

# **UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**



*Una Institución Adventista*

**Evaluación de la calidad de agua del río Coata en la  
desembocadura del río Torococha utilizando el Índice  
de Calidad de Agua del Consejo Canadiense  
CCME–WQI y el ICA–PE, Puno – 2018**

Por:

Verónica Reyna Gutierrez Cabana

Asesor:

Ing. Verónika Haydeé Pari Mamani

**Juliaca, diciembre de 2018**

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "Evaluación de la calidad de agua del río Coata en la desembocadura del río Torococha utilizando el Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense CCME-WQI y el ICA-PE, Puno - 2018" constituye la memoria que presenta la bachiller Verónica Reyna Gutiérrez Cabana para aspirar al título Profesional de Ingeniero Ambiental ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca a los veintisiete días del mes de diciembre del año dos mil dieciocho.



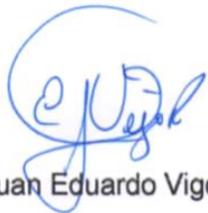
Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani

Evaluación de la calidad de agua del río Coata en la desembocadura  
del río Torococha utilizando el Índice de Calidad de Agua del Consejo  
Canadiense CCME-WQI y el ICA-PE, Puno - 2018

# TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

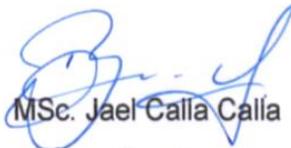
## JURADO CALIFICADOR



Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera  
Presidente



MSc. Rose Adeline Caillata Chura  
Secretaria



MSc. Jael Calla Calla  
Vocal



Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani  
Asesora

Juliaca, 27 de diciembre de 2018

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres: Melecio Gutierrez y Eusebia Cabana, por su inmenso amor, apoyo incondicional, motivación permanente y gran dedicación en mi formación personal y profesional. Ambos son mi mayor ejemplo a seguir.

A mi hermana Ruth Victoria, por enseñarme lecciones importantes. A mi sobrina Kristell, por ser nuestra mayor bendición y felicidad de nuestro hogar.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por ser mi guía y fortaleza diaria para seguir adelante, permitirme cumplir mis metas.

A mis padres por acompañarme y guiarme profesionalmente en cada proyecto planteado, gracias por los esfuerzos realizados para financiar mi desarrollo profesional.

A mis asesores: Mg. Efraín Velásquez e Ing. Verónica Pari por la disposición de su tiempo para asesorar y guiar acertadamente esta investigación.

A la Universidad Peruana Unión, Escuela Profesional de Ingeniería ambiental, por formarme académicamente y los docentes: Mg. Maritza Huanca, Ing. Delbert Condori, Ing. Danny Chambi, Ing. Ruth Cáceres, Ing. Erick Quispe, por sus oportunas recomendaciones, enseñanzas compartidas y amistad brindada.

A mis familiares por su cariño, oraciones y confianza puesta en mí.

A todas aquellas personas que colaboraron directa e indirectamente con el trabajo realizado.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I	
EL PROBLEMA.....	15
1.1. Identificación del problema.....	15
1.2. Objetivos.....	17
1.2.1. Objetivo General.....	17
1.2.2. Objetivos Específicos.....	17
1.3. Justificación.....	18
1.4. Presuposición Filosófica.....	18
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	20
2.1. Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	20
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	22
2.1.3. Antecedentes Locales.....	24
2.2. Marco Conceptual.....	25
2.2.1. Agua.....	25
2.2.2. Calidad del agua.....	25
2.2.3. Parámetros químicos, microbiológicos y metales pesados.....	26
2.2.4. Contaminación por aguas residuales.....	29
2.2.5. Índice de Calidad de Agua (ICA).....	30
a) Índice de calidad de agua (CCME-WQI).....	30
b) Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos en el Perú (ICA-PE).....	33
2.3. Marco Legal.....	36
2.4. Definición de términos.....	39
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
3.1. Diseño y tipo de investigación.....	41
3.2. Área de estudio.....	41

3.2.1. Ubicación política.....	41
3.2.2. Coordenadas UTM (Datum WGS 84).....	41
3.3. Materiales y equipos.....	42
3.4. Metodología.....	44
3.4.1. Puntos de muestreo.....	44
3.4.2. Frecuencia del muestreo .....	45
3.4.3. Recolección de muestras .....	46
3.4.4. Parámetros evaluados .....	47
3.4.5. Métodos utilizados.....	48
3.4.6. Cálculo de los valores del Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME – WQI).....	50
3.4.7. Cálculo de los valores del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos en el Perú (ICA – PE).....	51
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>53</b>
4.1. Resultados.....	53
4.1.1. Concentraciones de parámetros químicos, microbiológico y de metales pesados ...	53
4.1.2. Resultados del CCME-WQI e ICA-PE .....	66
a) Resultados del cálculo del Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente.....	66
b) Resultados del cálculo del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos en el Perú.....	68
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>71</b>
5.1. Conclusiones.....	71
5.2. Recomendaciones .....	72
<b>ANEXOS .....</b>	<b>81</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metales tóxicos.....	28
Tabla 2. Categorías del CCME WQI.....	33
Tabla 3. Calificación del ICA-PE.....	35
Tabla 4. Parámetros establecidos por normativa .....	38
Tabla 5. Materiales y Equipos utilizados .....	43
Tabla 6. Coordenadas UTM de puntos de muestreo .....	45
Tabla 7. Parámetros recomendados .....	48
Tabla 8. Métodos utilizados por ALS Corplab.....	49
Tabla 9. Métodos utilizados por Bhios Laboratorios .....	49
Tabla 10. Métodos utilizados por Laboratorio de Saneamiento Ambiental .....	50
Tabla 11. Valores obtenidos con cálculos del CCME-WQI.....	66
Tabla 12. Valores obtenidos con cálculos del ICA-PE .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo conceptual del índice (CCME, 2001) .....	31
Figura 2. Ubicación geográfica .....	42
Figura 3. Ubicación de puntos de monitoreo adaptado de ArcGis .....	44
Figura 4. Ubicación de puntos de monitoreo.....	45
Figura 5. Concentraciones de pH .....	54
Figura 6. Concentraciones de oxígeno disuelto.....	55
Figura 7. Concentraciones de conductividad.....	56
Figura 8. Concentraciones de DBO <sub>5</sub> .....	56
Figura 9. Concentraciones de coliformes termotolerantes .....	57
Figura 10. Concentraciones de Al. ....	58
Figura 11. Concentraciones de As .....	59
Figura 12. Concentraciones de B.....	60
Figura 13. Concentraciones de Cd.....	61
Figura 14. Concentraciones de Cu.....	62
Figura 15. Concentraciones de Mn.....	63
Figura 16. Concentraciones de Hg .....	64
Figura 17. Concentraciones de Pb .....	64
Figura 18. Concentraciones de Zn.....	65
Figura 19. Valores obtenidos de CCME-WQI .....	67
Figura 20. Valores obtenidos de ICA PE .....	69

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Informes de laboratorio .....	82
Anexo B. Memoria de cálculo de CCME-WQI e ICA-PE.....	91
Anexo C. Documentos utilizados .....	97
Anexo D. Certificados de acreditación de laboratorios por INACAL.....	101
Anexo E. Panel Fotográfico.....	103

## SÍMBOLOS USADOS

<b>ANA</b>	: Autoridad Nacional del Agua
<b>CCME-WQI</b>	: Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index
<b>D.S.</b>	: Decreto Supremo
<b>DBO<sub>5</sub></b>	: Demanda bioquímica de oxígeno
<b>DIGESA</b>	: Dirección General de Salud Ambiental
<b>E. Coli</b>	: Escherichia Coli
<b>ECA</b>	: Estándar de Calidad Ambiental
<b>ICA</b>	: Índice de Calidad de Agua
<b>ICA-PE</b>	: Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos en el Perú
<b>INACAL</b>	: Instituto Nacional de Calidad
<b>LMP</b>	: Límite Máximo Permisible
<b>M1</b>	: Punto de muestreo antes de la confluencia del río Torococha y Coata
<b>M2</b>	: Punto de muestreo después de la confluencia del río Torococha y Coata
<b>MINAM</b>	: Ministerio del ambiente
<b>MINSA</b>	: Ministerio de salud
<b>OEFA</b>	: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
<b>OMS</b>	: Organización Mundial de la Salud
<b>pH</b>	: Potencial de hidrógeno
<b>R.J.</b>	: Resolución Jefatural
<b>SENAMHI</b>	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
<b>SERFOR</b>	: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
<b>UNESCO</b>	: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
<b>UTM</b>	: Universal Transversal de Mercator
<b>µS/cm</b>	: Micro siemens por centímetro
<b>mg/L</b>	: Miligramo por Litro
<b>Al</b>	: Aluminio
<b>As</b>	: Arsénico

<b>B</b>	: Boro
<b>Cd</b>	: Cadmio
<b>Cu</b>	: Cobre
<b>Fe</b>	: Hierro
<b>Mn</b>	: Manganeso
<b>Hg</b>	: Mercurio
<b>Pb</b>	: Plomo
<b>Zn</b>	: Zinc

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad de agua del río Coata en la desembocadura del río Torococha, utilizando el Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME-WQI) y el Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos en el Perú (ICA-PE). Los puntos de muestreo (M1 y M2) se ubicaron según criterios del Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos Superficiales. Se monitorearon los parámetros de: pH, conductividad, DBO<sub>5</sub>, oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes, aluminio, arsénico, boro, cadmio, cobre, manganeso, mercurio, plomo y zinc; durante los meses de setiembre, octubre y noviembre del 2018. Los resultados del CCME-WQI clasificaron al punto M1 en categoría: buena, con un valor de 80 y al punto M2 categoría: marginal, con un valor de 57; por el contrario, los resultados del ICA-PE obtuvieron calificación: excelente para M1 y M2 con valores de 99 y 90 respectivamente. Se concluye que el río Torococha influye negativamente en la calidad del río Coata. El CCME-WQI demostró mayor diferencia espacial entre ambos puntos.

**Palabras Clave:** Calidad de agua, CCME WQI, ECA, ICA PE.

## ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the water quality of the Coata River at the mouth of Torococha River, using the Water Quality Index of the Canadian Council of Environment Ministers (CCME-WQI) and the Water Quality Index of Water Resources in Peru (ICA-PE). The sampling points (M1 and M2) are located according to the criteria of the National Protocol for Surface Water Resources. The parameters of pH, conductivity, BOD5, dissolved oxygen, thermotolerant coliforms, aluminum, arsenic, boron, cadmium, copper, manganese, mercury, lead and zinc are monitored; During the months of September, October and November of 2018. The results of the CCME-WQ classified to the point M1 in category: good, with a value of 80 and to the point M2 category: marginal, with a value of 57; Contrarily, the results of the ICA-PE obtained qualification: excellent for M1 and M2 with values of 99 and 90 respectively. It is concluded that the Torococha River negatively influences the quality of Coata River. The CCME-WQI showed greater spatial difference between both points.

**Keywords:** Water quality, CCME WQI, ICA PE, ECA.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1. Identificación del problema**

La contaminación de aguas superficiales representa un grave problema medioambiental a nivel mundial; el crecimiento poblacional y los asentamientos urbanos en gran parte son los causantes de la contaminación de cuerpos de agua, debido a que desechan sin ningún control los residuos generados de las actividades que realizan. En los países desarrollados se realiza el tratamiento de aguas residuales; sin embargo, no es plenamente satisfactorio. En los países en desarrollo más del 80% de las aguas residuales son vertidas a cuerpos de agua sin previo tratamiento. (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos - WWPA, 2012).

Las actividades económicas realizadas en las cuencas hidrográficas, el crecimiento demográfico, el inadecuado manejo de residuos sólidos, la inexistencia de tratamiento de aguas negras, el vertimiento de aguas residuales y efluentes industriales representan un grave problema, porque alteran la calidad de agua, afectando los ecosistemas acuáticos, imposibilitando y reduciendo las actividades que estaban destinadas a realizarse con este recurso (ANA, 2018).

La Organización Mundial de la Salud (2018) afirma: “a nivel mundial al menos 2000 millones de personas se abastecen con agua contaminada por materia fecal, así mismo 844 millones de personas no cuentan con el suministro de agua potable, cifra que incluye a 159

millones de personas que dependen de aguas superficiales no tratadas” (p. 3). Esta situación expone a la población a que pueda contraer y transmitir enfermedades: hepatitis A, cólera, diarreas, fiebre tifoidea, entre otros; debido a la inadecuada gestión de las aguas residuales, falta de suministro de agua potable, saneamiento y falta de higiene en las manos. En el ámbito de estudio, la cuenca baja Coata no cuenta con los servicios básicos de saneamiento de agua potable e instalación domiciliar de desagüe, por tal motivo los pobladores se ven obligados a utilizar el agua superficial para bebida de sus animales pecuarios, ocasionándoles infecciones y mortandad; así mismo, utilizan el agua subterránea sin tratamiento para sus actividades y necesidades, trayendo como consecuencia efectos a su salud. Las estadísticas de morbilidad del Ministerio de Salud (REDESS San Román 2001 – 2002) evidenciaron con un 26.48% que las enfermedades al sistema digestivo, las enfermedades infecciosas y parasitarias ocupaban el segundo y tercer lugar en las causas de morbilidad de toda la provincia.

Ocola y Laqui (2017) señalan que la sub cuenca bajo Coata se ubica en la ciudad de Juliaca, con aproximadamente 300 mil habitantes que generan gran cantidad de residuos sólidos y aguas servidas municipales. El río Torococha es utilizado como cuerpo receptor de descargas clandestinas y agua residual proveniente de las lagunas de oxidación de Juliaca; siendo la principal fuente de contaminación del río Coata.

Según informes del año 2018, el SERFOR sostiene que los residuos sólidos y las aguas residuales municipales, específicamente la laguna de oxidación que desemboca en el río Coata afecta gravemente a la fauna silvestre presente (aves, anfibios y otras especies) que se contaminan e intoxican generando su mortandad. En el año 2016 se registró numerosos especímenes de rana gigante del Titicaca “*Telmatobius culeus*” muertos a lo largo de más de 50 km del río Coata, a causa de la contaminación presente.

La afección de la calidad de agua por la inadecuada gestión de aguas servidas fue demostrada en la investigación realizada por Pérez (2017), quién determinó “el índice de calidad de agua del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales Omo”, utilizando el Índice de Calidad de Brown-NSF, evaluando nueve parámetros. Como resultado obtuvo que el río Moquegua presenta calidad de agua media antes del vertimiento y calidad de agua mala después del vertimiento.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

- Evaluar la calidad de agua del río Coata en la desembocadura del río Torococha utilizando el Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense CCME-WQI y el Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos en el Perú ICA-PE.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados del río Coata en la desembocadura del río Torococha.
- Evaluar el cumplimiento de los parámetros analizados con la normativa vigente D.S. 004-2017-MINAM.
- Calcular los valores del Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME – WQI) y del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos en el Perú (ICA – PE).

### **1.3. Justificación**

El recurso hídrico es un componente fundamental para todas las actividades humanas, por lo tanto, debe poseer buena calidad de agua, que cuente con un adecuado control monitorizado. En la zona de estudio este recurso es utilizado sin ningún tratamiento previo para bebida de sus animales pecuarios, riego de cultivos, incluso para consumo humano por las personas que viven en las riveras de este río.

El presente estudio busca conocer las características de calidad de agua presente en el río Coata, utilizando Índices de Calidad de Agua, determinando las concentraciones de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales que representen riesgos a la salud y al ecosistema acuático; con la finalidad de evaluar la influencia del río Torococha en la calidad de agua del río Coata, observando si existen variaciones espaciales longitudinales. Finalmente se pretende aportar a la sociedad científica con una base de datos con los resultados obtenidos, que pueden ser utilizados como una herramienta técnica informativa por las autoridades para comunicar de manera gráfica y simplificada la realidad actual de los recursos hídricos a la población afectada; estos datos ayudan a implementar posteriores instrumentos, planes y programas de gestión e intervención dirigidos a la protección de la salud y ecosistemas acuáticos.

### **1.4. Presuposición Filosófica**

Hoy en día, los seres humanos son los principales destructores del medio ambiente, debido a las diferentes actividades que realizan se contaminaron los recursos hídricos, suelos, aire, atmósfera, produciéndose calentamiento global y desastres naturales. En Isaías 24:5 menciona que “la tierra se contaminó bajo sus moradores; porque traspasaron las leyes, falsearon el derecho y quebrantaron el pacto sempiterno”.

“En el principio Dios creo los cielos y la tierra” (Génesis 1:1). El mundo de entonces era "bueno en gran manera" (Génesis 1:31). Dios entregó a la pareja edénica la tierra con la responsabilidad de labrarla y cuidarla (Génesis 2:15). Los seres humanos somos los responsables de preservar los recursos naturales para las próximas generaciones, cuidar el medio ambiente, mostrando amor y respeto hacia la creación de Dios; por lo tanto, debemos de reflexionar sobre nuestro accionar diario.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LA LITERATURA**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

Caho & López (2017) realizaron una investigación en la ciudad de Bogotá, Colombia, con el objetivo de analizar espacio-temporalmente el índice de calidad de agua del sector occidental Guaymaral, utilizando dos metodologías de medición de cálculo: ICA UWQI-IDEAM (Estudio Nacional del Agua adoptó la metodología Universal Water Quality Index) y el ICA CWQI-SDA (La Secretaría Distrital de Ambiente adoptó la metodología canadiense CWQI). Seleccionaron cuatro puntos a ser monitoreados, evaluando parámetros fisicoquímicos: oxígeno disuelto, pH, conductividad, DBO, DQO, N, P, coliformes fecales, SST, tensoactivos, grasas y aceites. La mayoría de los puntos de monitoreo evaluados con UWQI-IDEAM tuvo una valoración regular y con el CWQI-SDA una valoración pobre. Concluyeron que UWQI-IDEAM sirve para evaluar el uso específico del agua y el CWQI-SDA, sirve para estudios que evalúen espacio temporalmente la calidad de agua.

Mahagamage & Manage (2014) analizaron la calidad de agua del río Kelani, Sri Lanka, en el continente de Asia, con el objetivo de “evaluar la aplicación del Índice de Calidad del Agua CCME para monitorear los cambios en la calidad de agua superficial en la cuenca del río Kelani para consumo, recreativo, riego y ganado” (p. 200). Se analizaron veintisiete puntos, debido a que el recurso en esta zona es utilizado para distintos usos. Aplicaron el índice de calidad de agua del consejo canadiense de ministros del medio ambiente CCME

WQI, analizando los parámetros de: pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, dureza, sólidos disueltos, demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitrato, nitrito, fosfato total, coliformes característicos, coliformes totales, aluminio, cadmio, plomo, zinc, cobre y cromo; obtuvieron como resultado valores del índice para consumo humano 32, para riego de agricultura 77, para bebida de ganado 93 y para recreación 39; estos resultados indican que el río tiene mala calidad para consumo humano y recreación.

