



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**

**FACULTAD DE ECOLOGÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**



**Determinación del ICA-PE del agua del río Cumbaza para fuente de  
abastecimiento de agua potable, Tarapoto 2019**

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario**

**AUTOR:**

**Adriel Isuiza Ríos**

**ASESOR:**

**Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza**

**Código N° 6054119**

**Moyobamba - Perú**

**2021**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

## FACULTAD DE ECOLOGÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



Determinación del ICA-PE del agua del río Cumbaza para fuente de  
abastecimiento de agua potable, Tarapoto 2019


**AUTOR:**

**Adriel Isuiza Ríos**

Sustentada y aprobada el 13 de octubre del 2021, por los siguientes jurados:

  
.....  
Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna  
**Presidente**

  
.....  
Ing. M.Sc. Mirtha Felcita Valverde Vera  
**Secretaria**

  
.....  
Ing. M.Sc. Marcos Aquiles Ayala Diaz  
**Miembro**

  
.....  
Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza  
**Asesor**

## **Declaratoria de autenticidad**

**Adriel Isuiza Ríos**, con DNI N° 71890020, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Determinación del ICA-PE del agua del río Cumbaza para fuente de abastecimiento de agua potable, Tarapoto 2019.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 13 de octubre del 2021.



**Bach. Adriel Isuiza Ríos**

DNI N° 71890020

**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres: <i>Trujillo Piños Adrián</i>	
Código de alumno : <i>125235</i>	Teléfono: <i>911579627</i>
Correo electrónico : <i>adrián75@gmail.com</i>	DNI: <i>71890020</i>

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de: <i>Ecología</i>
Escuela Profesional de: <i>Ingeniería Sanitaria</i>

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

**4. Datos del Trabajo de investigación**

Título : <i>"Determinación del ICA-PE del agua del río Cumbaza para fuente de abastecimiento de agua potable, Tarapoto 2019"</i>
Año de publicación: <i>2021</i>

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma del Autor

## 8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

23 / 04 / 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología  
e Innovación de Acceso Abierto - UNSM.  
Jng. Grecia Vanessa Fachin Ruíz  
Responsable

**\*Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**\*\* Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## **Dedicatoria**

A mi padre que está en el cielo siempre me dijo que debía concluir los proyectos que desarrollaba, porque dejar las cosas a medias me convertía en un hombre acostumbrado a la mediocridad y que eso era muy malo para el espíritu.

Hoy que al fin me gradúo quiero dedicarle todo mi esfuerzo a mi padre, que está en el cielo, pero seguro feliz de verme concluir este proyecto, “Esto es para ti, querido padre”.

## **Agradecimiento**

Agradezco a mis padres por haberme dado educación, un hogar donde crecer, equivocarme, desarrollarme, aprender y donde adquirí los valores que hoy definen mi vida.

Agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo de felicidad...

Agradezco a la Universidad Nacional de San Martín, por haber permitido formarme en sus aulas, compartiendo ilusiones y anhelos, con constancia dedicación y esfuerzo, alcanzar mi sueño. Gracias.



## Índice

Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Resumen .....	xii
Abstract.....	xiii
Introducción.....	1
<b>CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
1.1. Antecedentes de la investigación.....	4
1.2. Bases teóricas.....	6
1.2.1. Índice de calidad ambiental del agua.....	6
1.2.2. Criterios de selección de datos de calidad de agua.....	8
1.2.3. Descripción del método para determinar el ICA-PE .....	10
1.2.4. Calidad del agua .....	11
2.2.5. Proceso de potabilización del agua.....	12
2.2.6. Río Cumbaza .....	14
1.3. Definición de términos básicos.....	15
<b>CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
2.1. Materiales .....	17
2.2. Métodos .....	21
<b>CAPÍTULO III RESULTADOS.....</b>	<b>27</b>
3.1. Parámetros físicos químicos y biológicos de las aguas del río Cumbaza.....	27
3.2. Recolección de datos de parámetros físicos, químicos y biológicos en el punto de captación de agua.....	29
3.3. Índice de calidad del agua ICA-PE en el río Cumbaza .....	34
3.4. Discusión de resultados .....	39
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>42</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>44</b>

ANEXOS .....	49
Anexo 01: Mapa Ubicación de la Subcuenca del río Cumbaza .....	50
Anexo 02: Ubicación de ruta de muestreo.....	51
Anexo 03: Resultados análisis bacteriológico .....	52
Anexo 04: Tramites ingreso al laboratorio .....	54
Anexo 05: Resultados brindados por el ANA .....	58
Anexo 06: Panel fotográfico.....	61

## Índice de tablas

Tabla 1. Parámetros de la Categoría 1-A2.....	9
Tabla 2. Interpretación de la Calificación ICA.....	10
Tabla 3. Parámetros de la primera fecha de muestreo .....	27
Tabla 4. Parámetros de la segunda fecha de muestreo .....	28
Tabla 5. Parámetros de la tercera fecha de muestreo.....	28
Tabla 6. Primer ensayo de parámetros físicos, químicos y biológicos.....	29
Tabla 7. Segundo ensayo de parámetros físicos, químicos y biológicos.....	30
Tabla 8. Tercer ensayo de parámetros físicos, químicos y biológicos .....	30
Tabla 9. Cuarto ensayo de parámetros físicos, químicos y biológicos.....	31
Tabla 10. Quinto ensayo de parámetros físicos, químicos y biológicos.....	32
Tabla 11. Sexto ensayo de parámetros físicos, químicos y biológicos.....	33
Tabla 12. Comparación de parámetros con ECA - Cat - A1 .....	35
Tabla 13. Comparación de parámetros con ECA - Cat - A2.....	35
Tabla 14. Comparación de parámetros con ECA - Cat - B1 .....	36
Tabla 15. Parámetros a evaluar para determinar el ICA-PE.....	37
Tabla 16. Cálculo del ICA - PE .....	38

## Índice de figuras

Figura 1. Reactivo NitraVer .....	17
Figura 2. Reactivo FerroVer .....	18
Figura 3. Manganese Manganese .....	18
Figura 4. Medidor portátil de OD HI98193 .....	19
Figura 5. Colorímetro DR 900.....	20
Figura 6. pHTestr 20.....	20
Figura 7. Medidor de TDS.....	21
Figura 8. Comportamiento del parámetro biológico.....	34
Figura 9. Comportamiento de parámetros según categoría de ECAs.....	36

## Resumen

Todos conocemos la importancia del agua en la vida de un ser vivo. Por ello, su calidad es un tema que preocupa cada vez más por la salud de la población. Pero, ¿qué factores determinan la calidad del agua? Las actividades humanas son relevantes al generar una serie de desechos sólidos, líquidos o gaseosos, los cuales son vertidos a las diversas fuentes de agua, entre los cuales se encuentran los ríos; donde se capta agua para sus diversos usos, es por ello que la presente investigación tiene como objetivo general determinar el ICA-PE del agua del río Cumbaza para fuente de abastecimiento de agua potable, utilizando las metodologías y protocolos publicados y establecidos por el ANA y con las normas estipuladas en los Estándares de Calidad Ambiental; obteniéndose como resultado que 4 parámetros de 14 evaluados, los cuales son: el pH, fosfatos y coliformes termotolerantes. y seis datos de 84 datos registrados y analizados no cumplen con los estándares de calidad ambiental para el agua o ECA – A1, concluyendo que el agua del río Cumbaza es de calidad Regular, por lo que las condiciones deseables están amenazadas o dañadas y mucho de los usos necesitan tratamiento.

**Palabras clave:** parámetros, metodología, protocolo, coliforme termotolerante, calidad.

## Abstract

Everyone knows about the importance of water in the life of a living being. For this reason, its quality is an issue of growing concern for the population' s health. But what factors determine water quality? Human activities are relevant because they generate a series of solid, liquid or gaseous wastes, which are discharged into various water sources, including rivers, from which water is collected for various uses. For this reason, the general objective of this research is to determine the ICA-PE of water from the Cumbaza River for drinking water supply, using the methodologies and protocols published and established by the ANA and the norms stipulated in the Environmental Quality Standards. The result was that 4 of the 14 parameters evaluated were pH, phosphates and thermotolerant coliforms, and 6 of the 84 data recorded and analyzed did not comply with the environmental quality standards for water or ECA - A1, concluding that the Cumbaza River water is of medium quality, so the desirable conditions are threatened or damaged and many of the uses need treatment.

**Key words:** parameters, methodology, protocol, thermotolerant coliform, quality.



## Introducción

A nivel mundial, la calidad del agua, se definió el índice de calidad del agua de la Fundación Nacional de Sanidad de los Estados Unidos de América (WQI-NSF) (Brown et al., 1970). El WQI-NSF, se compone de nueve parámetros: temperatura del agua (Temp), turbidez (Turb), potencial de hidrógeno (pH), nitratos (NO<sub>3</sub>), fósforo total (PT-PO<sub>4</sub>), saturación de oxígeno disuelto (SOD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), sólidos totales (ST) y coliformes fecales (CF). Los mismo que han sido aplicados por varios autores de todos los países para determinar la calidad del agua de fuentes superficiales y poder así verificar su uso, regulados con sus propias leyes.

En el Perú la ANA desde el año 2009, viene realizando monitoreos participativos de la calidad del agua, a fin de evaluar el estado de su calidad de las fuentes naturales de agua en función a los Estándares Nacionales de Calidad de Agua (ECA- Agua), según la categorización asignada por la Autoridad y la identificación de fuentes contaminantes en las cuencas hidrográficas a nivel nacional (ANA, 2018), pero ya en el 2018, en vista a la necesidad de regular la calidad antes no implementada, se propuso un Índice de Calidad de Agua del Perú.

En la ciudad de Tarapoto y distrito de Morales, el río Cumbaza atraviesa las localidades indicadas, el cual es muy utilizado por la población para diversos fines, los cuales están afectando su calidad; el descuido de las autoridades está ocasionando la pérdida de su estado frente a las actividades antropogénicas. En la microcuenca del río Cumbaza, se encuentran las fuentes hídricas más importantes para las ciudades a las que da servicio la EMAPA San Martín: Tarapoto y Lamas. La microcuenca del río Cumbaza, está ubicada en la región San Martín, provincias San Martín y Lamas.

Actualmente, el área de las cuencas de las captaciones de la EPS, es habitada principalmente por poseionarios que han llegado a ocupar esta tierra como consecuencia de la migración. Dichos poseionarios han formado Asociaciones, y aquellas que se encuentran en la cabecera de la margen izquierda del río Cumbaza (en el ACR Cordillera Escalera) son: Asociación Alto Ahuashiyacu, Asociación Cerro Verde, Asociación Flora

y Fauna, Asociación Huacamaillo, Asociación Huayrapurina, Asociación Juliampampa, Asociación Los Olivos, Asociación Productores Maronapamapa, Asociación Takiwasi, Asociación Urahuasha, Asociación Yuracyacu.

Debido a que no cuenta con análisis previos, se muestra oportuno realizar un aporte académico; con la formulación del siguiente problema: ¿Cuál es el ICA PE del agua del río Cumbaza para fuente de abastecimiento de agua potable Tarapoto, 2019?

El objetivo principal de esta investigación fué determinar el ICA-PE del agua del río Cumbaza para fuente de abastecimiento de agua potable. Tarapoto, 2019. Planteándose cumplir con los objetivos específicos, evaluar los parámetros de calidad físicos, químicos y biológicos de las aguas del río Cumbaza, antes de su captación, recolectar datos de parámetros físicos, químicos y biológicos en el punto de captación de agua, calcular el índice de calidad del agua ICA-PE en el río Cumbaza; según las estaciones de muestreo.

El agua, es un elemento vital para el desarrollo de la vida en la tierra, sin embargo, las actividades antrópicas impactan de forma negativa la calidad de los recursos hídricos, por ende, la investigación tiene como hipótesis principal: la determinación del ICA-PE influye para el uso como fuente de abastecimiento de agua potable; en donde la variable independiente: determinación del índice del ICA-PE del río Cumbaza; la variable dependiente: uso como fuente de abastecimiento de agua potable y la variable interviniente: factores climáticos: lluvias y sequías.

En la microcuenca del río Cumbaza, se encuentran las fuentes hídricas más importantes para las ciudades a las que da servicio la EMAPA San Martín: Tarapoto y Lamas. La microcuenca del río Cumbaza está ubicada en la región San Martín, provincias San Martín y Lamas (CONDENSAN, 2014).

La Autoridad Nacional del Agua (ANA), informó de una alta presencia de coliformes fecales en los cuerpos de agua superficial que recorren la ciudad de Tarapoto (San Martín), a través de los ríos Shilcayo y Cumbaza, que superan los estándares de calidad ambiental del agua.



Las microcuencas, por sus características propias fueron zonas ricas en recursos naturales y que en la actualidad dichos recursos se ven escasos, debido al asentamiento de pobladores en las cabeceras de las fuentes de aguas, que tienden a talar los bosques para convertirlos principalmente en chacras con plantaciones de café y terrenos para pastos, según su criterio empírico. Pero lo que se vislumbra de continuar este proceso es la pérdida total de la biodiversidad biológica, erosión, desertificación, empobrecimiento de los suelos, disminución y contaminación del recurso hídrico y la degradación del medio ambiente en detrimento de la población. Asimismo, en las zonas hay la presencia de desarrollo de asentamientos humanos, quienes están vertiendo desechos provenientes de la actividad doméstica, con lo que se está deteriorando las aguas de la cuenca.

Entre las recomendaciones que plantea la ANA a las autoridades locales se encuentra la construcción de plantas de tratamiento para aguas residuales municipales, que en la actualidad son vertidas de manera directa a los cuerpos hídricos.

Antes esta situación, es necesario diseñar una herramienta que permita resumir y promediar la calidad del agua y expresar los resultados de manera simplificada facilitando su manejo, interpretación y comparación por parte de los especialistas de calidad de agua, actores vinculados con la gestión y administración de los recursos hídricos y el público en general.

Asimismo, brindar la información oportuna a la población, quién es el público de interés y el tener conocimiento del estado de la calidad del agua, que permita conocer mediante una herramienta que se visualice, interprete y comprenda, y así ellos mismo mediante los índices de calidad puedan tener mejor referencia de la situación de la zona de interés.

La presente investigación está dividida en tres capítulos, en los cuales se va describiendo desde la base teórica y todo lo relacionado a las variables de estudio en la investigación, dentro de lo que se plantea la operacionalización de las variables, las cuales además cuentan con la descripción de los materiales y métodos utilizados en el capítulo II, para continuar con la tabulación y descripción de resultados en el último capítulo, llegando a determinar el índice de calidad de agua del río Cumbaza.

