	0.060	0.020	3.740	77.950	2.330	0.010	12.030	7.960	7.680	0.140	0.010	14.200	0.190	0.110	0.000	0.020	10.120	0.900	0.900	0.500
297.600	17.050	0.860	0.050	0.140	36.900	0.060	0.020	3.330	74.930	3.070	0.010	13.490	7.140	9.720	0.120	0.010	18.500	0.210	0.170	0.000	0.030	8.880	0.900	0.900	0.500
237.800	0.030	0.000	0.080	0.020	73.670	0.000	0.000	0.000	0.100	1.460	0.000	32.130	0.000	44.850	0.000	0.000	14.600	0.390	0.000	0.000	0.000	0.000	0.900	0.900	0.500
35.320	0.120	0.000	0.040	0.010	27.020	0.000	0.000	0.000	0.260	0.660	0.000	9.870	0.010	15.230	0.000	0.000	12.900	0.160	0.000	0.000	0.000	0.010	1400.000	1100.000	0.500
33.090	6.370	0.010	0.040	0.050	31.230	0.000	0.000	0.020	6.360	3.020	0.000	13.470	0.250	17.800	0.010	0.000	20.500	0.190	0.200	0.000	0.020	0.020	490.000	240.000	0.500
255.800	6.860	0.780	0.070	0.060	57.090	0.040	0.010	2.100	53.150	2.670	0.010	15.980	4.350	20.480	0.140	0.010	14.900	0.300	0.070	0.000	0.010	5.800	0.900	0.900	0.500
245.100	0.990	0.030	0.150	0.050	101.000	0.000	0.000	0.080	2.980	3.560	0.010	22.720	0.640	53.590	0.010	0.000	12.000	0.460	0.020	0.000	0.000	0.300	140.000	110.000	0.500
250.900	3.200	0.070	0.170	0.070	111.900	0.000	0.010	0.170	9.050	5.220	0.010	26.350	1.140	62.230	0.020	0.000	15.300	0.530	0.040	0.000	0.010	0.510	70000.000	46000.000	0.500
44.580	1.380	0.040	0.010	0.010	10.630	0.010	0.000	0.430	3.360	0.390	0.000	3.050	1.510	3.680	0.110	0.010	5.210	0.060	0.000	0.000	0.000	1.050	7.800	0.900	0.000
386.640	30.740	4.050	0.060	0.010	65.070	0.280	0.050	21.670	240.630	1.690	0.020	28.430	22.790	7.890	0.320	0.070	10.250	0.160	0.010	0.010	0.020	29.020	0.900	0.900	0.000
19.520	0.200	0.010	0.020	0.010	5.720	0.000	0.000	0.020	0.870	0.270	0.000	1.770	0.070	4.120	0.000	0.000	6.470	0.040	0.000	0.000	0.000	0.010	0.900	0.900	0.000
148.800	8.470	0.640	0.040	0.010	20.120	0.070	0.010	3.990	45.410	0.830	0.010	9.770	5.630	6.930	0.070	0.010	8.240	0.090	0.010	0.000	0.010	7.110	0.900	0.900	0.000
148.790	8.620	0.650	0.040	0.010	18.000	0.060	0.010	3.980	45.520	0.800	0.010	9.540	5.550	6.510	0.070	0.010	8.310	0.090	0.010	0.000	0.000	7.010	0.900	0.900	0.000
147.090	8.230	0.600	0.030	0.010	19.010	0.060	0.010	3.780	43.840	0.760	0.010	9.040	5.340	5.600	0.070	0.010	8.050	0.090	0.000	0.000	0.000	6.730	0.900	0.900	0.000
180.830	8.890	0.690	0.030	0.010	19.530	0.060	0.010	4.090	47.640	0.740	0.010	9.740	5.870	6.080	0.080	0.010	8.790	0.090	0.000	0.000	0.010	7.220	0.900	0.900	0.000
172.320	9.270	0.670	0.030	0.010	18.800	0.060	0.010	4.080	47.300	0.700	0.010	9.840	5.770	6.010	0.080	0.010	8.560	0.090	0.000	0.000	0.010	7.340	0.900	0.900	0.000

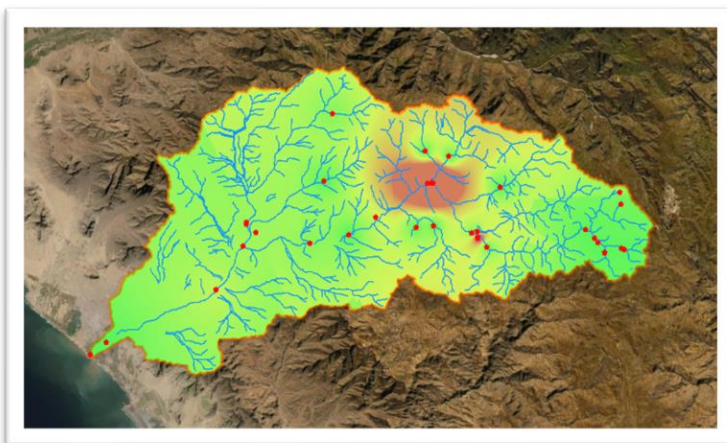
*Fuente: Elaboración Propia*

*Base de datos georreferenciado de los diferentes parámetros en estudio*

Siguiendo con el análisis de los datos, a través del software ARCGIS se pudo lograr crear mapas de iso concentración de los iones analizados en el laboratorio, evidenciando su presencia de estos contaminantes en el rio moche y a lo largo de los diferentes puntos muestreados en toda la cuenca.

#### DBO:

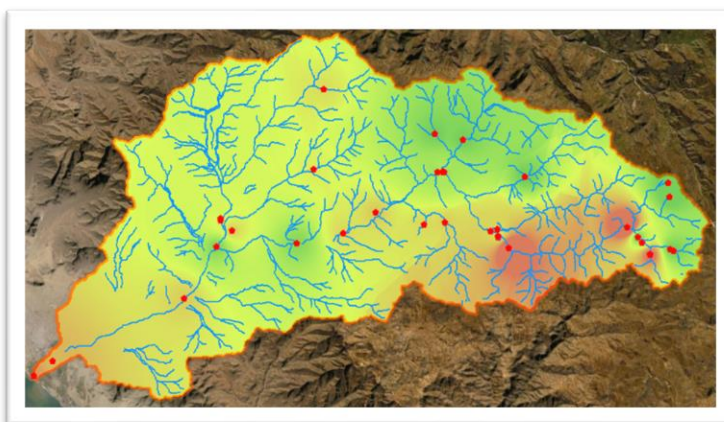
La Demanda Bioquímica de Oxígeno que se puede evidenciar según estos mapas de isoconcentración en un punto en específico con mayor concentración, Con un máximo de 53



mg/L que sobrepasa los Estándares de calidad de Agua siendo su máximo de 3mg/L para agua de consumo humano y para la categoría 3D1 para riego de 15 mg/L siendo aún muy excesivo lo que nos evidencia que en ese punto se está desarrollando actividades que producen contaminación en el agua a tal grado de poder dejar sin ecosistema vivo dentro del agua en ese sector.

#### CONDUCTIVIDAD

Se logra evidenciar diversos puntos donde la conductividad del agua es alta, en este caso se puede decir que debido a que la corriente eléctrica se transporta por este

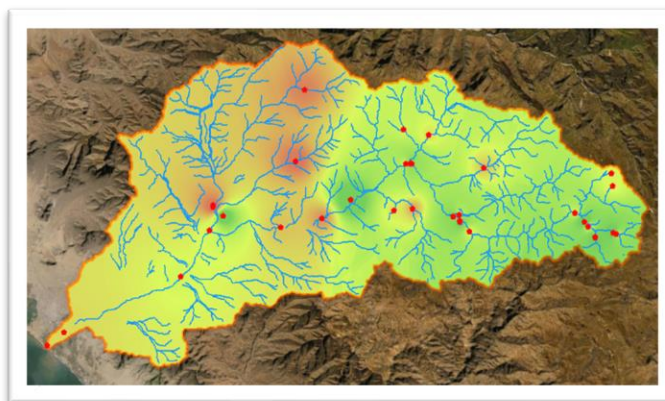


medio de manera más rápida, y en estos puntos es donde este parámetro puede indicar que el agua disuelve los compuestos iónicos de las diferentes partículas con mayor

facilidad lo que proporciona una idea sobre la concentración de iones disueltos en el agua para poder identificar el grado de mineralización del agua en ese sector.

### OXIGENO DISUELTO

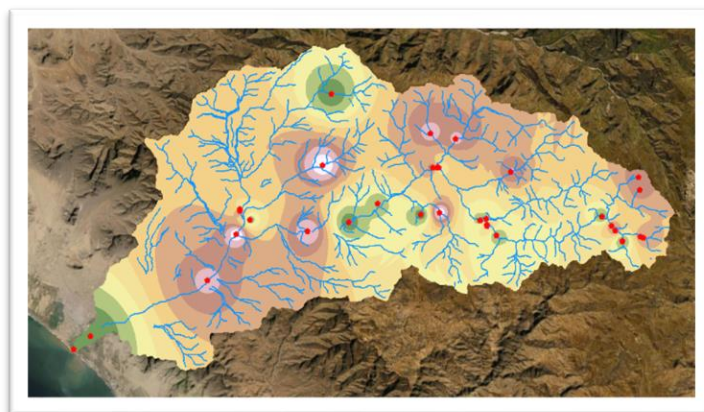
En una parte alta de la cuenca se encuentra gran presencia de oxígeno disuelto en el agua, así como aguas debajo de la misma red hídrica, lo que puede evidenciar que hay mayor presencia de este parámetro



por causa del punto “22”, este parámetro en mayor cantidad es causa de la corrosión de las tuberías de agua, lo que sería perjudicial para los diversos sectores de las localidades.

### POTENCIAL DE HIDROGENO

A lo largo de la cuenca en general se puede evidenciar que los niveles de PH o son muy elevados o son muy bajos, lo que en ambos casos son perjudiciales para la salud humana, ya que pueden llegar a ser aguas muy acidas o muy

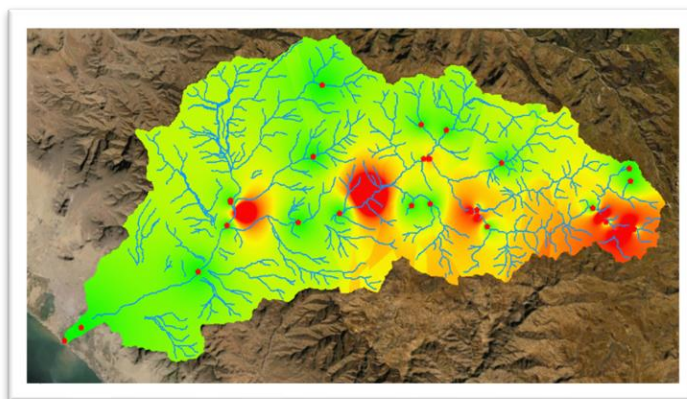


alcalinas según sea su nivel de concentración de PH, pero se evidencia como al unirse al final de la cuenca este nivel de PH baja en su extremo y se hace mas contaminada este tipo de aguas.

### CIANURO TOTAL

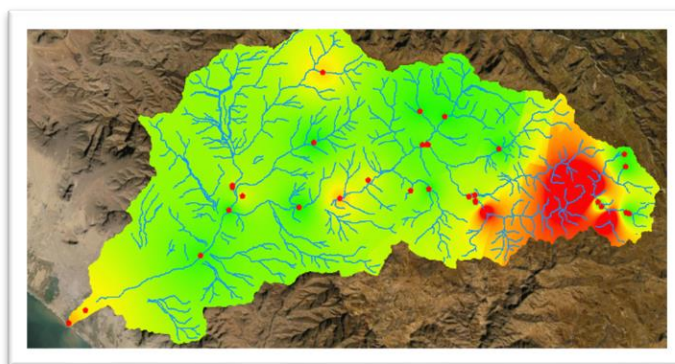
Se puede evidenciar que en diversos puntos en específico es que hay mayor presencia de cianuro en el agua, lo cual nos hace referencia a que en esos lugares se

esta presentando actividades mineras ya que según este mapa, la concentración de este parámetro es muy alta, lo que hace que este tipo de agua sea muy perjudicial para todos los ecosistemas que abastece.



### ARSENICO

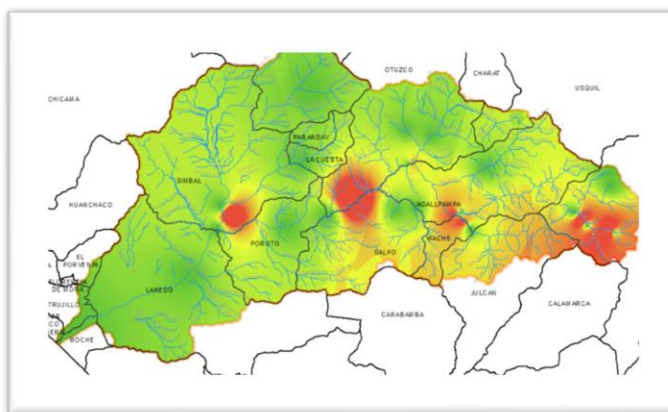
Se puede evidenciar la presencia de este metal en la parte alta de la cuenca y corresponde con las primeras muestras tomadas al agua superficial del río moche, encontrándose una concentración de 5.14 mg/L



los cuales sobrepasan los estándares de calidad ambiental para su rango de agua superficial, siendo el máximo permitido de 0.01 mg/L, afectándose de esta manera directa con la salud de las personas ya que una ingesta de aguas con presencia de estos contaminantes puede resultar con serios daños a la salud de las personas.

### ACEITES Y GRASAS

Según la ilustración se puede evidenciar la presencia de parámetros químicos como lo son de aceites y grasas en las muestras de agua, siendo causadas estas debido a la presencia de residuos sólidos domésticos, en el cual al

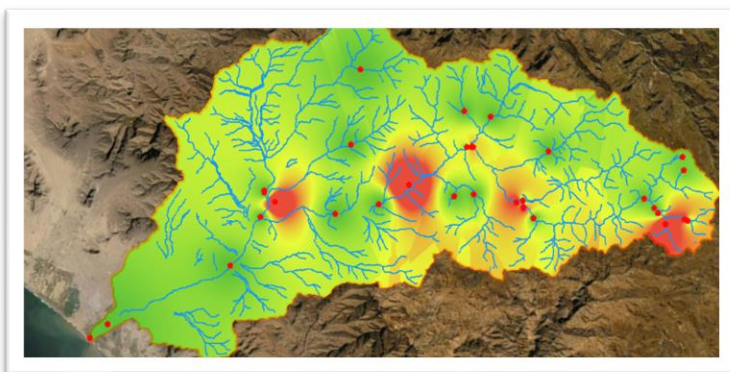


aumentar su presencia se ve afectado el oxígeno disuelto y por consiguiente aumenta la

presencia de demanda biológica de oxígeno, la cual puede afectar en una reducción de recursos naturales y de este modo también afectar directamente con el ecosistema acuático.

### SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN

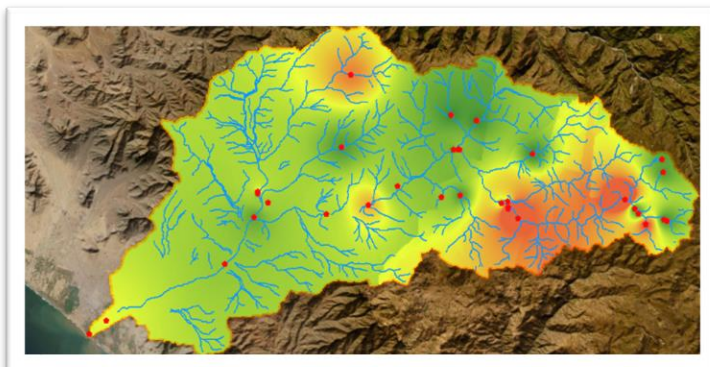
A través de la ilustración se puede evidenciar los puntos más importantes donde los sólidos totales suspendidos están cargados, esto provocando un color



oscuro en las aguas por la gran cantidad de material granular y una turbidez en el agua muy grande, siendo esto también una manera de poder determinar la presencia de agentes ajenos a los medios acuáticos naturales, y según esta cantidad de presencia se puede determinar la cantidad de materia orgánica existente en estas muestras de agua, en los cuales también se halló un máximo de 159 mg/L de partículas según las muestras halladas, siendo de esta manera que estos sólidos suspendidos al no sedimentarse continúan con el camino de arrastrar los contaminantes a lo largo del río, esto es provocado también por la presencia de aceites y grasas en las aguas, que evitan su sedimentación de los contaminantes y es por eso que se encuentran en mayor cantidad como sólidos suspendidos.

### FOSFORO TOTAL

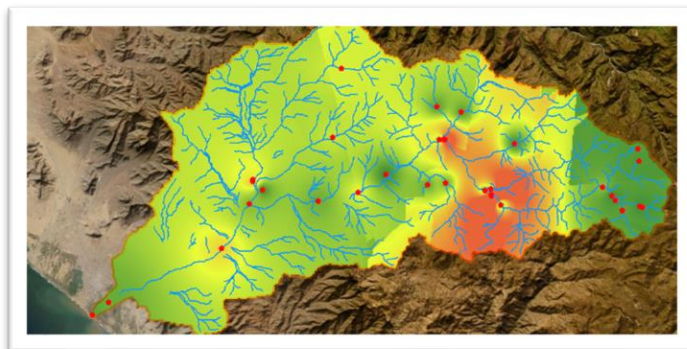
Según los resultados obtenidos tenemos presencia del parámetro químico, fósforo total, el cual en los estándares de calidad ambiental (ECA - Agua) tienen un límite para consumo humano de 0.1mg/L, y en los resultados analizados tenemos un máximo de concentración de 2.01mg/L, el cual sobrepasa a los ECA, Podemos decir que unas altas concentraciones de este parámetro en las aguas superficiales indican un



nivel de eutrofización y el cual puede deberse a un ligero exceso de nutrientes en el agua. Para esta razón tenemos un indicativo en la ilustración anterior su presencia en diferentes puntos referenciados y su evidencia de que en las partes altas de la cuenca es mayor su presencia.

#### NITROGENO TOTAL

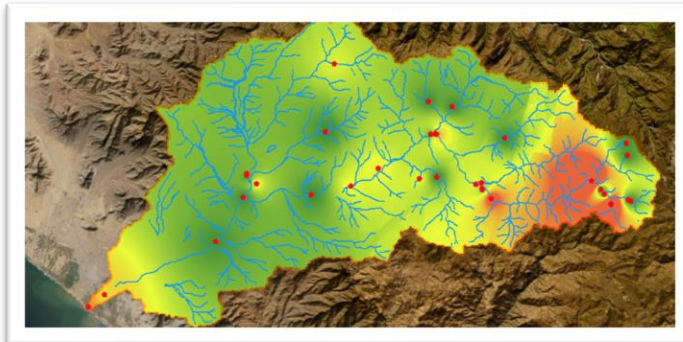
La presencia de nitrógeno total en los parámetros analizados puede dañar el medio ecosistémico del agua donde su presencia es alta, según la ilustración se puede evidenciar que existe la presencia de este parámetro en la quebrada que



une el río Moche con la localidad de Julcán, la presencia de este químico en el agua puede causar ciertas alteraciones en el ecosistema acuático del mismo, como un excesivo crecimiento de algas y así bloquear los rayos solares necesarios para que ese medio acuático produzca vida, dañando de esta forma la vida de muchos animales, según el análisis realizado tenemos una presencia de 21.51 mg/L de nitrógeno total en el agua según las muestras analizadas, siendo esto un valor común donde estas dichas algas puedan crecer y empezar a dañar el ecosistema acuático.

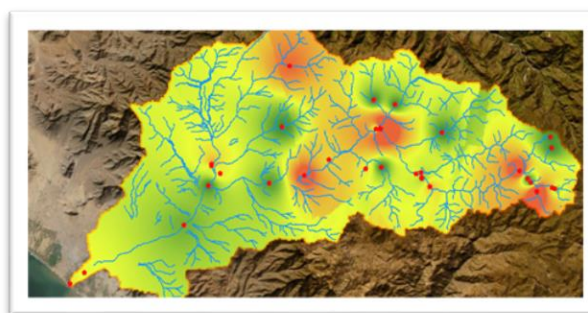
## COBRE

En los resultados analizados para las muestras de agua tomadas, tenemos un valor muy alto en la presencia de cobre en las aguas, siendo este de 21.67mg/L, el cual sobrepasa los estándares de calidad ambiental del agua, siendo el máximo permitido para aguas superficiales de 2.00mg/L y para aguas de categoría 3 D1 de 0.2 mg/L, evidenciando de esta manera una alta contaminación en los puntos ilustrados a través de la imagen mostrada, la cual puede indicar cuales son las localidades con mayor influencia de este contaminante, y según esta ilustración tenemos a las localidades de la parte alta de la cuenca siendo la primera Quiruvilca donde existe una mayor presencia de este, y en el cual existe presencia de óxidos por residuos tóxicos de extracción de materiales mineros.



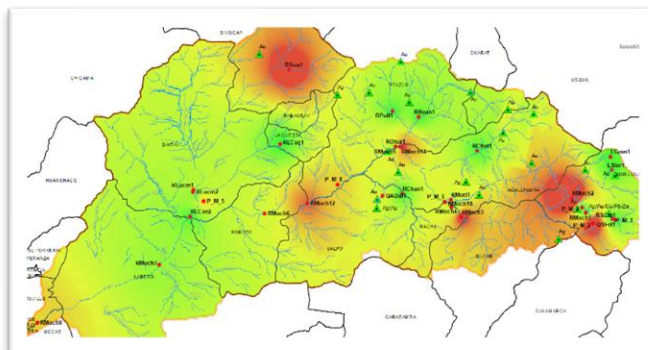
## PLOMO

La presencia de del parámetro químico como el plomo en las aguas superficiales puede deberse a muchos factores naturales como antrópicos, y en este caso según análisis realizados juntamente con los resultados de laboratorio para las muestras analizadas tenemos presencia de este contaminante en una concentración que excede los límites propuestos por los ECA – para agua superficial, tenemos un valor máximo de 0.520 mg/L en concentración, siendo solo 0.01mg/L el límite estandarizado para este tipo de muestras de agua, y aun así también sería muy excedente para aguas de categoría 3 D1, evidenciando de esta manera que en los diferentes puntos del río donde se realizaron las muestras existe una contaminación por este parámetro químico, ya que es un metal tóxico para la salud humana, en el cual puede afectar seriamente con la vida de las personas y seres vivos donde se encuentre este contaminante.



## ALUMINIO

Según la ilustración podemos demostrar la presencia de este metal en las muestras de agua, ahora bien, según estas mismas muestras tenemos datos obtenidos en los ensayos que nos indican una severa contaminación por este parámetro químico, ya que en las muestras analizadas tenemos un máximo de 32.49 mg/L, el cual excede por mucho a los estándares de calidad ambiental, que nos indican un mínimo de 0.2 mg/L de agua. Con estos análisis podemos evidenciar una evidente contaminación en los diversos puntos que nos indica la ilustración presentada, siendo este metal causante de muchos cambios en los medios ecosistémicos naturales y afectando directamente con la salud humana.

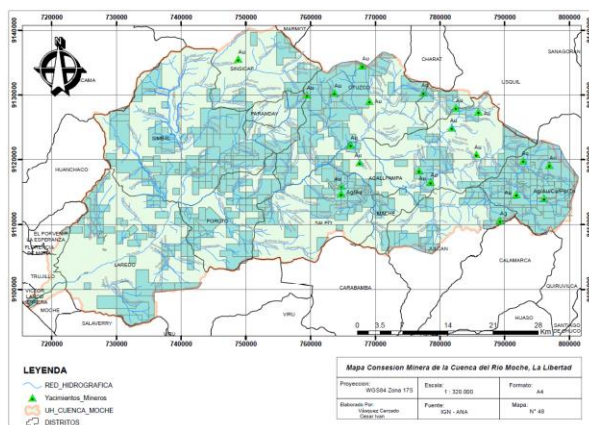


## Discusión

### CONSESION MINERA

Según ANA, Monitoreo río moche, 2020, que existen comisiones mineras ubicadas a lo largo de la cuenca del río moche, el cual una de ellas es la de la minera Quiruvilca S.A, que fue autorizadas para que vierta aguas residuales industriales tratadas procedentes de la planta de neutralización de lodos de alta densidad. El cual a la actualidad se encuentra en estado de abandono y lo realizaba ningún tipo de tratamiento de las aguas residuales acidas.

En la siguiente ilustración se puede evidenciar los diferentes puntos, así como sectores concesionados para minería en los cuales la mayoría no cuenta con un plan de acción para el tratamiento de sus aguas residuales.



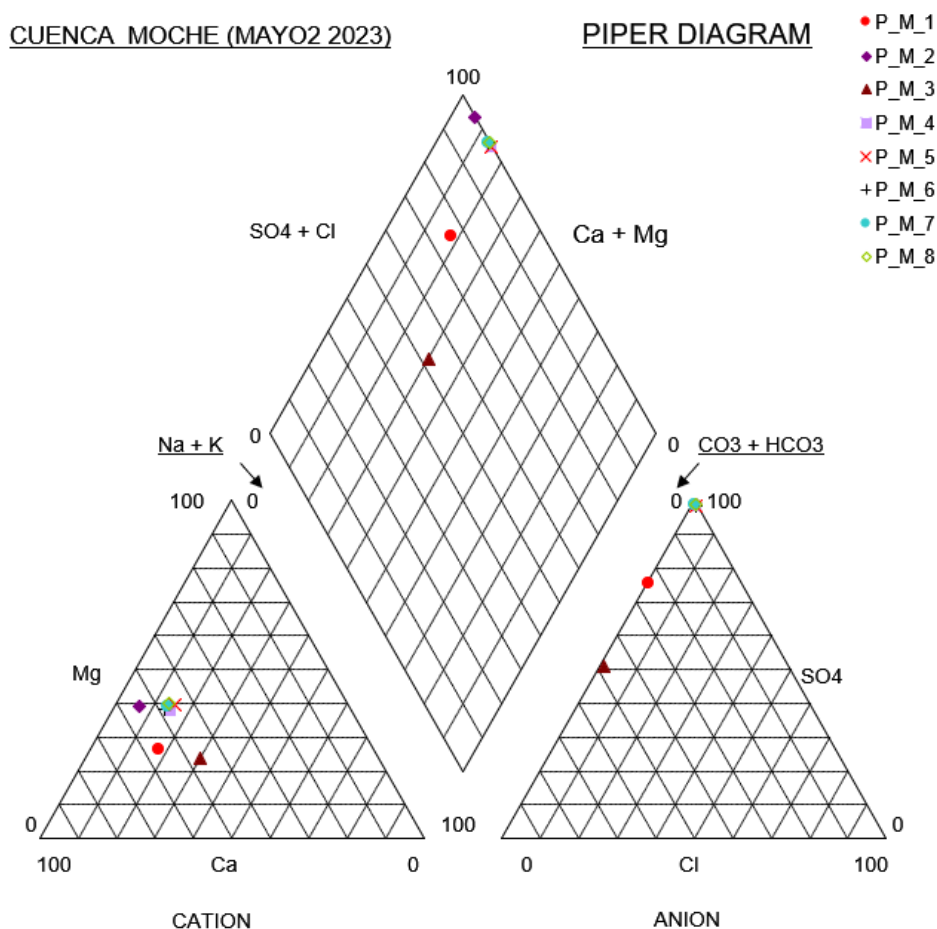
## PARÁMETROS DE CAMPO Y QUÍMICA DEL AGUA

**La tabla 1** muestra los resultados obtenidos para los diferentes parámetros físicos y químicos para las muestras optadas de muestra de agua superficial que se hicieron para la cuenca del río Moche. Para un primer análisis podemos evidenciar el pH de las muestras tomadas que varían por encima y debajo de los estándares de calidad que son entre 6.5 y 8.5, con valores mínimos de 2.92 que en estos casos sería moderadamente ácidos. Mientras tanto para los valores de temperatura estaba en los rangos estándar de 10° a 16°, debido a la exposición de estas aguas superficiales con el medio ambiente y la altura de los sectores donde se han tomado las muestras.

**En la Ilustración 2** podemos evidenciar el diagrama de Piper correspondiente a los tipos de aguas que corresponde al análisis de los datos para la cuenca de Moche, Según el diagrama podemos evidenciar que el 87.5% de las muestras pertenecen al grupo de sulfatadas cálcicas, mientras que el 12.5% de estas llegan a evidenciarse en el rango de las bicarbonatadas cálcicas o magnésicas.

Tabla 1

Code	Anions mg/L						Cations mg/L							
	CE (uS/cm)	TEMP (°C)	pH	TAC (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	DUR (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	TSD (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
<b>P_M_1</b>	142.40	16.00	6.10	14.80	42.20	18.10	18.10	44.58	0.21	0.03	3.68	0.39	10.63	3.05
<b>P_M_2</b>	2195.00	14.00	2.76	0.50	330.10	1.10	1.10	386.64	2.49	0.03	7.89	1.69	65.07	28.43
<b>P_M_3</b>	78.60	10.00	6.33	19.10	22.10	23.30	23.3	19.52	0.26	0.03	4.12	0.27	5.72	1.77
<b>P_M_4</b>	943.00	11.00	2.97	0.50	110.00	0.80	0.80	148.80	1.35	0.03	6.93	0.83	20.12	9.77
<b>P_M_5</b>	935.00	10.00	2.95	0.50	100.90	0.60	0.60	148.79	1.49	0.03	6.51	0.80	18.00	9.54
<b>P_M_6</b>	955.00	10.00	2.93	0.50	82.50	1.00	1.00	147.09	1.13	0.54	5.60	0.76	19.01	9.04
<b>P_M_7</b>	951.00	9.00	2.92	0.50	84.60	0.90	0.90	180.83	1.05	0.03	6.08	0.74	19.53	9.74
<b>P_M_8</b>	955.00	9.00	2.92	0.50	99.80	0.60	0.60	172.32	1.13	0.03	6.01	0.70	18.80	9.84



*Ilustración 3. Diagrama de Piper para la determinación de los tipos químicos de las aguas superficiales de la cuenca de Moche*

Como se muestra en la Figura 2, según el diagrama de Piper, en la mayoría de las muestras tomadas existe una alta concentración de cationes de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ , predominando de esta manera el ion  $\text{Ca}^{++}$  respecto a todos los demás valores. Para muestra se puede evidenciar que estos iones oscilan entre 46.20% y el 55.74% del total de cationes equivalentes, el ion  $\text{Mg}^{++}$  oscila entre 26.43% al 40.02% del total de cationes equivalentes. Los aniones dominantes para las aguas superficiales del río Moche son  $\text{SO}_4$  y  $\text{HCO}_3$ , con 75% y 24% respectivamente de concentración de aniones equivalentes, el cual también se puede evidenciar una poca presencia de los cloruros  $\text{Cl}^-$ , esto es analizado respecto a un solo punto de muestro para su verificación.