Maldonado (2014) realizó un monitoreo de calidad de aguas del río Malacatos, en la ciudad de Loja, Ecuador. En el cauce del río Malacatos ubicaron 9 puntos de monitoreo, las concentraciones resultantes fueron comparadas con los Límites Máximos Permisibles establecidos por la normativa ecuatoriana. Se evaluaron ocho parámetros: arsénico, plomo, mercurio, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto, nitrógeno, fósforo y coliformes. Además, comparó tres índices de calidad del agua: CCME WQI, NSF WQI, e IQA MC; obteniendo como resultados: valor de 29, calidad pobre con el CCME WQI; valor de 60, calidad regular con el NSF WQI; valor de 47, calidad de agua altamente contaminada, con el IQA MC; el punto P4 es considerado punto crítico por el vertimiento puntual de aguas residuales. Concluye que existen variaciones significativas en la época de lluvia debido a la dilución de agentes contaminantes por el aumento de caudal en el río.

Rodrigues, Sousa & Santana (2014) realizaron una investigación en Brasil, con el objetivo de “evaluar la calidad de agua del río Paraguaçu-ba en el tramo alto” (p.3). Se analizaron nueve parámetros: pH, coliformes, DBO5, oxígeno disuelto, temperatura, turbidez, sólidos totales, fosforo total y nitrógeno total, con datos correspondientes al año 2009, separados en 3 grupos: Mucugé, Andarí y Fértem. Para la evaluación de la calidad de agua utilizaron dos índices: IQA CETESB y CCME WQI, para realizar una comparación, por presentar una gran diferencia en sus notas y escalas de calidad establecidas. Obtuvieron como resultados en

Mucugé, escalas: buena-óptima con CETESB, mediana con CCME; en Andarí presentó escalas: buena-óptima con CETESB, buena con CCME; finalmente en Fértem mostró escalas: mala, buena, óptima con CETESB y mediana con CCME. Concluyen que el IQA CETESB tiene notas y escalas más estrictas en comparación con CCME WQI; sin embargo, ambas mostraron gran similitud en este estudio de caso. La variación de calidad en el tramo alto es por causa antrópica, recomiendan que se deben evaluar los contaminantes y los puntos de descargas de efluentes domésticas y agrícolas.

Balmaseda & García (2013) realizaron una investigación en el río Naranjo, Cuba, con el objetivo de “evaluar las aguas de riego de la cuenca de río Naranjo de la provincia Las Tunas con el índice canadiense” (p. 12). Fijaron tres puntos de muestreos subterráneos y tres puntos de agua superficial; determinaron concentraciones de parámetros en campo: pH, temperatura y conductividad eléctrica y parámetros en laboratorio: bicarbonatos, cloruros, carbonatos, sulfatos, calcio, sodio y magnesio. Como referencia de un nivel de calidad de agua de riego adecuada, utilizaron el “manual de FAO para la calidad del agua en la agricultura y el Reglamento para la operación y mantenimiento de sistemas de riego y drenaje”; concluyendo que el agua río Naranjo posee una calidad de agua pobre o marginal, según los niveles deseables indicados por la FAO. Para evaluar una posible variación temporal se analizaron en distintas épocas, utilizando el programa STATGRAPHICS se encontró que solo existe variación temporal significativa en el pH.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Pérez (2017) en su estudio realizado en Lambayeque, se planteó “determinar los niveles de contaminación de las aguas residuales del Centro Poblado Huaca Blanca y su efecto en la Calidad del Agua del Río Chancay” (p. 33). Se determinaron tres puntos de muestreo: aguas arriba de la desembocadura de las aguas residuales, en el vertimiento puntual antes de

unirse con las aguas del río Chancay y aguas debajo de la desembocadura, analizando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados evidenciaron altos niveles de contaminación que sobrepasaban los Límites Máximos Permisibles y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA A1, A2, y A3) con los que fueron comparados. Concluye que el vertimiento de las aguas residuales al río Chancay trae consecuencias en su calidad.

Moreno (2015) en su investigación ejecutada en la provincia de Huaraz, tuvo como objetivo “determinar el índice de calidad del agua (ICA) en el sistema de abastecimiento de agua potable rural en el Centro Poblado de Paria Willcahuain – Independencia, con la finalidad de prevenir los riesgos en la salud pública” (p. 10). Se muestrearon 35 grifos de hogares y 4 captaciones, analizando parámetros microbiológicos, parasitológicos, químicos orgánicos e inorgánicos. Se aplicaron diferentes Índices de Calidad de Agua: CCME, Brown, Dinius, Landwer y Deninger, Tyson y House, Swamee y Tyagi. Los grifos de los hogares resultaron con valores de: CCME = 65.07, Brown = 75.31, Dinius = 63.56, Swamee y Tyagi = 33.28, Landwer y Deninger = 68.12, Tyson y House = 50.90; las fuentes de captación resultaron con valores de: CCME = 54.78, Brown = 74.26, Dinius = 62.41, Swamee y Tyagi = 35.65, Landwer y Deninger = 67.27, Tyson y House = 55.39. Concluye que la calidad de agua de este sistema de abastecimiento en las 4 captaciones y los 35 grifos no son aptas para consumo humano según los resultados presentados y requieren tratamiento del tipo A-2.

Castillo & Medina (2014) en su investigación del río Rímac, Lima, tuvieron como objetivo principal “evaluar la variación espacio-temporal de la calidad del agua superficial con fines de riego, en tres puntos seleccionados de la red de monitoreo en la parte alta del río Rímac, de enero a agosto de 2011, mediante el uso de índices y herramientas estadísticas aplicados a parámetros monitoreados por DIGESA y SEDAPAL, e indicar la existencia de normas que exigen la protección de la calidad de los cuerpos de agua” (p. 15). Los

parámetros evaluados fueron: temperatura, pH, cloruros, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, DQO, DBO, fosfato, nitrito, nitrato, coliformes totales, coliformes fecales, aluminio, hierro, arsénico, manganeso, cadmio, plomo, cobre y zinc. Obtuvieron como resultado calidad de agua: buena a media con el NSF WQI y calidad de agua aceptable, bueno y excelente con el CCME WQI. Los autores concluyeron que los efluentes de la industria minera y efluentes domésticos generan mayor impacto negativo en la calidad de agua superficial en época de estiaje.

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

Capacoila (2017), realizó un estudio del río Coata, teniendo como objetivo: “evaluar la presencia y el grado de contaminación de las concentraciones de metales pesados en las aguas superficiales de la parte baja del río Coata según el estándar de calidad ambiental para agua” (p. 8). Se determinaron 5 puntos de monitoreo para recolectar muestras y emplear el método de Espectroscopia de Absorción Atómica. Los resultados obtenidos evidenciaron concentraciones altas de: Aluminio, Hierro y Manganeso que exceden los límites de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, en algunos puntos de muestreo. Se concluyó que la contaminación del río Coata proviene principalmente del punto P2 ubicado en la confluencia con el río Torococha, debido a la descarga con aguas residuales y residuos sólidos en el tramo que transita por la ciudad de Juliaca.

Monteagudo (2015), realizó una investigación en los dos principales afluentes del río Coata, tuvo como objetivo principal “evaluar la diferencia de los Índices de Calidad de Agua de los ríos Cabanillas y Lampa” (p. 6). Se evaluaron nueve parámetros: temperatura, pH, turbidez, nitratos, fosfatos, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos totales y coliformes fecales. Se empleó el método del Índice de Calidad de Agua de la Fundación Nacional de Sanidad de los Estados Unidos (ICA NSF). Los resultados de calidad

de agua en el río Cabanillas presentó un valor de 54.14 y en el río Lampa 70.16, ambos pertenecen a la clasificación de calidad de agua media. El autor concluye los ICA NSF de ambos ríos son estadísticamente significativos, el río Cabanillas presenta un alto nivel de contaminación.

## **2.2. Marco Conceptual**

### **2.2.1. Agua**

Es un recurso natural renovable, deteriorado en gran parte por la contaminación antrópica y el deterioro ambiental, se ve afectado por el inadecuado uso y conservación que le da la población. Este recurso puede ser escaso en una parte del año y en ciertas áreas geográficas; pero también puede ser excesivo y destructivo en otras. (CONCERTAR, 2009).

Sierra (2011 p. 30, 34) indica que los mayores volúmenes de agua se encuentran en el océano, sin embargo, no pueden ser utilizados debido a su alta salinidad, a diferencia de las aguas dulces que se encuentran en ríos y lagunas que representan la menor cantidad de agua disponible en el mundo; desgraciadamente las aguas superficiales son la que presentan mayor contaminación debido a las descargas de diversos efluentes por las actividades antrópicas y naturales, distorsionando y perjudicando los usos benéficos de este recurso.

### **2.2.2. Calidad del agua**

Las características que determinan la calidad del agua se refieren a sus aspectos físicos (temperatura, transparencia), químicos (sales, metales) y microbiológicos. De acuerdo con estas características, la calidad de un cuerpo de agua puede ser apto para un uso concreto y un uso inadecuado (Egg & Mendiola, 2012).

La Organización Mundial de la Salud (2006) define la calidad del agua: “conjunto de características variables fisicoquímicas o microbiológicas, así como de sus valores de

aceptación o de rechazo. La calidad físico-química del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud tras cortos o largos periodos de exposición. La evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple con relación a la calidad natural”.

### **2.2.3. Parámetros químicos, microbiológicos y metales pesados**

#### **a) Potencial de hidrógeno**

El pH mide el balance de acidez de una solución, su escala indica acidez o alcalinidad entre 0 al 14, el valor 7 representa neutralidad. El pH es una variable importante en el manejo de calidad de agua debido a que influye en los procesos químicos y biológicos (CONAGUA, 2007). Según Sierra (2011) este parámetro ejerce influencia sobre la toxicidad de ciertos compuestos: amoníaco, metales pesados, hidrógeno sulfurado y otros.

#### **b) Conductividad**

Es una medida indirecta de la cantidad de iones en solución del recurso, mide la capacidad de conducir corriente eléctrica. Se determina utilizando un conductímetro que evalúa la caída y diferencia de voltaje entre dos electrodos. Las aguas residuales en contacto con cuerpos de agua aumentan la conductividad por el aumento de Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> y otros iones; en consecuencia, es utilizado como indicador de calidad de agua dulces, cambios significativos indican eventos de contaminación (Goyenola, 2007).

#### **c) Cloruros**

La concentración de cloruros en cuerpos de agua natural se debe a la disolución de rocas y suelos que contengan cloruros y estén en contacto con el agua, altas concentraciones generan incremento de corrosividad del agua, afectan a la vegetación de la zona, inclusive

hasta matarla e imposibilita que pueda ser utilizada para consumo humano o para bebida de ganado (DIGESA, 2010).

#### **d) Demanda Bioquímica de oxígeno**

La alta carga de materia orgánica en un cuerpo de agua favorece el incremento de población de bacterias y hongos que requieren oxígeno, para oxidar o degradar los residuos orgánicos. Con una gran demanda bioquímica de oxígeno se producen cambios en la calidad del agua, generando la desaparición de peces, plantas y otros efectos en el ecosistema (Raffo & Ruiz, 2014).

#### **e) Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto es una de las condiciones más importantes para que exista crecimiento y reproducción de poblaciones de peces y otros organismos acuáticos (Sierra, 2011).

La concentración del oxígeno disuelto en el agua depende de la presión parcial del oxígeno y la temperatura del agua, es necesario para que los microorganismos aerobios puedan respirar al igual que otras formas de vida. Este parámetro es de suma importancia, en los casos que el nivel de oxígeno disuelto disminuya a concentraciones menores de 4mg/L se pueden producir efectos nocivos en algunas especies y el ecosistema; la cantidad de oxígeno también es menor cuando el caudal de los ríos disminuye en épocas de estiaje (DIGESA, 2010). Álvarez et al., 2006 señalan que a menor concentración de oxígeno disuelto mayor es el valor de coliformes totales.

#### **f) Coliformes Termotolerantes**

Los coliformes termotolerantes son indicadores de contaminación fecal, se relacionan con la probabilidad de encontrar patógenos excretados. Si se encuentra en mayor cantidad indica que existe contaminación reciente. “Los coliformes fecales son todos los bacilos cortos que

difieren del grupo coliforme total por su capacidad para crecer a una temperatura de entre 44 y 45 °C. Abarca los géneros *Escherichia* y parte de algunas especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. De ellos, sólo *E. Coli* es específicamente de origen fecal y se encuentra siempre presente en las heces de humanos, otros mamíferos y gran número de aves” (CONAGUA, 2007).

### g) Metales pesados

En el suelo están presentes naturalmente los metales pesados debido a los procesos geológicos y edafogenéticos, estos son bioacumulables a través del tiempo en comparación con otros metales que se acumulan en el ambiente. Los metales tóxicos se acumulan en los tejidos y músculos de los seres vivos que erradican sus defensas y generan enfermedades, llegan al hombre por distintos medios, provoca lesiones graves, hasta la muerte. Los metales pesados de más importancia son el plomo, cadmio, arsénico y mercurio. (Raffo & Ruiz, 2014).

Tabla 1.

#### *Metales tóxicos*

<b>Metales Tóxicos</b>	<b>Definición</b>
<b>Aluminio</b>	“Es uno de los elementos que más abunda en la corteza terrestre, pero su presencia en las aguas naturales es ínfima. Dado que el aluminio existe en muchas rocas, minerales y arcillas está presente en todas las aguas superficiales, pero su concentración en las aguas con un pH cercano al natural raramente supera unas pocas décimas a 1mg/l” (p. 28).
<b>Arsénico</b>	“Metal pesado venenoso y muy tóxico, en aguas naturales se presenta como arseniato ( $AsO_4^{3-}$ ) y arsenito ( $AsO_2^+$ ); su presencia puede tener origen en descargas industriales o uso de insecticidas” (p. 27).
<b>Boro</b>	“El boro, es un elemento que se encuentra en las aguas naturales debido a dos factores, al aporte de la geología natural y/o a los vertidos de efluentes de aguas residuales tratadas y no tratadas. Su presencia de este elemento en el agua tiene un efecto nocivo en ciertos productos agrícolas, incluidos los cítricos. Asimismo, para aguas destinadas para el

---

	consumo poblacional que contiene boro, puede originar un problema en la salud de las personas” (p. 29).
<b>Cobre</b>	“Es un elemento altamente distribuido en las cuencas hidrográficas, pero la mayoría de los minerales de cobre son relativamente insolubles debido a que el cobre es absorbido en fase sólida, solo existe en bajas concentraciones en las aguas naturales. Debido a la presencia de sulfuros, el cobre debería ser aún menos soluble en ambientes anóxicos. La presencia de mayor concentración en aguas naturales superficiales puede atribuirse a desechos industriales y/o actividades de minería” (p. 28).
<b>Manganeso</b>	“El manganeso es un metal relativamente común en las rocas y suelos, donde se presenta como óxidos e hidróxidos. Su evaluación es de gran importancia para controlar las concentraciones de diversos metales trazas existentes en los cuerpos de agua natural” (p. 28).
<b>Mercurio</b>	“Su presencia en las aguas se debe principalmente a las actividades antrópicas (minería, etc.), salvo en algunos lugares que por su propia naturaleza se encuentran depósitos de este mineral. Generalmente es un elemento que no abunda en la corteza terrestre” (p. 27).
<b>Plomo</b>	“El Plomo es un elemento relativamente de menor importancia en la corteza terrestre, pero está ampliamente distribuida en bajas concentraciones en rocas sedimentarias y suelos no contaminados. Es tóxico para los organismos acuáticos pero el grado de toxicidad varía mucho, según sea las características de la calidad del agua y de las especies bajo estudio” (p. 27).
<b>Zinc</b>	“Está presente en cantidades trazas en casi todas las aguas alcalinas superficiales, pero se eleva su concentración en aguas ácidas. En concentraciones moderadas es considerado como un parámetro esencial para la nutrición de los hombres, siendo también tóxico para los organismos acuáticos debido a su variación en concentración y a los factores según sean las características de la calidad del agua y de las especies bajo estudio” (p. 28).

---

Fuente: ANA, 2018

#### **2.2.4. Contaminación por aguas residuales**

Se estima que un 80% del total de las aguas residuales municipales e industriales son descargadas directamente a cuerpos de agua del medio; en consecuencia, se degrada la calidad general de agua generando impactos en los ecosistemas y en la salud humana (WWAP, 2017 citado por UNESCO, 2018).

Larios, Gonzales y Morales (2015) señalan que debe existir por lo menos una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en las ciudades con altos niveles de concentración urbana, que realicen un tratamiento de aguas residuales con origen municipal, industrial y de residuos agrícolas. Las aguas servidas que son liberadas a cuerpos de agua dulce sin previo tratamiento, llegan a ser utilizadas tramos después en las zonas con inadecuado abastecimiento de agua potable; generando enfermedades como la disentería, el cólera, la hepatitis, gastroenterocolitis, etc.

### **2.2.5. Índice de Calidad de Agua (ICA)**

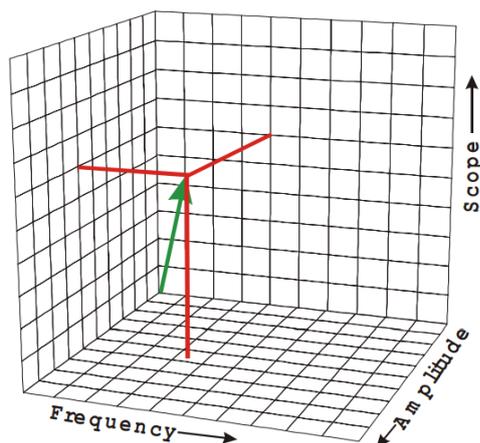
Los Índices de Calidad de Agua ICA proporcionan una visión general del estado de calidad de agua, debido a que integran resultados de varias variables indicadoras del lanzamiento de efluentes sanitarias a cuerpos de agua, expresando las condiciones de aguas superficiales. Puede estar representado por un valor indicador único establecido por una puntuación que varía de 0 a 100 con su respectiva interpretación. Los ICA son utilizados para transmitir información (CETESB, 2008).

La mayoría de los ICA dependen de la estandarización de los datos de los parámetros de acuerdo a las concentraciones establecidas. Sumado a interpretaciones que indican calidad de agua buena y calidad de agua mala. Los parámetros a evaluar se adoptan de acuerdo a la importancia percibida. Son calculados como el promedio ponderado de todas las observaciones de interés (UNEP, 2007).