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. Antecedentes de la investigación

**Salcedo et. al (2018)**, en la investigación titulada: “Aplicación del índice de calidad del agua (WQI-NSF) en lagunas metropolitanas y rurales”, el intérprete analizo en seis lagunas en la zona metropolitana de Villahermosa (ZM) y rural (ZR) aledaña durante flujo bajo y alto en la planicie del Río Grijalva. Salcedo obtuvo los siguientes resultados. En la ZM, las dos lagunas registraron calidad media del agua en ambas condiciones de flujo. En la ZR, la calidad del agua en las cuatro lagunas varió de buena a mala y mantuvieron mejor calidad del agua durante el flujo alto que en el bajo. Los coliformes fecales (CF) y el fósforo total (PT-PO4) afectaron negativa y frecuentemente la calificación del WQI-NSF y superaron los lineamientos de la calidad de uso del agua como de abastecimiento para público urbano, lo que evidencia su potencial riesgo a la salud.

**Casilla (2014)**, en la investigación titulada: “Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suchez”. Casilla abarcó alrededor de 35 km de tramo en el río Suchez a partir de su desembocadura, con un rango altitudinal entre los 3 904 y 3 844 m.s.n.m. Caracterizo los cuerpos de agua en función a su contenido de sólidos suspendidos, conductividad eléctrica, iones mayores (sulfatos, sodio, potasio, calcio y magnesio) y pH. En las aguas del río Suchez encontró que los sólidos suspendidos son bajos (< a 5 mg/l), con tendencia a incrementar a medida que hay menos pendiente, en la desembocadura; sin embargo, los sólidos totales alcanzan los valores más elevados en relación a otras zonas del sector 240 mg/l. El anión más importante son los sulfatos (32.0-24.0 mg/l) y el calcio es el catión predominante (24.0-16.0 mg/l), otros iones cuantificados fueron sodio (6.4-6.9 mg/l) y magnesio (5.1-3.4 mg/l), el resultado que obtuvo del mercurio fue desfavorables para la salud.

**Villa (2011)**, en la investigación titulada: "Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi". Lo que propuso fue tratamiento y control de la contaminación, evaluó la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi. El resultado obtenido por Villa fue a partir de este análisis indican un ICA global del río desde el punto

1 al 5 de 67,44 a 73,79, lo que significa que el río tiene una calidad aceptable para los diferentes usos del agua. En el sexto punto de muestreo, posterior a su unión con el río Zamora, se obtuvo un ICA de 70,90 lo que clasifica a esta zona como de calidad aceptable.

**Pavón & Rocha (2015)**, en la investigación titulada: “Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando indicadores biológicos en la subcuenca del Río La Trinidad, Diriamba, Carazo, en el año hidrológico 2010-2011”. Pavon y Rocha evaluaron la calidad del agua superficial; obteniendo los siguientes resultados, la relación entre DBO5/DQO, en la parte alta 0.01 mg/l, en la parte media 0.14 mg/l y en la baja 0.02 mg/l. Concluyéndose que los métodos biológicos y físico-químicos son complementarios en los procesos de evaluación de la calidad de las aguas. La abundancia de algunas familias está relacionada con las variables físico-químicas y microbiológicas.

**Mendoza (2018)**, en la investigación titulada: “Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial en el centro poblado de Sacsamarca, Región Ayacucho, Perú”, los parámetros medidos en campo fueron temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y pH; en laboratorio Mendoza analizo demanda química de oxígeno, sólidos totales, fosfatos, nitratos, sulfatos, y metales totales (arsénico, cadmio, calcio, cobre, hierro, magnesio, mercurio, plomo, potasio, sodio y zinc). Obtuvo como resultado que todos los parámetros estudiados no sobrepasan los límites correspondientes establecidos, con excepción de fosfatos (1,51 ppm) en el puquial, y arsénico (0,13 ppm) en el río Caracha. El resultado de este marco resulta en ausencia de vigilancia de las aguas superficiales y la falta de coordinación con instancias institucionales superiores para revertir los altos niveles de arsénico en el río Caracha.

**Cabrera (2017)**, en la investigación titulada: “Evaluación microbiológica del agua superficial del río Cumbaza para uso recreacional en los sectores Cancún y Bocatoma, distrito de Morales”, Cabrera a realizado la evaluación microbiológica del agua, en la cual los resultados se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (D.S. N°004-2017-MINAM), donde se obtuvo que el segundo punto, sector Cancún los parámetros evaluados sobrepasaron los estándares de calidad ambiental, debido entre otros factores, al manejo inadecuado de las aguas residuales y excretas de las localidades que se encuentran en la parte alta de la cuenca.

**Ayala (2018)**, en la investigación titulada: “Uso del territorio y la calidad de agua en las microcuencas Rumiya y Mishquiya para una gestión eficiente de los recursos hídricos, Moyobamba 2016”, Ayala determino que se encuentran dentro de la categoría “regular”, siendo la turbidez y coliformes fecales los que influyeron negativamente en el comportamiento del ICA, de los 9 parámetros analizados, los que influyeron negativamente en la determinación de la calidad fueron: los coliformes termo tolerantes, que alcanzo 540 NMP/100ml, la turbidez 27,97 NTU y según la calificación de referencia del ICA, esta agua puede ser utilizada para uso agrícola.

## **1.2. Bases teóricas**

### **1.2.1. Índice de calidad ambiental del agua**

El índice de calidad de agua (ICA), es una herramienta que permite identificar la calidad de agua de un cuerpo superficial o subterráneo en un tiempo determinado. En general, el ICA incorpora datos de múltiples parámetros físicos, químicos y biológicos, en una ecuación matemática, mediante la cual se evalúa el estado de un cuerpo de agua (Yogendra & Puttaiah, 2008). Por medio del ICA se puede realizar un análisis general de la calidad del agua en diferentes niveles, y determinar la vulnerabilidad del cuerpo frente a amenazas potenciales (Soni & Thomas, 2014).

Los indicadores de calidad de agua se pueden clasificar de diversas maneras:

Según el parámetro usado, pueden ser:

**Físico-químicos:** se basan en parámetros físicos o químicos del agua como pueden ser el pH, los sólidos en suspensión, la temperatura, la DBO5, etc. o en un conjunto de los mismos (iagua, 2016)

**Biológicos:** es un organismo que con su presencia informa del estado de salud del medio acuático en el cual se desarrolla su ciclo biológico. Organismos usados como indicadores biológicos de calidad de aguas son los siguientes: macroinvertebrados, peces, diatomeas, organismos patógenos, etc (iagua, 2016)

**Hidromorfológicos:** evalúan, por un lado, la diferencia entre las características hidrológicas y geomorfológicas actuales de los ríos, y por el otro, las características que tendrían los ríos en ausencia de alteraciones humanas, para garantizar el buen funcionamiento del ecosistema fluvial (Iagua, 2016)

Los índices pueden generarse utilizando ciertos elementos básicos en función de los usos del agua, el “ICA”, define la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que este pueda tener. Estos Índices son llamados de “Usos Específicos”.

El Índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión modificada del “WQI” que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que, en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creó y diseñó un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: Índice de Calidad del Agua (ICA). (SNET, 2010).

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de comparar lo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no (SNET, 2010).

La Autoridad Nacional del Agua (ANA), en el marco de sus funciones establecidas en la Ley N° 29338, presenta la “Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú (ICA-PE)”, como una herramienta que tiene como principal finalidad la valoración simplificada de la calidad del agua, y que contribuirá al mejor entendimiento de la gestión de calidad de los recursos hídricos.

Los índices de calidad de agua (ICA), constituyen herramientas matemáticas que integran información de varios parámetros, permitiendo transformar grandes cantidades de datos en una escala única de medición de calidad del agua. De acuerdo con la Organización de Cooperación de Desarrollo Económico (OECD, por sus siglas en inglés), los indicadores ambientales tienen dos funciones principales:

1. Reducen el número de mediciones y los parámetros que normalmente se requieran para hacer una representación exacta de una situación y

2. Simplifican el proceso de comunicación de los resultados de la medición por su elaboración metodológica, la propuesta del ICA seleccionado de la evaluación de diferentes indicadores aplicado en otros países, es adoptado porque nos permite adaptar todo lo que requiere para su determinación y cálculo, como la información base necesaria (resultados de los monitoreos), la clasificación de los cuerpos de agua (la categoría a ser evaluada según normativa) y los ECA Agua, que como Autoridad competente en materia de agua en nuestro país se tiene: la base de datos, herramientas y normativas, sin la necesidad de requerir alguna referencia de otros país (ANA, 2018).

Este ICA será denominado ICA-PE, en el desarrollo del procedimiento y aplicación.

### **1.2.2. Criterios de selección de datos de calidad de agua**

Descripción de los parámetros de calidad de agua: Oxígeno Disuelto; Demanda Química de Oxígeno (DQO); Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>); Coliformes Termotolerantes (Fecales); Huevos y Larvas de Helminths; pH

Oxígeno Disuelto: Es un parámetro importante para evaluar la calidad del agua superficial, su presencia en el agua se debe al aporte del oxígeno de la atmosfera y de la actividad biológica (fotosíntesis) en la masa de agua.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): La DQO se usa como una medida del oxígeno equivalente del contenido de materia orgánica. Es una variable importante que puede medirse rápidamente para determinar la contaminación de los cuerpos naturales de agua superficiales por las aguas servidas, desechos industriales de tipo orgánico y efluentes de plantas de tratamientos de aguas residuales domésticos e industrial con alto contenido de materia orgánica.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>): La DBO<sub>5</sub> es un parámetro relacionado como aporte de la materia orgánica, mide la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para oxidar, degradar o estabilizar la materia orgánica en condiciones aeróbicas, su determinación es en base a la oxidación natural de degradación.

Coliformes Termotolerantes (Fecales): La presencia de este parámetro en los cuerpos de agua superficial se debe a la contaminación fecal, cuyo origen pueden ser por los vertidos domésticos sin tratamiento a los cuerpos receptores (ríos, quebradas) y otros de los

factores, es por la inadecuada disposición de residuos sólidos que se depositan en los cauces de los ríos. Huevos y Larvas de Helmintos: Los helmintos hacen referencia a todos los tipos de gusanos, tanto los parasitarios como los no parasitarios. Los helmintos parásitos infectan a numerosas personas y animales. Este parásito está asociado a las aguas residuales domésticas sin tratamiento, su vía de infección es por el consumo de agua contaminada.

pH: El pH en las cuencas hidrográficas donde escurren aguas naturales sin actividad antrópica, en cierta forma está determinado por la geología de la cuenca y se rige por los equilibrios dióxido de carbono-bicarbonato-carbonato. El pH en la mayoría de las aguas varía entre 6,5 a 8,5 (turbulencia y aireación).

Parámetros a evaluar en el ICA-PE

Se han identificado los parámetros de evaluación por cada ECA- Agua, según la “Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales y Marino Costeros”, seleccionados para su evaluación en la aplicación de la metodología ICA-PE.

**Tabla 1**

*Parámetros de la Categoría 1-A2*

<b>Categoría 1-A2</b>		
<b>Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional</b>		
<b>N°</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>
01	Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L
02	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L
03	Arsénico	mg/L
04	Cadmio	mg/L
05	Cobre	mg/L
06	Cromo Total	mg/L
07	Hierro	mg/L
08	Manganeso	mg/L
09	Plomo	mg/L
10	Mercurio	mg/L
11	Zinc	mg/L
12	Potencial de Hidrógeno (pH)	Unid. de pH
13	Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml

Fuente: Autoridad Nacional del Agua ANA (2018).

### 1.2.3. Descripción del método para determinar el ICA-PE

1. Definición de la zona de estudio
2. Información base necesaria
3. Cálculo del índice de calidad de agua (ICA-PE)

Para la determinación del índice de calidad de agua se aplica la fórmula canadiense, que comprende tres factores (alcance, frecuencia y amplitud), lo que resulta del cálculo matemático un valor único (entre 0 y 100), que va representar y describir el estado de la calidad del agua de un punto de monitoreo, un curso de agua, un río o cuenca.

Para el desarrollo del cálculo del índice de calidad del agua, se empleó una aplicación en Microsoft Excel (Hoja de Cálculo), un macro donde se introdujo los Datos y las fórmulas matemáticas para la obtención de los factores (F1, F2 y F3) y asimismo el valor del índice de calidad de agua, CCMEWQI, es calculado y como resultado, el valor del índice se presenta como un número adimensional comprendido entre 1- 100, el cual permite establecer escalas en cinco rangos, que son niveles de sensibilidad que expresan y califican el estado de la calidad del agua, como Mala, Regular, Favorable, Buena y Excelente (ANA, 2018).

**Tabla 2**

*Interpretación de la Calificación ICA*

CCME_WQI	Calificación	Interpretación
95- 100	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
80- 94	Buena	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
65- 79	Favorable	La calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
45- 64	Regular	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Mucho de los usos necesitan tratamiento.
0- 44	Mala	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua ANA (2018).



#### **1.2.4. Calidad del agua**

La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana (ONU, 2015).

Sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua (ONU, 2015).

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos (ONU, 2015).

#### **Estándares de calidad ambiental del agua**

En el año 2017, el MINAM a través del D.S N° 004-2017-MINAM, aprueba los Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen Disposiciones Complementarias, el objeto de este decreto es compilar las disposiciones aprobadas mediante el D.S N° 002-2008-MINAM, D.S N° 023-2009-MINAM y el D.S N° 015-2015-MINAM, que aprueban los ECA-Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente decreto supremo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA- Agua y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

El presente ECA- Agua, cuenta con 4 cuatro categorías y 17 subcategorías:

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales

Categoría 3: Riego de Vegetales y bebidas de animales

Categoría 4: Conservación del medio ambiente acuático

### 2.2.5. Proceso de potabilización del agua

El agua potable es un bien vital escaso. Se estima que tan solo el 0,4 % del agua del planeta es apta para el consumo humano. Por eso, es fundamental invertir en la potabilización del agua, para asegurar que todo el mundo tenga acceso a este recurso vital. La potabilización del agua es el proceso por el cual se trata el agua para que pueda ser consumida por el ser humano sin que presente un riesgo para su salud. Se refiere tanto para beber como para preparar alimentos. La potabilización consiste principalmente en eliminar sustancias que resultan tóxicas para las personas, como el cromo, el plomo o el zinc, así como algas, arenas o las bacterias y virus que pueden estar presentes en el agua. En definitiva, eliminar cualquier potencial riesgo para la salud de las personas (Acciona, 2020).

Desinfección química:

Cuando hervir el agua no es posible, la desinfección química es otro método para hacer medianamente segura el agua para beber, aunque algunos microorganismos podrían resistir este método (*p.e: Cryptosporidium, Cyclospora, Toxoplasma...*). Los desinfectantes químicos más utilizados en tratamiento de agua para viajeros son los denominados Halógenos, concretamente el Yodo y el Cloro (AMSE, 2020).

Si el agua está turbia, es importante filtrarla previamente (hacerla pasar a través de un paño/gasa limpia hacia un recipiente) para eliminar cualquier sedimento o materia flotante. Después se tratará el agua con el yodo/cloro. Si el agua está fría también disminuye la eficacia de estos productos, por lo que en lo posible debe utilizarse agua  $>25^{\circ}$  (AMSE, 2020).

Ambos confieren sabor al agua tratada. Para mejorar el sabor tras el tratamiento del agua con halógenos se puede:

Reducir la concentración y aumentar el tiempo de contacto proporcionalmente.