**Tabla 2**

<i>aniones (%)</i>	%	%	%	%	%	%	%	%
<i>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></i>	24.09	0.22	47.96	0.42	0.31	0.53	0.39	0.27
<i>SO<sub>4</sub><sup>=</sup></i>	75.39	98.91	51.06	98.36	98.34	98.18	98.82	98.84
<i>Cl<sup>-</sup></i>	0.48	0.86	0.92	1.21	1.33	1.02	0.78	0.88
<i>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></i>	0.04	0.01	0.06	0.02	0.02	0.28	0.01	0.01
<i>Cl<sup>-</sup>+NO<sub>3</sub><sup>-</sup></i>	0.52	0.87	0.98	1.22	1.35	1.30	0.79	0.89
<i>sum aniones</i>	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

**Tabla 3**

<i>Cationes (%)</i>	%	%	%	%	%	%	%	%
<i>Na<sup>++</sup> + K<sup>+</sup></i>	17.83	6.45	30.09	15.10	15.24	13.41	13.72	13.74
<i>Na<sup>+</sup></i>	16.78	5.73	28.97	14.11	14.21	12.42	12.80	12.86
<i>K<sup>+</sup></i>	1.05	0.72	1.12	0.99	1.03	0.99	0.92	0.88
<i>Ca<sup>++</sup></i>	55.74	54.32	46.25	47.10	45.18	48.48	47.29	46.25
<i>Mg<sup>++</sup></i>	26.43	39.23	23.66	37.80	39.58	38.11	38.99	40.01
<i>sum cationes</i>	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Según este análisis y la tabla 2. también se puede concluir el predominio del anión SO<sub>4</sub> (sulfatos) siendo en un aumento del 51% en la muestra 3, hasta llegar a un 98% en las muestras consiguientes de aniones equivalentes. Mientras que en la zona central del número de muestras se evidencia una presencia de 47% de aguas bicarbonatadas, mientras que la concentración del ion cloruro es mínima con un máximo de 1.21% en la zona central del total de aniones equivalentes.

Los valores de TSD (Sólidos Totales Disueltos) varían de 55 mg/L a 494 mg/L, a lo largo de toda la cuenca en análisis, pero respecto a las zonas más altas que justamente coinciden con las localidades que carecen de tratamiento previo de sus aguas residuales existe mayor presencia de estos como se muestra en la tabla 1.

Las concentraciones de Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup> para las aguas superficiales del río moche oscilan entre 5.72 mg/L y 65.07 mg/L y entre 1.77 mg/L y 28.43 mg/L, respectivamente. El ion Na<sup>+</sup> tiene una variación en concentración de 3.68 mg/L a 7.89 mg/L. El ion K<sup>+</sup> varía de 0.27 mg/L a 1.69 mg/L. Las concentraciones de los aniones HCO<sub>3</sub> y Cl<sup>-</sup> varían de 0.6 mg/L a 18.1 mg/L, respectivamente. Y por último la concentración del ion NO<sub>3</sub> que varía de 0.03 mg/L a 0.54 mg/L

El estudio anterior realizó una puntuación del peligro de contaminación basada en la toxicidad, la movilidad, la degradabilidad y la carga contaminante de diferentes fuentes de contaminación, lo que proporcionó un método prometedor para evaluar el riesgo de contaminación de las aguas (Wang et al., 2012).

La composición química del agua superficial está influenciada por varios factores naturales y artificiales. Algunos de los factores naturales incluyen la temperatura, la salinidad, la turbidez y los niveles de nutrientes disueltos como el oxígeno y el dióxido de carbono. Además, la composición del agua de lluvia está influenciada por diversos factores como la temperatura y la evaporación del agua de mar. Por otro lado, los factores artificiales incluyen la contaminación del agua por productos químicos y otros contaminantes<sup>4</sup>, además de actividades humanas que influyan en su contaminación como por ejemplo la minería.

Adicional a eso, la presencia de rocas y minerales altamente solubles como (carbonatos y evaporitas) pueden generar variaciones en las concentraciones de iones tales como;  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  (Garrels and Mackenzie, 1971; hren et al., 2007; Mukherjee et al., 2009). La cuenca de Moche en su recorrido se encuentra influenciada por pasivos ambientales provenientes de actividades mineras, industriales y poblacionales, las cuales han ido alterando la calidad del agua a lo largo de toda la cuenca, causando impactos negativos a los ecosistemas acuáticos y perjuicios para las personas que radican en sus alrededores (Monitoreo calidad del agua superficial en la cuenca del rio moche, 2020), todos los puntos analizados refieren a los estudios previos realizados por la autoridad nacional del agua (ANA), los cuales han sido verificados su influencia e impacto negativo para los medios donde se encuentra y posterior a eso se desarrolló el estudio completo de estos para su mejor información y estudio de estas aguas en sus diferentes parámetros físico químicos con de la interpretación de sus datos mediante diagramas bivariados de relaciones iónicas o relaciones elementales que los cuales nos permiten evidenciar dichas composiciones químicas del agua con sus diferentes contaminantes.

El Sulfato es el anión más predominante en un aproximado de 60% del total de muestras tomadas de la cuenca. El predominio de  $\text{HCO}_3^-$  implica que hay una contaminación presente por aguas residuales industriales de varios tipos o de minería en general, ya que con estas acciones se desprenden en las aguas estos aniones de concentración.

Los parámetros de contaminación y los resultados de los análisis microbiológicos obtenidos en la zona de estudio muestran incrementos estadísticos entre sí. Especialmente la relación entre CE, TDS,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{CaCO}_3$  indica que especialmente la contaminación minera e industrial además de la agrícola afecta a los recursos hídricos de la

región. Además, las bacterias coliformes (Tot. Coliform, E. coli y Enterococcus), que se observan en todas las aguas de los puntos de muestreo y estos son indicadores de contaminación microbiológica. Estos tipos de bacterias tienen sobre todo un origen fecal y se multiplican en proporción directa.

Esta contaminación muestra que esencialmente la contaminación bacteriológica procede de los residuos domésticos de las localidades adyacentes y de la lixiviación de las tierras agrícolas que utilizan los animales y estas llegan a estar en las aguas producto de que no existe tratamiento previo a su depósito en el río. Además, el contenido de  $Cl^-$  en estas aguas es inferior al contenido de  $Na^+$  y esto se debe al tipo de agua presente y su combinación con otros reactivos químicos que contaminen el cuerpo de agua, también depende de la geología del área en estudio. Ya que las aguas con mayores concentraciones de cloruros y sodios pertenecen a las partes altas de la cuenca y donde existe influencia de actividad ganadera y agrícola, se podría concluir que las concentraciones de esos niveles también se pueden deber a estas actividades afectando así el medio geológico.

#### Impacto antropogénico

En este estudio se concibió la idea central de un análisis hidroquímico en las aguas superficiales de la cuenca del río Moche (Taylor et al.), en el cual se puede evidenciar la influencia humana para llegar a los puntos de contaminación en algunos casos extremos, de los cuales ya se ha hablado y estudiado mediante los diversos puntos de apoyo. Es evidencia de esto el impacto ambiental generado a causa de la concentración de diversos iones y cationes en las muestras de ensayo realizadas (van den Brink et al., 2007), nos indica que los bajos niveles de conductividad eléctrica y las concentraciones de potasio sugieren una menor influencia antropogénica. En evidencia de los datos obtenidos por las muestras, se puede ver que en algunos puntos presentan una conductividad eléctrica (CE) mayor a las demás, aquí se puede concluir que en esas zonas existe la presencia de actividades agrícolas y las cuales también están cerca de las pequeñas zonas urbanas que existen a lo largo de la cuenca. Con esa idea se puede decir que en esas mismas zonas agrícolas se puede encontrar mayor presencia de potasio ya que estas dichas actividades elevan las posibilidades de concentración de esos iones, por el uso de fertilizantes químicos. (Rosen and Jones, 1998) consideran que los altos niveles de potasio también se deberían a la aplicación de fertilizantes ricos en potasio, los cuales también aportan bicarbonato, sulfatos, calcio y magnesio.

En la cuenca de Moche según esta investigación se ha podido analizar múltiples puntos de muestra de agua superficial, los cuales han sido tomadas a lo largo de la cuenca descrita y con un criterio a base de anteriores estudios realizados por otros investigadores, estos puntos comprenden sectores donde existe evidencia de problemas de contaminación por metales pesados. Ya que estas aguas tienen diferentes usos por las personas además del consumo humano, significa un problema muy importante de tratar de resolver o mitigar.

Según los resultados de muestreo se pudo determinar que aproximadamente un 75% de las aguas son sulfatadas y/o cloruradas magnésicas.

Una de las actividades económicas más comunes y lucrativas en Perú es la minería, que representa una parte significativa de la inversión, las exportaciones, los ingresos fiscales y el empleo del país. Hay ocho minerales que constituyen los principales productos básicos mineros exportados entre el 2011 y 2015, que son oro, plata, cobre, zinc, plomo, estaño, hierro y molibdeno (Osignermin, 2016).

Esta contaminación muestra que esencialmente la contaminación bacteriológica procede de los residuos domésticos y de la lixiviación de las tierras agrícolas que utilizan animales mezclados en las aguas. (Şehnaz Şener, Erhan Şener, Simge Varol, Hydro-chemical and microbiological pollution assessment of irrigation water in Kızılırmak Delta (Turkey), Environmental Pollution, Volume 266, Part 1, 2020)

También se considera de interés en la unidad de análisis la contaminación del río Moche, esto se debe a que las actividades productivas que se están desarrollando vierten sus aguas en el río, lo mismo ocurre con las actividades extractivas; los relaves mineros que dejó la empresa minera Quiruvilca se están descargando en el río moche y a esto se suma la creciente actividad de la minería informal en las partes altas de la cuenca. (ANA, 2020)

En general la mayoría de los parámetros analizados sobrepasan los límite establecidos para la calidad de aguas superficiales, tanto como para consumo humano, como límites para riego de zonas de cultivo.

De acuerdo con los ensayos para los diferentes parámetros realizados por el laboratorio SGS. Del Perú, S.A.C. y resultados obtenidos en campo, se pudo determinar que, en la red de monitoreo de estas muestras, no cumplen los parámetros a los estándares de calidad ambiental del agua.

Para los parámetros analizados que excedieron los estándares de Calidad Ambiental del agua, estos son: pH (ácido), Sulfatos, Aluminio, Cadmio, Cobre, hierro, puesto que, para hablar de contaminación ambiental, estos tienen que sobrepasar los límites máximos de ECA-agua. Se

podría decir que estos resultados están asociados a las actividades minero-informales, los cuales aún han dejado relaves. (ANA, 2019)

## POSIBLES CAUSAS DE CONTAMINACION POR METALES PESADOS

Principales actividades industriales generadoras de metales pesados.

Industria	Metales	Contaminación derivada
Minería de metales ferrosos	Cd, Cu, Ni, Cr, Co, Zn	Drenaje ácido de mina, relaves, escombreras
Extracción de minerales	As, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn	Presencia en las menas como en los subproductos
Fundición	As, Cd, Pb, Tl	Procesado del mineral para obtención de metales
Metalúrgica	Cr, Cu, Mn, Pb, Sb, Zn	Procesado térmico de metales
Aleaciones y aceros	Pb, Mo, Ni, Cu, Cd, As, Te, U, Zn	Fabricación, eliminación y reciclaje de metales. Relaves y escoriales
Gestión de Residuos	Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr, Hg, Mn	Incineración de residuos o en lixiviados
Corrosión Metálica	Fe, Cr, Pb, Ni, Co, Zn	Inestabilidad de los metales expuestos al medio ambiente
Galvanoplastia	Cr, Ni, Zn, Cu	Los efluentes líquidos de procesos de recubrimiento
Pinturas y pigmentos	Pb, Cr, As, Ti, Ba, Zn	Residuos acuosos procedentes de la fabricación y el deterioro de la pintura vieja.
Baterías	Pb, Sb, Zn, Cd, Ni, Hg	Fluido de la pila de residuos, la contaminación del suelo y las aguas subterráneas.
Electrónica	Pb, Cd, Hg, Pt, Au, Cr, As, Ni, Mn	Residuos metálicos acuosos y sólida desde el proceso de fabricación y reciclaje
Agricultura y Ganadería	Cd, Cr, Mo, Pb, U, V, Zn, As, Mn, Cu	Contaminación de escorrentía, aguas superficiales y subterráneas, la bioacumulación planta

***Fuente: Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados comúnmente presentes en aguas residuales industriales, 2015***

### MÉTODOS DE TRATAMIENTO

Existen técnicas para el tratamiento de aguas residuales contaminadas por metales pesados, entre ellas están las convencionales y no convencionales,

Algunas de las técnicas convencionales son:

- Filtración por Membranas: Separación de metales pesados de soluciones acuosas utilizando membranas con poros muy pequeños. Algunos tipos de filtración por membrana son la electrodiálisis, la ósmosis inversa, la nanofiltración y la ultrafiltración.
- Intercambio Iónico: El proceso por el cual los iones en solución son transferidos a una matriz sólida, liberando iones de diferente tipo, pero con la misma carga. El intercambio iónico recupera el valor del metal y reduce el volumen de lodos
- Adsorción: es la transferencia de una sustancia de una fase líquida a una superficie sólida. Los adsorbentes más utilizados son el carbón activado, las arcillas, los biopolímeros, las zeolitas y los residuos lignocelulósicos.

- **Precipitación química:** Es la técnica más utilizada en los procesos industriales por ser relativamente sencilla y económica. Se trata de añadir productos químicos que reaccionan con los metales pesados para formar compuestos insolubles que se pueden separar por sedimentación o filtración.
- **Electrocoagulación:** Este es el proceso de liberación de iones inestables de partículas coloidales mediante la aplicación de un campo eléctrico constante a través de electrodos metálicos. Estos iones forman flóculos con metales pesados, que pueden eliminarse por flotación o sedimentación.
- **Coagulación-floculación:** método de coagulación después de eliminar la doble capa eléctrica específica del coloide. Use coagulantes químicos como alumbre, cloruro férrico, sulfato férrico, sulfato ferroso y cal.
- **Electrocoagulación:** Es el proceso químico de adición electrolítica de iones metálicos. Su eficiencia en la remoción de contaminantes se debe a que son arrastrados por las burbujas de aire ( $H_2$  y  $O_2$ ) creadas en el sistema, por lo que flotan hacia la superficie.
- **Flotación:** es el proceso de separación física que utiliza aire para hacer flotar partículas hidrofóbicas. Los tensioactivos (surfactantes) se utilizan para hacer que los iones metálicos sean hidrófobos y facilitar su eliminación mediante burbujas de aire.
- **Fotocatálisis:** es un proceso que utiliza la luz para activar un semiconductor que produce especies activas que pueden oxidar o reducir los metales pesados presentes en el agua. El semiconductor más utilizado es el dióxido de titanio ( $TiO_2$ )

Algunas de las técnicas no convencionales son:

- **Adsorbentes novedosos y de bajo costo:** Son materiales biológicos o industriales con alta capacidad para retener metales pesados a través de diferentes mecanismos como el intercambio iónico, como la precipitación. Algunos ejemplos son algas, bacterias, levaduras, hongos, residuos agrícolas y minerales.
- **Fitorremediación:** El uso de plantas y microorganismos asociados para reducir la concentración o efectos tóxicos de metales pesados en ambientes acuáticos. Las plantas absorben, acumulan, volatilizan o transforman metales pesados a través de diferentes mecanismos fisiológicos y bioquímicos.
- **Biopolímeros:** son polímeros naturales o sintéticos con un gran número de grupos funcionales que pueden mejorar la eficiencia de adsorción de metales pesados. Algunos ejemplos son quitina, quitosano, alginato y agar.