#### **a) Índice de calidad de agua (CCME-WQI)**

En el año 1997 el estado canadiense convocó un comité de ministros del medio ambiente, para que evaluara varios enfoques, genere una formulación y desarrolle un índice que permita resumir el reporte de la evaluación de la calidad del agua de todo el territorio

canadiense. El subcomité técnico del Water Quality Index adoptó el modelo conceptual de otro índice, el British Columbia Índice, que está conformado por tres factores (alcance, frecuencia y amplitud), los cuales resultan en una escala entre 0 y 100, generándose un índice, representando 0 valores bajos que indican una calidad del agua muy pobre y valores altos cercanos a 100 indican una calidad excelente (CCME, 2001).



*Figura 1.* Modelo conceptual del índice (CCME, 2001).

Este índice permite diferenciar variaciones en áreas impactadas de tipo antropogénico y áreas no impactadas. Se basa en la comparación de valores determinados para cada parámetro con un punto de referencia, leyes, normas o guías de calidad del agua que cuente con concentraciones y límites permisibles; dada su flexibilidad en los parámetros y el uso de directrices para protección de la vida acuática que emplea, los parámetros a evaluar serán escogidos por el investigador (CCME, 2001).

Khan, Paterson y Khan (2004) indican que el CCME WQI es una herramienta que proporciona resúmenes significativos de la calidad de agua expresados en valores que son entendibles tanto para las personas con estudios técnicos como para personas naturales que no están vinculadas a estas ciencias, proporcionando una visión general del desempeño ambiental.

Para hallar los factores es necesario calcular:

- **Alcance**

Representa el porcentaje de variables que excede el objetivo de la norma en relación con el número total de variables que se miden.

$$F1 = \left( \frac{\text{número de variables que fallaron}}{\text{número total de variables}} \right) \times 100$$

- **Frecuencia**

Representa el porcentaje de pruebas individuales de cada variable que excede el objetivo de la norma.

$$F2 = \left( \frac{\text{número de pruebas deficientes}}{\text{número total de pruebas}} \right) \times 100$$

- **Amplitud**

Representa magnitud de los valores de pruebas fallidas no cumplen con sus objetivos.

Cada uno de ellos se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$F3 = \left( \frac{\text{nse}}{0.01 \times \text{nse} + 0.01} \right)$$

$$\text{nse} = \left( \frac{\sum \text{excursiones}}{\text{número de pruebas}} \right)$$

$$\text{excursión} = \left( \frac{\text{valor inaceptable}}{\text{objetivo}} \right) - 1$$

Finalmente se halla el valor del índice de calidad de agua superficial establecidos por el consejo canadiense de ministros de medio ambiente, con la siguiente ecuación:

$$CCME\ WQI = 100 - \left( \frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1.732} \right)$$

Con el valor resultante de la ecuación general del CCME WQI se determina la categoría de calidad de agua que presenta el cuerpo de agua analizado, según los valores y descripciones de la tabla 2.

Tabla 2.

*Categorías del CCME WQI*

<b>Categoría</b>	<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>
Excelente	95-100	“La calidad de agua está protegida con una ausencia virtual de deterioro o amenaza, condiciones muy cercanas a los niveles naturales”.
Buena	80 -94	“La calidad de agua está con un grado menor de deterioro o amenaza, las condiciones rara vez se alejan de los niveles deseables”.
Regular	65-79	“La calidad de agua presenta deterioro ocasional, algunas veces las condiciones se alejan de los niveles deseables”.
Marginal	45-64	“La calidad de agua es frecuentemente deteriorada o amenazada, las condiciones se alejan con frecuencia de los niveles deseables”.
Pobre	0 -44	“La calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables”.

Fuente: Adaptación de CCME 2001.

**b) Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos en el Perú (ICA-PE)**

En el Perú actualmente se evalúa la calidad de recursos hídricos mediante los Estándares de Calidad Ambiental, realizando una comparación de las concentraciones halladas y las concentraciones estandarizadas en el D.S. N° 004-2017-MINAM de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados. Según la Autoridad Nacional del agua

ANA, esta evaluación es ambigua al precisar el nivel de calidad del recurso hídrico evaluado, por ello elaboraron el instrumento ICA-PE que es una adaptación del Índice de Calidad de Agua propuesto por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente CCME- WQI, que es utilizado para integrar toda la información obtenida y señalar el estado de la calidad de agua en cada punto de evaluación (ANA, 2018).

Para la decisión de parámetros a evaluar en el ICA-PE se considera la categoría asignada en la Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales y los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua, para las categorías 1, 2, 3 y 4.

Para la determinación del ICA-PE se aplican las ecuaciones que comprenden tres factores (alcance, frecuencia y amplitud), que resultarán en un valor único (entre 0 y 100), el cual describirá el estado de la calidad del agua de un punto de monitoreo, un río o una cuenca hidrográfica.

- **F1 – Alcance:**

$$F1 = \left( \frac{\text{número de parámetros que no cumplan los ECA – Agua}}{\text{número total de parámetros a evaluar}} \right)$$

- **F2 – Frecuencia:**

$$= \left( \frac{\text{número de los parámetros que NO cumplen el ECA – Agua de los datos evaluados}}{\text{número total de datos evaluados}} \right)$$

- **F3 – Amplitud:**

$$F3 = \left( \frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de excedentes} + 1} \right) \times 100$$

$$\text{nse} = \text{Suma Normalizada de Excedentes} = \left( \frac{\sum \text{excedente}}{\text{Total de datos}} \right)$$

$$\text{Excedente} = \left( \frac{\text{valor del parámetro que no cumple el ECA - Agua}}{\text{valor establecido del parámetro en ECA - agua}} \right) - 1$$

### Cálculo del valor del ICA – PE

Finalmente, con los valores de los factores hallados se realiza el cálculo del ICA-PE con la siguiente ecuación:

$$\text{ICA PE} = 100 - \sqrt{\frac{F1^2 + F2^2 + F3^2}{3}}$$

Para la interpretación se ubica el valor del ICA-PE dentro de los 5 rangos presentados en la tabla 3, para determinar el nivel de sensibilidad y la calificación del agua, además de la escala cromática asignada para cada calificación.

Tabla 3.

#### Calificación del ICA-PE

Calificación	Escala cromática	ICA-PE	Interpretación
Excelente		90 – 100	“La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados”.
Bueno		75 - 89	“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”.
Regular		45 - 74	“La calidad del agua ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento”.
Malo		30 - 44	“La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento”.
Pésimo		0 - 29	“La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento”.

Fuente: Adaptación de ANA, 2018 (p. 37).

### **2.3. Marco Legal**

- **Constitución Política del Perú de 1993**

En el artículo 2, inciso 22, la Constitución establece que: “Toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida”. Así mismo, en el artículo 67 indica que el estado es responsable de promover el uso sostenible de sus recursos naturales y es quien determina la Política Nacional del Ambiente del país.

- **Ley N°28611. Ley General del ambiente (2005)**

De acuerdo con la Ley General del Ambiente en el artículo 66 menciona: “La prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental”.

El artículo 90 menciona que el Estado a través de la gestión integrada del recurso hídrico promueve y controla el aprovechamiento sostenible del agua, previene la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, regula su asignación en función de objetivos sociales, ambientales y económicos; promueve la inversión y participación del sector privado en el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico.

El artículo 113 indica: “Toda persona natural o jurídica, pública o privada, tiene el deber de contribuir a prevenir, controlar y recuperar la calidad del ambiente y de sus componentes”.

Finalmente, el artículo 133 menciona: “La vigilancia y el monitoreo ambiental tienen como fin generar la información que permita orientar la adopción de medidas que aseguren el cumplimiento de los objetivos de la política y normativa ambiental”.

- **Ley N°29338. Ley de Recursos Hídricos**

El reglamento de la Ley de Recursos Hídricos fue aprobado mediante el D.S. N° 001-2010-AG. Con el objeto principal de regular el uso, la gestión integrada del agua continental, superficial y subterránea, la actuación del estado y los particulares en dicha gestión.

En el artículo 75 se recalca: “La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca, debe velar por la protección del agua, que incluye la conservación y protección de sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados a ésta”.

El artículo 76 menciona que La Autoridad Nacional en coordinación con el Consejo de Cuenca, en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, es responsable de controlar, supervisar y fiscalizar el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua y establecer medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua y los bienes que estén asociados a esta. Además, se debe vigilar y fiscalizar las disposiciones y programas a implementarse establecidos por autoridad del ambiente.

- **Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM**

Esta norma tiene por objeto acopiar las disposiciones aprobadas por el D.S. N° 002-2008-MINAM, el D.S. N° 023-2009-MINAM y el D.S. N° 015-2015-MINAM, dónde aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo integrado. Establece precisiones para aplicar los ECAs sobre cuatro categorías y sub categorías.

Tabla 4.

*Parámetros establecidos por normativa*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>D1: Riego de vegetales</b>	<b>D2: Bebida de animales</b>
Aceites y Grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Color (b)	Escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad Eléctrica	µS/cm	2500	5000
DBO <sub>5</sub>	mg/L	15	15
DQO	mg/L	40	40
Detergentes SAAM	mg/L	0,2	0,5
Fenoles	mg/L	0,002	0,01
Fluoruros	mg/L	1	**
Nitratos	mg/L	100	100
Nitritos	mg/L	10	10
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 4	≥ 5
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Berilio	mg/L	0,1	0,1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Cobalto	mg/L	0,05	1
Cobre	mg/L	0,2	0,5
Cromo Total	mg/L	0,1	1
Hierro	mg/L	5	**
Litio	mg/L	2,5	2,5
Manganeso	mg/L	0,2	0,2
Mercurio	mg/L	0,001	0,01
Niquel	mg/L	0,2	1
Plomo	mg/L	0,05	0,05
Zinc	mg/L	2	24
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1000	2000
Escherichia coli	NMP/100ml	1000	**
Huevos de Helminfos	Huevo/L	1	**

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

## **2.4. Definición de términos**

**Aguas residuales:** “Aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades del hombre” (OEFA, 2015).

**Cadena de custodia:** “Procedimiento documentado de la obtención de muestras, su transporte, conservación y entrega de éstas al laboratorio para la realización de pruebas de análisis físico-químico, realizado por el personal responsable” (MINAM, 2016).

**Calidad Ambiental:** “Condición de equilibrio natural que describe el conjunto de procesos geoquímicos, biológicos y físicos, y sus diversas y complejas interacciones, que tienen lugar a través del tiempo, en un determinado espacio geográfico” (MINAM, 2012).

**Concentración:** “La relación de una sustancia disuelta o contenida en una cantidad dada de otra sustancia” (MINAM, 2016).

**Contaminación:** “Distribución de una sustancia química o una mezcla de sustancias en un lugar no deseable (aire, agua, suelo), donde puede ocasionar efectos adversos al ambiente o sobre la salud” (MINAM, 2016).

**Estándar de Calidad Ambiental:** Medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente (Ley N°28611, 2005).

**Efluente:** “Descarga directa de aguas residuales que son descargadas al ambiente, cuya concentración de sustancias contaminantes es medida a través de los Límites Máximos Permisibles (LMP)” (MINAM, 2012).

**Fuentes de contaminación:** “Punto o área de contaminación y dispersión de materiales peligrosos y residuos peligrosos al ambiente, fuente que emite contaminantes al ambiente en un sitio contaminado” (MINAM, 2016).

**Indicador Ambiental:** “Es un parámetro, o un valor derivado de parámetros que busca proveer información describiendo de manera sintética una medida aproximada o evidencia del estado del ambiente y su impacto cuyo significado es mayor que las propiedades directamente asociadas al valor de los parámetros” (MINAM, 2012).

**Monitoreo de la calidad de agua:** “: Es el proceso que permite obtener como resultado la medición de la calidad de agua, con el objeto de realizar el seguimiento sobre la exposición de contaminantes a los usos de agua y el control a las fuentes de contaminación” (OEFA, 2015).

**Muestreo de agua:** “Es una herramienta del monitoreo. Su función básica es la extracción de una parte del cuerpo de agua para determinar sus características y condiciones actuales” (OEFA, 2015).

**Parámetro:** “Es un elemento de medición, puede ser físico, químico o biológico, y forma parte de un Estándar de Calidad Ambiental” (MINAM, 2012).

**Protocolo:** “Es un documento guía que contiene pautas, instrucciones, directivas y procedimientos establecidos para desarrollar una actividad específica” (OEFA, 2015).

**Punto de monitoreo:** “Ubicación geográfica de un punto donde se realiza la evaluación de la calidad y cantidad en un cuerpo natural de agua” (ANA, 2018).

**Río:** “Corriente natural de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal determinado y desemboca en el mar, un lago u otro río” (OEFA, 2015).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Diseño y tipo de investigación**

La presente investigación es de diseño no experimental, longitudinal según el número de ocasiones en que se mide la variable de estudio (evaluación continua de tres meses).

El tipo de investigación es de carácter descriptivo – explicativo con enfoque cuantitativo por los análisis realizados con orden numérico.

#### **3.2. Área de estudio**

##### **3.2.1. Ubicación política**

Departamento: Puno.

Provincia: San Román.

Distritos: Juliaca y Caracoto.

##### **3.2.2. Coordenadas UTM (Datum WGS 84)**

Zona: 19L

Coordenadas Este: 385182

Coordenadas Norte: 8285437

Altitud: 3826 m.s.n.m.

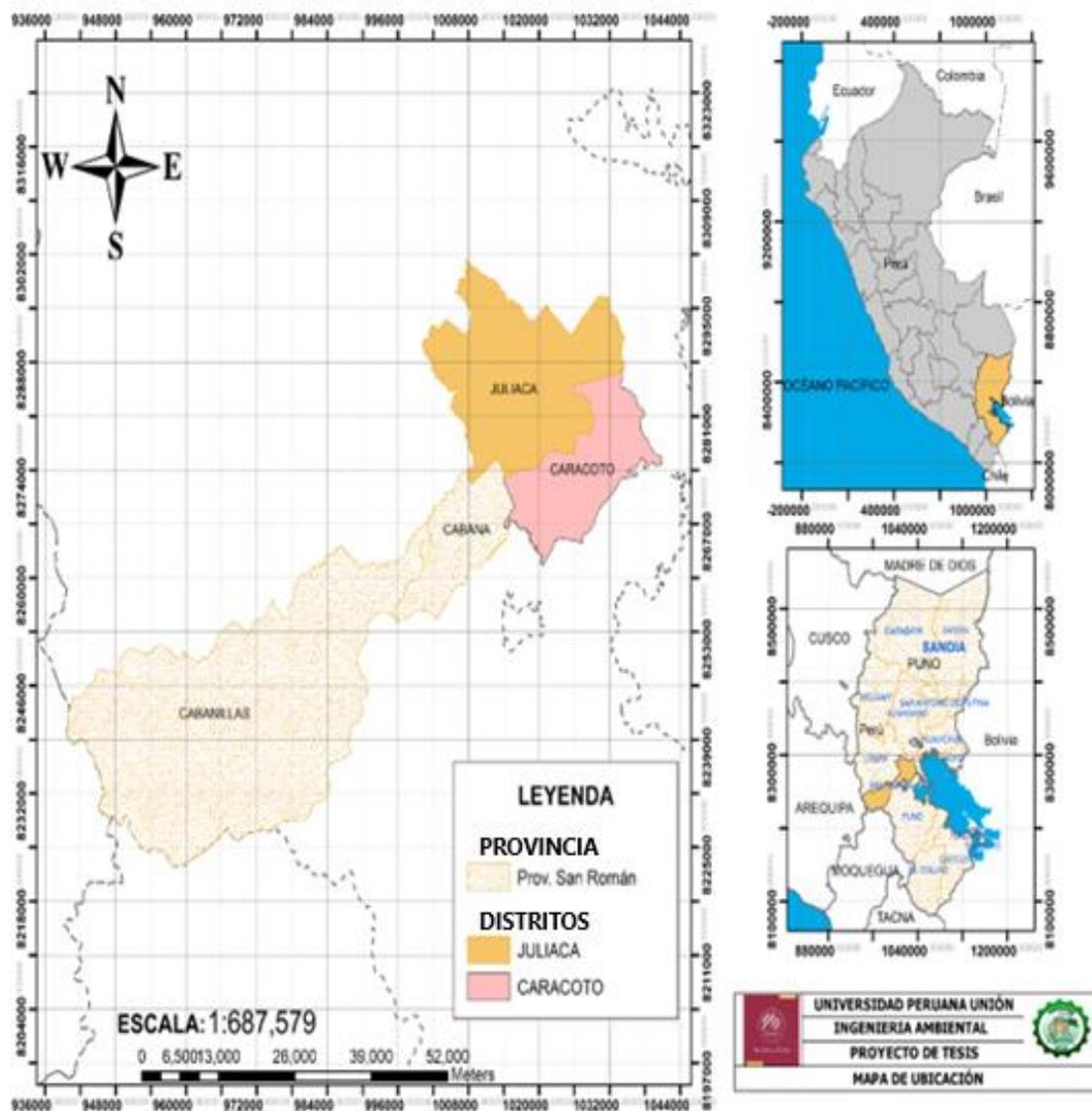


Figura 2. Ubicación geográfica.

### 3.3. Materiales y equipos

Los materiales y equipos que fueron utilizados en campo y laboratorio, se encuentran detallados en la tabla 5.

Tabla 5.

*Materiales y Equipos utilizados*

<b>Generales</b>	<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
Libreta de campo	Cinta métrica de 50 m.	Cámara fotográfica
Indumentaria de protección personal trabajo en campo	Envases de muestreo de polietileno estéril de 1000ml, 500ml, 250ml.	GPS Garmin modelo Etrex 10
Mapa cartográfico	Envases de muestreo de vidrio de 250ml y 500ml	Autoclave de esterilización
Fichas de registro de campo	Envases de muestreo de vidrio ámbar de 500ml	Termómetro de mercurio
Etiquetas de muestras	Bolsas de poliburbujas	Brazo telescópico muestreador
Cadena de custodia	Coolers grande y pequeño	pH-metro Milwaukee MI151 y SI Analytics Lab 860
Tablero	Packs de gel refrigerante	Multiparámetro Hanna HI 98129
Útiles de escritorio	Balde de plástico de primer uso	Oxímetro portátil Hanna HI 9146
Material de esterilización	Guantes de nitrilo y guantes estériles desechables	Balanza analítica Sartorius 4DEC
Guardapolvo	Mascarillas	Incubadora Binder BD53L
	Papel secante	Refrigerador
	Desinfectante	Cronómetro
	Pizeta con agua destilada	
	Preservante: HNO <sub>3</sub>	
	Soluciones Buffer	
	Gorros de polipropileno	
	Guantes desechables estériles	
	Materiales de laboratorio (véase Anexo F)	
	Soluciones: AgNO <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> CrO <sub>2</sub>	
	Caldo BRILA (Verde brillante - Bilis Lactosa)	

### 3.4. Metodología

#### 3.4.1. Puntos de muestreo

Los puntos de muestreo se ubicaron de acuerdo a los criterios establecidos en el "Protocolo nacional para el monitoreo de los recursos hídricos superficiales, aprobado mediante R.J. 010-2016-ANA, donde indica que para cuerpos de agua lóticos que son receptores de vertimientos de aguas residuales se debe establecer puntos de control ubicados fuera de la zona de mezcla. Se determinó dos puntos de monitoreo, M1: 50 metros aguas arriba de la desembocadura del riachuelo proveniente del río Torococha y M2: que se encuentra 200 metros aguas debajo de la desembocadura, la ubicación de ambos puntos de monitoreo se visualizan en las figuras 3 y 4.