Pasar el agua, tras el tiempo de contacto necesario, a través de un filtro que contenga carbón activo (que en el caso de usar yodo también es útil para quitar el exceso del mismo) (AMSE, 2020).

Yodo:

El uso del yodo es preferible al del cloro, pues presenta tres ventajas: a) es más fácil de manejar b) se inactiva menos que el cloro por sustancias orgánicas, c) protege contra

protozoos y sus formas quísticas, lo que lo hace especialmente útil en regiones tropicales (AMSE, 2020).

Cloro:

El cloro en diversas formas también se utiliza para la desinfección química. No es tan fiable como el yodo para matar los organismos causantes de enfermedades, sobre todo cuando existe turbidez en el agua a tratar. Pero puede resultar útil, sobre todo en combinación con otros métodos (filtración, calor...). Tiene la ventaja de ser barata y fácil de encontrar, en forma de hipoclorito sódico (lejía), en cualquier lugar del mundo (AMSE, 2020).

Etapas de potabilización del agua mediante tratamiento convencional

Para conseguir que el agua sea potable, debe pasar por una planta de potabilización, donde se le quitan las impurezas y se destruyen los microorganismos que lleve. A este proceso de conversión de agua común en agua potable se le denomina potabilización (ANA, 2018).

Etapas: Entrada o Captación del Agua cruda, Conducción, Coagulación floculación, Sedimentación, Filtración, Desinfección – Cloración

Entrada o Captación del Agua cruda

La captación de aguas superficiales se realiza por medio de tomas de agua que se hacen en los ríos o diques (Vargas, 2004). El agua proveniente de ríos está expuesta a la incorporación de materiales y microorganismos, requiriendo un proceso más complejo para su tratamiento. La turbiedad, el contenido mineral y el grado de contaminación varían según la época del año (Vargas, 2004).

Conducción:

Se realiza por medio de tuberías de asbesto de cemento, desde la zona de captación del agua hasta el lugar en donde se encuentran los sedimentadores, el agua se conduce por medio de acueductos o canales abiertos (Vargas, 2004).

Coagulación floculación:

La coagulación y floculación, causan un incremento de tamaño del floculo y su rápida aglomeración, disminuyendo así el tiempo de sedimentación de las partículas. Para realizar este tipo de procesos se adicionan sales químicas en su mayoría cargadas positivamente

(sales de aluminio, sales de hierro o polielectrolitos), que desplazan los iones negativos y reducen efectivamente el tamaño de carga (Romero, 2007).

#### Sedimentación

La sedimentación, es el proceso por el cual las partículas más pesadas del agua que se encuentran en su seno en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad. El agua que contiene materia particulada, fluye con lentitud a través de un tanque de sedimentación y de esta manera se retiene el tiempo suficiente para que las partículas más grandes se asienten en el fondo antes que el agua clarificada salga del estanque por un vertedero en el extremo de salida (Pérez, 2005).

#### Filtración

La obtención de agua clara y transparente, con la máxima garantía por lo que se refiere a la posible transmisión de enfermedades requiere el empleo de un filtro. La filtración ayuda, además, a la eliminación del hierro y manganeso, del color, de los gustos y de los olores (Romero, 2007).

#### Desinfección - Cloración

La desinfección del agua consiste en la exterminación de las bacterias patógenas que pueda contener. En el proceso, se destruirán también los colibacilos y se reducirá considerablemente la cantidad de otras bacterias (Romero, 2007).

#### **2.2.6. Río Cumbaza**

La microcuenca del río Cumbaza, cubre una extensión de 57 120 hectáreas y está conformada por tributarios como el Cachiyacu, Shilcayo, Ahuashiyacu y Pucayacu en su margen izquierda, y por el Chupishiña en su margen derecha (Comité de gestión de la microcuenca del Cumbaza, 2020).

La microcuenca del río Cumbaza, posee una superficie aproximada de 57 120 has. Esta red hidrológica está constituida por el río Cumbaza como eje principal. El relieve y las características de las rocas y materiales sedimentarios que se encuentran en esta zona, son producto de diversos procesos geológicos originados por la cordillera sub andina (Comité de gestión de la microcuenca del Cumbaza, 2020).

El espacio físico se caracteriza por presentar un relieve predominante de laderas de montañas con diversos grados de pendiente que rodean una pequeña zona plana (es el fondo del valle) que es muy estrecho en la parte alta y media y más amplia en la parte baja, cerca al río Mayo (Comité de gestión de la microcuenca del Cumbaza, 2020).

La altitud varía entre 200 a 1800 metros sobre el nivel del mar, cuyas características fisiográficas condicionan el uso de la tierra.

Por la presencia de material calcáreo, los suelos en el fondo del valle poseen mayor fertilidad natural y es la que soporta gran parte de los cultivos de corto periodo vegetativo, siendo una limitación el déficit de agua, por lo que se requiere de riego suplementario. En las laderas con pendientes moderadas los suelos son moderadamente profundos, más ácidos y de menor fertilidad natural (Comité de gestión de la microcuenca del Cumbaza, 2020).

Una parte significativa de la microcuenca del Cumbaza, especialmente en la parte menos montañosa, el clima corresponde a la zona de vida de bosque seco tropical, con un promedio de 26°C y de precipitación de 1232mm. En cambio, en la zona montañosa la precipitación se incrementa significativamente, correspondiendo a la zona de vida bosque húmedo premontano tropical (Comité de gestión de la microcuenca del Cumbaza, 2020).

En la microcuenca predomina la vegetación de bosque seco, muy fragmentada, distribuidas en pequeñas áreas y a manera de oasis, especialmente en las partes más planas y laderas con menor pendiente.

En cambio, la vegetación de bosque húmedo, que ocupa menos del 15% de la superficie se localiza en las laderas de mayor pendiente, especialmente dentro del Área de Conservación Cordillera Escalera (Comité de gestión de la microcuenca del Cumbaza, 2020).

### **1.3 Definición de términos básicos**

Agua tratada: Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano (Reglamento de agua para consumo humano, DS 031- 2010 SA).

Agua de consumo humano: Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal (Reglamento de agua para consumo humano, DS 031- 2010 SA).

Calidad de agua: Características físicas, químicas, y bacteriológicas del agua que la hacen aptas para el consumo humano, sin implicancias para la salud, incluyendo apariencia, gusto y olor (RNE, 2016).

Parámetros microbiológicos: Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano (Reglamento de agua para consumo humano, DS 031- 2010 SA).

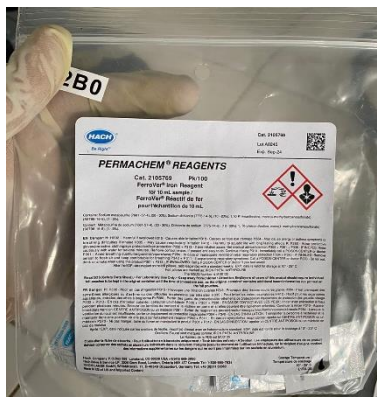
Parámetros organolépticos: Son los parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos cuya presencia en el agua para consumo humano pueden ser percibidos por el consumidor a través de su percepción sensorial (Reglamento de agua para consumo humano, DS 031- 2010 SA).

Parámetros inorgánicos: Son los compuestos formados por distintos elementos pero que no poseen enlaces carbono-hidrógeno analizados en el agua de consumo humano (Reglamento de agua para consumo humano, DS 031- 2010 SA).

Toma de agua: Dispositivo o conjunto de dispositivos destinados a desviar el agua desde una fuente hasta los demás órganos constitutivos de una captación (RNE, 2016).

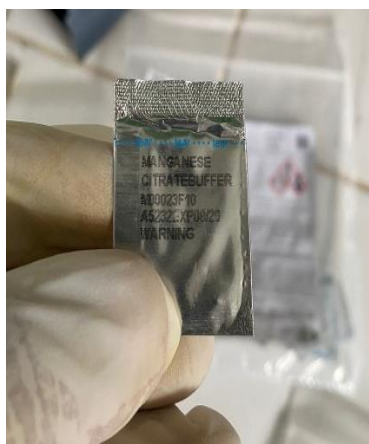


Reactivo que se utilizó con el equipo DR900 para medir nitratos, llamado FerroVer, como se ve en la imagen:



**Figura 2.** Reactivo FerroVer

Reactivo que se utilizó con el equipo DR900 para medir nitratos, llamado Manganese, como se ve en la imagen:



**Figura 3.** Manganese Manganese

### **Equipos:**

Analizador de oxígeno disuelto PCE-PHD 1- Medidor de Oxígeno Disuelto

El analizador de oxígeno disuelto portátil sirve para el control en el agua de los valores del pH, conductividad, oxígeno y es así también muy apropiado para la medición de la temperatura. Una calibración a 3 puntos del analizador de oxígeno disuelto, así como una compensación de temperatura automática garantizan que este analizador de oxígeno disuelto tiene una gran precisión también con temperaturas a medir muy



variables. El analizador de oxígeno disuelto se entrega con sonda de pH y de conductividad incluidas.

#### Medidor de DBO HI 98193

El HI98193 es un medidor robusto, portable de Oxígeno Disuelto (OD) diseñado para aplicaciones demandantes. Este medidor profesional, a prueba de agua cumple con estándar IP67, mediciones de OD, Presión barométrica, DBO y Temperatura. El HI98193 es suministrado con todos los accesorios para realizar mediciones de OD y empacado en una maleta portable resistente (Hanna Instruments SAS, 2017).

Para mediciones de OD el HI98193 viene con la sonda polarografica de oxígeno disuelto HI764073. Esta sonda utiliza una tapa membrana preformada de PTFE que es reemplazable en terreno. Esta sonda se conecta al medidor con un conector DIN único a prueba de agua, permitiendo una conexión segura sin un conector rosca que también es fácil de retirar (Hanna Instruments SAS, 2017).

El medidor portátil de OD HI98193 tiene un rango extendido de hasta 50 ppm y 600% de saturación. Cuando se está midiendo oxígeno disuelto, la compensación de presión, temperatura y salinidad son esenciales para una lectura precisa (Hanna Instruments SAS, 2017).



**Figura 4.** Medidor portátil de OD HI98193

#### Colorímetro DR 900

El DR900 portátil permite un rápido y fácil acceso a los métodos de análisis más utilizados. Este colorímetro es resistente al agua y al polvo, además de ofrecer durabilidad sobre el terreno. Con una interfaz de usuario intuitiva, capacidades para una cómoda transferencia de datos y capacidad de análisis de hasta 90 de los métodos

de análisis de agua utilizados con mayor frecuencia, el DR900 hace que los análisis de agua en entornos difíciles sean un poco menos complejos (Hach, 2020).



*Figura 5.* Colorímetro DR 900

#### Termómetro digital

El termómetro resistente al agua mide la temperatura en el rango de  $-49.9$  a  $199.9$  ° C con una resolución de  $0.1$  ° C / ° F y presenta tres botones fáciles de usar, máx / min, ° C / ° F y encendido / apagado. Cada termómetro se suministra con una cubierta de sonda con un clip de bolsillo (ComercioCG, 2020).

#### pHmetro - pHTestr 20

El modelo del pHTestr 20 del metro de pH de Digital, manufacturado por Eutech Instruments, características que una pantalla de visualización grande con la exhibición dual LCD diseñó para la legibilidad realzada y proporcionar la información comprensiva del metro. Este metro se configura en un impermeable y saca el polvo de diseño del recinto de la prueba, y construido con la clase de la protección IP67. Mantiene la integridad de un probador incluso en condiciones hostiles de usos (Directindustry, 2020).



*Figura 6.* pHTestr 20

## DIST – Medidor de Sólidos totales disueltos

Sirve para poder saber muestra de las lecturas de temperatura y TDS simultáneamente, Un sensor de temperatura expuesto permite mediciones automáticas rápidas de temperatura compensada de TDS. La temperatura se puede configurar para mostrar en °C o °F.



*Figura 7.* Medidor de TDS

## 2.2. Métodos

### Ubicación

- Se realizó el reconocimiento del entorno y ubicación de los puntos de monitoreo aguas arriba y aguas abajo, ubicación de los lugares más apropiados para la toma de puntos.

### Georreferenciación

- Georreferenciación: Registro de las coordenadas UTM, en el sistema WGS84, teniendo en cuenta la referencia para su ubicación posterior (puente, roca grande, árbol, kilometraje vial, localidad, etc.).

Se realizó la georreferenciación (GPS), en coordenadas UTM, del lugar en estudio (río Cumbaza), la misma que tendrá tres puntos de monitoreo, ubicados uno después de otro, conforme se observan dispuestos en el lugar de aprovechamiento y captación (ver anexo 02: ubicación de ruta de muestreo).

Punto 01, Punto 02 y Punto 03.

**Tabla 3***Ubicación de los puntos de muestreo*

<b>Puntos de Muestreo</b>	<b>Coordenadas</b>		<b>Altitud</b>	<b>Fecha</b>
<b>CODIGO</b>	X	Y	msnm	<b>Muestreo (laboratorio)</b>
<b>P1</b>	347321.96	9284353.74	285	<b>21.01.20</b>
<b>P2</b>	347768.41	9284561.53	297	<b>09.03.20</b>
<b>P3</b>	<b>348031.35</b>	<b>9284608.90</b>	<b>298</b>	<b>20.03.20</b>

Fuente: Elaboración propia

**Selección de los puntos de monitoreo**

Para la selección de los puntos de monitoreo y la evaluación del índice de calidad, se procedió a la selección de puntos estratégicos; que abarcan el río Cumbaza

**Toma de muestras**

La toma de muestras se realizó conforme a la metodología estipulada en “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” (ANA, 2016), tomando en cuenta lo siguiente:

Las muestras para análisis de temperatura, pH, oxígeno disuelto, caudal; se realizaron insitu.

Los análisis de hierro manganeso, nitratos y demanda bioquímica de oxígeno, se realizaron en el laboratorio de Ingeniería Sanitaria, de la Facultad de Ecología.

Los análisis de coliformes termotolerantes, se realizaron en el Laboratorio Referencial Regional de Salud Pública San Martín (ver anexo 03), se recopiló datos obtenidos de informes de monitoreo del ANA 2018 y 2019 (ver anexo 05).

- El muestreo se realizó de manera directa en muestras puntuales, que represente la composición del cuerpo de agua original en un lugar, tiempo y circunstancia en la que fue recolectada la muestra.

- Se utilizó frascos de plásticos o vidrio de boca ancha, limpio o de primer uso, el volumen requerido dependió del parámetro a analizar, considerando las instrucciones generales de preservación, etiquetado, embalaje y transporte de la muestra.
- Desinfección de los frascos para el muestreo.
- Se rotuló los frascos, con de tinta indeleble y cubrió la etiqueta con cinta adhesiva transparente.
- Las muestras de agua recolectadas, preservadas y rotuladas, se colocaron en un cooler con refrigerante (ice pack), de tal manera que se aseguró su llegada al laboratorio en condiciones de conservación. Asimismo, se debe evitó roturas en el caso de frascos de vidrio.
- Se tomó vistas fotográficas del punto de monitoreo (ver anexo 06).
- Para la determinación de la Calidad del Agua; se utilizó la información de los monitoreos, en la zona, proporcionados por la Autoridad Nacional Ambiental; durante el mes de noviembre 2018 y 2019.