- Hidrogeles: son polímeros hidrofílicos reticulados que pueden expandirse en volumen debido a su alta afinidad por el agua. Los hidrogeles se pueden modificar químicamente para aumentar su capacidad de adsorción de metales pesados.
- Ceniza volante: Es un subproducto industrial producido durante la quema de carbón para producir energía. La ceniza volante tiene una alta superficie específica y una composición química que le permite adsorber los metales pesados presentes en el agua. La ceniza volante puede ser activada química o físicamente, lo cual ayuda para poder enriquecer su rendimiento.

## Conclusiones

En la cuenca de Moche según esta investigación se ha podido analizar múltiples puntos de muestra de agua superficial, los cuales han sido tomadas a lo largo de la cuenca descrita y con un criterio a base de anteriores estudios realizados por otros investigadores, estos puntos comprenden sectores donde existe evidencia de problemas de contaminación por metales pesados. Ya que estas aguas tienen diferentes usos por las personas además del consumo humano, significa un problema muy importante de tratar de resolver o mitigar.

Según los resultados de muestreo se pudo determinar que aproximadamente un 75% de las aguas son sulfatadas y/o cloruradas magnésicas.

Una de las actividades económicas más comunes y lucrativas en Perú es la minería, que representa una parte significativa de la inversión, las exportaciones, los ingresos fiscales y el empleo del país. Hay ocho minerales que constituyen los principales productos básicos mineros exportados entre el 2011 y 2015, que son oro, plata, cobre, zinc, plomo, estaño, hierro y molibdeno (Osignermin, 2016).

Los parámetros de contaminación y los resultados de los análisis microbiológicos obtenidos en la zona de estudio muestran incrementos estadísticos entre sí. Especialmente la relación entre CE, TDS, NO<sub>3</sub>, DBO, DQO y SO<sub>4</sub> indica que especialmente la contaminación minera, agrícola y domésticas son los que afectan a los recursos hídricos de la región. Además, las bacterias coliformes (Tot. Coliform, E. coli), que se observan en la mayoría de las muestras de aguas tomadas, son indicadores de contaminación microbiológica. Estos tipos de bacterias tienen sobre todo un origen fecal y se multiplican en proporción directa.

Esta contaminación muestra que esencialmente la contaminación bacteriológica procede de los residuos domésticos y de la lixiviación de las tierras agrícolas que utilizan animales mezclados en las aguas. (Şehnaz Şener, Erhan Şener, Simge Varol, Hydro-chemical and

microbiological pollution assessment of irrigation water in Kızılırmak Delta (Turkey), *Environmental Pollution*, Volume 266, Part 1, 2020)

También se considera de interés en la unidad de análisis la contaminación del río Moche, esto se debe a que las actividades productivas que se están desarrollando vierten sus aguas en el río, lo mismo ocurre con las actividades extractivas; los relaves mineros que dejó la empresa minera Quiruvilca se están descargando en el río moche y a esto se suma la creciente actividad de la minería informal en las partes altas de la cuenca. (ANA, 2020)

En general la mayoría de los parámetros analizados sobrepasan los limite establecidos para la calidad de aguas superficiales, tanto como para consumo humano, como límites para riego de zonas de cultivo.

De acuerdo con los ensayos para los diferentes parámetros realizados por el laboratorio SGS. Del Perú, S.A.C. y resultados obtenidos en campo, se pudo determinar que, en la red de monitoreo de estas muestras, no cumplen los parámetros a los estándares de calidad ambiental del agua.

Para los parámetros analizados que excedieron los estándares de Calidad Ambiental del agua, estos son: pH (acido), Sulfatos, Aluminio, Cadmio, Cobre, hierro, puesto que, para hablar de contaminación ambiental, estos tienen que sobrepasar los límites máximos de ECA-agua. Se podría decir que estos resultados están asociados a las actividades minero-informales, los cuales aún han dejado relaves. (ANA, 2019)

### **Recomendaciones**

Para este estudio se puede plantear diversos tipos de recomendaciones en este caso muy preciso seria la inclusión de plantas de tratamiento a lo largo de los puntos con índices de contaminación altos.

Según el planteamiento de propuestas de solución para los problemas de contaminación usar o implementar según la necesidad los diversos métodos de mitigación, ya sea convencionales o no convencionales.

Utilizar los estudios realizados en esta investigación para poder tener una guía mas completa de los lugares donde se pueden implementar dichas medidas de mitigación de impactos.

Realizar estudios de impacto ambiental antes de brindar concesiones mineras.

Seguir realizando monitoreos de esta cuenca tanto en las partes altas como en las zonas con mayores impactos.

Incentivar a las entidades publicas a invertir en el mantenimiento y conservación de esas aguas ya que es la base de un buen desarrollo social, ya que con el agua de uso diario se ve contaminada de esa manera trae muchos problemas a futuro.

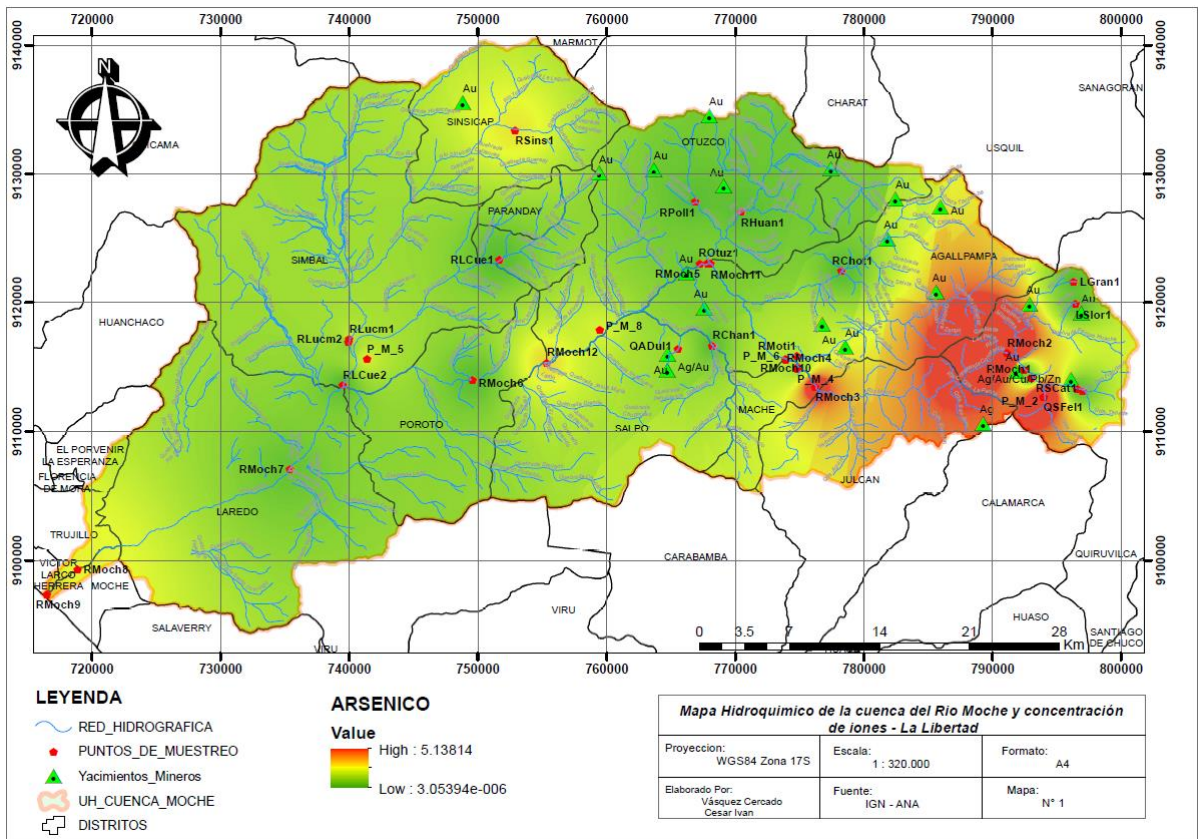
## Referencias

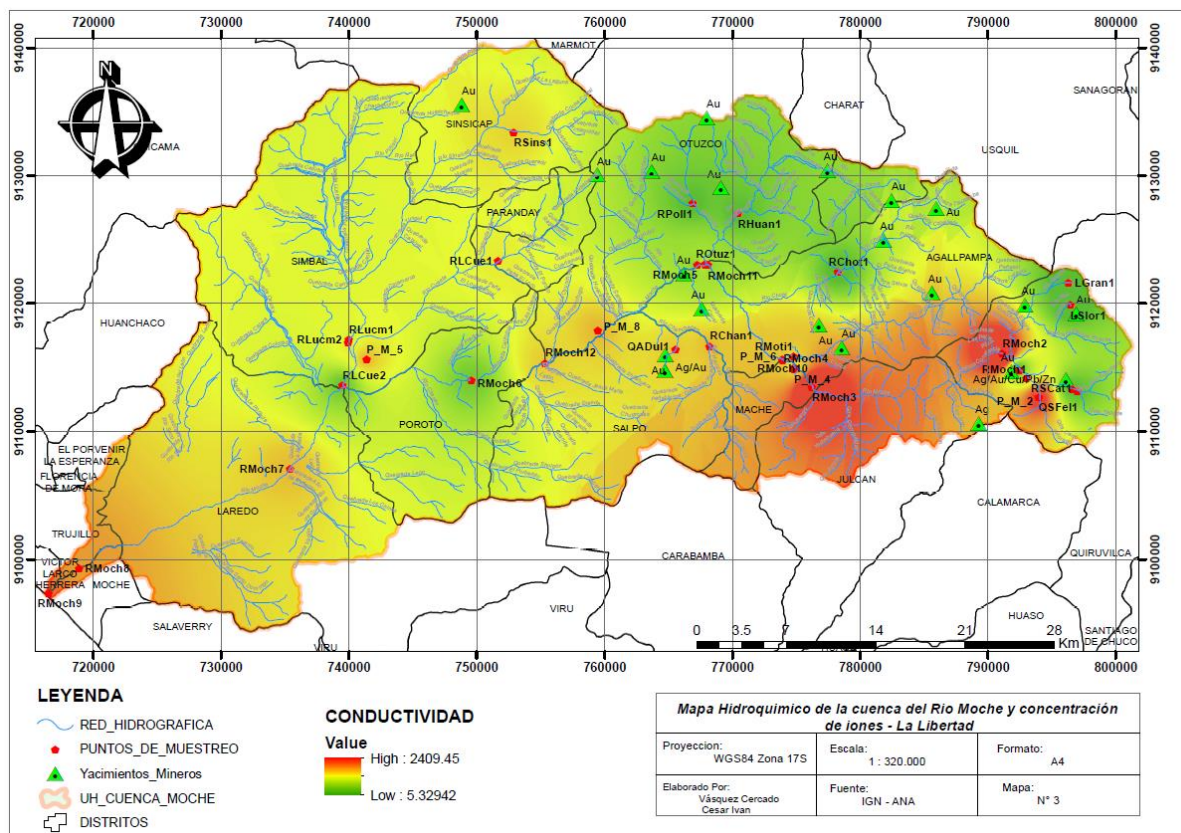
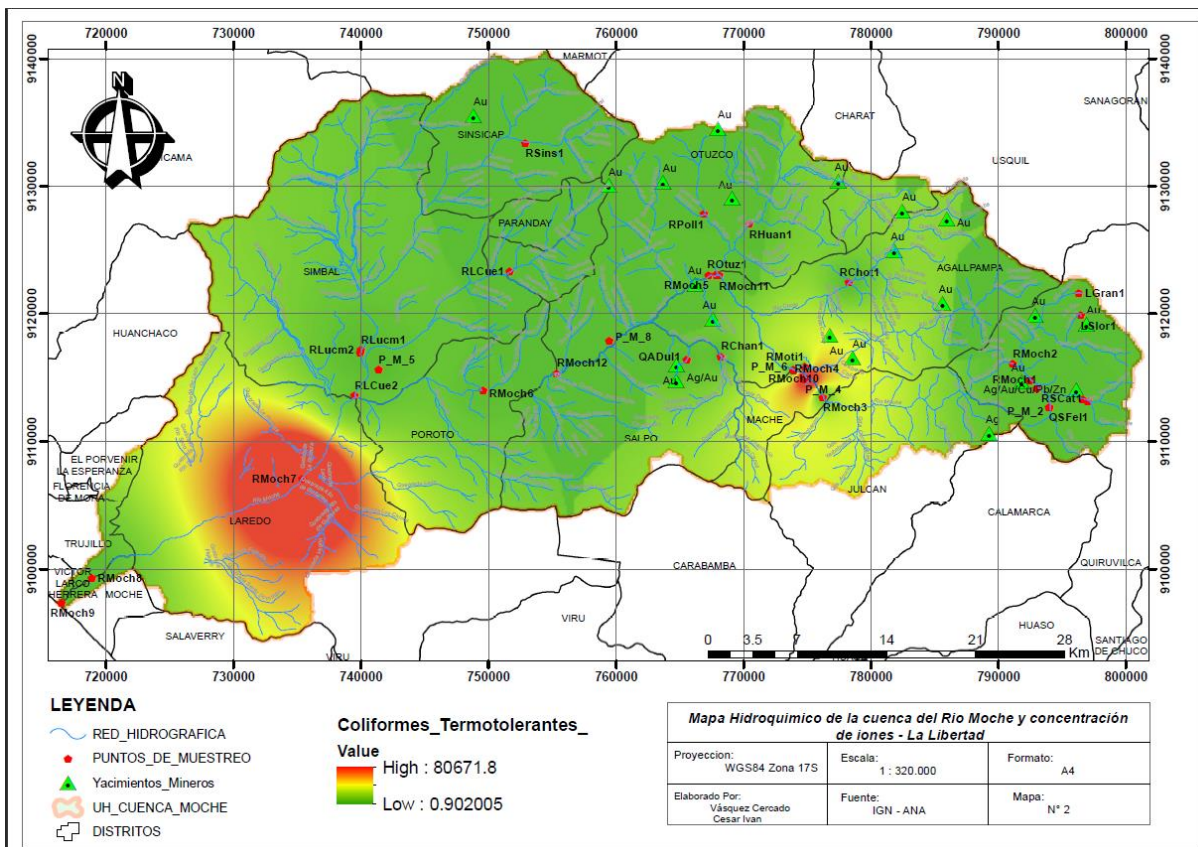
- [1] G. R. L. Libertad, «Informe de estimacion del riesgo por peligro inminente ante contaminacion de las aguas superficiales,» Trujillo, 2020.
- [2] J. Escobar, «La contaminacion de los rios y sus efectos en las areas costeras y el mar,» *CEPAL*, vol. II, n° 02, pp. 50-67, 2002.
- [3] M. d. A. y. Riego, «Siar Puno,» 1 Diciembre 2004. [En línea]. Available: <http://siar.minam.gob.pe/puno/documentos/estrategia-nacional-gestion-recursos-hidricos-continentales-peru>.
- [4] V. Robledo, M. Velazquez, J. Montañez, J. Pimentel, A. Vallejo, M. Lopez y J. Venegas, «Hidroquímica y contaminantes emergentes en aguas residuales urbano industriales de Morelia, Michoacán, Mexico,» *Rev. Int. Contam. Ambient*, vol. 33, n° 2, pp. 221-235, 2017.
- [5] B. Wang, Y. Wang y S. e. s. i. t. Wang, «Improved water pollution index for determining spatiotemporal water quiality dynamics, China,» *Ecological indicators*, vol. X, n° 160, pp. 140-160, 2021.
- [6] F. Jiménez, J. Faustino y S. Velásquez, «Análisis integral de la vulnerabilidad a amenazas naturales en cuencas hidrográficas de América Central,» *Semana Científica del Catie*, vol. VI, 2016.
- [7] F. Corroto, O. Gamarra y E. Barboza, «Evaluación multivariante de la calidad del agua en la cuenca del Utcubamba Perú,» *Tecnologías y ciencias del agua*, vol. IX, n° 5, pp. 33-57, 2018.
- [8] F. Rodriguez Barrientos, «CUENCAS HIDROGRAFICAS, DESCENTRALIZACION Y DESARROLLO REGIONAL PARTICIPATIVO,» *InterSedes*, vol. VII, n° 12, p. 115, 2006.