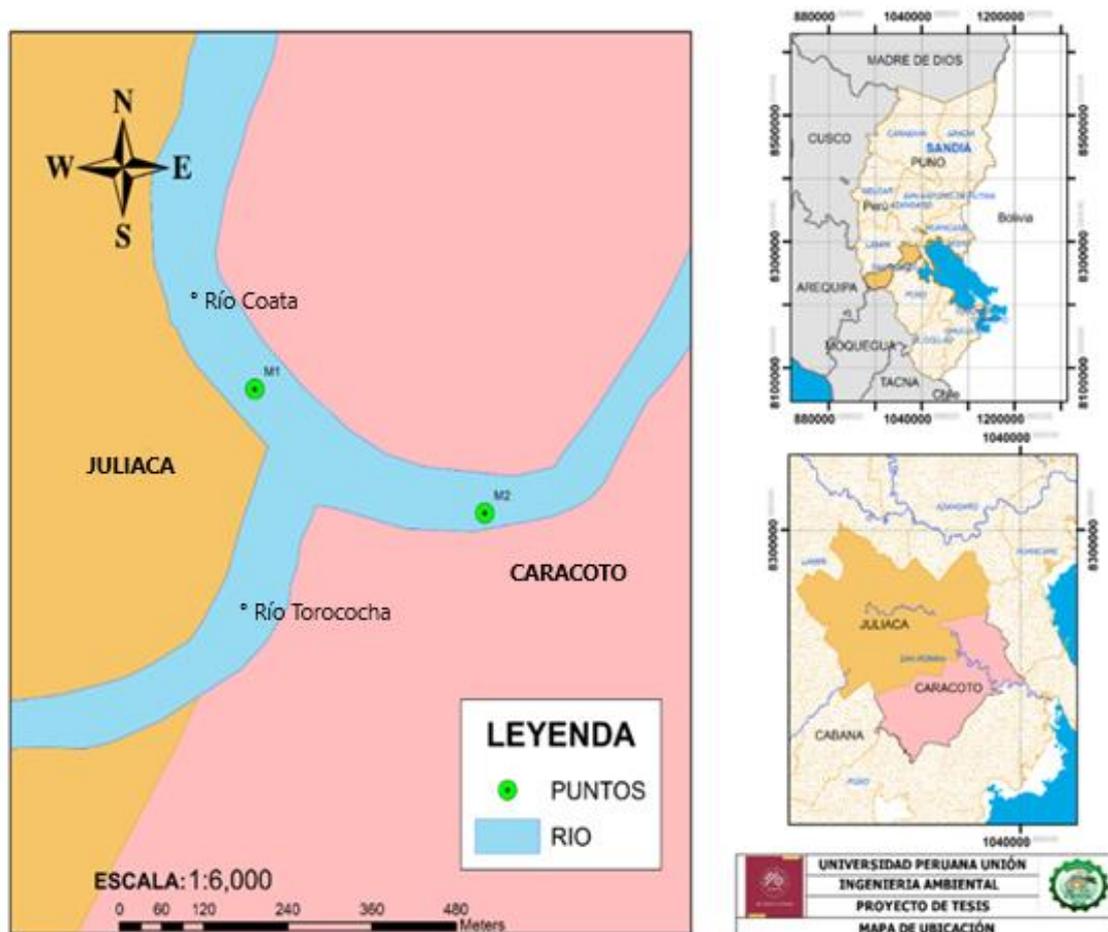


Figura 3. Ubicación de puntos de monitoreo adaptado de ArcGis.



Figura 4. Ubicación de puntos de monitoreo.

Fuente: Google, 2018.

Se georreferenciaron los puntos de muestreo utilizando el GPS marca Garmin, modelo Etrex10, en la tabla 6 se presentan las coordenadas UTM con Datum WGS 84.

Tabla 6.

*Coordenadas UTM de puntos de muestreo*

<b>Punto de Muestreo</b>	<b>Zona</b>	<b>Coordenada Este</b>	<b>Coordenada Norte</b>
<b>M1</b>	19 L	385153	8285473
<b>M2</b>	19 L	385369	8285360

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2. Frecuencia del muestreo

Esta investigación se realizó en los meses de setiembre, octubre y noviembre, en época transitoria, la información de datos fue tomada en temporada de bajos regímenes de lluvia en la cuenca, para capturar en alguna medida la variabilidad entre cada punto.

El SENAMHI en su actividad de pronóstico diario a nivel nacional del año hidrológico 2018-19, reporta información hidrológica diaria con los informes N° 242-2018 al N° 332-2018. Se recolectaron los datos pronosticados de la región hidrográfica Titicaca, cuenca

Coata, estación hidrométrica del puente Unocolla, obteniendo un caudal promedio de 6.9 m<sup>3</sup>/s el mes de agosto, 5.6 m<sup>3</sup>/s el mes de setiembre, 8.85 m<sup>3</sup>/s el mes de octubre y 9.53 m<sup>3</sup>/s el mes de noviembre.

### **3.4.3. Recolección de muestras**

- a) Se preparó el material a utilizar, esterilizando los envases de vidrio ámbar.
- b) Se midieron los parámetros en campo recolectando un volumen de agua adecuado en un balde de primer uso, evitando la remoción de sedimentos.
- c) Se enjuagaron el recipiente y los envases de parámetros fisicoquímicos tres veces, antes de recolectar las muestras; a excepción de los envases de parámetros microbiológicos y orgánicos.
- d) Se recolectaron muestras de agua superficial empleando un brazo telescópico muestreador, sumergiendo los envases en dirección contracorriente hasta una profundidad de 20 – 30 centímetros aproximadamente del cuerpo de agua,
- e) Se llenaron los envases estériles de plástico, vidrio y vidrio ámbar con las cantidades requeridas para cada parámetro, evitando la formación de burbujas para el análisis de DBO. Los frascos con muestras de agua fueron cerrados herméticamente con las tapas y contratapas para posteriormente realizar los análisis respectivos en laboratorio.
- f) Se colocaron etiquetas de rotulación y se llenaron las cadenas de custodia completando los siguientes datos: Nombre del solicitante, código de muestra, ubicación del punto de muestreo, tipo de cuerpo de agua, fecha y hora de muestreo, nombre del responsable de la toma de muestras, parámetro requerido, preservación realizada y reactivo añadido, nombre de laboratorio y hora de envío.  
(ver Anexo C)

- g) Se almacenaron los envases con las muestras de agua en coolers con gel refrigerante a temperatura  $\leq 4^{\circ}\text{C}$ , durante su traslado y entrega al laboratorio respectivo, en la brevedad posible (6Hr.), con los siguientes documentos llenados: cadena de custodia, ficha de muestreo. Solicitando los análisis requeridos.

#### **3.4.4. Parámetros evaluados**

En la Metodología para la determinación del ICA-PE (2018) recomienda los parámetros a evaluar, según las categorías de cada río, estas son asignadas de acuerdo al uso del recurso hídrico de la zona. (véase cuadro N°03, p. 32).

La clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales, emitidos por la ANA en el año 2018, señala que la población residente de la cuenca baja Coata utiliza el recurso hídrico mayormente para uso pecuario, correspondiente a la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, establecidos por el D.S. 004-2017-MINAM (ECA-AGUA). Esta información es corroborada con la codificación N° 01761 de la R.J. 056-2018-ANA, indicando que la zona de estudio del río Coata pertenece a la categoría mencionada.

Se consideraron evaluar todos los parámetros recomendados, sin embargo, tres parámetros no aplican a la Sub Categoría D2. Bebida de animales. Se evaluaron los parámetros de: conductividad eléctrica, demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, potencial de hidrógeno, aluminio, arsénico, boro, cadmio, cobre, manganeso, mercurio, plomo, zinc y coliformes termotolerantes.

En la tabla 7 se detallan las concentraciones establecidas en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

Tabla 7.

*Parámetros recomendados*

<b>Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>D2: Bebida de animales</b>
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,4
Cloruros	mg/L	**
Conductividad Eléctrica	µS/cm	5000
DBO <sub>5</sub>	mg/L	15
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 5
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,2
Boro	mg/L	5
Cadmio	mg/L	0,05
Cobre	mg/L	0,5
Hierro	mg/L	**
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,01
Plomo	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	24
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	2000
Escherichia coli	NMP/100ml	**

Fuente: D.S. 004-2017-MINAM.

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

### **3.4.5. Métodos utilizados**

Se realizaron análisis por triplicado de los parámetros químicos y microbiológicos en el Laboratorio de saneamiento ambiental UPeU. Los análisis de DBO<sub>5</sub> y de metales pesados se realizaron en laboratorios acreditados por INACAL: Laboratorio ALS LS Perú S.A.C y Bhios Laboratorios, aprobados mediante registro N° LE-029 y N° LE-055 respectivamente. Se siguieron metodologías estandarizadas del SMEWW-APHA-AWWA-WEF, detalladas en las siguientes tablas.

Tabla 8.

*Métodos utilizados por ALS Corplab*

<b>Parámetros</b>	<b>Metodología estandarizada</b>	<b>Descripción</b>
DBO <sub>5</sub>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 <sup>rd</sup> Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 Days BOD Test
Metales Pesados	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry.

Fuente: Informe ALS.

Tabla 9.

*Métodos utilizados por Bhios Laboratorios*

<b>Parámetros</b>	<b>Metodología estandarizada</b>	<b>Descripción</b>
DBO <sub>5</sub>	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B.	Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 Days BOD Test. Pag. 5-2 a 5-7. 22 <sup>rd</sup> Ed. 2012
Metales Pesados	Environmental Protection Agency. Method 6020A, Rev. 1 February 2007	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry.

Fuente: Informe Bhios Lab.

Tabla 10.

*Métodos utilizados por Laboratorio de Saneamiento Ambiental*

<b>Parámetros</b>	<b>Metodología</b>	<b>Descripción</b>
pH	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. method 4500-H+. 21th Edition. 2005.	Método electrométrico
Oxígeno Disuelto	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. method 4500 O-C. 22th Edition. 2012. NTP 214.046	Método de electrodo de membrana. Método de sonda instrumental. Sensor basado en luminiscencia.
Conductividad eléctrica	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. method 2510 - 2520. 21th Edition. 2005.	Método conducímetro multiparamétrico
Coliformes termotolerantes	Standard Methods SM9221E, APHA-AWWA-WEF 2012. Agar Caldo BRILA (Verde brillante - Bilis Lactosa)	Determinación Número Más Probable Técnica de fermentación de tubos múltiples para los miembros del Grupo Coliform.

**3.4.6. Cálculo de los valores del Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME – WQI)**

Según el CCME (2001) los parámetros monitoreados se siguen de acuerdo a disposición y objeto del investigador. Diversos estudios (García, 2014; Maldonado, 2014; Gyamfi et al ,2013), consideran de 7 a 9 parámetros en el desarrollo de sus investigaciones con el CCME-WQI. En consecuencia, se evaluaron los siguientes parámetros: demanda bioquímica de oxígeno, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto, mercurio, arsénico, plomo y coliformes termotolerantes. Utilizando las ecuaciones de la metodología del CCME WQI, se calcularon los tres factores: alcance (F1), frecuencia (F2), amplitud (F3) y el valor final de categoría, con la ecuación general.

$$F1 = \left( \frac{\text{número de variables que fallaron}}{\text{número total de variables}} \right) \times 100$$

$$F2 = \left( \frac{\text{número de pruebas deficientes}}{\text{número total de pruebas}} \right) \times 100$$

$$F3 = \left( \frac{\text{nse}}{0.01 \times \text{nse} + 0.01} \right)$$

$$\text{nse} = \left( \frac{\sum \text{excursiones}}{\text{número de pruebas}} \right)$$

$$\text{excursión} = \left( \frac{\text{valor inaceptable}}{\text{objetivo}} \right) - 1$$

$$\text{CCME WQI} = 100 - \left( \frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1.732} \right)$$

### 3.4.7. Cálculo de los valores del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos en el Perú (ICA – PE)

El ICA-PE recomienda parámetros a evaluar de la Categoría 3, mencionados anteriormente en la tabla 7. Se evaluaron catorce parámetros que aplican a la sub categoría D2: Bebida de animales: demanda bioquímica de oxígeno, potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, aluminio, arsénico, boro, cadmio, cobre, manganeso, mercurio, plomo, zinc y coliformes termotolerantes. Se determinó el nivel de sensibilidad y la calificación del cuerpo de agua, calculando los factores de alcance (F1), frecuencia (F2) y amplitud (F3).

$$F1 = \left( \frac{\text{número de parámetros que no cumplan los ECA – Agua}}{\text{número total de parámetros a evaluar}} \right)$$

$$F2 = \left( \frac{\text{número de los parámetros que NO cumplen el ECA} - \text{de los datos evaluados}}{\text{número total de datos evaluados}} \right)$$

$$F3 = \left( \frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de excedentes} + 1} \right) \times 100$$

$$\text{nse} = \text{Suma Normalizada de Excedentes} = \left( \frac{\sum \text{excedente}}{\text{Total de datos}} \right)$$

$$\text{Excedente} = \left( \frac{\text{valor del parámetro que no cumple el ECA} - \text{Agua}}{\text{valor establecido del parámetro en ECA} - \text{agua}} \right) - 1$$

$$\text{ICA PE} = 100 - \sqrt{\frac{F1^2 + F2^2 + F3^2}{3}}$$

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Resultados**

En este capítulo se presentan los resultados reportados por laboratorio de cada mes evaluado con la evaluación del cumplimiento de las concentraciones establecidas en los Estándares de Calidad Ambiental para agua, Categoría 3, Subcategoría D2: Bebida de animales del D.S. 004-2017-MINAM y los valores calculados del CCME-WQI e ICA-PE.

##### **4.1.1. Concentraciones de parámetros químicos, microbiológico y de metales pesados**

###### **– Potencial de Hidrógeno (pH)**

Los resultados de los análisis de las concentraciones del potencial de hidrógeno en los meses de setiembre, octubre y noviembre reportan que los puntos de muestreo M1 y M2 se encuentra dentro del rango (6.5 – 8.4) establecido por el ECA Categoría 3, D2. Las concentraciones de pH de las muestras de agua analizadas se visualizan en la figura 5.

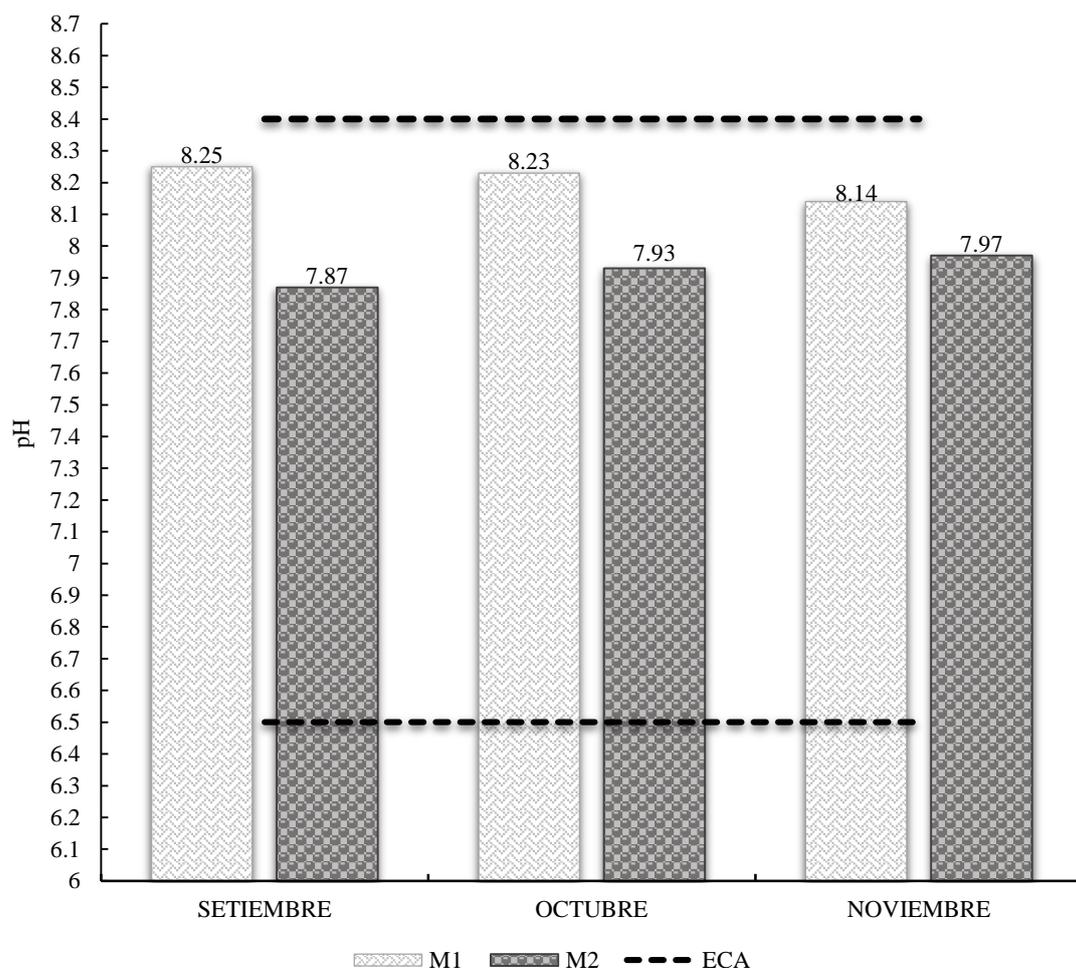


Figura 5. Concentraciones de pH.

Las concentraciones de pH en M1 presentan una media aritmética de 8.21 y desviación estándar de 0.059 del total de sus datos, el punto M2 tiene una media aritmética de 7.90 y presentan una desviación estándar de 0.030.

### – Oxígeno Disuelto

El Estándar de Calidad Ambiental para Agua, categoría 3, sub categoría D2 estipula una concentración  $\geq 5$  de oxígeno disuelto, este parámetro fue evaluado en ambos puntos de monitoreo, obteniendo concentraciones menores a lo estipulado por la normativa, presentadas en la figura 6.