### **Análisis de muestras**

Los análisis de hierro manganeso, nitratos y demanda bioquímica de oxígeno, se realizaron en el laboratorio de Ingeniería Sanitaria, de la Facultad de Ecología (Ver anexo 04) (Ver tabla 4,5,6), de la siguiente forma:

#### **Análisis de hierro:**

Para el análisis del parámetro hierro se procedió con el vaciado de la muestra de agua tomada anteriormente y llenar los frascos del equipo DR900 y se colocará el reactivo para este parámetro FerroVer y se esperan cuatro minutos, luego se colocan en el equipo para su medición.

#### **Análisis de manganeso:**

Para el análisis del parámetro manganeso se procedió con el vaciado de la muestra de agua tomada anteriormente y llenar los frascos del equipo DR900 y se colocará el

reactivo para este parámetro Manganese y se esperan cinco minutos, luego se colocan en el equipo para su medición.

#### **Análisis de nitratos:**

Para el análisis del parámetro nitrato se procedió con el vaciado de la muestra de agua tomada anteriormente y llenar los frascos del equipo DR900 y se colocará el reactivo para este parámetro NitraVer y se esperan cinco minutos, luego se colocan en el equipo para su medición.

#### **Análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno:**

Se procederá con el encendido del equipo HI98193, luego se colocaron las muestras en los vasos graduados y se colocó el sensor dentro de la muestra de agua hasta esperar el resultado, luego se colocó la muestra dentro de los frascos winkler y se colocó los nutrientes para ubicar dentro de la incubadora a 20 °C por cinco días, luego de esos días se procedió nuevamente a la medición de oxígeno con el apoyo del equipo y finalmente se obtuvo el resultado.

#### **Análisis ICA - PE**

El mismo que se realizó siguiendo los procedimientos estipulados en “Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú (ICA-PE)” (ANA, 2018).

Para la determinación del ICA de un punto de monitoreo, un curso de agua, un río o cuenca; es necesario contar con la data suficiente. Información que proviene de las actividades que realiza la ANA en el marco del control y la vigilancia de los recursos hídricos.

#### **Cálculo del Índice de la Calidad del Agua**

Para la determinación del índice de calidad del agua, se aplica la formula canadiense, que comprende tres factores (alcance, frecuencia y amplitud), lo que resulta del cálculo matemático un valor único (entre 0 y 100), que va representar y describir el estado de la calidad del agua de un punto de monitoreo, un curso de agua, un río o cuenca.

- F1 - Alcance: representa la cantidad de parámetros de calidad que no cumplen los valores establecidos en la normativa, Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA- Agua) vigente, respecto al total de parámetros a evaluar.

$$F1 = [ (\text{Numero de parámetros que no cumplen los ECA agua}) / (\text{Numero Total de parámetros a evaluar}) ] * 100$$

F2 - Frecuencia: representa la cantidad de datos que no cumplen la normativa ambiental (ECA- Agua) respecto al total de datos de los parámetros a evaluar (datos que corresponden a los resultados de un mínimo de 4 monitoreos).

$$F2 = [ (\text{Numero de parámetros que no cumplen el ECA- Agua de los datos evaluados}) / (\text{Numero Total de datos evaluados}) ]$$

F3 - Amplitud: es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la suma normalizada de excedentes, es decir los excesos de todos los datos respecto al número total de datos.

$$F3 = [ (\text{Suma normalizada de excedentes}) / (\text{Suma normalizada de excedentes} + 1) ] * 100$$

En donde, la Suma Normalizada de Excedentes (nse):

$$nse = \text{Suma Normalizada de Excedentes} = \frac{\sum = 1 \text{Excedente}}{\text{Total de datos}}$$

Excedente, se da para cada parámetro, siendo el valor que representa la diferencia del valor ECA y el valor del dato respecto al valor del ECA - Agua.

Una vez obtenido los valores de los factores (F1, F2, y F3), se procede a realizar el Cálculo del Índice de Calidad de Agua: que es la diferencia de un rango de 0 a 100, siendo 100 el valor que representa un ICA de excelente calidad y 0 el valor que representa un ICA de mala calidad, la diferencia se realiza con el valor que viene dado por la raíz cuadrada del promedio de la suma de cuadrados de los tres (03) factores, F1, F2 y F3, se expresa en la siguiente ecuación:

$$CCME_{WQI} = 100 - \left( \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}} \right)$$

**Datos secundarios:**

Las cuáles fueron obtenidas de las fuentes bibliográficas y lo textos citados alrededor de toda la investigación, para lo cual se utilizó:

“Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú (ICA-PE)” (ANA, 2018).

“Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” (ANA, 2016).



## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Parámetros físicos químicos y biológicos de las aguas del río Cumbaza

En la siguiente tabla se presentan los datos analizados en tres puntos cercanos a la captación del río Cumbaza:

**Tabla 4**

*Parámetros de la primera fecha de muestreo*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Punto 01</b>	<b>Punto 02</b>	<b>Punto 03</b>
pH	pH	7,5	7,76	7,83
Temperatura	°C	25	25,7	26
SDT	ppm	50	42	41,9
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	9536,2	17356,3	10765,3
Oxígeno disuelto	mg/L	5,6	6	5,4
Demanda Biológica de Oxígeno	mg/L	18	63	12
Hierro	mg/L	0,25	1,41	0,23
Manganeso	mg/L	0,008	0	0,003
Nitratos	mg/L	0	0,05	0

Fuente: Elaboración propia

Se analizaron nueve parámetros, en tres puntos de referencia en torno a la captación; según los monitoreos realizados el agua presenta elevados valores de coliformes y de hierro, superando lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental.

Se realizó un segundo muestreo a los tres puntos de monitoreo, en relación a la captación del río Cumbaza y cuyo punto de referencia está cercano al ejército en el distrito de Morales:

**Tabla 5***Parámetros de la segunda fecha de muestreo*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Punto 01</b>	<b>Punto 02</b>	<b>Punto 03</b>
pH	pH	8,88	7,22	7,31
Temperatura	°C	24	24,1	24,2
SDT	ppm	62	67	65
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	8675,2	17246,45	8568,3
Oxígeno disuelto	mg/L	6,4	4,8	5,6
Demanda Biológica de Oxígeno	mg/L	18	63	12
Hierro	mg/L	0,16	0,08	0,12
Manganeso	mg/L	0	0,001	0
Nitratos	mg/L	0	0,2	0,2

Fuente: Elaboración propia

El segundo monitoreo presenta valores de Coliformes termotolerantes, elevados; aunque presenta disminución de la concentración de hierro.

El tercer muestreo realizado antes, durante y después de la captación en el distrito de Morales, arrojaron los siguientes valores:

**Tabla 6***Parámetros de la tercera fecha de muestreo*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Punto 01</b>	<b>Punto 02</b>	<b>Punto 03</b>
pH	pH	8,5	7,35	7,89
Temperatura	°C	23	23,4	23,3
SDT	ppm	71	76	75
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	2200	17026,75	920
Oxígeno disuelto	mg/L	6,1	7,25	6,97
Demanda Biológica de Oxígeno	mg/L	15	58	24
Hierro	mg/L	0,12	0,04	0,01
Manganeso	mg/L	0	0,001	0,001
Nitratos	mg/L	0	0,3	0,2

Fuente: Elaboración propia

En el tercer muestreo también se analizaron nueve parámetros físicos, químicos y biológicos, en tres puntos de referencia en torno a la captación, en el distrito de Morales, el valor del pH más alto se registró en el punto 1, y la temperatura más elevada en este día se registró en el segundo punto, la cantidad de sólidos totales más

alta se registró en el punto 2, y la mayor cantidad de Coliformes termotolerantes se registró en el punto 2.

Se propuso analizar no se pudo desarrollar por Decreto Supremo 009-2021-SA, el gobierno dispuso la prórroga de la declaratoria de la emergencia sanitaria por la presencia de la COVID-19 en nuestro país, por un plazo de 180 días calendario contados a partir del 7 de marzo del 2020, suspendiendo toda actividad que se tenía programado. Solicitando que nos brinden información al ANA de los monitores en la zona.

### 3.2. Recolección de datos de parámetros físicos, químicos y biológicos en el punto de captación de agua.

En la siguiente tabla se muestra los primeros resultados del ensayo realizado en el punto de monitoreo:

**Tabla 7**

*Primer ensayo de parámetros físicos, químicos y biológicos*

Parámetros a evaluar		ECA - Cat1- A2	M1	Estado	
<b>Parámetros físicos y químicos</b>	pH	6, 8,5	8,754	No cumple	
	conductividad	uS/cm	1600	Cumple	
	fosforo	mg/L	0,15	0,071	Cumple
	DBO	mg/L	5	2,000	Cumple
<b>Parámetros inorgánicos</b>	Arsénico	mg/L	0,01	0,000	Cumple
	Cadmio	mg/L	0,005	0,000	Cumple
	Cobre	mg/L	2	0,001	Cumple
	Cromo	mg/L	0,05	0,000	Cumple
	Hierro	mg/L	1	0,187	Cumple
	Manganeso	mg/L	0,4	0,011	Cumple
	Mercurio	mg/L	0,002	0,000	Cumple
	Plomo	mg/L	0,05	0,000	Cumple
	Zinc	mg/L	5	0,010	Cumple
<b>Microbiológicos</b>	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	2000	460,000	Cumple

Fuente: Reporte ANA, 2018 y 2019

En la siguiente tabla se muestra los resultados del segundo ensayo realizado en el punto de monitoreo:

**Tabla 8***Segundo ensayo de parámetros físicos, químicos y biológicos*

Parámetros a evaluar			ECA - Cat1-A2		M2	Estado
Parámetros físicos y químicos	pH		6,5	8,5	7,642	Cumple
	conductividad	uS/cm	1600		80,460	Cumple
	fosforo	mg/L	0,15		0,062	Cumple
	DBO	mg/L	5		2,000	Cumple
Parámetros inorgánicos	Arsénico	mg/L	0,01		0,000	Cumple
	Cadmio	mg/L	0,005		0,000	Cumple
	Cobre	mg/L	2		0,002	Cumple
	Cromo	mg/L	0,05		0,002	Cumple
	Hierro	mg/L	1		0,144	Cumple
	Manganeso	mg/L	0,4		0,011	Cumple
	Mercurio	mg/L	0,002		0,000	Cumple
	Plomo	mg/L	0,05		0,000	Cumple
	Zinc	mg/L	5		0,010	Cumple
	Microbiológicos	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	2000		700,000

Fuente: Reporte ANA, 2018 y 2019

En la siguiente tabla se muestra los resultados para el tercer ensayo realizado en el punto de monitoreo:

**Tabla 9***Tercer ensayo de parámetros físicos, químicos y biológicos*

Parámetros a evaluar			ECA - Cat1-A2		M3	Estado
Parámetros físicos y químicos	pH		6,5	8,5	8,512	No cumple
	conductividad	uS/cm	1600		339,100	Cumple
	fosforo	mg/L	0,15		0,284	No cumple
	DBO	mg/L	5		2,000	Cumple
Parámetros inorgánicos	Arsénico	mg/L	0,01		0,001	Cumple
	Cadmio	mg/L	0,005		0,000	Cumple
	Cobre	mg/L	2		0,003	Cumple
	Cromo	mg/L	0,05		0,000	Cumple
	Hierro	mg/L	1		0,414	Cumple
	Manganeso	mg/L	0,4		0,091	Cumple
	Mercurio	mg/L	0,002		0,000	Cumple
	Plomo	mg/L	0,05		0,001	Cumple
	Zinc	mg/L	5		0,025	Cumple
	Microbiológicos	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	2000		700,000

Fuente: Reporte ANA, 2018 y 2019

En la siguiente tabla se mostrará los resultados para el cuarto ensayo realizado en el punto de monitoreo:

**Tabla 10**

*Cuarto ensayo de parámetros físicos, químicos y biológicos*

Parámetros a evaluar		ECA - Cat1- A2	M4	Estado	
Parámetros físicos y químicos	pH	6,5 8,5	7,400	cumple	
	conductividad	uS/cm	1600	62,240	cumple
	fósforo	mg/L	0,15	0,010	cumple
	DBO	mg/L	5	2,000	cumple
Parámetros inorgánicos	Arsénico	mg/L	0,01	0,000	cumple
	Cadmio	mg/L	0,005	0,000	cumple
	Cobre	mg/L	2	0,001	cumple
	Cromo	mg/L	0,05	0,000	cumple
	Hierro	mg/L	1	0,230	cumple
	Manganeso	mg/L	0,4	0,000	cumple
	Mercurio	mg/L	0,002	0,000	cumple
	Plomo	mg/L	0,05	0,000	cumple
	Zinc	mg/L	5	0,010	cumple
Microbiológicos	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	2000	11000,000	cumple

Fuente: Reporte ANA, 2018 y 2019

En la siguiente tabla se indica los resultados para el quinto ensayo realizado en el punto de monitoreo:

**Tabla 11***Quinto ensayo de parámetros físicos, químicos y biológicos*

Parámetros a evaluar			ECA -		M5	Estado
			Cat1-A2			
Parámetros	pH		6,5	8,5	7,620	Cumple
físicos y químicos	conductividad	uS/cm	1600		132,400	Cumple
	fosforo	mg/L	0,15		0,010	Cumple
	DBO	mg/L	5		2,000	Cumple
Parámetros inorgánicos	Arsénico	mg/L	0,01		0,000	Cumple
	Cadmio	mg/L	0,005		0,000	Cumple
	Cobre	mg/L	2		0,002	Cumple
	Cromo	mg/L	0,05		0,000	Cumple
	Hierro	mg/L	1		0,226	Cumple
	Manganeso	mg/L	0,4		0,000	Cumple
	Mercurio	mg/L	0,002		0,000	Cumple
	Plomo	mg/L	0,05		0,000	Cumple
	Zinc	mg/L	5		0,010	Cumple
Microbiológicos	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	2000		2800,000	No cumple