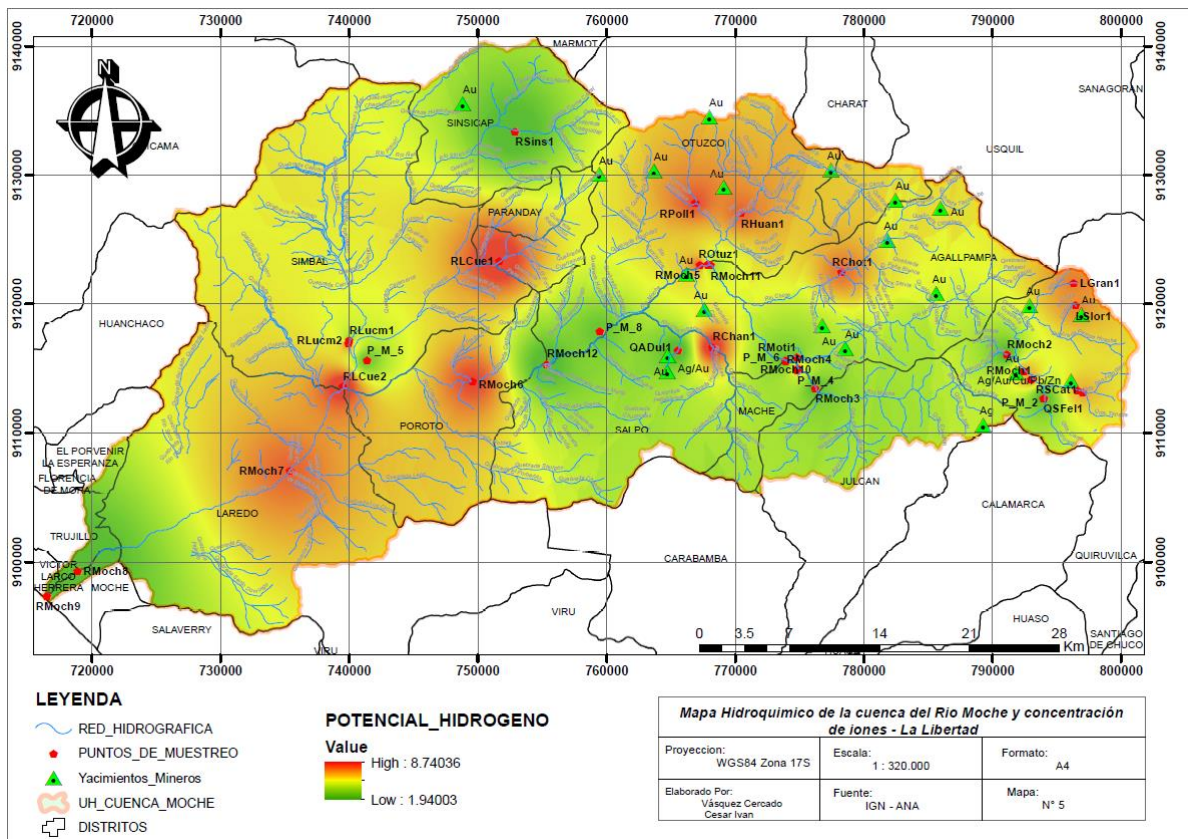
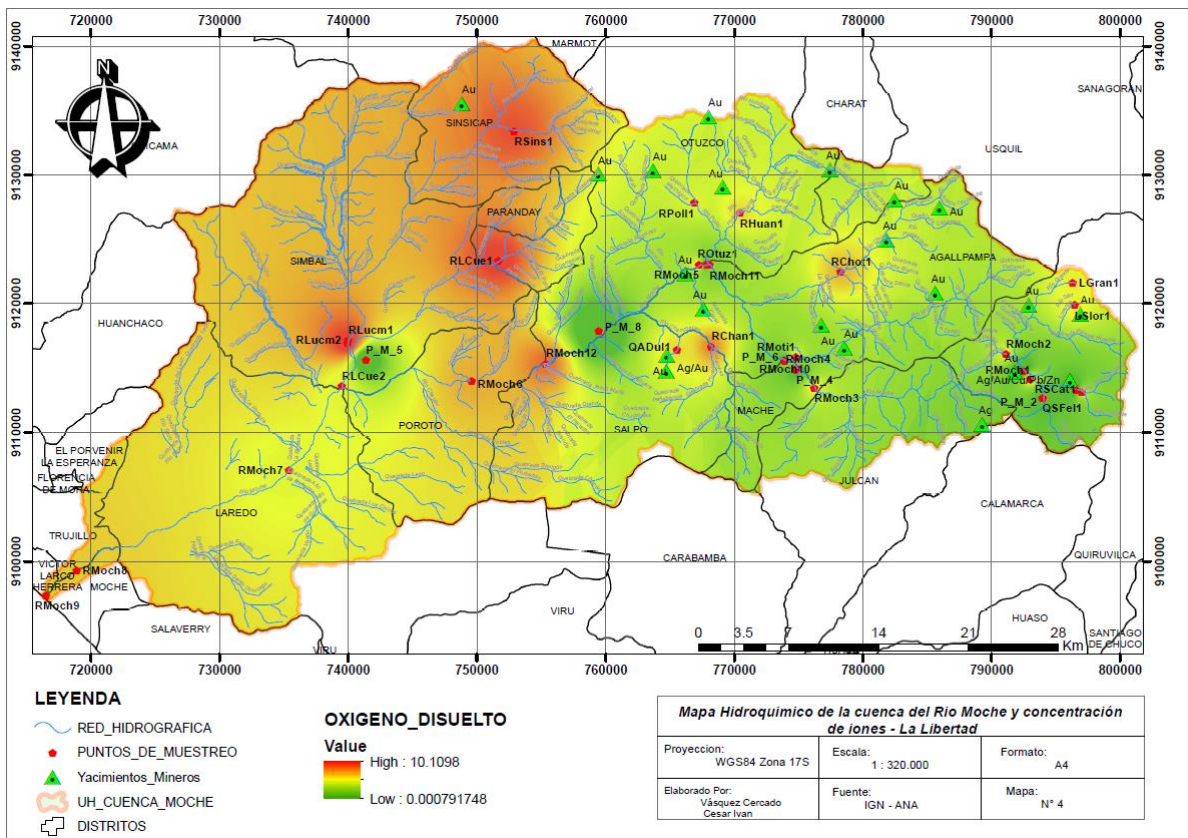
- [9] A. Dourojeanni, A. Jouraviev y G. Chávez, «Gestión del agua a nivel de cuencas: Teoría y práctica,» CEPAL, Santiago de Chile: Naciones Unidas, 2002.
- [10] U. I. p. l. c. d. l. naturaleza, «IUCN.ORG,» BRIDGE, [En línea]. Available: [https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/cuenca\\_hidrografica.pdf](https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/cuenca_hidrografica.pdf). [Último acceso: 7 Noviembre 2021].
- [11] D. Valdez de la Peña, «Repositorio UNAP,» 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7872>. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [12] M. Cordova, «Prontubeam,» 30 Abril 2016. [En línea]. Available: [https://www.prontubeam.com/articulos/articulos.php?Id\\_articulo=26](https://www.prontubeam.com/articulos/articulos.php?Id_articulo=26). [Último acceso: Noviembre 2021].
- [13] E. Eleuterio Marino y R. Fernando Garcia, «Aplicaciones Ambientales de la Hidrogeoquímica,» UNLPam, Buenos Aires, 2018.

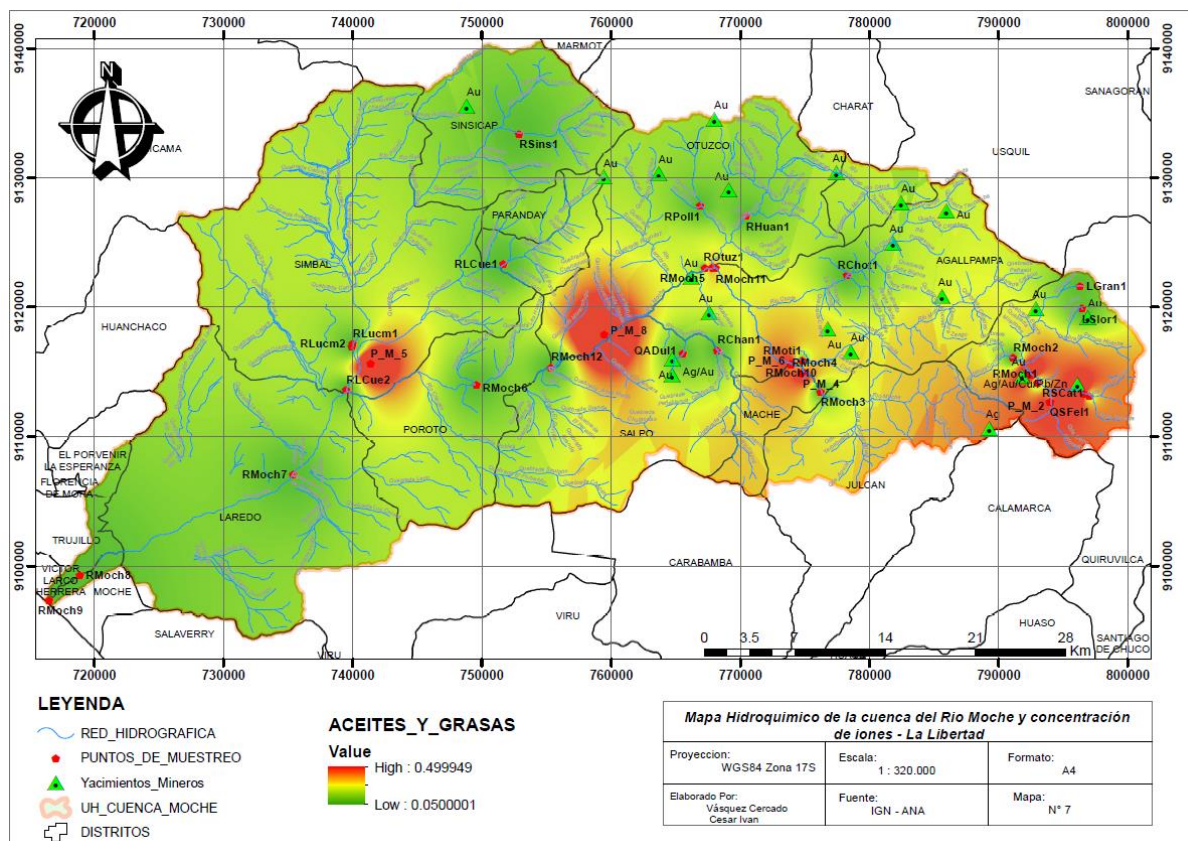
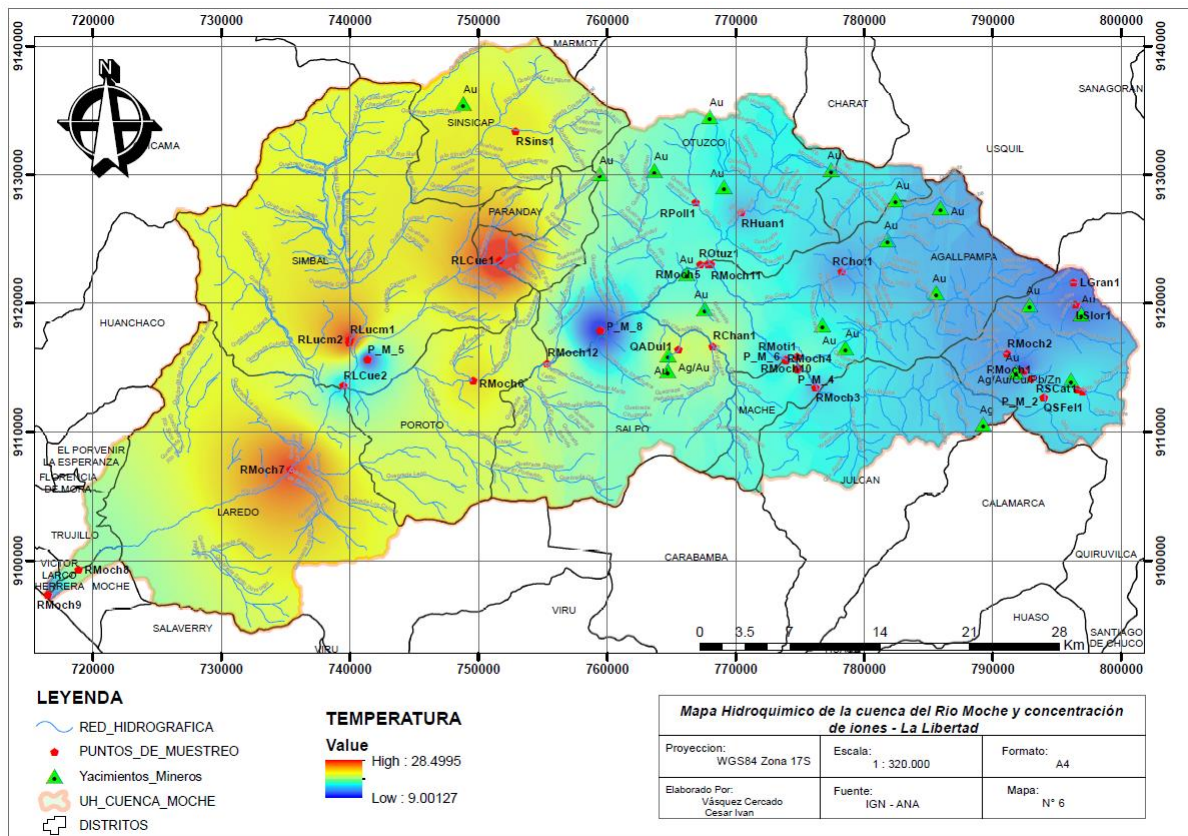
## **ANEXOS**