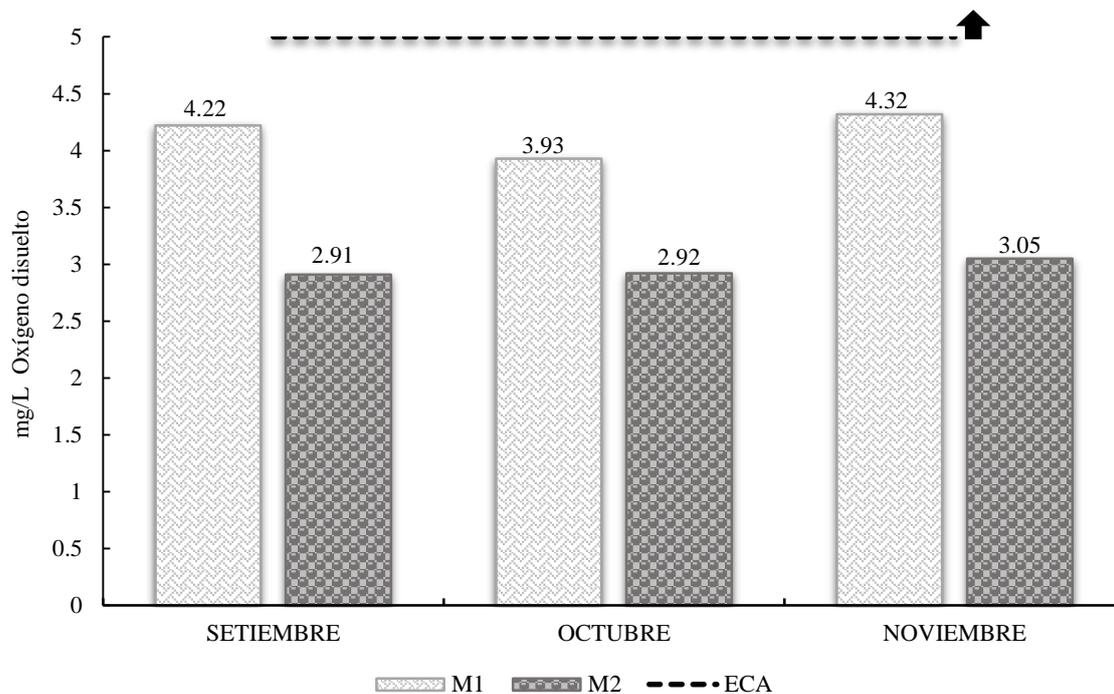


Figura 6. Concentraciones de oxígeno disuelto.

Se observa que ninguna muestra de agua cumple con la concentración mínima establecida en el ECA ( $\geq 5$  mg/L). Existe diferencia en las concentraciones de ambos puntos de monitoreo. La baja concentración de oxígeno disuelto puede ser perjudicial para el crecimiento y reproducción de la biota acuática, estas concentraciones podrían deberse al bajo caudal del estudio.

Las concentraciones de M1 tienen una desviación estándar de 0.203 y una media aritmética de 4.16 mg/L, el punto M2 presenta una desviación estándar de 0.078 y una media aritmética de 2.96 mg/L.

#### – Conductividad eléctrica

La conductividad fue analizada en M1 y M2, obteniendo concentraciones bajas que se muestran en la figura 7. Ambos puntos de monitoreo cumplen con el ECA, categoría 3, D2 que establece una concentración máxima de 5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

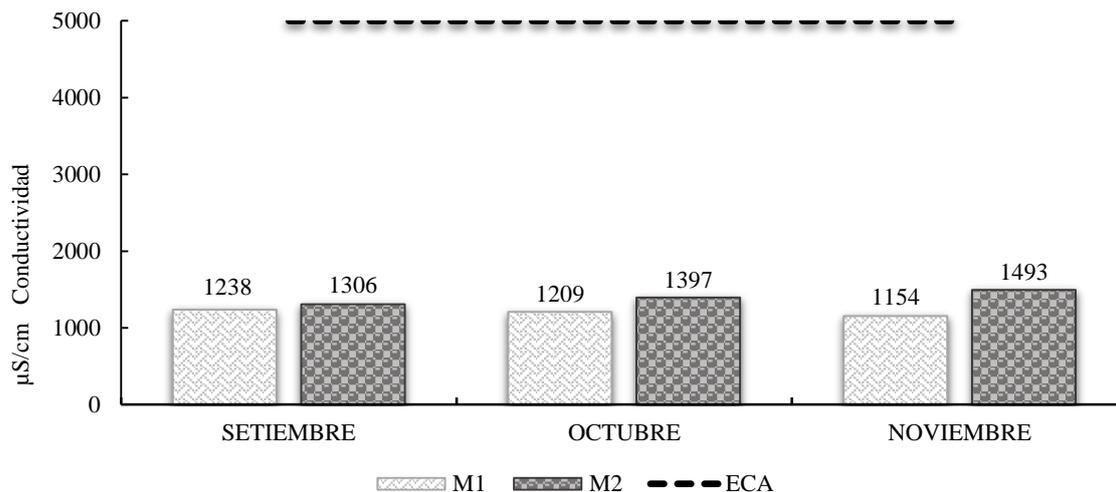


Figura 7. Concentraciones de conductividad.

Se observa que existe menor conductividad en M1, el incremento de conductividad está relacionada con la cantidad de sólidos totales disueltos.

#### – Demanda Bioquímica de Oxígeno

Los resultados de los análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno reportan que el punto de monitoreo M1 cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para agua que establece una concentración máxima de 15mg/L de DBO<sub>5</sub>, a diferencia del punto M2 que excede lo establecido en la normativa, en los tres meses evaluados; tal como lo representa la figura 8.

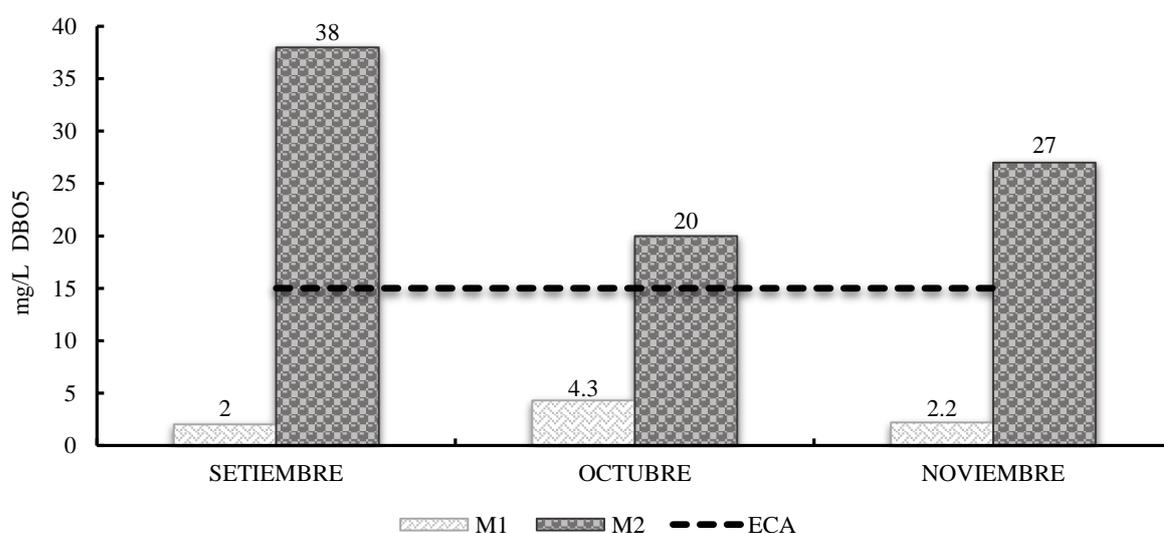


Figura 8. Concentraciones de DBO<sub>5</sub>.

La media aritmética de M1 es 2.83mg/L y la media aritmética de M2 es 28.3 mg/L. Estas concentraciones reportadas indican incremento de nivel de contaminación en el cauce del río Coata por las descargas procedentes del río Torococha que contienen carga de materia orgánica que genera el incremento de población de bacterias, hongos y microorganismos que requieren mayor oxígeno para degradar y oxidar los residuos orgánicos.

#### – Coliformes Termotolerantes

Las concentraciones de coliformes termotolerantes reportadas por laboratorio y la comparación respectiva del cumplimiento del ECA agua, categoría 3, sub categoría D2 que establece una concentración máxima de 1000 NMP/100ml esta representadas en la figura 9.

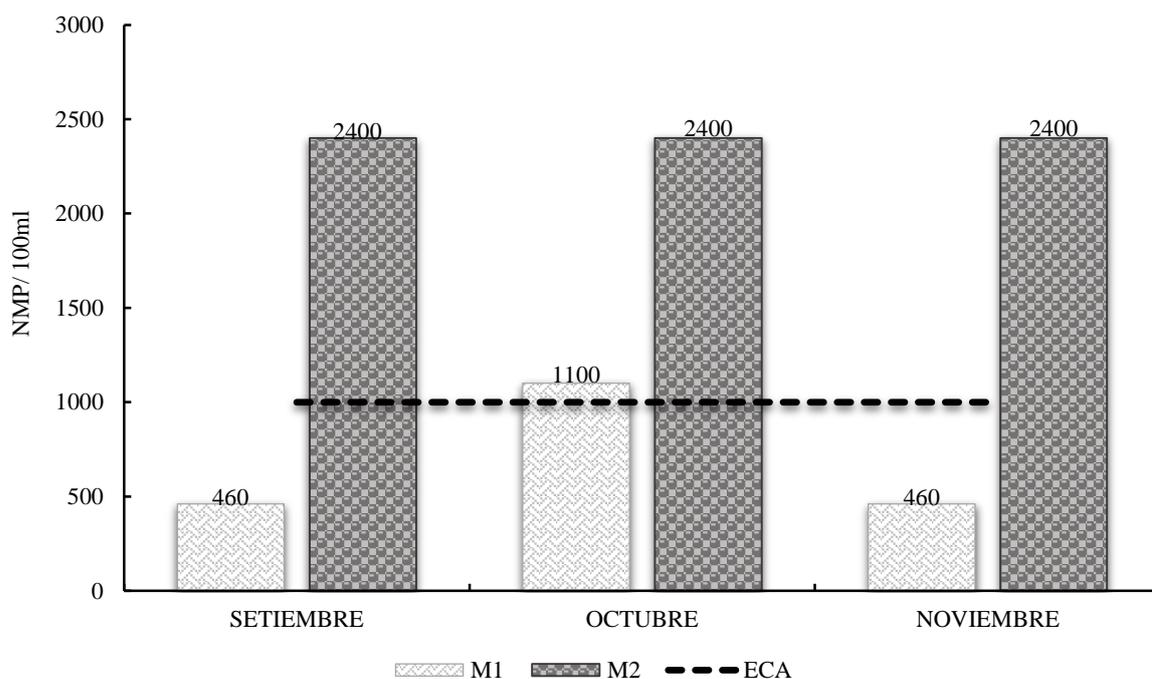


Figura 9. Concentraciones de coliformes termotolerantes.

Se observa que M1 cumple con el ECA en el mes de setiembre y noviembre, sin embargo, excede 100 NMP/100ml el mes de octubre. El M2 excede los tres meses evaluados con concentraciones muy altas a lo estipulado (2400 NMP/100ml). El coliforme termotolerante es un indicador de contaminación fecal.

## - Aluminio

El Estándar de Calidad Ambiental para agua, categoría 3, establece 5mg/L como valor máximo para aluminio. Se encontraron concentraciones muy bajas en los dos puntos de monitoreo (menores a 0.1mg/L), denotando el cumplimiento de este parámetro con el ECA. Las concentraciones obtenidas de Aluminio están representadas en la figura 10.

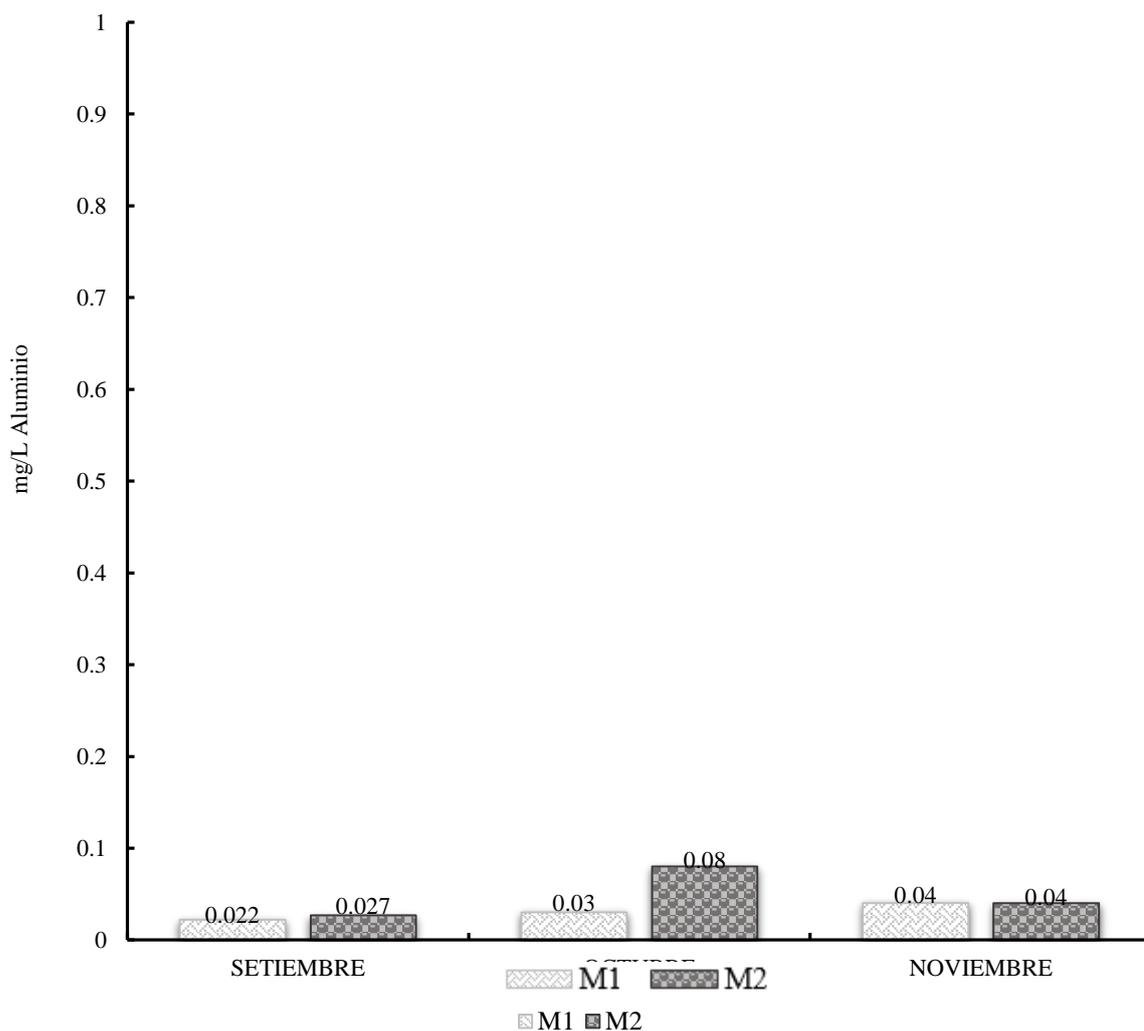


Figura 10. Concentraciones de Al.

La media aritmética de M1 es 0.031 mg/L Al y la de M2 es 0.049 mg/L de Aluminio. Las concentraciones de M1 poseen una desviación estándar de 0.009 y M2 presenta una desviación estándar de 0.027 del total de sus datos.

## – Arsénico

Se evaluaron las concentraciones de arsénico con lo establecido en el ECA, cat 3, D2 que indica una concentración máxima de 0.2 mg/L. los resultados reportan concentraciones menores al límite, todas las muestras cumplen con la normativa vigente. Las concentraciones de arsénico están representadas en la figura 11.

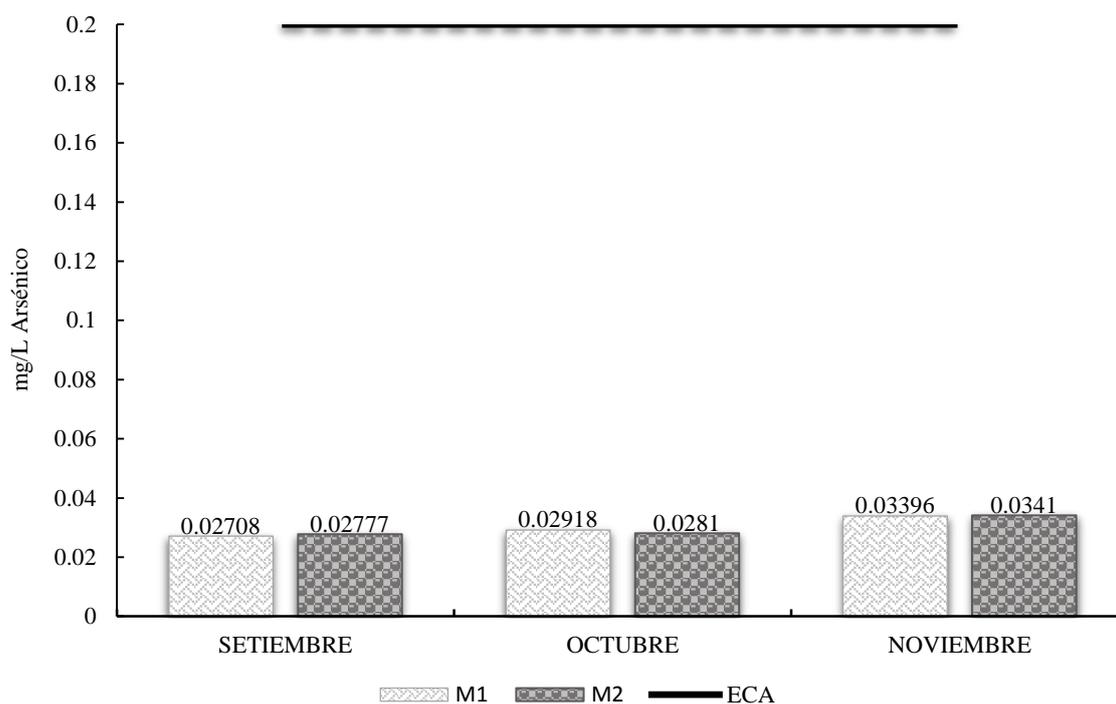


Figura 11. Concentraciones de As.

Las concentraciones de M1 presentan una desviación estándar de 0.004 y una media aritmética de 0.030 mg/L As y M2 presenta una desviación estándar de 0.003 del total de sus datos y una media aritmética de 0.03mg/L, se observa que no existe diferencia significativa en las concentraciones de ambos puntos.

## – Boro

En la figura 12 se muestran las concentraciones de los análisis de Boro, todas las muestras cumplen el ECA categoría 3, debido a que sus concentraciones se encuentran por debajo de 5mg/L establecido por la sub categoría D2.