Fuente: Reporte ANA, 2018 y 2019

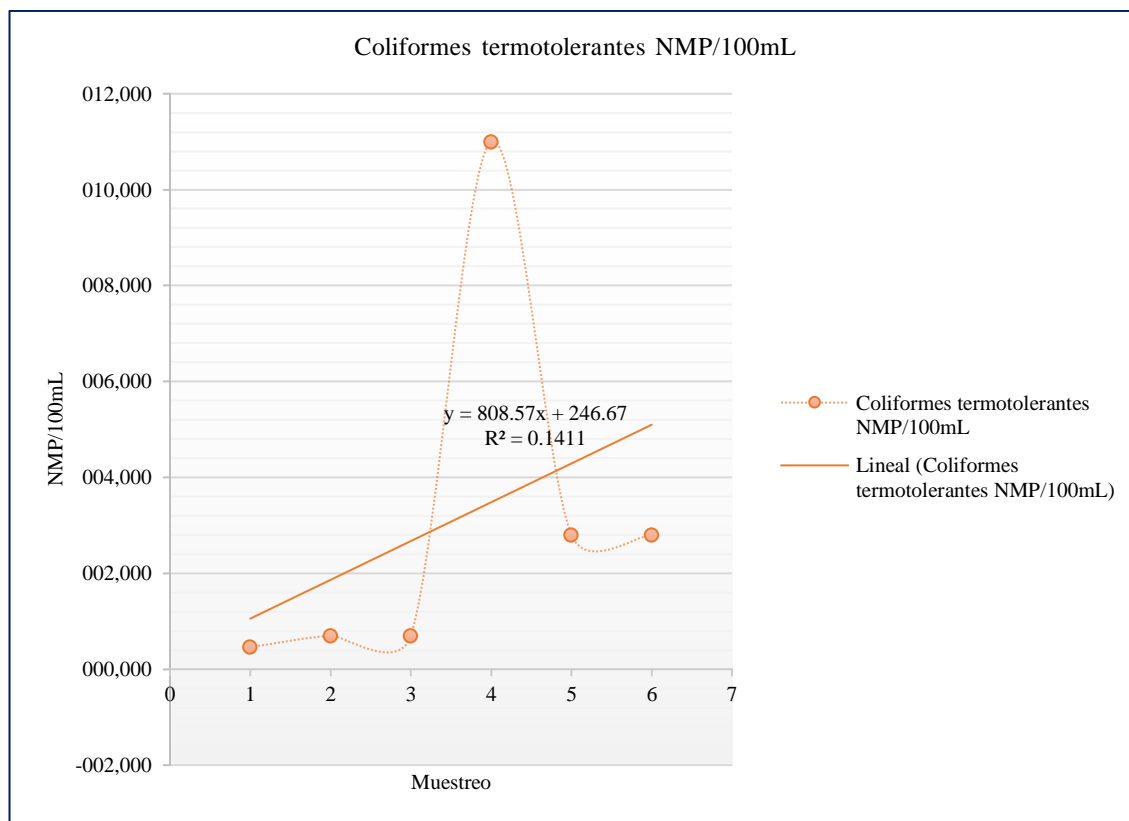
En la siguiente tabla se mostrará los resultados para el sexto ensayo realizado en el punto de monitoreo:

**Tabla 12***Sexto ensayo de parámetros físicos, químicos y biológicos*

Parámetros a evaluar			ECA - M6		Estado	
			Cat1-A2			
<b>Parámetros físicos y químicos</b>	pH		6,5	8,5	7,250	Cumple
	conductividad	uS/cm	1600		217,500	Cumple
	fosforo	mg/L	0,15		0,010	Cumple
	DBO	mg/L	5		2,000	Cumple
<b>Parámetros inorgánicos</b>	Arsénico	mg/L	0,01		0,000	Cumple
	Cadmio	mg/L	0,005		0,000	Cumple
	Cobre	mg/L	2		0,003	Cumple
	Cromo	mg/L	0,05		0,001	Cumple
	Hierro	mg/L	1		0,333	Cumple
	Manganeso	mg/L	0,4		0,000	Cumple
	Mercurio	mg/L	0,002		0,000	Cumple
	Plomo	mg/L	0,05		0,001	Cumple
	Zinc	mg/L	5		0,040	Cumple
<b>Microbiológicos</b>	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	2000		2800,000	No cumple

Fuente: Reporte ANA, 2018 y 2019

En la siguiente figura se mostrará el comportamiento de los valores encontrados para el parámetro de coliformes termotolerantes, estudiados en el río Cumbaza:



**Figura 8.** Comportamiento del parámetro biológico

Debido a que el único parámetro biológico, más elevado y cuya presencia es fundamental para un estudio de calidad, se ha determinado que la presencia de este fluctúa, las cantidades superan los 2000 números más probables en 100 mililitros de agua, este además en un estudio estadístico demuestra que su línea de tendencia tiene una progresión lineal con tendencia ascendente, hacia la derecha, lo que implicaría mayores cantidades conforme pasa el tiempo, los cuales son provocadas por situaciones sociales, y la descarga de aguas residuales al río.

### 3.3. Índice de calidad del agua ICA-PE en el río Cumbaza

Se ha realizado la recolección de una serie de datos y con el promedio de estos, se ha procedido a comparar con el estándar de calidad ambiental en la categoría 1 sub categoría A1, para aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección:



**Tabla 13***Comparacion de parámetros con ECA - Cat - A1*

Parámetros		ECA -Cat1- A1		Promedios	Estado
pH		6,5	8,5	7,863	Cumple
conductividad	uS/cm	1600		150,067	Cumple
fosforo	mg/L	0,15		0,075	Cumple
DBO	mg/L	3		2,000	Cumple
Arsénico	mg/L	0,01		0,000	Cumple
Cadmio	mg/L	0,003		0,000	Cumple
Cobre	mg/L	2		0,002	Cumple
Cromo	mg/L	0,05		0,000	Cumple
Hierro	mg/L	0,3		0,256	Cumple
Manganeso	mg/L	0,4		0,019	Cumple
Mercurio	mg/L	0,001		0,000	Cumple
Plomo	mg/L	0,01		0,000	Cumple
Zinc	mg/L	5		0,018	Cumple
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	50		3076,667	No cumple

Fuente: Reporte ANA, 2019

Se ha realizado la recolección de una serie de datos y con el promedio de estos, se ha procedido a comparar con el estándar de calidad ambiental en la categoría 1 (poblacional y recreacional) sub categoría A2, para aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional:

**Tabla 14***Comparacion de parámetros con ECA - Cat - A2*

Parámetros		ECA -Cat1-A2		Promedios	Estado
pH		6,5	8,5	7,863	Cumple
conductividad	uS/cm	1600		150,067	Cumple
fosforo	mg/L	0,15		0,075	Cumple
DBO	mg/L	5		2,000	Cumple
Arsénico	mg/L	0,01		0,000	Cumple
Cadmio	mg/L	0,005		0,000	Cumple
Cobre	mg/L	2		0,002	Cumple
Cromo	mg/L	0,05		0,000	Cumple
Hierro	mg/L	1		0,256	Cumple
Manganeso	mg/L	0,4		0,019	Cumple
Mercurio	mg/L	0,002		0,000	Cumple
Plomo	mg/L	0,05		0,000	Cumple
Zinc	mg/L	5		0,018	Cumple
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	2000		3076,667	No cumple

Fuente: Reporte ANA, 2019

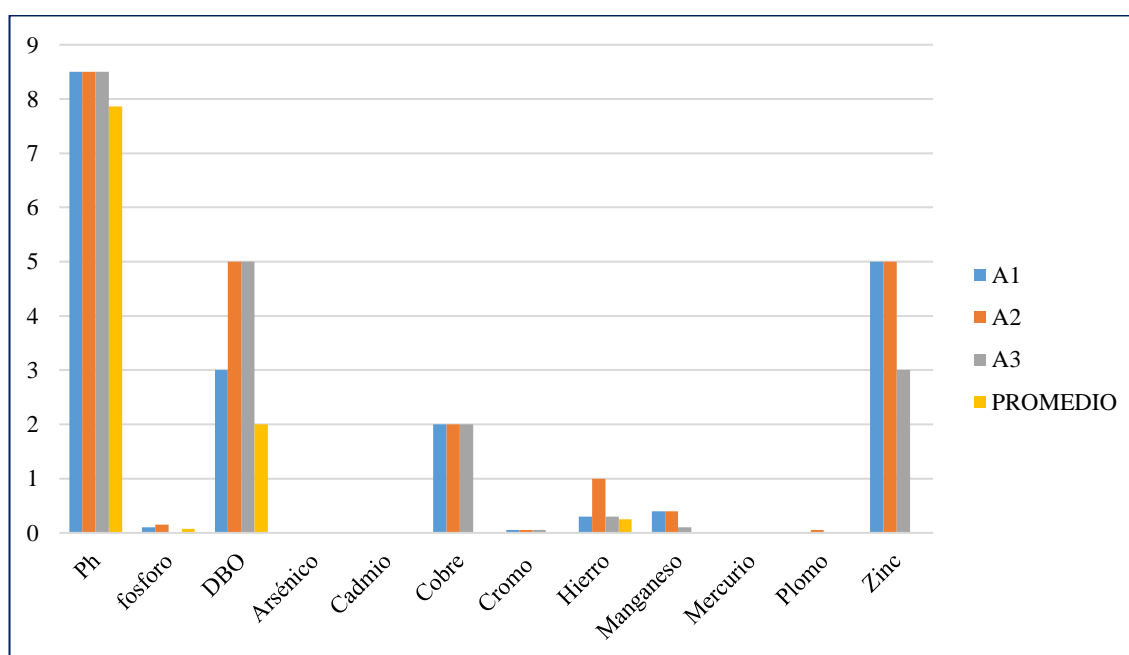
Se ha realizado la recolección de una serie de datos y con el promedio de estos, se ha procedido a comparar con el estándar de calidad ambiental en la categoría 1 sub categoría B1, para aguas de uso recreacional, contacto primario:

**Tabla 15**

*Comparacion de parámetros con ECA - Cat - B1*

Parámetros		ECA -Cat1- B1	Promedios	Estado
pH		6      9	7,863	Cumple
conductividad	uŞcm	1600	150,067	Cumple
fosforo	mg/L	0,15	0,075	Cumple
DBO	mg/L	5	2,000	Cumple
Arsénico	mg/L	0,01	0,000	Cumple
Cadmio	mg/L	0,01	0,000	Cumple
Cobre	mg/L	2	0,002	Cumple
Cromo	mg/L	0,05	0,000	Cumple
Hierro	mg/L	0,3	0,256	Cumple
Manganeso	mg/L	0,1	0,019	Cumple
Mercurio	mg/L	0,001	0,000	Cumple
Plomo	mg/L	0,01	0,000	Cumple
Zinc	mg/L	3	0,018	Cumple
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	200	3076,667	No cumple

Fuente: Reporte ANA, 2019



**Figura 9.** Comportamiento de parámetros según categoría de ECAs

En los parámetros físicos y químicos que se muestran en la figura, se han comparado con el valor promedio de los datos recolectados, según las categorías de los estándares de calidad ambiental para el agua, y el color amarillo representa los valores promedios, este muy por debajo de todas las categorías mostradas.

Según indicaciones del ANA – Autoridad Nacional del Agua y sus monitoreos, para la determinación de la calidad del agua, recomiendan el uso del ECA en la categoría 1, que es la poblacional y recreacional, en la subcategoría A2, en donde estipulan el uso de agua con tratamiento convencional, a continuación, mostraremos la tabla de datos que nos ayudaran a definir la calidad del agua utilizando el ICA-PE:

**Tabla 16**

*Parámetros a evaluar para determinar el ICA-PE*

Parámetros a evaluar			ECA - Cat1- A2	M1	M2	M3	M4	M5	M6	
Parámetros físicos y químicos	pH		6, 5	8, 5	8,75400	7,64200	8,51200	7,40000	7,62000	7,25000
	Conductividad	uS/cm	1000	68,7000	80,4600	339,1000	62,24000	132,400	0	217,500
	Fosforo	mg/L	0,15	0,07100	0,06200	0,28400	0,01000	0,01000	0,01000	0,01000
	DBO	mg/L	5	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000
Parámetros inorgánicos	Arsénico	mg/L	0,01	0,00003	0,00003	0,00051	0,00030	0,00030	0,00030	0,00042
	Cadmio	mg/L	0,005	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
	Cobre	mg/L	2	0,00062	0,00181	0,00291	0,00087	0,00180	0,00180	0,00258
	Cromo	mg/L	0,05	0,00010	0,00160	0,00040	0,00010	0,00010	0,00010	0,00050
	Hierro	mg/L	1	0,18680	0,14350	0,41410	0,23000	0,22640	0,22640	0,33340
	Manganeso	mg/L	0,4	0,01112	0,01051	0,09074	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020
	Mercurio	mg/L	0,002	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003
	Plomo	mg/L	0,05	0,00020	0,00040	0,00070	0,00030	0,00040	0,00040	0,00050
	Zinc	mg/L	5	0,01000	0,01000	0,02520	0,01000	0,01000	0,01000	0,04000
Microbiológicos	Coliformes termotolerantes	NMP/10 0mL	2000	460,000	700,0000	700,0000	11000,00	2800,00	2800,00	2800,00
DATOS	Número de parámetros que no cumplen						3			
	Número de parámetros evaluados						14			
	Número de datos que no cumplen con los ECA						6			
	Número total de datos						84			

**Tabla 17***Cálculo del ICA - PE*

		<b>F1</b>	<b>0,2143</b>		
		<b>F2</b>	<b>0,0357</b>		
pH		0,0299	0,0014		
Conductividad	uScm				
Fosforo	mg/L		0,8933		
DBO	mg/L				
Arsénico	mg/L				
Cadmio	mg/L				
Cobre	mg/L				
Cromo	mg/L				
Hierro	mg/L				
Manganeso	mg/L				
Mercurio	mg/L				
Plomo	mg/L				
Zinc	mg/L				
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL		4,5000	0,4000	0,4000
Sumatoria de los excedentes			6,2246		
		<b>F3</b>	86,1585		
		<b>ICA - PE</b>	50,2562		

Para la determinación del ICA-PE, utilizamos una técnica canadiense, estipulado en el ANA, por el cual se realizaron las tablas y en cuyos resultados se escribieron y determinaron:

F1, que representa la cantidad de parámetros de calidad que no cumplen los valores establecidos en la normativa, Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) vigente, respecto al total de parámetros a evaluar, es decir 0,2857 en otras palabras el 30 % de parámetros.

F2, representa la cantidad de datos que no cumplen la normativa ambiental (ECA-Agua) respecto al total de datos de los parámetros a evaluar, es decir 0,0357 o 4% de la cantidad de datos no cumple con la normativa.

F3, es la medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la suma normalizada de excedentes, es decir los excesos de todos los datos respecto al número total de datos, en este caso 86,1585 en todos los datos que han superado y no cumplieron la norma.

Finalmente, con estos valores se calculó el ICA-PE, cual indica el color y el valor como Regular, esto quiere decir según el ANA, que es un agua Regular y la calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas; lo que se requiere tratamiento para sus usos.

### **3.4. Discusión de resultados**

En la investigación realizada por Salcedo et. al (2018), titulada: “Aplicación del índice de calidad del agua (WQI-NSF) en lagunas metropolitanas y rurales”, midieron en seis lagunas en la zona metropolitana de Villahermosa (ZM) y rural (ZR) aledaña durante flujo bajo y alto, en en la planicie del Río Grijalva, México y la calidad del agua en las cuatro lagunas varió de buena a mala y mantuvieron mejor calidad del agua durante el flujo alto que en el bajo, y en la presente investigación se estimó una calidad regular, pero se utilizó una diferente metodología, aplicada según los protocolos de la Autoridad Nacional del Agua, para el Perú.

Además, Salcedo et. al (2018), considera que la mala calidad del agua se atribuye al impacto de periurbanización., en lo que se concuerda, pues en la presente investigación, se pudo observar la influencia predominante que tiene la población asentada en las orillas del río Cumbaza.