### **MAPAS DE ISOCONCENTRACION DE IONES SEGÚN PARAMETRO QUIMICO**

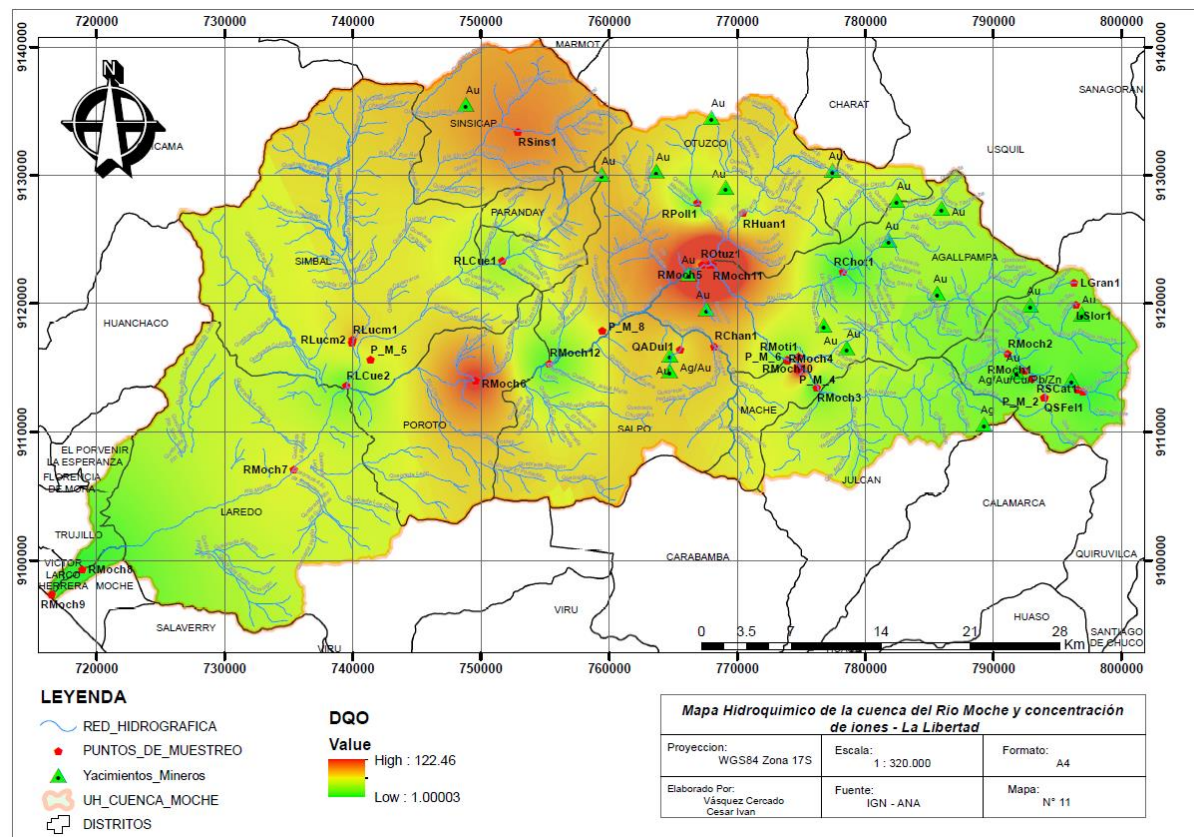
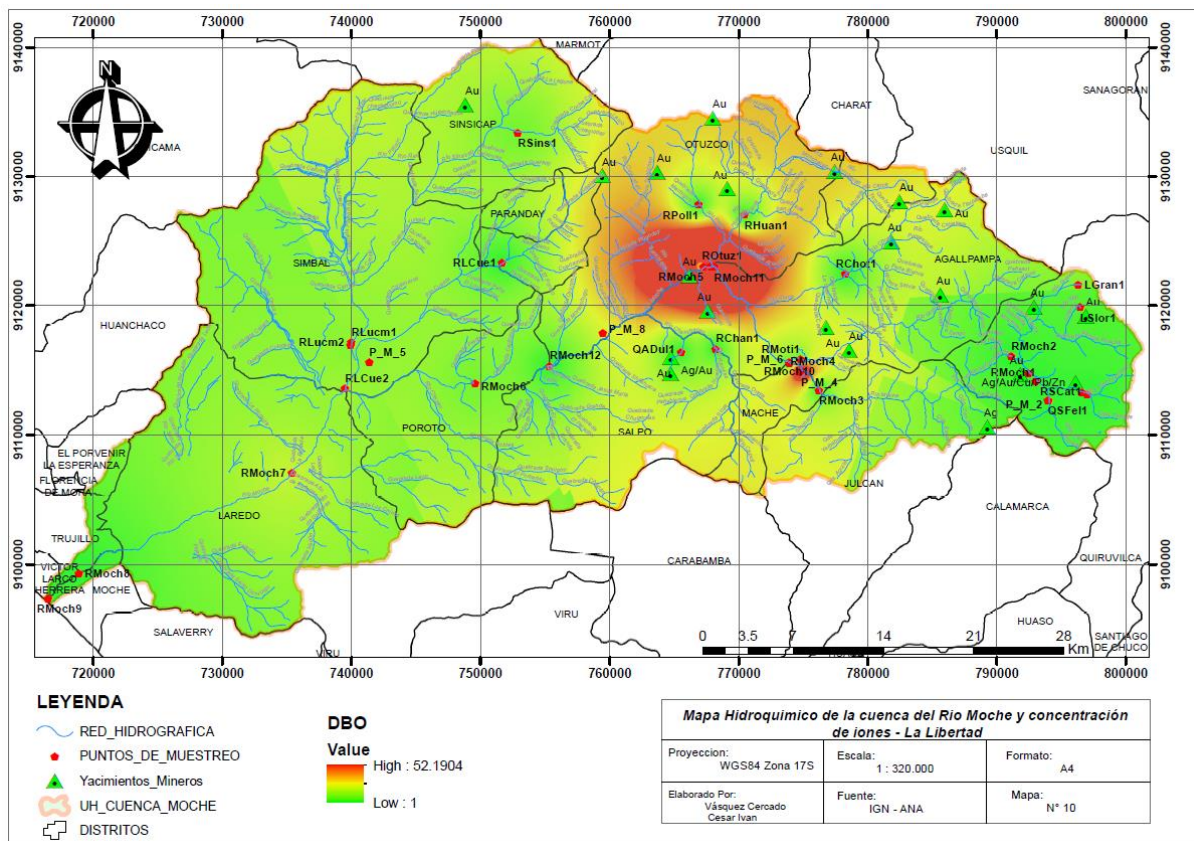


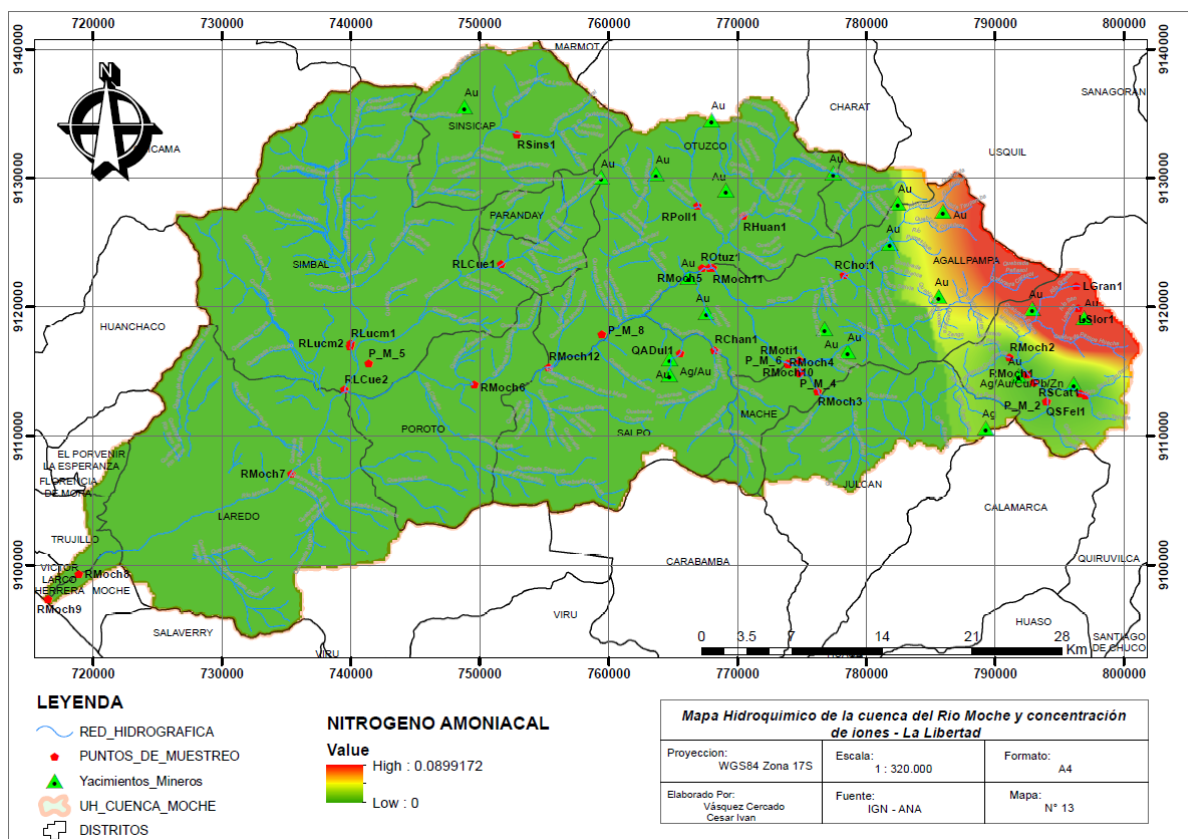
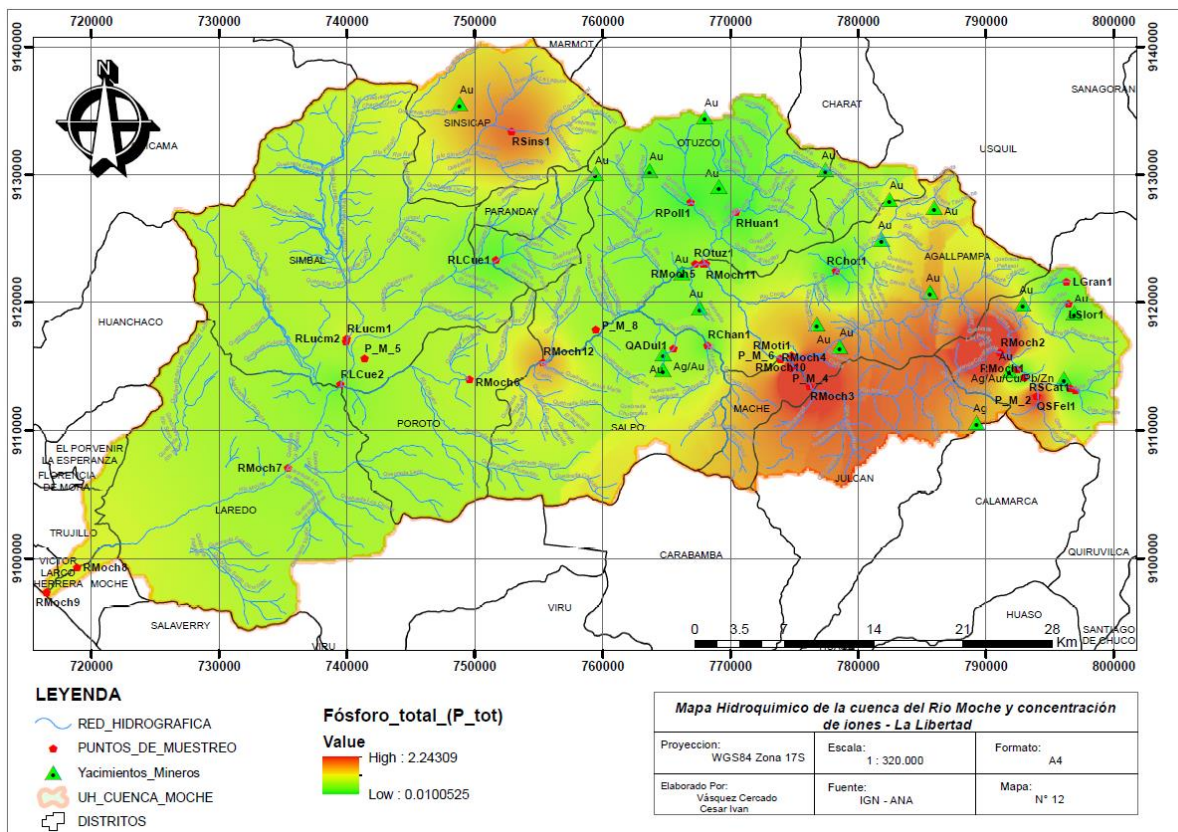