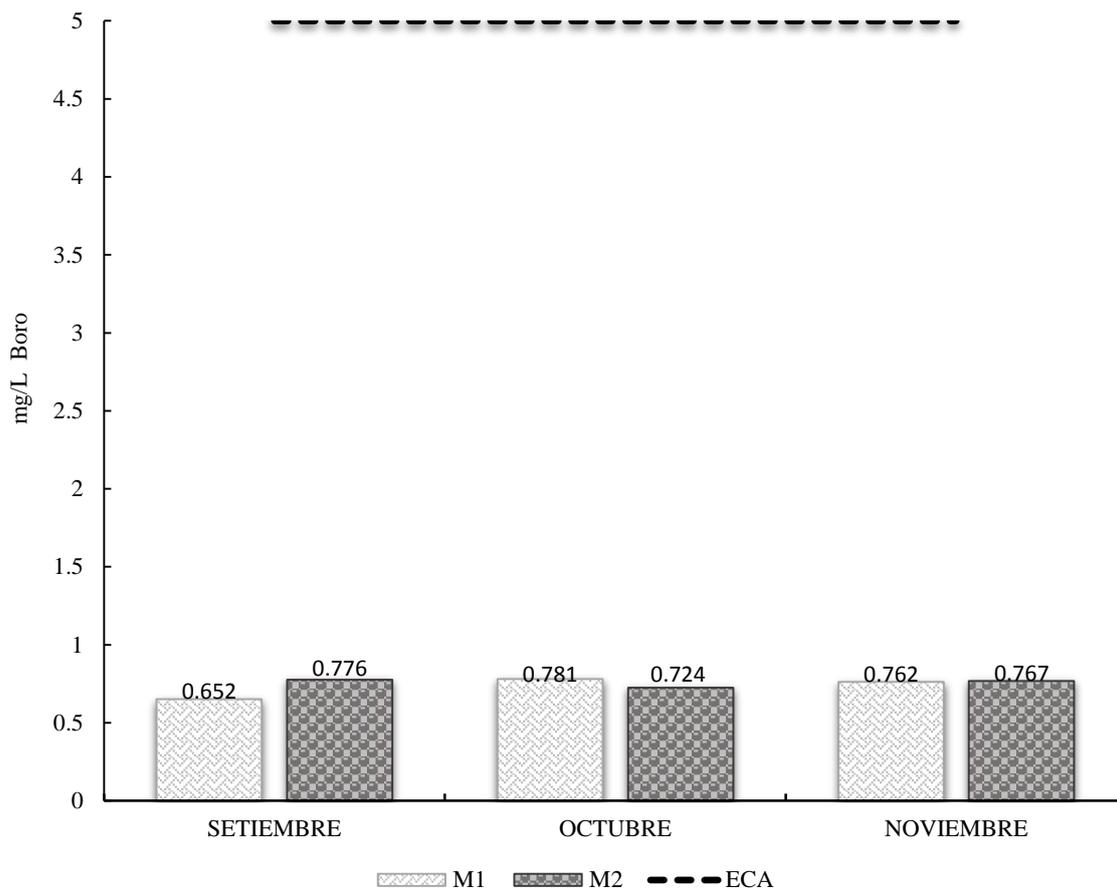


Figura 12. Concentraciones de B.

Las concentraciones de M1 tienen una desviación estándar de 0.070 y una media aritmética de 0.732 mg/L; la media aritmética de M2 es 0.756 mg/L y tiene 0.0278 de desviación estándar del total de sus datos.

### – Cadmio

El ECA para agua categoría 3, sub categoría D2, establece una concentración máxima de 0.05 mg/L de cadmio. En las muestras de agua analizadas se encontraron concentraciones muy bajas que no sobrepasan el Estándar de Calidad Ambiental para este parámetro.

La media aritmética de las concentraciones de cadmio en el cauce del río Coata es 0.000035 mg/L. Las concentraciones obtenidas se visualizan en la figura 13.

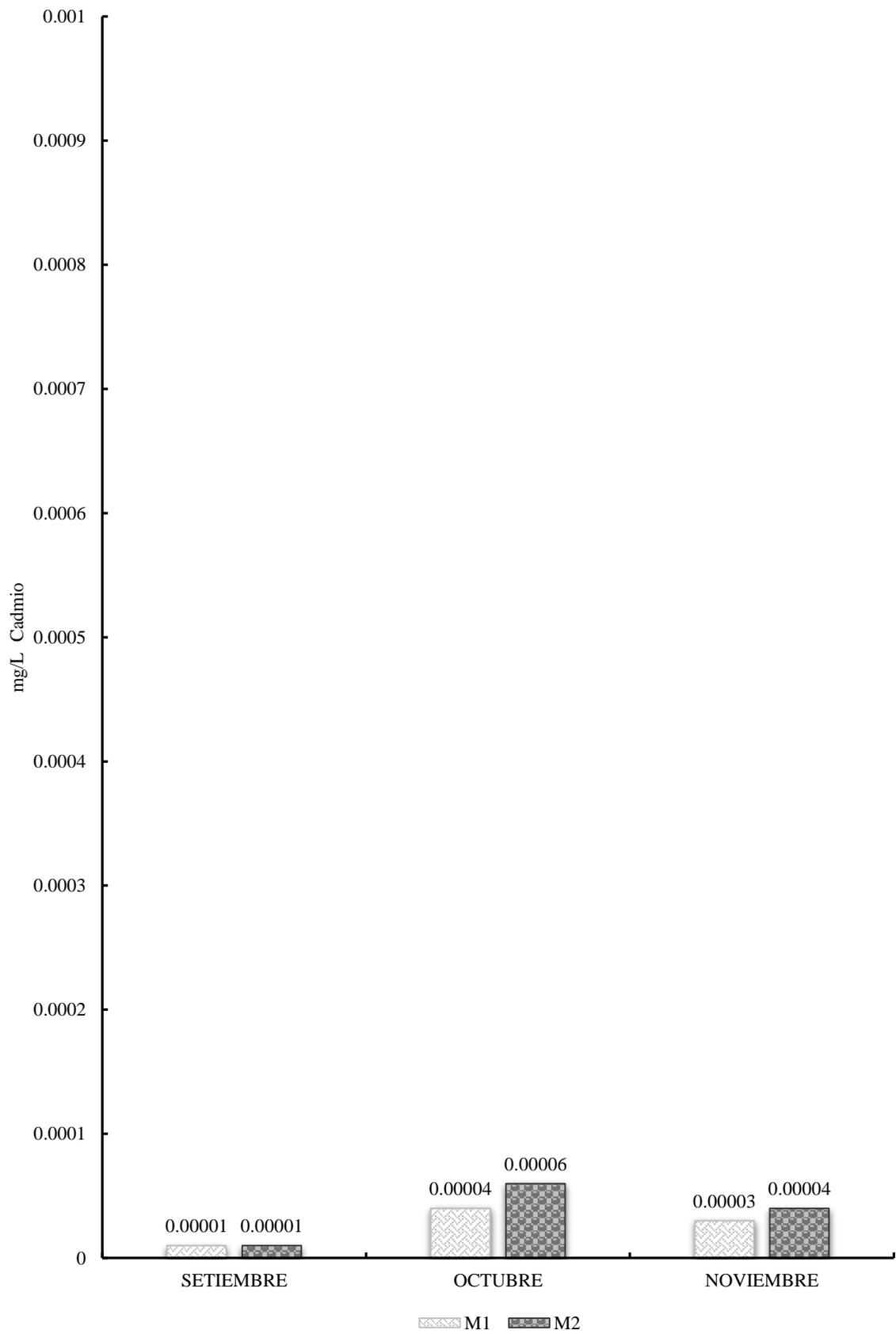


Figura 13. Concentraciones de Cd.

## - Cobre

El ECA para agua categoría 3, sub categoría D2, estipula una concentración máxima de 0.5 mg/L de cobre. En las muestras de agua analizadas se encontraron concentraciones muy bajas, menores a 0,01 mg/L. Este parámetro cumple con lo establecido en el ECA, las concentraciones de cobre en M1 y M2 se visualizan en la figura 14.

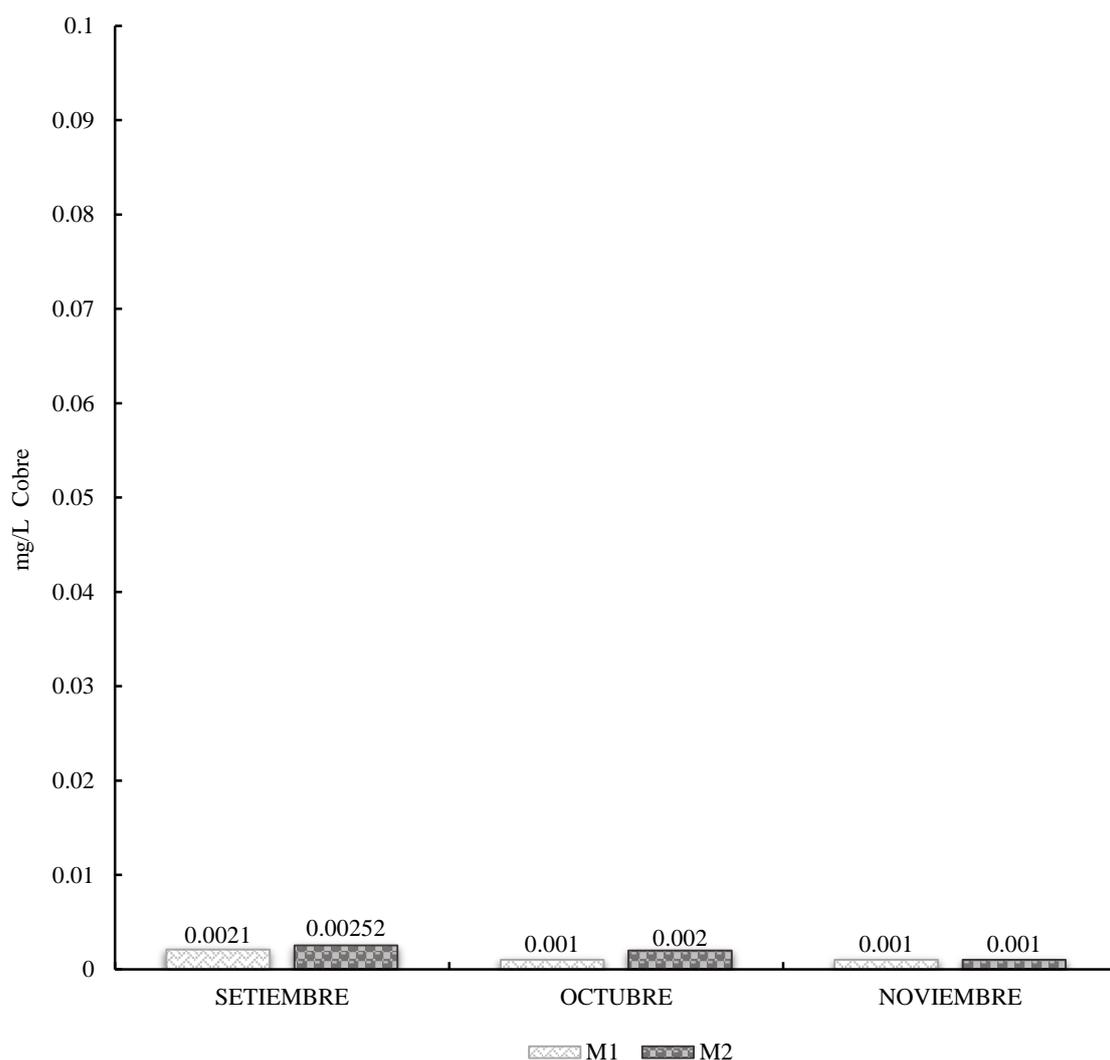


Figura 14. Concentraciones de Cu.

La media aritmética del punto M1 es 0.0014 mg/L, posee una desviación estándar de 0.006 del total de sus datos. Así mismo M2 tiene una media aritmética de 0.0018 mg/L y una desviación estándar de 0.008.

## – Manganese

Los análisis de manganeso resultaron con las concentraciones representadas en la figura 15, todas las muestras cumplen con lo estipulado en el ECA categoría 3, debido a que sus concentraciones se encuentran por debajo de 0.2mg/L.

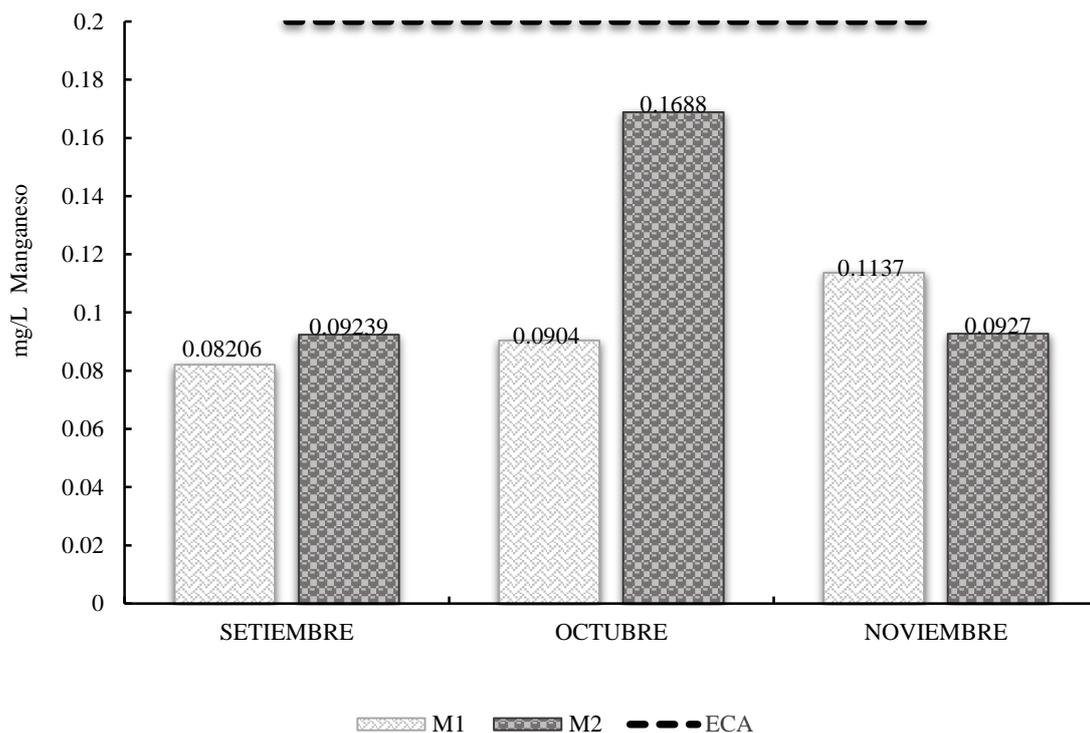


Figura 15. Concentraciones de Mn.

Las concentraciones de manganeso en M1 presentan una media aritmética de 0.095 mg/L y una desviación estándar de 0.016 del total de sus datos. La media aritmética del punto M2 es 0.118 mg/L, presenta una desviación estándar de 0.044.

## – Mercurio

Las concentraciones de los puntos de monitoreo M1 y M2 cumplen con el ECA, categoría 3, D2 que establece una concentración máxima de 0,01 mg/L. Los resultados reportan concentraciones bajas, menores a 0,001 mg/L; que se visualizan en la figura 16.

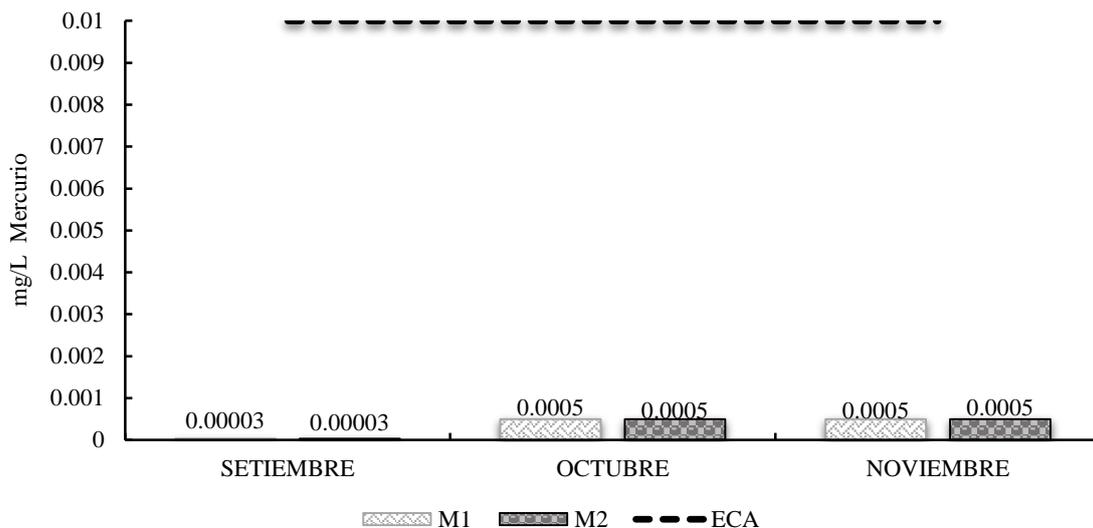


Figura 16. Concentraciones de Hg.

– **Plomo**

Los resultados reportados de las concentraciones de plomo presentes en los puntos de monitoreo M1 y M2 poseen una concentración menor a 0,005 mg/L. Este parámetro cumple con el ECA categoría 3, que establece una concentración máxima de 0.05mg/L En la figura 17 se muestran las concentraciones obtenidas.

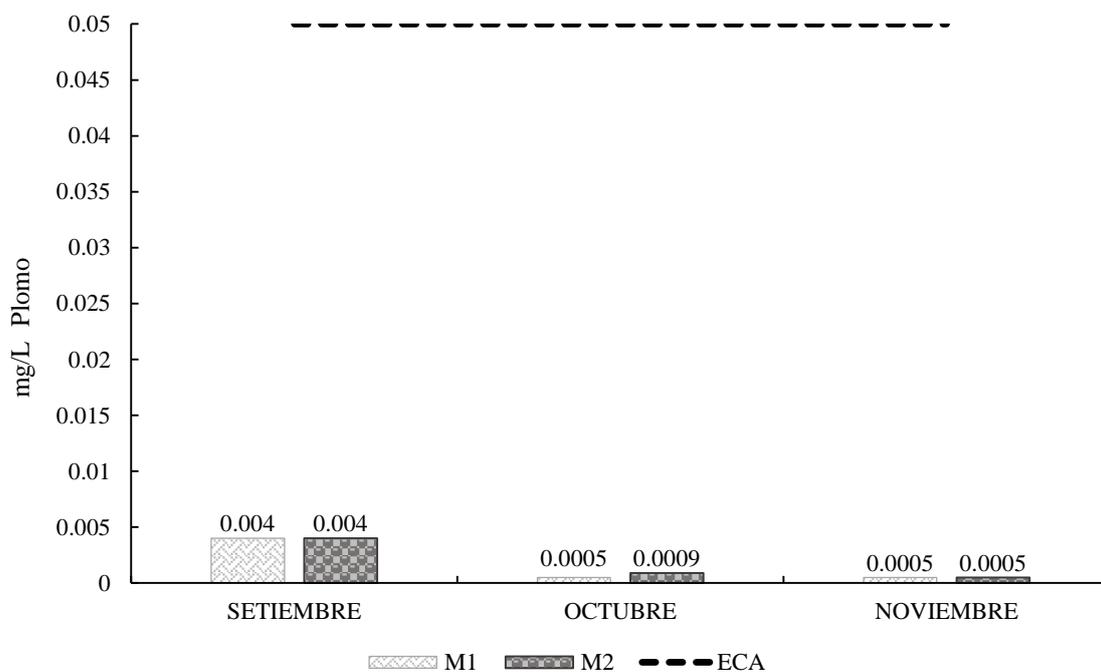


Figura 17. Concentraciones de Pb.