En cambio, el autor anterior concluyo que la mejor calidad del agua se asoció con la presencia y cobertura de vegetación acuática, las cuales favorecen la depuración del agua y destacan sus beneficios para conservar los servicios ambientales, por consiguiente, podemos decir que según los resultados la mejor calidad del agua esta atribuida a la poca presencia de descargas del agua hacia el río. Y concuerda que los coliformes fecales (CF) y el fósforo total (PT-PO4) afectan negativa y frecuentemente la calificación tanto del WQI-NSF como del ICA-PE y superando los lineamientos de la calidad del agua como fuente de abastecimiento para uso público lo que evidencia su potencial riesgo a la salud pública, de lo cual se sabe que es un hecho.

Para la investigación de Casilla (2014), sobre la “evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suchez”, los parámetros más sobresalientes y los que no cumplen con el reglamento por su mayor presencia son los

metales, los cuales en la presente investigación no se encontraron, puesto que representan un riesgo para la salud y vida, el investigador considera que es necesario identificar el estado de contaminación de los ecosistemas locales, así como el riesgo a la salud que representa para los seres humanos, de lo que se considera acorde y adecuado a todos los cuerpos de agua.

Según Villa (2011), en la “evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi”, los índices de calidad de agua obtenidos a partir de la metodología propuesta por la NSF (Fundación Nacional de Sanidad de Estados Unidos de América) identifico los valores del ICA, utilizando una metodología diferente a la utilizada en la actual investigación, con el uso de un ICA global del río desde el punto uno al cinco de 67,44 a 73,79, Villa determino que el río tiene una calidad aceptable para los diferentes usos del agua y que puede tener una variada diversidad de vida acuática, o que respecta a la investigación actual, por el contrario tomando indicadores de uso poblacional no se considera aceptable y según el ICA del país peruano, este se considera regular.

Según Pavón y Rocha (2015), en la investigación: “Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando indicadores biológicos en la subcuenca del Río La Trinidad, Diriamba, Carazo, en el año hidrológicos, dice que los métodos biológicos y físico-químicos son complementarios en los procesos de evaluación de la calidad de las aguas, y se concuerda con lo dicho con este autor, porque en estos métodos recae la relevante importancia de la calidad el agua y su aprovechamiento, La abundancia de algunas familias está relacionada con las variables físico-químicas y microbiológicas. Además, el autor indica que la presencia de Thiaridae y Chironomidae se relacionan con altos niveles de microorganismos y bajos niveles de oxígeno, de igual forma en la investigación, cuya presencia elevada de coliformes termotolerantes, reducen la cantidad de oxígeno dentro del cauce.

Según Gamboa (2018), en la investigación: “Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial en el centro poblado de Sacsamarca, Región Ayacucho”, Perú; la

ausencia de vigilancia de las instituciones superiores para revertir los altos niveles de arsénico en el río Caracha, provoca la proliferación de vertientes que afectan la calidad del agua, la cual, es una situación que se repite constantemente dentro de las cuencas y subcuencas de nuestro país.

Entre las investigaciones locales tenemos a Cabrera (2017), en cuya investigación titulada: Evaluación microbiológica del agua superficial del río Cumbaza para uso recreacional en los sectores Cancún y Bocatoma, distrito de Morales; sus análisis realizados en el INACAL y comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (D.S. N°004-2017-MINAM), el río Cumbaza en el sector Cancún sobrepasaron los estándares de calidad ambiental, debido entre otros factores, al manejo inadecuado de las aguas residuales y excretas de las localidades que se encuentran en la parte alta de la cuenca, lo que implica parte de la investigación actual, donde ya una investigación anterior logró relacionar los parámetros estudiados que superan y están influenciados por estas descargas que inducen a deteriorar la calidad del río.

Así mismo, se tiene como investigación cercana y certera en la ciudad de Moyobamba en donde Ayala (2018), determinó el uso del territorio y la calidad de agua en las microcuencas Rumiyacu y Mishquiyacu y determinó que se encuentran dentro de la categoría “regular”, siendo la turbidez y coliformes fecales los que influyeron negativamente, es decir dentro de la zona selva, uno de los males que aquejan nuestros ríos y quebradas son los parámetros biológicos, los cuales influyen mucho el comportamiento del ICA. En autor anterior además de determinar estas situaciones, concluyó que el cambio de uso del suelo genera contaminación, especialmente en épocas de cosecha, también deforestación y daños al bosque en un área de 60,06 %, lo que ocasiona pérdida de la biodiversidad, causando degradación, contaminación, disminución de la fertilidad del suelo, disminución del régimen hídrico y contaminación del agua. Y hablo del deterioro significativo de las quebradas, las cuales son los pequeños afluentes que alimentan nuestros ríos y nuestras fuentes de agua.

## CONCLUSIONES

El índice de calidad del agua peruano o ICA-PE, es Regular para el agua del río Cumbaza en el punto de captación analizado, según el ECA-A1, estándar de calidad ambiental para el agua en la categoría de uso poblacional.

Los parámetros físicos, químicos y biológicos realizado en el punto de monitoreo, antes y después de captar el agua, son elevados en la cantidad de coliformes termotolerantes analizados; bajos en cantidad de Oxígeno Disuelto, en un 90 % de los puntos estudiados.

Los datos físicos, químicos y biológicos del punto de captación, han superado en 4 parámetros de 14 evaluados: potencial de hidrógeno, fosfatos y coliformes termotolerantes.

Se determinó que seis datos de 84 datos registrados y analizados no cumplen con los estándares de calidad ambiental para el agua o ECA – A1.

La cantidad en forma cuantitativa que superan los parámetros analizados fue de 5, este valor indica cálculo del ICA-PE es 50,9922, es decir el punto del río Cumbaza es de calidad Regular.

El agua del río Cumbaza ( en la zona evaluada), es regular y no cumple con los objetivos de calidad, por lo que frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas y para su uso necesita tratamiento convencional.



## RECOMENDACIONES

Por lo tanto, se recomienda el uso del agua, dentro de la captación y brindarle un tratamiento convencional, es decir, tener obligatoriamente un sedimentador, coagulador, floculador, filtro y desinfección, a cargo de la empresa prestadora de servicio EMAPA SAN MARTIN.

A las autoridades locales, estipular un plan del uso del agua, la cual debe ser manejada adecuadamente, con mayores vigilancias, en lo que respecta al aprovechamiento del agua y las descargas en la misma y apoyar a las necesidades que convenga por parte del AREA TECNICA MUNICIAPL (ATM).

A la población priorizar el uso del agua para consumo humano y riego de vegetales, y así reducir la cantidad de lavaderos y urinarios se pueden observar a lo largo del recorrido del río Cumbaza, el cual debe fluctuar entre diversos índices, por sus contaminantes difusos, los cuales van alterando en cada tramo, brindar charlas educativas dirigida por la MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MORALES.

A la autoridad encargada, del cuidado y distribución del agua, verificar los tramos más afectados por las distintas actividades humanas, para focalizar centros de control de parámetros, para determinar mejores actividades en torno al río y de esta manera no se afecte el ecosistema cercano, la verificación encargado por la SUNASS.

Puesto que el agua es regular y sus condiciones se encuentran siendo amenazadas por la población, se debe advertir su uso inadecuado, el cual debe tener necesariamente un tratamiento, debe intervenir el ALA.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCIONA, 2020. Potabilización del agua. *ACCIONA - BUSINESS AS UNUSUAL* [en línea]. [Consultado el 25 de septiembre de 2021]. Disponible en: [https://www.accionacom.es/tratamientoagua/potabilizacion/?\\_adin=11551547](https://www.accionacom.es/tratamientoagua/potabilizacion/?_adin=11551547)
- ASOCIACIÓN DE MÉDICOS DE SANIDAD EXTERIOR, 2012. Métodos de potabilización del agua. *AMSE* [en línea]. [Consultado el 25 de enero de 2021]. Disponible en: <https://www.amse.es/informacion-%20salud-y-viajes/recom-generales/273-potabilizacion-del-agua>
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA, 2018. Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú (ICA- PE). *ANA* [en línea]. [Consultado el 25 de enero de 2021]. Disponible en: <http://observatoriochirilu.ana.gob.pe>
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA, 2016. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. *ANA* [en línea]. [Consultado el 20 de enero de 2021] Disponible en: [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo\\_nacional\\_para\\_el\\_mnitoreo\\_de\\_la\\_calidad\\_de\\_los\\_recursos\\_hidricos\\_superficiales.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_mnitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf)
- AGENCIA PERUANA DE NOTICIAS, 2016. Denuncian alta presencia de coliformes en ríos Shilcayo y Cumbaza. *ANDINA* [en línea]. [Consultado el 25 de enero de 2021] Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-denuncian-alta-presencia-coliformes-rios-shilcayo-y-cumbaza-561069.aspx>
- AYALA, Marcos, 2017. *Uso del territorio y la calidad de agua en las microcuencas Rumiyacu y Mishquiyacu para una gestión eficiente de los recursos hídricos, Moyobamba 2016* [en línea]. Tesis de maestría. Moyobamba: Universidad Nacional de San Martín. Disponible en: <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2723/MAESTRIA%20ESTION%20AMBIENTAL%20%20Marcos%20Aquiles%20Ayala%20Diaz.f?sequence=1&isAllowed=y>

BROWN R., MCCLELLAND N., DEININGER R., TOZER R., 1970. *A water quality index –do we dare*. EE. UU: Water and sewage works.

CABRERA, Elser, 2017. *Evaluación microbiológica del agua superficial del río Cumbaza para uso recreacional en los sectores Cancún y Bocatoma, distrito de Morales*. [en línea]. Tesis de pre grado. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín. Disponible en: [https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1189/Elser\\_tesis\\_Titulo\\_2017.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1189/Elser_tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

CASILLA, Sergio, 2014. *Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suchez*. [en línea]. Tesis de Pre grado. Puno: Universidad Nacional del Altiplano Puno. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4546/Casilla\\_Quispe\\_Sergio.pdf?sequence=1](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4546/Casilla_Quispe_Sergio.pdf?sequence=1)

CONSORCIO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA ECORREGIÓN ANDINA, [sin fecha]. Informe de DHR de la cuenca del río Cumbaza. Apoyo a la SUNASS y sus respectivas EPS en el diseño e implementación de mecanismos de compensación ambiental y manejo de cuenca en el marco de la Ley de Modernización de los Servicios de Saneamiento (Ley N°30045). *CONDESAN*.

CONSTRUCCIÓN EN AGUA Y SANEAMEINTO, 2010. *Mejoramiento y Ampliación del Servicio de Agua Potable y Saneamiento del Centro Poblado de Carachupayacu, Distrito de Jepelacio, Provincia de Moyobamba, Departamento de San Martín, Perú*. CONHYDRA S.A [en línea]. [Consultado el 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://www.perulicitaciones.com/mejoramiento-y-ampliaci%EF%BF%BDn-del-servicio-de-agua-potable-y-saneamiento-e-los-centros-poblados-de-los-angeles-y-libertad-de-huascayacu-districtos-de-moyobamba-y-jepelacio-pr-lct11453.html>

D.S N° 261.69-AP, *Reglamento de los Títulos I, II y III de la Ley General de Aguas, DECRETO LEY 17752*, aprobado por el Ministerio de Agricultura [sin fecha].

D.S N° 002-2008-MINAM *aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua* [sin fecha].

VIGENTE. *Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación.* Decreto Supremo n.º 015-2015-MINAM de 19 de diciembre de 2015.

DIRECTINDUSTRY, 2020. *PHmetro tipo bolígrafo pHTestr 20.* EUTECH instrument. España. [en línea]. [Consultado el 25 de enero de 2021] Recuperado de: <https://www.directindustry.es/prod/eutech-instruments/product-23595-1017737.html>

FLORES, Antoni, 2017. *Diseño de estructuras hidráulicas para el sistema de saneamiento básico en la localidad de Cedropampa, Picota, San Martín, 2016* [en línea]. Tesis de pre grado. Tarapoto: Universidad Cesar Vallejo. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/16485/Flores\\_TA\\_P.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/16485/Flores_TA_P.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

GAMBOA, Nadia, 2018. *Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial en el centro poblado de Sacsamarca, Región Ayacucho, Perú.* [en línea]. Tesis de maestría. Universidad Pontificia Católica del Perú. Disponible en: [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12256/MEDOZA\\_FUENTES\\_MIGUEL\\_AGUA\\_SUPERFICIAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12256/MEDOZA_FUENTES_MIGUEL_AGUA_SUPERFICIAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

HACH [sin fecha]. *Colorímetro portátil multiparamétrico DR900.* [en línea]. [Consultado el 22 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://co.hach.com/colorimetro-portatil-multiparametrico-dr900/product?id=53559555414>

HANNA INSTRUMENTS SAS, 2017. *Medidor Portátil Impermeable de Oxígeno Disuelto y DBO HI 98193.*

- LONÉ, Pablo, 2016. Indicadores de calidad del agua. *iagua* [en línea]. [Consultado el 20 de enero de 2021] Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/pedro-pablo-lone/indicadores-calidad-agua>
- MENDOZA, Miguel, 2018. *Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial en el centro poblado de Sacsamarca, Región Ayacucho, Perú*. [en línea]. Pontificia Universidad católica del Perú. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4546/Casilla\\_Quispe\\_Sergio.pdf?sequence=1](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4546/Casilla_Quispe_Sergio.pdf?sequence=1)
- ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS, 2015. *Water*. [en línea]. [Consultado el 10 de febrero de 2021]. ONU. Disponible en: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- PAVÓN, Yaneysi y ROCHA, Jamileth, 2015. *Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando indicadores biológicos en la subcuenca del Río La Trinidad, Diriamba, Carazo, en el año hidrológico 2010-2011* [en línea]. Universidad Nacional Agraria. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/3227/>
- PÉREZ, Luis, 2005. *Teoría de la Sedimentación*. [en línea]. [Consultado el 17 de febrero de 2021] Instituto de Ingeniería Sanitaria. Disponible en: [http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos/teoria\\_sedimentacionm.pdf](http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos/teoria_sedimentacionm.pdf) (agosto de 2005).
- QUINTUÑA, Jenny y SAMAMIEGO, Mayra, 2016. *Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua potable de la planta potabilizadora del Cantón Chordeleg* [en línea]. Tesis de pre grado. Universidad de Cuenca. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/24847>
- APROBADO. Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano. Decreto Supremo N° DS N° 031-2010-SA. Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental – Lima [febrero, 2011].
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. OS 010 [sin fecha]. *Captación y conducción de agua para consumo humano*.