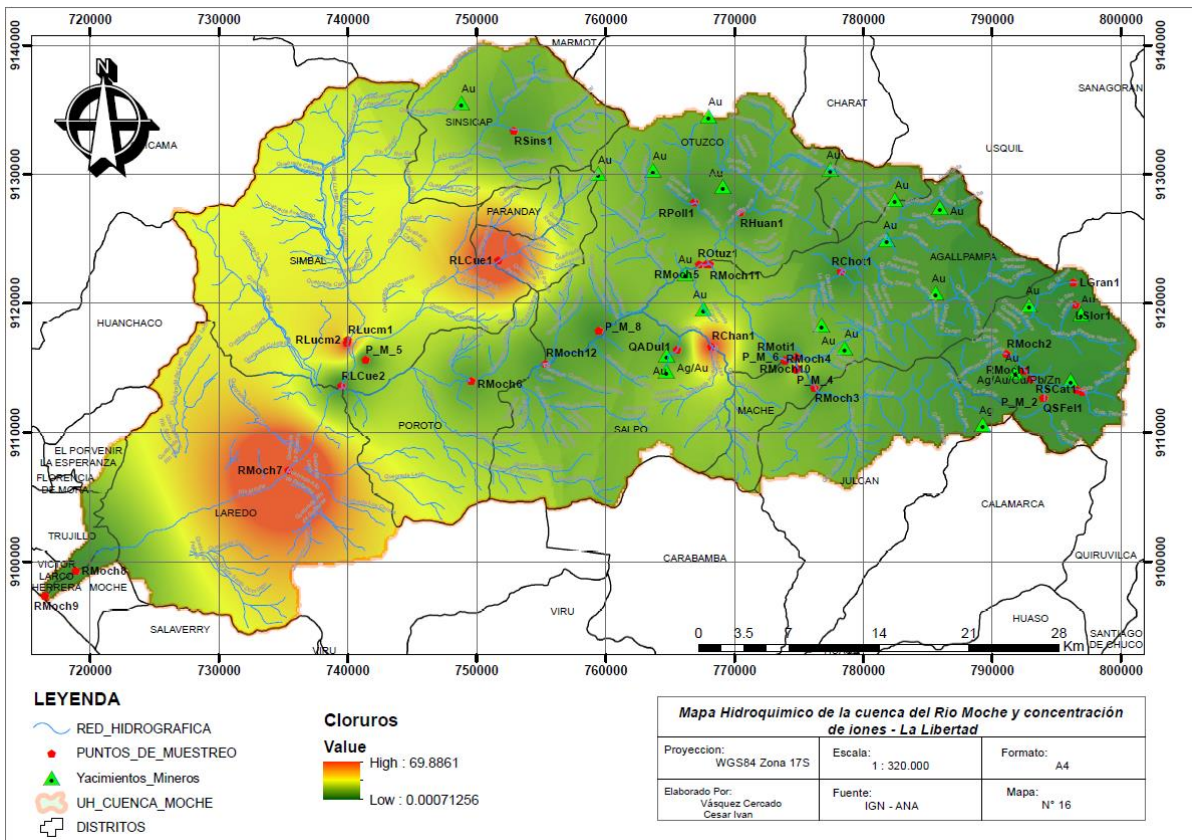
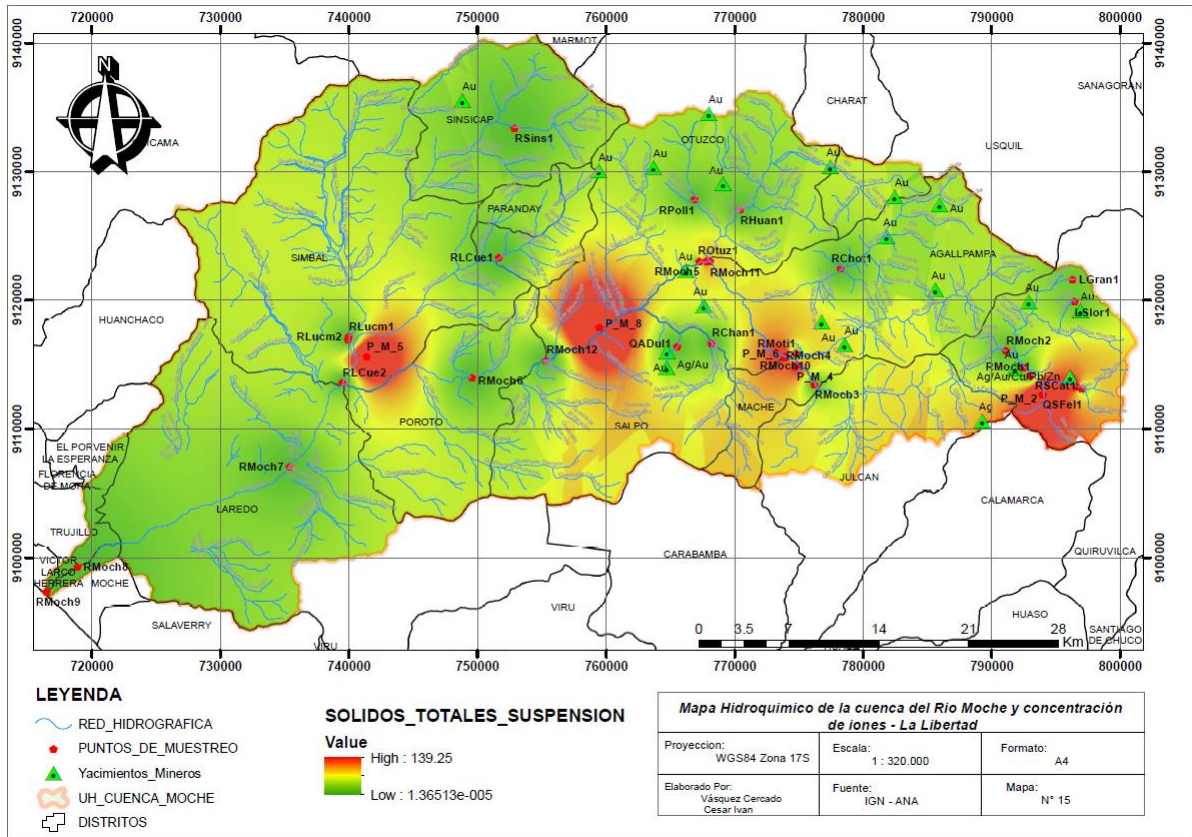


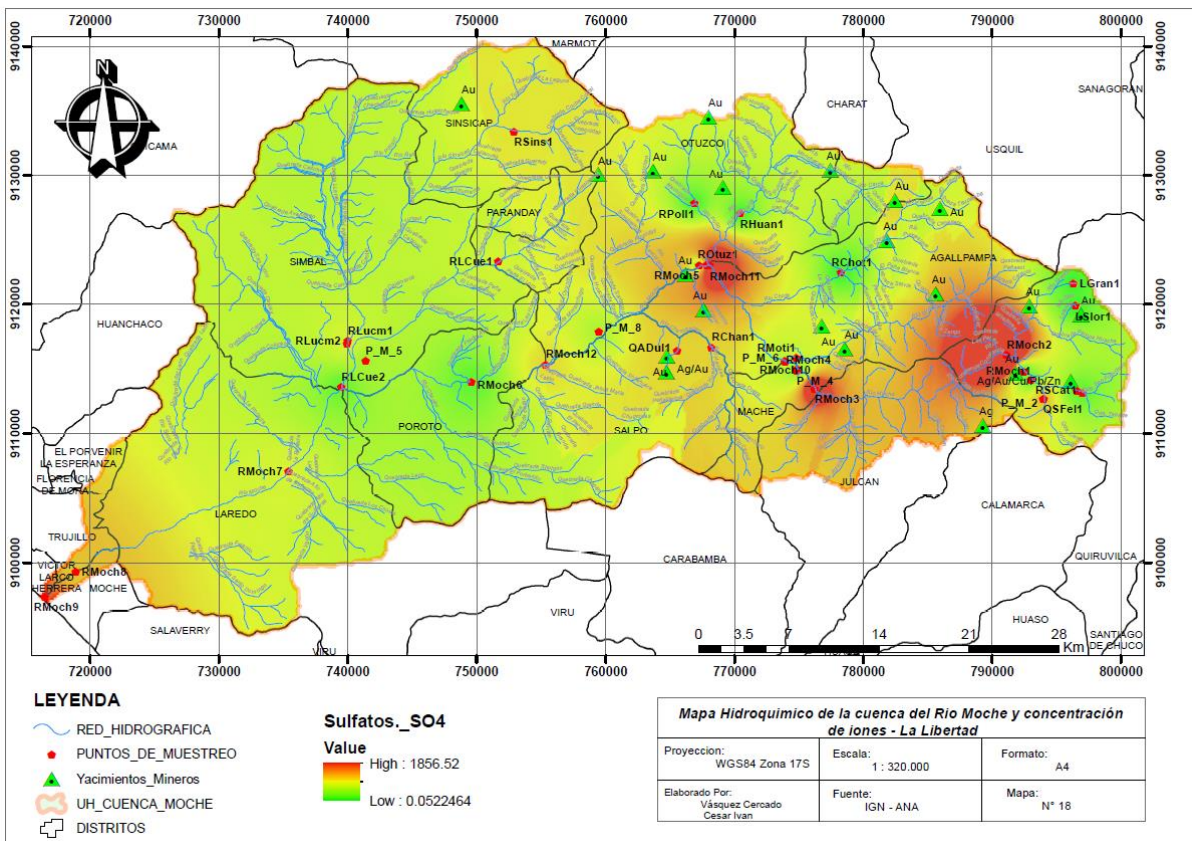
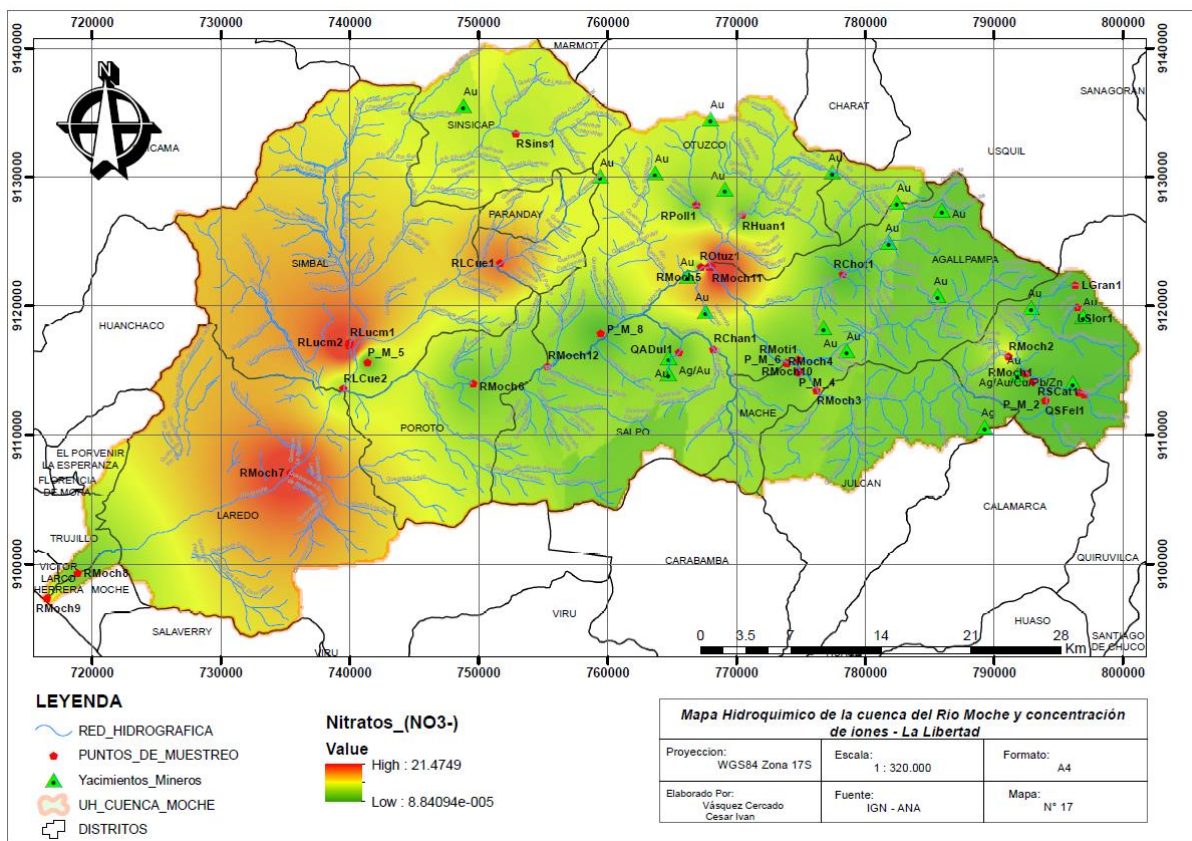


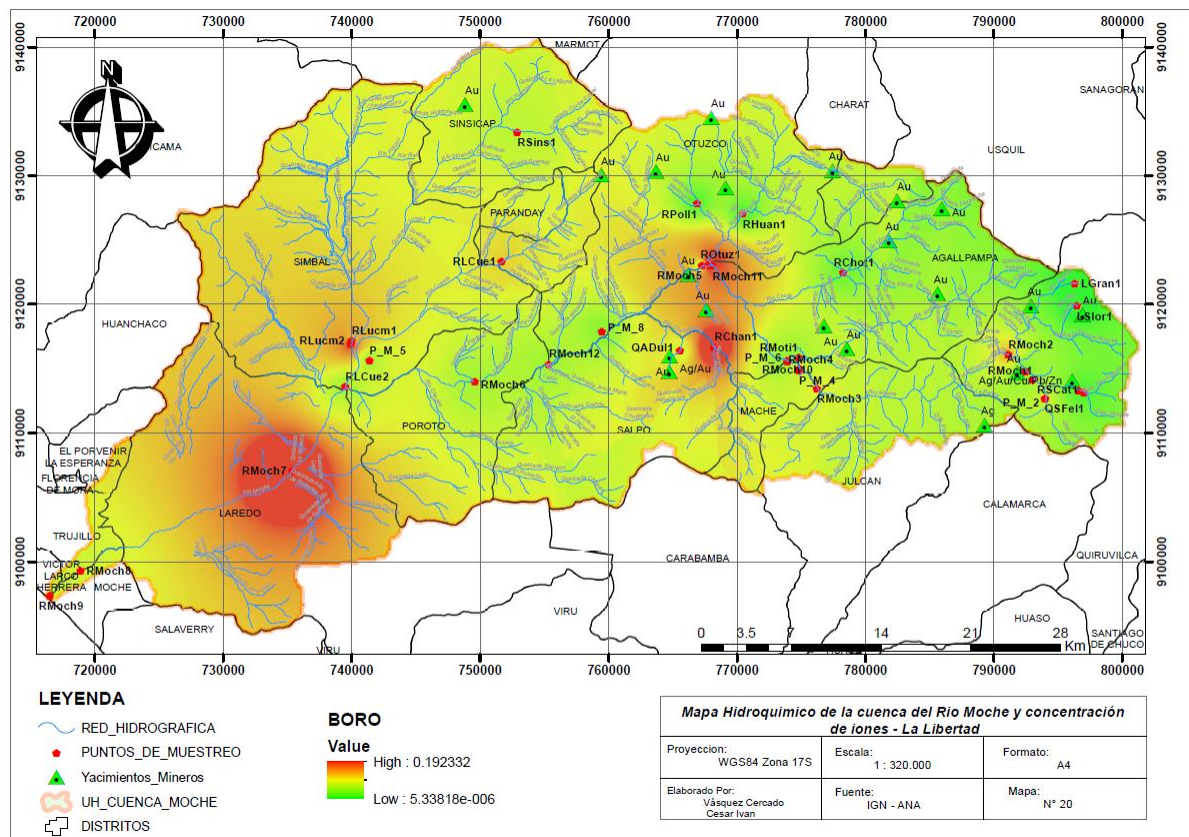
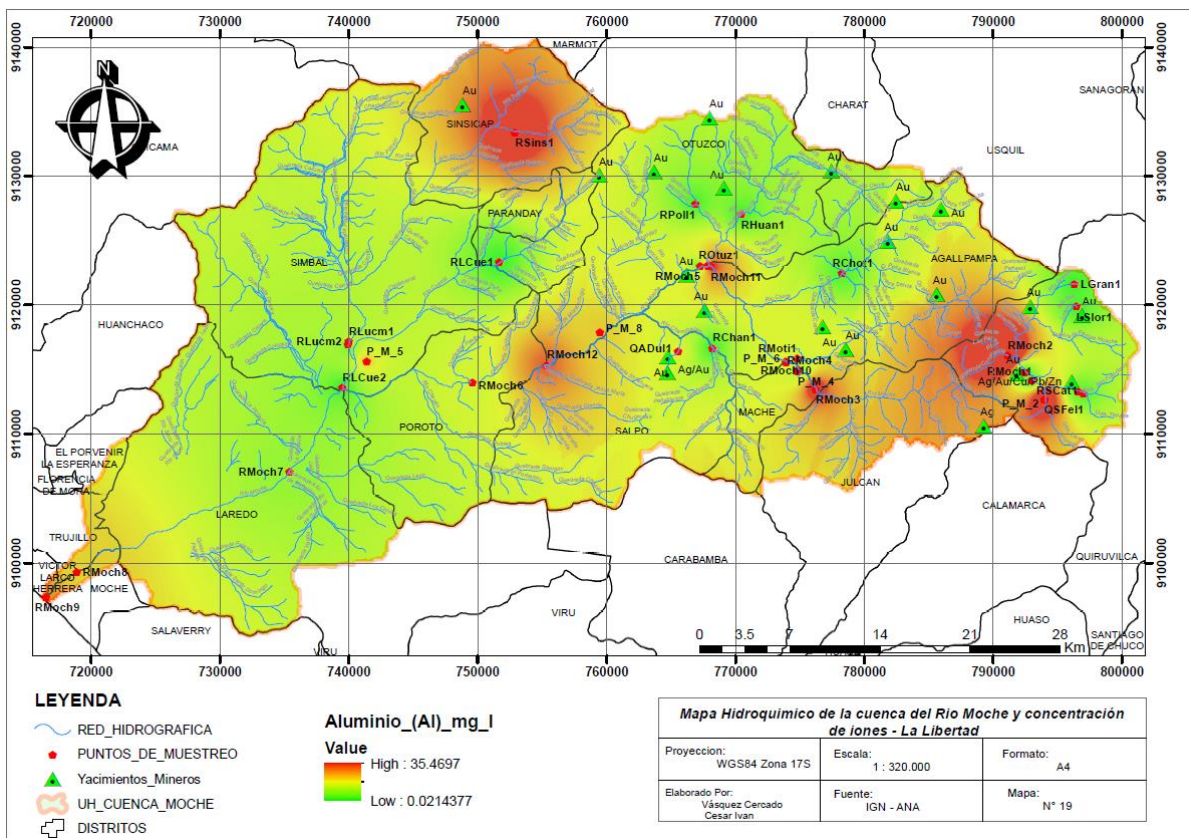