## - Zinc

El ECA para agua categoría 3, sub categoría D2, establece una concentración máxima de 24 mg/L de zinc. En las muestras de agua analizadas se encontraron concentraciones bajas (menores a 0,1 mg/L) que no sobrepasan el Estándar de Calidad Ambiental para este parámetro. Las concentraciones obtenidas se visualizan en la figura 18.

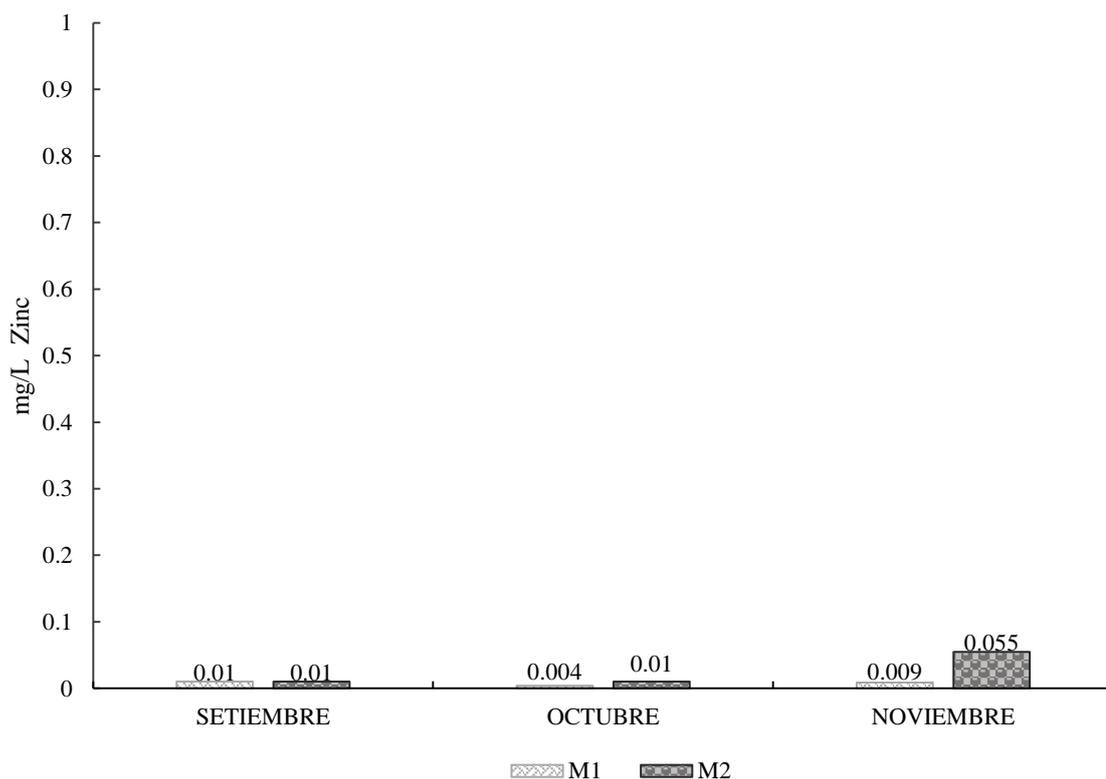


Figura 18. Concentraciones de Zn.

En el presente estudio se observó que la mayoría de los parámetros analizados cumplen con las concentraciones establecidas por el D.S. N° 004-2017-MINAM, ECA-AGUA; a excepción de oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes termotolerantes. Estos resultados son similares a las concentraciones presentadas en el informe de la Autoridad Nacional del Agua, Informe Técnico N° 137-2017-ANA-AAA.SDGCRH.TIT que presentan los resultados de monitoreo participativo de la calidad de agua superficial en la unidad hidrográfica Coata en agosto del 2017, dónde las aguas

residuales de la población de Juliaca (metros antes de M2) fue denominado RToro2, las concentraciones reportadas evidencian que estos parámetros exceden el ECA-AGUA, oxígeno disuelto con una concentración de 2.55mg/L, manganeso con 0.37487mg/L, coliformes termotolerantes con 2200 mg/L y DBO<sub>5</sub> con una concentración de 186mg/L.

#### 4.1.2. Resultados del CCME-WQI e ICA-PE

Como resultado de los cálculos realizados con las ecuaciones matemáticas detalladas anteriormente del CCME-WQI e ICA-PE, se presentan los valores obtenidos para clasificar la calidad de agua en cada punto de monitoreo.

##### a) Resultados del cálculo del Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente

Tabla 11.

*Valores obtenidos con cálculos del CCME-WQI*

<b>Punto</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>CCME – WQI</b>
<b>M1</b>	28.571	19.048	3.288	80
<b>M2</b>	42.857	42.857	29.874	57

Nota: Alcance (F1), Frecuencia (F2) y Amplitud (F3).

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 11 muestra los alcances, frecuencias y amplitudes calculadas para cada punto de monitoreo. Con el valor resultante de CCME WQI y de acuerdo a la tabla 2 Categorías del CCME – WQI, el punto M1 se encuentra en el rango de (80-94), indicando que existe calidad de agua: buena. Esta categoría señala que “la calidad de agua está con un grado menor de deterioro o amenaza, las condiciones rara vez se alejan de los niveles deseables” cabe mencionar que se encuentra ligeramente tendiendo a disminuir de rango.

Con los mismos datos se clasifica al punto M2, que se encuentra en el rango de (45- 64) indicando que existe calidad de agua: marginal. Esta categoría indica que “la calidad de agua de la zona evaluada es frecuentemente deteriorada o amenazada, las condiciones se alejan con frecuencia de los niveles deseables”.

En la figura 19 se graficó los valores obtenidos del CCME-WQI en el cauce del río Coata con sus categorías de calidad de agua correspondientes, según el índice canadiense.

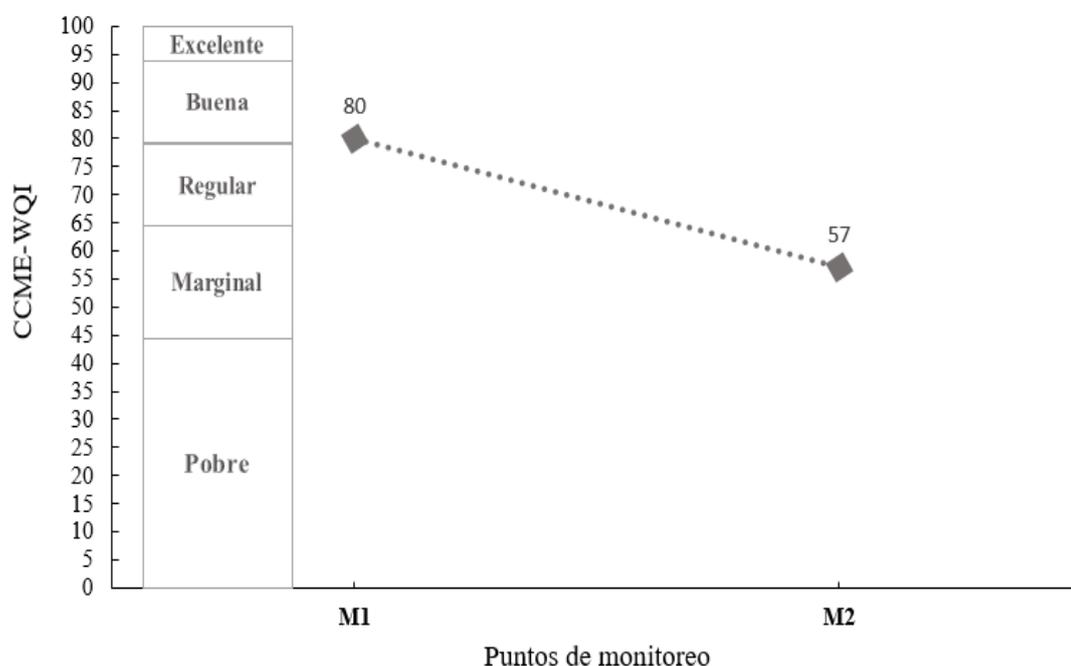


Figura 19. Valores obtenidos de CCME-WQI.

Estos valores son elevados comparados con la calidad de agua del río Aboabo, en Kumasi, Ghana; dónde clasificaron al río Aboabo, utilizando el CCME WQI, en el rango: pobre con los siguientes resultados del cálculo: 19.87, 19.60, 15.67, 14.40, 15.73. Además, señalaron que esta situación se debe a las malas prácticas sanitarias y a los efluentes industriales y familiares que descargan en este río (Gyamfi, Boakye, Awuah & Anyemedu, 2013).

De igual manera Balsameda & García (2014) en su investigación, utilizaron el CCME-WQI para evaluar la calidad de agua en fuentes subterráneas y superficiales de la cuenca del

río Naranjo, Cuba. En general obtuvieron que la calidad de agua de esta cuenca se encuentra en la categoría: pobre a marginal.

**b) Resultados del cálculo del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos en el Perú**

Tabla 12.

*Valores obtenidos con cálculos del ICA-PE*

<b>Punto</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>ICA-PE</b>
<b>M1</b>	0.143	0.095	1.671	99
<b>M2</b>	0.214	0.214	17.560	90

Nota: Alcance (F1), Frecuencia (F2) y Amplitud (F3).

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 12, se presenta los alcances, frecuencias, amplitudes y valores calculados del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos en el Perú en cada punto de muestreo. De acuerdo a la tabla 3 Calificaciones del ICA-PE, ambos puntos de monitoreo se encuentran en el rango (90-100) con una calificación: excelente, se interpreta que “la calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños, sus condiciones son muy cercanas a los niveles naturales o deseados”. Según la escala cromática se le asigna una coloración azul.

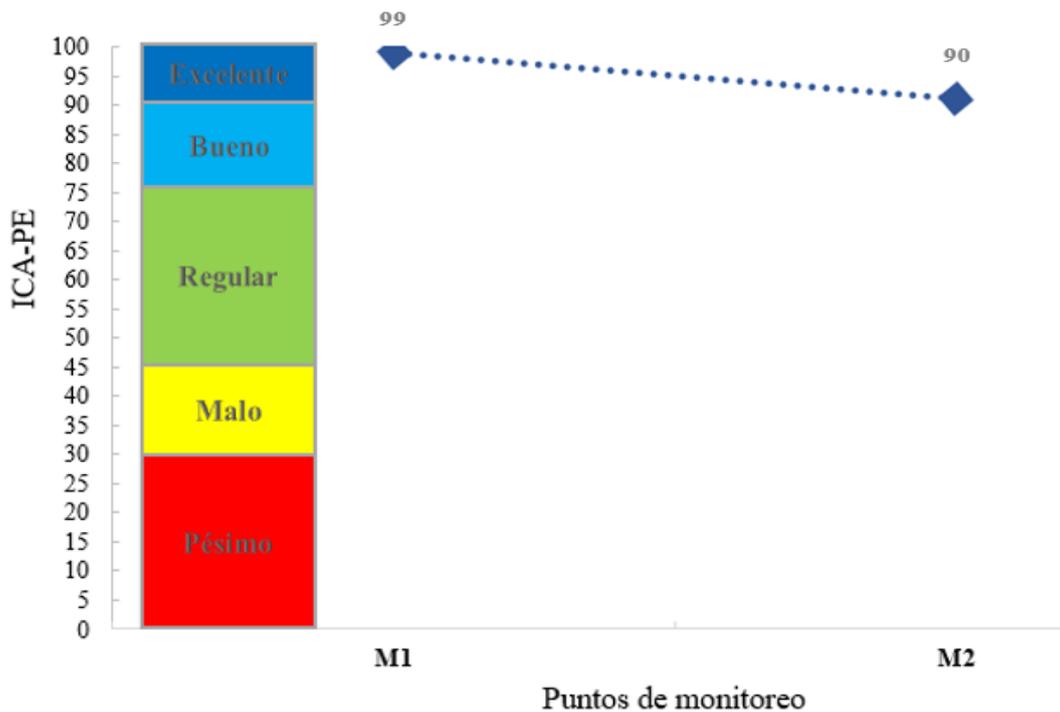


Figura 20. Valores obtenidos de ICA PE.

Estos valores altos se deben a la gran cantidad de parámetros analizados en el desarrollo del ICA-PE; a diferencia de otros ICAs como el CCME o NSF que consideran de 7 a 9 parámetros para su desarrollo. Menezes, Silva y Prado (2013) señalan que los índices que son adaptados a la realidad local resultan más eficientes y los índices genéricos tienden a enmascarar la realidad.

Estos resultados evidencian la influencia del vertimiento de aguas residuales de la EPS Seda Juliaca hacia el río Torococha que finalmente confluyen con el río Coata, disminuyen la calidad del recurso hídrico, de acuerdo a la relación de fuentes contaminantes de la cuenca Coata presentada el año 2005 por la ANA.

Se observa que en el cauce del río Coata el punto M1 presenta una mejor calidad de agua que es deteriorada con la afluencia del río Torococha al llegar al punto M2. Los resultados del deterioro de la calidad de agua observada, son similares a la investigación realizada por Pérez (2017), donde utilizó el método del ICA-NSF para determinar en parte la influencia

del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en la calidad de agua del río Moquegua, obtuvo resultados de calidad media antes del vertimiento con un valor de 51.44 y calidad mala después del vertimiento con un valor de 44.18. De la misma manera Calvo & Polo (2017) en su estudio “Evaluación de la contaminación del río Huatanay – provincias de Cusco y Quispicanchi”, aplicaron el ICA NSF, denotando que el río se encuentra altamente contaminado por el vertimiento de aguas residuales y otros afluentes, representado con calidad de agua mala a muy mala.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Se determinaron las concentraciones de los parámetros químicos, microbiológicos y metales pesados del río Coata en la desembocadura del río Torococha; la mayoría de los parámetros cumplen con el ECA-AGUA, Categoría 3, a excepción oxígeno disuelto que no cumple con la concentración mínima en M1 y M2, Demanda Bioquímica de Oxígeno que excede en M2 en los tres meses evaluados y coliformes termotolerantes que excede en M1 en el mes octubre y en M2 en los tres meses evaluados.
- Se calcularon valores de CCME-WQI, clasificando al punto M1 en categoría: buena con un valor de 80 y al punto M2 categoría: marginal con un valor de 57; así mismo se calcularon los valores del ICA-PE, obteniendo calificación: excelente para ambos puntos de monitoreo; con un valor de 99 en el punto M1 y un valor de 90 en el punto M2.
- En el desarrollo de ambos índices de calidad de agua, se demostró que el punto M1 presenta mejor calidad en comparación con el punto M2, esto se debe a la materia orgánica proveniente del río Torococha que influye negativamente en la calidad del río Coata, especialmente en los parámetros microbiológicos y aquellos que estén relacionados al oxígeno presente en el cuerpo de agua. Sin embargo, el CCME-WQI

demonstró mayor diferencia espacial entre ambos puntos con los valores calculados, evidenciando mayor precisión al indicar el estado actual de calidad del cuerpo de agua para cada punto de monitoreo.

## **5.2. Recomendaciones**

- Se recomienda realizar más evaluaciones con el Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos en el Perú para comprobar su asertividad en sus rangos de calificaciones, ya que este instrumento fue aprobado recientemente en junio del presente año.
- Se recomienda analizar las concentraciones de nitrógeno y fósforo presentes en el cauce del río Coata para evaluar el nivel de eutrofización
- Realizar bioensayos de toxicidad con microorganismos para corroborar la afección de la biota acuática de la zona.
- Sensibilizar a la población de la cuenca baja Coata mediante programas de educación ambiental para que puedan proteger y conservar este recurso hídrico.
- Se recomienda tomar medidas correctivas y sancionatorias contra las empresas o entidades que contribuyen a la contaminación del río Coata y Torococha, para ello se debe realizar un reporte actualizado de las fuentes contaminantes de la cuenca Coata por la autoridad competente.
- Realizar estudios de impacto ambiental y estudios de niveles de autodepuración de ambos ríos evaluados.
- Diseñar y construir una adecuada Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Juliaca.

## REFERENCIAS

- Álvarez, A., Rubiños, J., Gavi, F., Alarcón, J., Hernandez, E., Ramirez, C., Mejía, E., Pedrero, F., Nicolas, E. & Salazar, E. (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción. *Revista Internacional de Botanica Experimental* 75: 71-83. Retrieved from: [http://www.revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar/vol75/Amado\\_Alvarez.pdf](http://www.revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar/vol75/Amado_Alvarez.pdf)
- Autoridad Nacional del Agua (2016). Resolución Jefatural N°010-2016-ANA. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Lima:ANA.
- Autoridad Nacional del Agua (2018). Resolución Jefatural N°056-2018-ANA. Aprueban la Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales. Lima:ANA.
- Autoridad Nacional del Agua (2018). Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua ICA-PE. Aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. Lima:ANA.
- Balsameda, C. & García Y. (2013). Calidad de las aguas de la cuenca del río Naranjo, municipio Majibacoa, provincia Las Tunas para el riego. *Vol.34 (4)*. pp.68-73. ISSN 0258-5936.
- Caho, C. & López, E. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. *Producción + Limpia*. Vol 12, N°2 35-49p. DOI: 10.22507/pml.v12n2a3. Retrieved from: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v12n2/1909-0455-pml-12-02-00035.pdf>

- Calvo, J. & Polo, Z. (2017). Evaluación de la contaminación del río Huatanay – Provincias de Cusco y Quispicanchi. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco 313p. Cusco, Perú. Retrieved from: <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/2683>
- Capacoila, J. (2017). *Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas superficiales del río Coata*. Universidad Nacional del Altiplano. Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6639>
- Castillo Z, Medina V. (2014). *Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río Rímac (Riego), de Enero a Agosto del 2011, en tres puntos de monitoreo*. (Tesis en línea). (Tesis de ingeniero agrónomo e ingeniero forestal). Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 136p. Retrieved from: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2434/T01-C38-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CETESB (2018). Qualidade das águas interiores no estado de Sao Paulo 2017. Governo do estado de Sao Paulo. Secretaria do meio ambiente. Retrieved from: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-das-%C3%81guas-Interiores-no-Estado-de-S%C3%A3o-Paulo-2017.pdf>
- Canadian Council of Ministers of the Environment (2001). Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: CCME Water Quality Index 1.0, Technical Report, In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg

Canadian Council of Ministers of the Environment (2001). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, User's Manual. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.