- ROMERO, Mynor, 2007. *Tratamientos utilizados en Potabilización de Agua*. [en línea]. Facultad de Ingeniería – Universidad Rafael Landívar. Disponible en: <http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/13/32/894.pdf>
- SALCEDO, Miguel, SÁNCHEZ, Alberto, CRUZ, Allan y ÁLVAREZ, Nicolas, 2018. Application of the Water Quality Index (WinFS). [en línea]. [Consultado el 18 de enero de 2021]. Disponible en: <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/919/780>
- SERVICIO NACIONAL DE ESTUDIOS TERRITORIALES, 2010. Índice de calidad de agua general ICA. *Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales*. [en línea]. [Consultado el 18 de enero de 2021]. Disponible en: <https://portafolio.snet.gob.sv/digitalizacion/pdf/spa/doc00119/doc00119.htm>
- SONI, Hiren, 2014. *Assessment of surface water quality in relation to water quality index of tropical lentic environment*. Central Gujarat.
- VARGAS, Lidia, 2004. *Tratamiento de Agua para consumo humano*. Lima: CEPIS [en línea]. [Consultado el 18 de enero de 2021]. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/232-Texto%20del%20art%C3%ADculo-694-1-10-20150311.pdf>
- VILLA Mercedes, 2011. *Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi. Propuestas de tratamiento y control de la contaminación*. [en línea]. Tesis de maestría. Universidad de Cádiz. Disponible en: <https://docplayer.es/64851035-Evaluacion-de-la-calidad-del-agua-en-la-subcuenca-del-rio-yacuambi-propuestas-de-tratamiento-y-control-de-la-contaminacion.html>
- YOGENDRA, Kambalagere, 2008. *Determination of water quality index and sustainability of an urban waterbody in Shimoga Town, Karnataka*. En M. Sengupta & R. Dalwani (Eds.), *Taal2007: The 12th world lake conference* (pp. 342-346).

**ANEXOS**

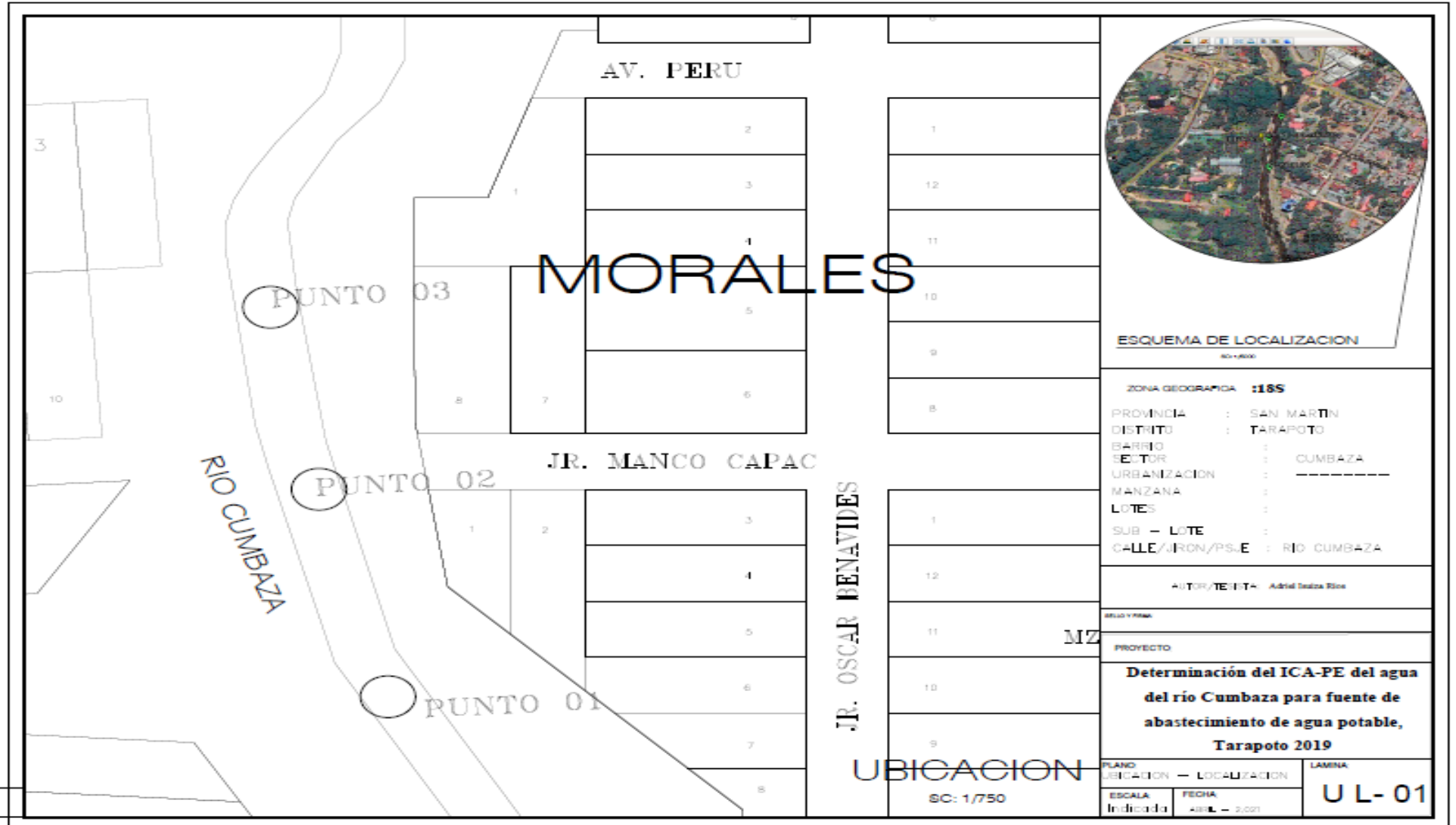
Anexo 1.

Mapa Ubicación de la Subcuenca del río Cumbaza





**Anexo 2.**  
**Ubicación de ruta de muestreo**



## Anexo 3.

## Resultados análisis bacteriológico



DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD SAN MARTÍN

LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL DE SALUD PÚBLICA SAN MARTÍN

*"Año de la Universalización de la Salud"*

INFORME DE ENSAYO N° 014 – UMAA – P/2020

SOLICITANTE: ADRIEL ISUIZA RÍOS

DIRECCIÓN: Jr. Junín N° 203 - Moyobamba

## DATOS DEL MUESTREO

Procedencia de la muestra : Morales / San Martín  
 Fecha y hora inicio de muestreo : 21.01.20 / 9:30 am  
 Muestreador : Interesado

## CONTROL LABORATORIO ANALITICO

Fecha recepción : 21.01.20  
 Fecha inicio Ensayo : 21.01.20

## RESULTADOS

## 1. BACTERIOLÓGICO

COD. LAB.	MUESTRA		ENSAYO BACTERIOLÓGICO		
	MATRIZ	PUNTO MUESTREO	Coliformes Totales 35°C (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes*4 4.5 C (NMP/100 mL)	E. coli 44.5°C (NMP/100 mL)
017	Agua Superficial Río Cumbaza	Altura Base Militar – Río Cumbaza	*	7.9 x 10 <sup>3</sup>	*
018	Agua Superficial Río Cumbaza	A 200 m. aguas arriba de la Base Militar – Río Cumbaza	*	4.9 x 10 <sup>3</sup>	*
METODO			APHA AWW. WEF. Part. 9221B. 21th ed. 2005.	APHA AWW. WEF. Part. 9221E-1. 21th ed. 2005.	APHA AWWA. WEF. Part 9221 B.E y 9221 F1. 21th Ed. 2005.

\* No solicitado

**Observación:** Los resultados arriba indicados, deben ser utilizados de acuerdo al uso que darán a este cuerpo de agua. Referencia DS N° 004-2017-MINAM / Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

Emisión de resultados: 28 de enero de 2020

GOBIERNO REGIONAL DE SAN MARTÍN  
 U.E. HOSPITAL II-2 TAPAPOTO  
 LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL

Hija, Msc. Bella B. Portella Melgarejo  
 RESA, UNIDAD MICROB. ALIMENTOS Y AGUAS  
 RNBE N° 0258

San Martín  
 DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD

Melgarejo, MSc. Heriberto Arévalo Rumbos  
 JEFE DEL LABORATORIO REFERENCIAL  
 REGIONAL DE SAN MARTÍN

*"Año de la universalización de la Salud"*

INFORME DE ENSAYO N° 052 – UMAA – P/2020

**SOLICITANTE: ADRIEL ISUIZA RÍOS**

**DIRECCIÓN: Jr. Junín N° 203 - Moyobamba**

**DATOS DEL MUESTREO**

Procedencia de la muestra : Morales / San Martín  
Fecha y hora inicio de muestreo : 07.03.20 / 8:30 am  
Muestreador : Interesado

**CONTROL LABORATORIO ANALITICO**

Fecha recepción : 07.03.20  
Fecha inicio Ensayo : 07.03.20

**RESULTADOS**

**1. BACTERIOLÓGICO**

COD. LAB.	MUESTRA		ENSAYO BACTERIOLÓGICO		
	MATRIZ	PUNTO MUESTREO	Coliformes Totales 35°C (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes*4 4.5 C (NMP/100 mL)	<i>E. coli</i> 44.5°C (NMP/100 mL)
074	Agua Superficial Río Cumbaza	Altura Base Militar – Río Cumbaza	*	2.2 x 10 <sup>3</sup>	*
075	Agua Superficial Río Cumbaza	A 200 m. aguas arriba de la Base Militar – Río Cumbaza	*	9.2 x 10 <sup>2</sup>	*
<b>METODO</b>			APHA AWW. WEF. Part. 9221B. 21th ed. 2005	APHA AWW. WEF. Part. 9221E-1. 21th ed. 2005	APHA AWWA. WEF. Part 9221 B.E y 9221 F1. 21th Ed. 2005.

\* No solicitado

**Observación:** Los resultados arriba indicados, deben ser utilizados de acuerdo al uso que darán a este cuerpo de agua. Referencia DS N° 004-2017-MINAM / Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

**Emisión de resultados:** 12 de marzo del 2020

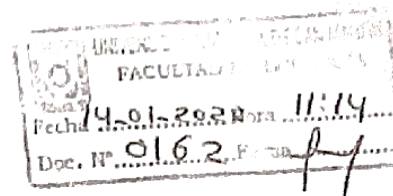
GOBIERNO REGIONAL DE SAN MARTÍN  
U.E. HOSPITAL II-2 TARAPOTO  
LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL

.....  
Blga. Msc. Belia E. Portella Melgarejo  
RESP. UNIDAD MICROB. ALIMENTOS Y AGUAS  
RNBE N° 8258

  
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD  
.....  
Molgo. MSc. Heriberto Arévalo Ramírez  
DIRECTOR DEL LABORATORIO REFERENCIAL  
REGIONAL S.P.S/M

## Anexo 4.

## Tramites ingreso al laboratorio



"AÑO DE LA UNIVERSALIZACION DE LA SALUD"

Moyobamba, 14 de Enero del 2020

CARTA N° 001-2020-AIR

Señor:  
Ing. M.Sc. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA.  
Decano de la Facultad de Ecología  
Presente.-


ASUNTO: Solicita ingreso y equipos del laboratorio de ingeniería sanitaria/  
laboratorio de biología-química, para la evaluación de las muestras de  
investigación.

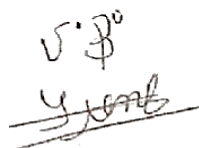
Tengo a bien dirigirme a usted, a la vez indicar que estoy desarrollando Proyecto  
de Investigación para la obtención de Título Profesional, titulado: "Determinación  
del ICA-PE del agua del río Cumbaza para fuente de abastecimiento de agua potable.  
Tarapoto, 2019".

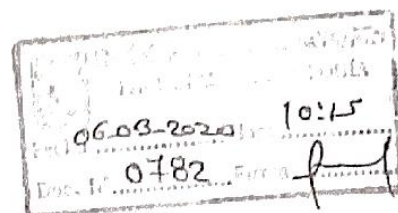
Por tal motivo, Solicito se me otorgue el permiso de ingreso a los ambientes del  
laboratorio de ingeniería sanitaria para realizar análisis con equipo: Colorímetro  
DR 900, pHmetro, tubímetro. También necesito usar la incubadora del laboratorio  
de biología-química.

El permiso solicitado es para el día 21 de Enero 2020; 4 pm.

Atte.

  
Bach. Adriel Isuiza Ríos  
DNI: 71890020  
CODIGO: 125235





"AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD"

Moyobamba, 06 de Marzo del 2020

CARTA N° 003-2020-AIR

Señor:  
Ing. M.Sc. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA.  
Decano de la Facultad de Ecología  
Presente.-

ASUNTO: Solicita ingreso y equipos del laboratorio de ingeniería sanitaria/  
laboratorio de biología-química, para la evaluación de las muestras de  
investigación.

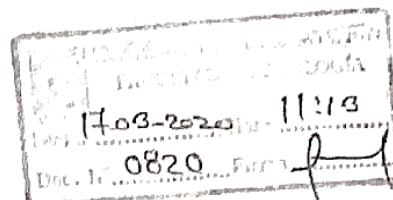
Tengo a bien dirigirme a usted, a la vez indicar que estoy desarrollando Proyecto de  
Investigación para la obtención de Título Profesional, titulado: "Determinación del  
ICA-PE del agua del río Cumbaza para fuente de abastecimiento de agua potable.  
Tarapoto, 2019".

Por tal motivo, Solicito se me otorgue el permiso de ingreso a los ambientes del  
laboratorio de ingeniería sanitaria para realizar análisis con equipo: Colorímetro DR  
900, pHmetro, tubímetro. También necesito usar la incubadora del laboratorio de  
biología-química.  
El permiso solicitado es para el día 09 de Marzo 2020; 4 pm.

Atte.

*Vº Bº*  
*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*  
Bach. Adriel-Isuiza Ríos  
DNI: 71890020  
CODIGO: 125235  
Teléfono: 917579627



"AÑO DE LA UNIVERSALIZACION DE LA SALUD"

Moyobamba, 17 de Marzo del 2020

CARTA N° 005-2020-AIR

Señor:  
 Ing. M.Sc. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA.  
 Decano de la Facultad de Ecología  
 Presente.-

ASUNTO: Solicita ingreso y equipos del laboratorio de ingeniería sanitaria/  
 laboratorio de biología-química, para la evaluación de las muestras de  
 investigación.

Tengo a bien dirigirme a usted, a la vez indicar que estoy desarrollando Proyecto de  
 Investigación para la obtención de Título Profesional, titulado: "Determinación del  
 ICA-PE del agua del río Cumbaza para fuente de abastecimiento de agua potable.  
 Tarapoto, 2019".

Por tal motivo, Solicito se me otorgue el permiso de ingreso a los ambientes del  
 laboratorio de ingeniería sanitaria para realizar análisis con equipo: Colorímetro DR  
 900, pHmetro, tubímetro. También necesito usar la incubadora del laboratorio de  
 biología-química.

El permiso solicitado es para el día 20 de Marzo 2020; 4 pm.

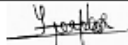
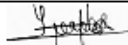
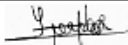
Atte.

Bach. Adriel-Isuiza Ríos

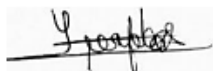
DNI: 71890020  
 CODIGO: 125235  
 Teléfono: 917579627

V<sup>o</sup> P<sup>o</sup>  
 J. J. J. J.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE ECOLOGIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**  
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA REGISTRO DE  
ASISTENCIA AL LABORATORIO

Fecha	Hora de entrada	Hora de salida	Nombre usuario del laboratorio	Firma responsable del laboratorio
21/01/2020	4:00 pm	8:00 pm	Adriel Isuiza Ríos	
09/02/2020	4:00 pm	8:30 pm	Adriel Isuiza Ríos	
20/02/2020	4:00 pm	8:30 pm	Adriel Isuiza Ríos	

Atte:



Ing Yrwin Francisco Azabache Liza

Anexo 5.