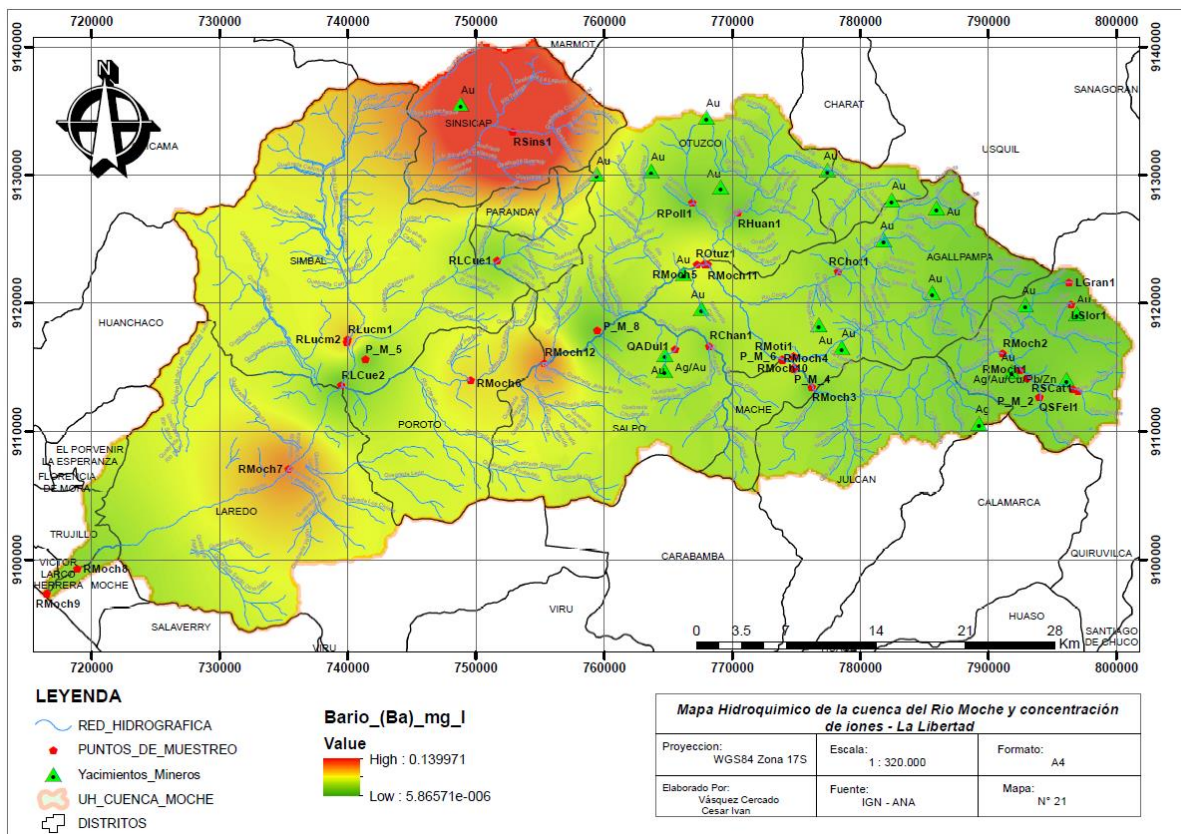












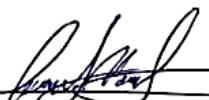
## DECLARACIÓN JURADA

Yo, **VASQUEZ CERCADO CESAR IVAN MARCELO**, de nacionalidad peruana; con documento nacional de identidad N° 71573764, domiciliado en la provincia de Chiclayo, distrito de José Leonardo Ortiz en la calle Chile 888 CPM Barsallo, estudiante de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, del curso de Proyecto de Tesis- Ciclo académico 2021-II DECLARO BAJO JURAMENTO que:

Verifiqué la no duplicidad del proyecto de tesis titulado: **MODELAMIENTO HIDROQUÍMICO DE LA CUENCA DEL RIO MOCHE Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN, REGIÓN LA LIBERTAD**, de verificarse que si existe el tema antes mencionado me pongo a plena disposición para las sanciones emitidas por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo según corresponda.

*La verificación de la no duplicidad se realizó en la medida que se pudo por la coyuntura nacional debido al Covid19.*

Chiclayo, 10 de noviembre del 2021

  
Nombre: *Cesar Ivan Vasquez Cercado*  
DNI: *71573764.*



Huella  
Dactilar

**REPORTE DE PELIGRO INMINENTE N° 144 - 17/12/2020 / COEN - INDECI / 20:00 HORAS  
 (Reporte N° 1)**

## POR CONTAMINACION HÍDRICA DEL RÍO MOCHE EN LAS PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

**I. HECHOS:**

Desde el 01 de noviembre del 2020, desde las 01:00 horas aproximadamente, se viene registrando una contaminación hídrica, a consecuencia de pasivos ambientales de proyectos mineros, que afectan a los medios de vida y salud de las poblaciones ribereñas del río Moche, en las provincias de Santiago de Chuco, Julcan, Otuzco y Trujillo.

**II. ESTADO SITUACIONAL:**

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
LA LIBERTAD	JULCAN	JULCAN
	OTUZCO	MACHE
		SALPO
		PARANDAY
		AGALLPAMPA
		LA CUESTA
		OTUZCO
		USQUIL
		SINSICAP
	SANTIAGO DE CHUCO	QUIRUVILCA
	TRUJILLO	MOCHE
		POROTO
		TRUJILLO
		SIMBAL
LAREDO		

*Distribución:* A los tres niveles de Gobierno (Nacional, Regional y Local).

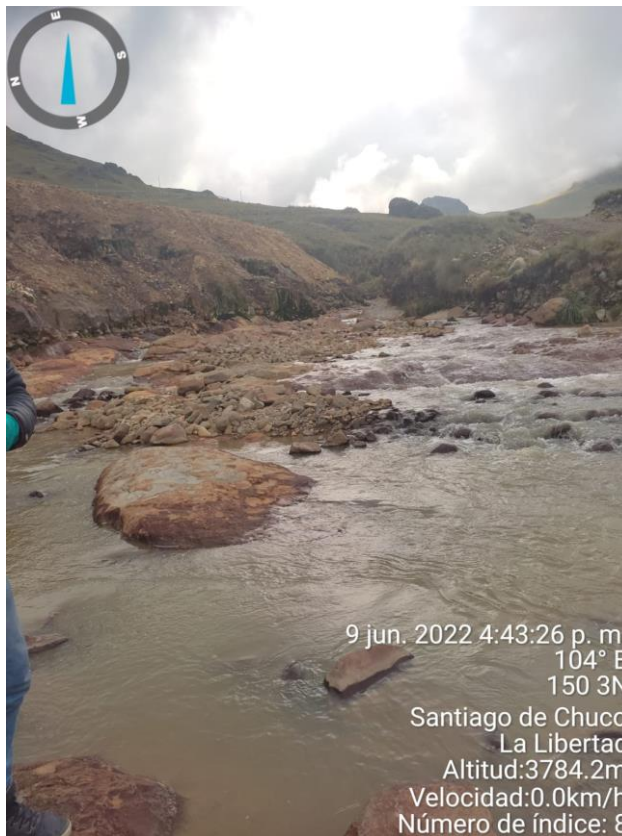
**CENTRO DE OPERACIONES DE EMERGENCIA NACIONAL**

Av. El Sol S/N - Chorrillos, Lima – Perú.

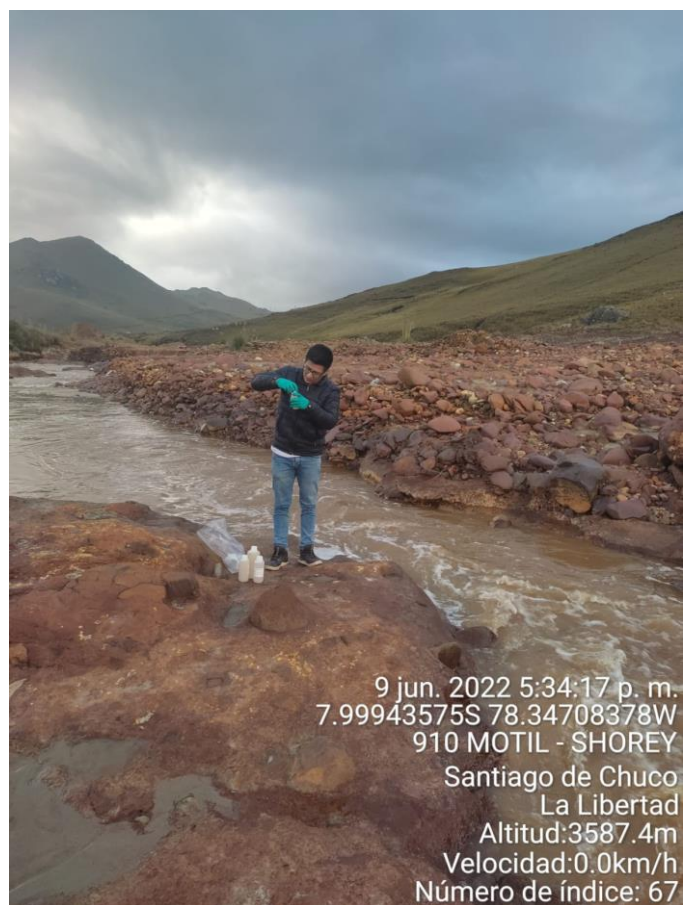
Tel. +511 224-1687 • [www.indeci.gob.pe](http://www.indeci.gob.pe)

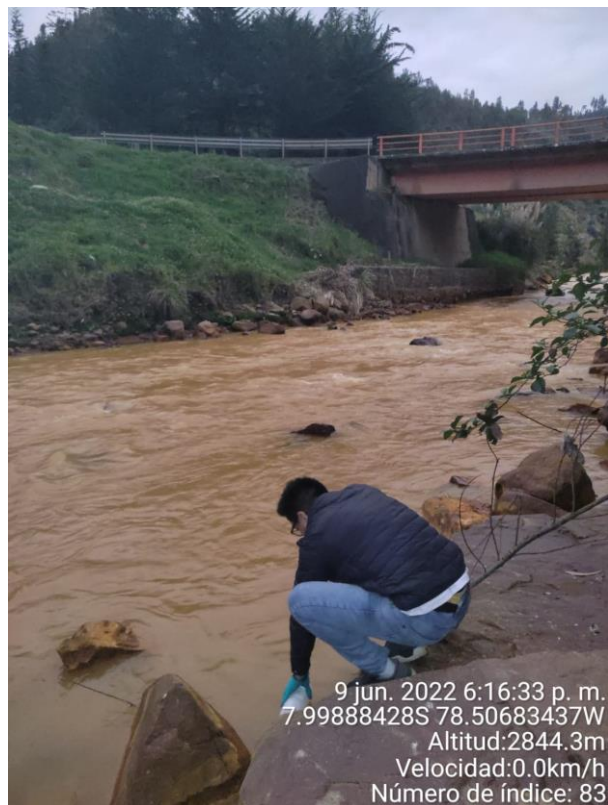
Facebook: <https://www.facebook.com/COENPeru> • Twitter: <https://twitter.com/COENPeru>



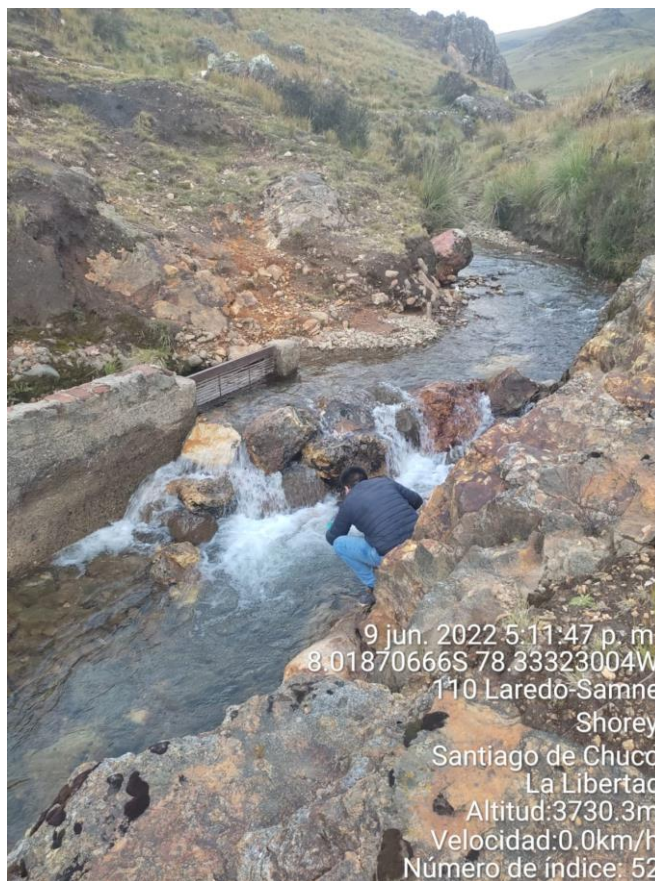














LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO  
MA2224127 Rev. 0**

**CESAR IVAN VASQUEZ CERCADO**

CHILE 888 LAMBAYEQUE CHICLAYO

ENV / LB-351110-002

PROCEDENCIA : TRUJILLO

Fecha de Recepción SGS : 10-06-2022

Fecha de Ejecución : Del 10-06-2022 al 15-06-2022

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
P.M.1
P.M.2
P.M.3
P.M.4
P.M.5
P.M.6
P.M.7
P.M.8

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 20/06/2022

Jade C. Huarcaya Soto  
C.B.P. 8471  
Jefe de Oficina

"Este Informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"