Resultados brindados por el ANA

Cuadro N°17: Resultados de los parámetros de campo, fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial en la cuenca del río Mayo.

Table with 18 columns for sampling dates (19/11/2018 to 22/11/2018) and 18 columns for sampling points (RNara1 to RNara4, RMayo1 to RMayo2, RTIoy1, RNegr1). Rows include parameters like PH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad Eléctrica, etc., categorized into Fisicoquímicos, Metales, and Microbiológicos.

ANÁLISIS: ALS LS PERÚ SRL - Informes de Ensayo N°66370, 67326, 67327, 67646, 67656, 68075, 68412, 68634, 68617, 70067 -2018.

Administrative stamps and signatures including 'INGENIERA QUÍMICA', 'MUNICIPALIDAD DE AGRICULTORES DEL PERÚ', and 'MUNICIPALIDAD DE AGRICULTORES DEL PERÚ - QUILLAGA'.



Cuadro N°17: Resultados de los parámetros de campo, fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial en la cuenca del río Mayo.

Fecha de Muestreo	Unidad	DS N°004-2017-MINAM Categoría 4-E2	19/11/2018 11:10:00	19/11/2018 13:54:00	19/11/2018 15:10:00	19/11/2018 12:39:00	20/11/2018 12:17:00	20/11/2018 13:01:00	20/11/2018 14:20:00	20/11/2018 11:21:00	21/11/2018 11:15:00	21/11/2018 12:30:00	21/11/2018 13:30:00	21/11/2018 22:04:00	23/11/2018 13:38:00	16/11/2018 12:30:00	22/11/2018 10:35:00	22/11/2018 11:34:00
Parámetro/Código del Punto		Rios Selva	RNara1	RNara2	RNara3	RNara4	RNara1(1)	RNara2(1)	RMayo1	RNara3(1)	RYura1	RYura2	RYura3	RYura4	RAvis1	RMayo2	RTioy1	RNegr1
<b>PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS</b>																		
PH	PH	6.5 - 9	---	---	---	---	8.51	8.42	7.92	8.59	8.58	8.37	7.98	8.67	6.42	7.5	7.9	7.72
Temperatura	Celcius	3	---	---	---	---	18.41	20.63	22.25	17.67	19.09	21.41	23.5	19.4	23.1	21.36	20.38	16.67
Oxígeno Disuelto	mg/L	>5	---	---	---	---	6.73	6.7	5.66	6.86	6.92	6.75	6.44	7.05	5.21	6.23	6.58	5.55
Conductividad Eléctrica	us/cm	1000	---	---	---	---	158.1	160.9	206.5	158.7	169.8	188	213.7	175.2	66.69	183.6	240	240.3
Aceites y Grasas	mg/L	5	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Cianuro Libre	mg CN /L	0,0052	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	---	---	< 0,0006	< 0,0006
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	10	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	4	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Fenoles	mg/L	2,56	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fósforo	mg P/L	0,05	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,059	0,083	0,145	0,054	0,109	0,198	0,254	0,099	0,085	0,238	0,047	0,049
Nitrógeno Amoniacal	mg NH3-N/L	---	0,114	0,094	0,034	0,072	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,082	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,072	< 0,006
Nitrógeno Total	mg N/L	---	0,377	0,356	0,291	0,284	0,317	0,310	0,339	0,269	0,299	0,333	0,415	0,375	0,431	0,436	0,815	0,459
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	<=400	14	15	13	13	32	16	55	14	35	78	84	30	---	---	5	2
Sulfuros	mg/L	0,002	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	---	---	< 0,0004	< 0,0004
Nitratos, NO3-	mg NO3-/L	13	0,719	0,775	0,800	0,844	0,185	0,560	0,617	0,487	1,010	1,089	0,971	1,080	0,066	0,883	2,419	1,572
Nitratos, (como N)	mg NO3-N/L	---	0,162	0,175	0,181	0,191	0,042	0,127	0,139	0,110	0,228	0,246	0,219	0,244	0,013	0,199	0,547	0,355
Nitratos, (como N) + Nitritos, (como N)	mg/L	---	0,162	0,175	0,181	0,191	0,042	0,127	0,139	0,110	0,228	0,246	0,219	0,244	0,013	0,199	0,547	0,355
<b>PARÁMETROS DE METALES - Metales totales por ICP</b>																		
Plata (Ag)	mg/L	---	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003
Aluminio (Al)	mg/L	---	0,167	0,238	0,181	0,204	0,313	0,600	1,369	0,354	0,553	1,048	1,420	0,483	0,640	3,380	0,094	0,036
Arsénico (As)	mg/L	0,15	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	0,00052	0,00064	0,00068	0,00048	0,00112	0,00151	0,00228	0,00110	< 0,00003	0,00166	0,00044	< 0,00003
Boro (B)	mg/L	---	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,100	0,004
Bario (Ba)	mg/L	1	0,0260	0,0256	0,0251	0,0243	0,0407	0,0470	0,0400	0,0435	0,0389	0,0490	0,0626	0,0414	0,0390	0,0606	0,0212	0,0219
Berilio (Be)	mg/L	---	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002
Bismuto (Bi)	mg/L	---	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002
Calcio (Ca)	mg/L	---	32,71	34,07	33,01	33,22	33,01	34,14	32,84	32,55	33,10	37,71	41,68	33,12	6,00	42,09	46,22	47,42
Cadmio (Cd)	mg/L	---	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001
Cobalto (Co)	mg/L	---	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	0,00056	< 0,00001	0,00036	0,00060	0,00086	< 0,00001	0,00061	0,00174	< 0,00001	< 0,00001
Cromo (Cr)	mg/L	---	0,0005	0,0006	0,0005	0,0005	0,0007	0,0010	0,0016	0,0008	0,0007	0,0011	0,0015	0,0007	0,0009	0,0038	0,0005	< 0,0001
Cobre (Cu)	mg/L	0,1	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	0,00087	0,00146	0,00211	0,00102	0,00118	0,00231	0,00355	0,00117	0,00176	0,00485	< 0,00003	< 0,00003
Hierro (Fe)	mg/L	---	0,1735	0,2103	0,1838	0,1870	0,2955	0,6581	1,218	0,3494	0,5633	1,113	1,778	0,5082	1,744	3,315	0,1243	0,0292
Mercurio (Hg)	mg/L	0,0001	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003
Potasio (K)	mg/L	---	0,40	0,44	0,38	0,42	0,43	0,93	1,25	0,47	0,41	0,64	1,61	0,45	3,01	1,73	0,57	0,43
Litio (Li)	mg/L	---	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0018	< 0,0001	< 0,0001	0,0016	0,0020	< 0,0001	0,0013	0,0035	0,0014	< 0,0001
Magnesio (Mg)	mg/L	---	2,356	2,484	2,427	2,390	3,251	3,458	3,357	3,220	3,019	3,422	3,606	3,066	2,045	4,224	4,138	3,831
Manganeso (Mn)	mg/L	---	0,00656	0,00893	0,00704	0,00802	0,01635	0,03458	0,05128	0,01680	0,03500	0,07119	0,13945	0,03126	0,08802	0,13172	0,01377	0,00237
Molibdeno (Mo)	mg/L	---	0,00050	0,00051	0,00050	0,00044	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002
Sodio (Na)	mg/L	---	0,800	0,799	0,767	0,773	1,255	3,418	11,84	1,251	0,797	0,921	1,086	0,816	4,364	8,595	2,529	1,798
Níquel (Ni)	mg/L	0,052	0,0005	0,0004	0,0005	0,0005	0,0010	0,0013	0,0007	0,0005	0,0011	0,0019	0,0006	0,0013	0,0043	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002
Plomo (Pb)	mg/L	0,0026	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,0008	0,0016	0,0011	0,0010	0,0030	0,0048	0,0098	0,0030	0,0007	0,0033	0,0004	< 0,0002
Antimonio (Sb)	mg/L	0,64	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004
Selenio (Se)	mg/L	0,005	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004
Silicio (Si)	mg/L	---	2,8	2,8	2,7	2,9	4,6	6,4	6,0	9,0	3,7	4,4	4,9	3,5	6,3	7,1	3,6	2,8
Estroncio (Sr)	mg/L	---	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003
Estroncio (Sr)	mg/L	---	0,1974	0,1982	0,1935	0,1926	0,2485	0,2524	0,2150	0,2481	0,1118	0,1286	0,1381	0,1136	0,0226	0,2278	0,4353	0,3226
Titanio (Ti)	mg/L	---	0,0049	0,0036	0,0030	0,0028	0,0089	0,0175	0,0322	0,0088	0,0068	0,0098	0,0141	0,0065	0,0075	0,0482	0,0015	< 0,0002
Talio (Tl)	mg/L	0,0008	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002	< 0,00002
Uranio (U)	mg/L	---	< 0,000003	< 0,000003	< 0,000003	< 0,000003	< 0,000003	< 0,000003	< 0,000003	< 0,000003	0,000316	0,000377	0,000545	0,000274	< 0,000003	0,000539	0,000318	0,000393
Vanadio (V)	mg/L	---	< 0,0009	0,0009	0,0004	0,0003	0,0013	0,0022	0,0004	0,0016	0,0025	0,0039	0,0015	0,0021	0,0011	0,0079	0,0004	0,0009
Zinc (Zn)	mg/L	0,12	0,0159	< 0,0100	< 0,0100	0,0359	0,0196	0,0304	0,0226	0,0214	0,0187	0,0232	0,0237	0,0197	< 0,0100	0,0463	< 0,0100	< 0,0100
<b>PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS</b>																		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	2000	490	3500	220	940	170	2800	490	110	170	94						

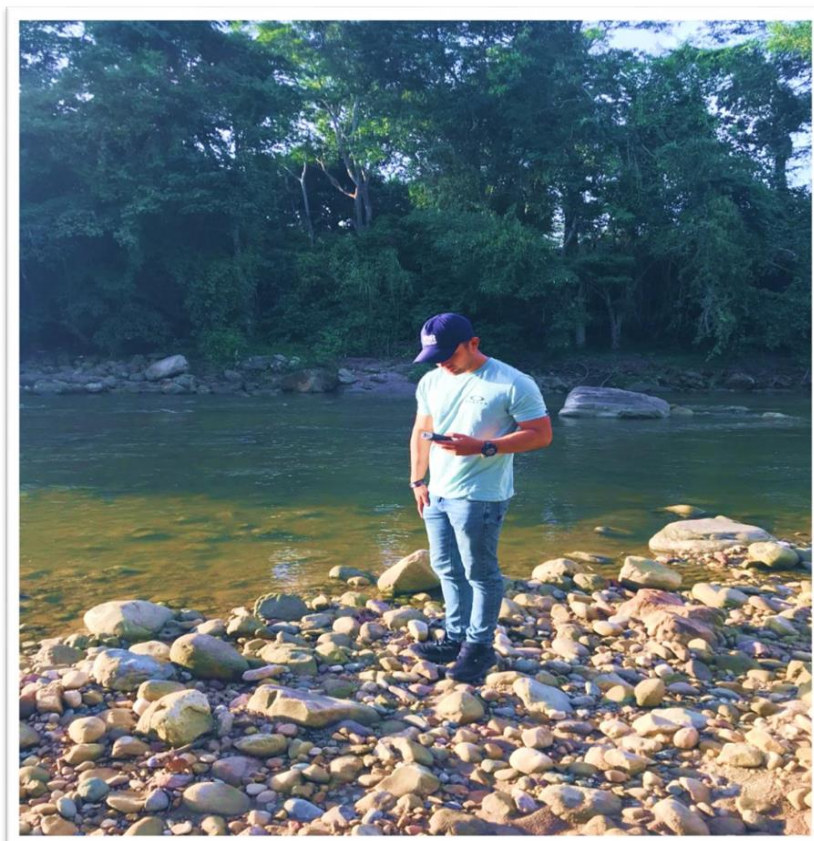


**Anexo 6.****Panel fotográfico**

Toma de muestra en el punto 1, 2 y 3



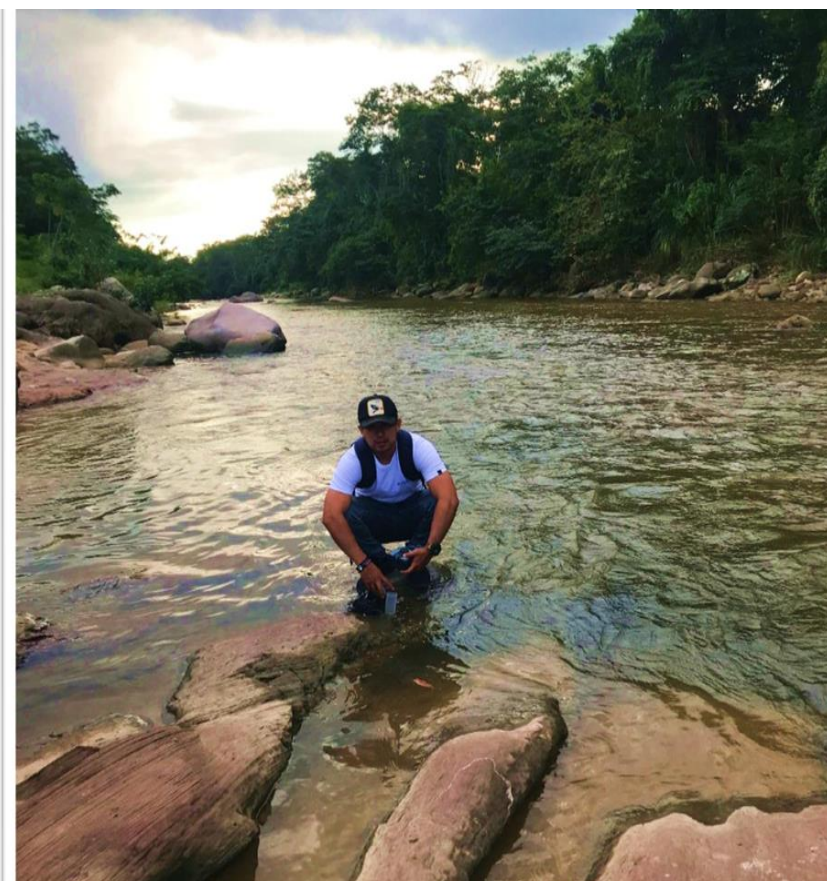
*Fotografía 1.* Toma de puntos de monitoreo



*Fotografía 2.* Georeferenciación en el segundo punto



*Fotografía 3.* Ubicación del tercer punto de monitoreo



*Fotografía 4.* Recolección de muestra en campo

Análisis del laboratorio:



*Fotografía 5.* Analisis de muestras en el laboratorio



*Fotografía 6.* Interpretación de muestras fisico quimicas



**Fotografía 7.** Analisis de DBO en la incubadora