Comisión Nacional del Agua (2007) Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Diseño de plantas potabilizadoras tipo de tecnología simplificada. Editorial Secretaria del medio ambiente y Recursos naturales. ISBN: 978-968-817-880-5. Tlalpan. México, D.F. CONAGUA. Retrieved from: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/11DisenoDePlantasPotabilizadorasTipoDeTecnologiaSimplificada.pdf>

CONCERTAR (2009) El manejo, protección y conservación de las fuentes de agua y recursos naturales. 44p. Primera Edición. La paz, Bolivia Retrieved from: <http://www.asocam.org/Biblioteca/files/original/ef130746381903e3561dffb2525bd91e.pdf>.

DIGESA (2010) Fichas técnicas del grupo de uso. Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf)

Egg, A. & Mendiola, (2012) Ecología del Perú. 510p. Primera edición. Editorial Bruño. Lima, Perú.

Goyenola, G. (2007). Conductividad. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos. Versión 1.0. Retrieved from: [http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso\\_2007/cartillas/tematicas/Conductividad.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/Conductividad.pdf)

- Gyamfi, C., Boakye, R., Awuah, E., & Anyemedu, F. (2013). *Application of the CCME-WQI Model in Assessing the Water Quality of the Aboabo River, Kumasi-Ghana. Journal of Sustainable Development*, Vol 6. N°10 ISSN: 1913–9063. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s10661-005-9092-6>
- Khan, A., Paterson, R. y Khan, H. 2004. Modification and application of the Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) for the communication of drinking water quality data in Newfoundland and Labrador. *Water Quality Research Journal of Canadá*. Vol 39 N°3, 285-293. Pág. 287. Retrieved from: [https://www.mae.gov.nl.ca/waterres/quality/background/Khan\\_2004\\_WQRJ\\_39\\_3.pdf](https://www.mae.gov.nl.ca/waterres/quality/background/Khan_2004_WQRJ_39_3.pdf)
- Larios, J.; González, C. & Morales Y. (2015) *Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú*. Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL Vol. 2, N° 2. Segundo semestre 2015. 25p. ISSN 2311 – 7915.
- Mahagamage, Y., & Manage, P. (2014). Water Quality Index ( CCME-WQI ) Based Assessment Study of Water Quality in Kelani River Basin , Sri Lanka Water Quality Index ( CCME-WQI ) Based Assessment Study of Water Quality in Kelani River Basin , Sri Lanka. Research Gate, (August 2015). Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/281223991\\_Water\\_Quality\\_Index\\_CCM](https://www.researchgate.net/publication/281223991_Water_Quality_Index_CCM)  
E-  
WQI\_Based\_Assessment\_Study\_of\_Water\_Quality\_in\_Kelani\_River\_Basin\_Sri\_L  
anka
- Maldonado, G. (2014). *Monitoreo de la calidad de agua del Río Malacatos, tramo comprendido desde los Dos Puentes hasta el sector de Sauces Norte*. Universidad

Técnica Particular de Loja. Retrieved from:  
[http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/10278/1/Maldonado\\_Mendieta\\_Galo\\_Antonio.pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/10278/1/Maldonado_Mendieta_Galo_Antonio.pdf)

Monteagudo, M. (2015). Análisis comparativo de los Índices de Calidad de Agua de los ríos Lampa y Cabanillas. Puno, Perú. Universidad Nacional de Altiplano, (p. 124). Retrieved from: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4604>

Ministerio del Ambiente (2017). Decreto Supremo N°004-2017-MINAM – Aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y disposiciones complementarias. Lima: MINAM.

Menezes, J. M.; Silva JR, G. C.; Prado, R. B. (2013). Índice de Qualidade de Água (IQACCME) Aplicado à Avaliação de Aquíferos do Estado do Rio de Janeiro. *Agua Subterráneas* 27(2): 79-92.

Ministerio del Ambiente (2012). Glosario de términos para la gestión ambiental peruana. 396p. Lima: MINAM. Retrieved from:  
<http://www.usmp.edu.pe/recursoshumanos/pdf/Glosario-de-Terminos.pdf>

Ministerio del Ambiente (2016). Glosario de términos. Sitios contaminados. 17 p. Lima: MINAM. Retrieved from: <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf>

Moreno, R. (2015). Índice de calidad del agua (ICA) en el sistema de abastecimiento de agua potable rural centro poblado de Paria Willcahuain – Independencia. Universidad Nacional Santiago Antuanez de Mayolo. Huaraz, Perú.

- Ocola, J. & Laqui, W. (2017) Fuentes Contaminantes en la Cuenca del Lago Titicaca: Un aporte al conocimiento de las causas que amenazan la calidad del agua del maravilloso lago Titicaca. Lima, Perú. Autoridad Nacional del Agua. 188 pp. ISBN: 978-612-4273-12-4.
- OEFA (2015). Instrumentos básicos para la fiscalización ambiental. 29p. Primera edición. Lima – Perú. Retrieved from: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=13978](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978)
- Organización Mundial de la Salud (2018) Agua. 7 de febrero de 2018. OMS. Retrieved from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- PDU (2015). Plan Director de Juliaca 2004- 2015 Municipalidad provincial de San Román. Puno – Perú. Retrieved from: [http://Eudora.Vivienda.gob.pe/OBSERVATORIO/PDU\\_MUNICIPALIDADES/JULIACA/PDU-JULIACA.pdf](http://Eudora.Vivienda.gob.pe/OBSERVATORIO/PDU_MUNICIPALIDADES/JULIACA/PDU-JULIACA.pdf)
- Pérez, E. (2017) Niveles de contaminación de las aguas residuales del Centro Poblado Huaca Blanca y su efecto en la calidad del agua del río Chancay. Tesis de Título en ingeniería ambiental. Universidad César Vallejo. 89p. Lima, Perú. Retrieved from: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/11187/estala\\_pm.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/11187/estala_pm.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pérez, J. (2017). Determinación del índice de calidad del agua del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales Omo, durante el periodo 2014 2015. Tesis de título profesional de ingeniería ambiental. Universidad José Carlos Mariátegui. 109p. Moquegua, Perú. Retrieved from: [http://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/ujcm/299/Julisa\\_Tesis\\_titulo\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/ujcm/299/Julisa_Tesis_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Raffo, E. & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial. Diseño y Tecnología*. 17(1): p. 71-80. ISSN: 1810-9993
- Rodrigues, N., Sousa, A. & Santana, R. (2014) Aplicação do CCME WQI para avaliação da qualidade da água no trecho alto do rio Paraguaçu-ba. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Retrieved from <https://es.calameo.com/read/000475371662ddd0b3b2c>
- Salvá, M. (2007). Evaluación ambiental de aguas superficiales y sedimentos en la cuenca del río Tablachaca. Tesis de título en ingeniería geológica. Universidad Nacional de Ingeniería 38p. Lima, Perú. Retrieved from: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/113>
- Severiche, C., Castillo, M. & Acevedo, R. (2013) Manual de Métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas. Eumed.net, 101p. Cartagena de Indias, Colombia. Retrieved from: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>
- SERFOR (09 de mayo de 2018). Fauna silvestre es afectada por aguas servidas y residuos sólidos en botadero Chilla y desembocadura de río Coata en Puno. Retrieved from: <https://www.serfor.gob.pe/noticias/fauna-silvestre-es-afectada-por-aguas-servidas-y-residuos-solidos-en-botadero-chilla-y-desembocadura-de-rio-coata-en-puno>
- Sierra, C. (2011). *Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico*. 1° edición Digiprint Editores E.U. ISBN: 978-958-8692-06-7. Universidad de Medellín. Bogotá, Colombia.

UNEP (2007). Global Drinking Water Quality Index Development and Sensitivity Analysis Report. ISBN 92-95039-14-9. Canadá. Retrieved from: [http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/global\\_drinking\\_water\\_quality\\_index.pdf](http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/global_drinking_water_quality_index.pdf)

UNESCO (2018). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018. *Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. Retrieved from: <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002615/261579s.pdf>

WWAP, Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (2012) Agua para el desarrollo sostenible de los asentamientos urbanos humanos. 8p. Retrieved from: <http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/aguadesarrollosostenible.pdf>

# **ANEXOS**

# ANEXO A. Informes de laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO Y ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-029



Registro N° LE-029

## INFORME DE ENSAYO: 54619/2018

FDT 001 -02

### RESULTADOS ANALITICOS

#### Muestras del ítem: 1

N° ALS LS	481222/2018-1.0	481223/2018-1.0
Fecha de Muestreo	30/09/2018	30/09/2018
Hora de Muestreo	08:00:00	08:05:00
Tipo de Muestra	Aguas Superficiales M1	Aguas Superficiales M2
Identificación		

Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD		
<b>003 ENSAYOS FISICOQUIMICOS</b>					
Demanda Bioquímica de Oxígeno	1828	mg/L	2	< 2	38
<b>007 ENSAYOS DE METALES TOTALES ICP MS</b>					
Plata (Ag)	11420	mg/L	0,00003	< 0,00003	< 0,00003
Aluminio (Al)	11420	mg/L	0,002	0,022	0,027
Arsénico (As)	11420	mg/L	0,00003	0,02708	0,02777
Boro (B)	11420	mg/L	0,002	0,652	0,776
Bario (Ba)	11420	mg/L	0,0001	0,0782	0,0789
Berilio (Be)	11420	mg/L	0,00002	< 0,00002	< 0,00002
Bismuto (Bi)	11420	mg/L	0,00002	< 0,00002	< 0,00002
Calcio (Ca)	11420	mg/L	0,10	69,70	70,05
Cadmio (Cd)	11420	mg/L	0,00001	< 0,00001	< 0,00001
Cobalto (Co)	11420	mg/L	0,00001	< 0,00001	< 0,00001
Cromo (Cr)	11420	mg/L	0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Cobre (Cu)	11420	mg/L	0,00003	0,00221	0,00252
Hierro (Fe)	11420	mg/L	0,0004	0,1148	0,1016
Mercurio (Hg)	11420	mg/L	0,00003	< 0,00003	< 0,00003
Potasio (K)	11420	mg/L	0,04	11,40	12,49
Litio (Li)	11420	mg/L	0,0001	0,3056	0,3314
Magnesio (Mg)	11420	mg/L	0,003	13,74	14,09
Manganeso (Mn)	11420	mg/L	0,00003	0,08206	0,09239
Molibdeno (Mo)	11420	mg/L	0,00002	0,00063	0,00061
Sodio (Na)	11420	mg/L	0,006	154,9	156,1
Níquel (Ni)	11420	mg/L	0,0002	0,0005	0,0006
Fósforo (P)	11420	mg/L	0,015	< 0,015	0,460
Plomo (Pb)	11420	mg/L	0,0002	0,0004	0,0004
Antimonio (Sb)	11420	mg/L	0,00004	< 0,00004	< 0,00004
Selenio (Se)	11420	mg/L	0,0004	< 0,0004	< 0,0004
Silicio (Si)	11420	mg/L	0,2	4,4	5,3
Estaño (Sn)	11420	mg/L	0,00003	< 0,00003	< 0,00003
Estroncio (Sr)	11420	mg/L	0,0002	1,632	1,638
Titanio (Ti)	11420	mg/L	0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Talio (Tl)	11420	mg/L	0,00002	< 0,00002	< 0,00002
Uranio (U)	11420	mg/L	0,000003	0,000432	0,000419
Vanadio (V)	11420	mg/L	0,0001	0,0013	0,0013
Zinc (Zn)	11420	mg/L	0,0100	< 0,0100	< 0,0100

#### Observaciones

LD: Límite de detección.

#### CONTROLES DE CALIDAD

##### Control Blancos

Parámetro	LD	Unidad	Resultado	Fecha de Análisis
Aluminio (Al)	0,002	mg/L	< 0,002	08/10/2018
Antimonio (Sb)	0,00004	mg/L	< 0,00004	08/10/2018
Arsénico (As)	0,00003	mg/L	< 0,00003	08/10/2018
Bario (Ba)	0,0001	mg/L	< 0,0001	08/10/2018
Berilio (Be)	0,00002	mg/L	< 0,00002	08/10/2018
Bismuto (Bi)	0,00002	mg/L	< 0,00002	08/10/2018
Boro (B)	0,002	mg/L	< 0,002	08/10/2018
Cadmio (Cd)	0,00001	mg/L	< 0,00001	08/10/2018

Pág. 2 de 4

Revisión:00  
Fecha de Revisión: 23/05/2016

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 488-9500  
Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570  
www.alsglobal.com



**INFORME DE ENSAYO: 54619/2018**

Parámetro	LD	Unidad	Resultado	Fecha de Análisis
Calcio (Ca)	0,10	mg/L	< 0,10	08/10/2018
Cobalto (Co)	0,00001	mg/L	< 0,00001	08/10/2018
Cobre (Cu)	0,00003	mg/L	< 0,00003	08/10/2018
Cromo (Cr)	0,0001	mg/L	< 0,0001	08/10/2018
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	mg/L	< 2	01/10/2018
Estaño (Sn)	0,00003	mg/L	< 0,00003	08/10/2018
Estroncio (Sr)	0,0002	mg/L	< 0,0002	08/10/2018
Fosforo (P)	0,015	mg/L	< 0,015	08/10/2018
Hierro (Fe)	0,0004	mg/L	< 0,0004	08/10/2018
Litio (Li)	0,0001	mg/L	< 0,0001	08/10/2018
Magnesio (Mg)	0,003	mg/L	< 0,003	08/10/2018
Manganeso (Mn)	0,00003	mg/L	< 0,00003	08/10/2018
Mercurio (Hg)	0,00003	mg/L	< 0,00003	08/10/2018
Molibdeno (Mo)	0,00002	mg/L	< 0,00002	08/10/2018
Níquel (Ni)	0,0002	mg/L	< 0,0002	08/10/2018
Plata (Ag)	0,000003	mg/L	< 0,000003	08/10/2018
Plomo (Pb)	0,0002	mg/L	< 0,0002	08/10/2018
Potasio (K)	0,04	mg/L	< 0,04	08/10/2018
Selenio (Se)	0,0004	mg/L	< 0,0004	08/10/2018
Silicio (Si)	0,2	mg/L	< 0,2	08/10/2018
Sodio (Na)	0,006	mg/L	< 0,006	08/10/2018
Talio (Tl)	0,00002	mg/L	< 0,00002	08/10/2018
Titanio (Ti)	0,0002	mg/L	< 0,0002	08/10/2018
Uranio (U)	0,000003	mg/L	< 0,000003	08/10/2018
Vanadio (V)	0,0001	mg/L	< 0,0001	08/10/2018
Zinc (Zn)	0,01	mg/L	< 0,01	08/10/2018

**Control Estandar**

Parámetro	% Recuperación	Límites de Recuperación (%)	Fecha de Análisis
Aluminio (Al)	108,2	80-120	08/10/2018
Antimonio (Sb)	107,6	80-120	08/10/2018
Arsénico (As)	109,4	80-120	08/10/2018
Bario (Ba)	107,0	80-120	08/10/2018
Berilio (Be)	101,8	80-120	08/10/2018
Bismuto (Bi)	115,7	80-120	08/10/2018
Boro (B)	98,0	80-120	08/10/2018
Cadmio (Cd)	107,4	80-120	08/10/2018
Calcio (Ca)	108,3	80-120	08/10/2018
Cobalto (Co)	112,0	80-120	08/10/2018
Cobre (Cu)	113,4	80-120	08/10/2018
Cromo (Cr)	116,2	80-120	08/10/2018
Demanda Bioquímica de Oxígeno	95,5	85-115	01/10/2018
Demanda Bioquímica de Oxígeno	111,6	85-115	01/10/2018
Estaño (Sn)	107,5	80-120	08/10/2018
Estroncio (Sr)	112,4	80-120	08/10/2018
Fosforo (P)	104,0	80-120	08/10/2018
Hierro (Fe)	108,2	80-120	08/10/2018
Litio (Li)	104,6	80-120	08/10/2018
Magnesio (Mg)	102,8	80-120	08/10/2018
Manganeso (Mn)	102,5	80-120	08/10/2018
Mercurio (Hg)	103,6	80-120	08/10/2018
Molibdeno (Mo)	109,3	80-120	08/10/2018
Níquel (Ni)	100,6	80-120	08/10/2018
Plata (Ag)	108,8	80-120	08/10/2018
Plomo (Pb)	110,8	80-120	08/10/2018
Potasio (K)	105,1	80-120	08/10/2018
Selenio (Se)	111,6	80-120	08/10/2018
Silicio (Si)	104,0	80-120	08/10/2018
Sodio (Na)	111,3	80-120	08/10/2018
Talio (Tl)	106,3	80-120	08/10/2018
Titanio (Ti)	92,4	80-120	08/10/2018



**RESULTADO DE ANÁLISIS**  
**UPEU – FIA/ING-AMBIENTAL 2018-021**

*Una Institución Adventista*

**CLIENTE** : Verónica Reyna Gutierrez Cabana  
**DIRECCIÓN** : Av. Nueva Zelandia N° 608, San Román  
**LUGAR DE MUESTREO** : Cuenca Baja Coata, San Román  
**TIPO DE MUESTRA** : Agua superficial  
**F. RECEPCIÓN DE MUESTRA** : 30/09/2018  
**F. INICIO DE ENSAYOS** : 30/09/2018  
**MUESTREADO POR** : Laboratorio de Saneamiento Ambiental

ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA				
Análisis	Unidad	Valor obtenido Muestra 01	Valor obtenido Muestra 02	Método
<b>Fisicoquímicos</b>				
pH	Unidad de pH	8.25	7.87	Potenciométrico
Conductividad eléctrica	µS/cm	1278	1306	Multiparamétrico
Oxígeno Disuelto	mg/L	4.22	2.91	Electrometría
Cloruros	mg/L	248.5	269.8	Titulación
<b>Microbiológicos</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	460	2400	NMP

Juliaca, 04 de octubre del 2018

  
 \_\_\_\_\_  
 Jefe de Laboratorio  
 ING. AMBIENTAL - UPEU FJ

**INFORME DE ENSAYOS N° 4782- 2018**  
**PÁGINA 2 DE 3**

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUPERFICIAL		UNIDADES
		M1		
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )**	4.3		mg/L

**ABREVIATURAS:**

mg/L : Miligramos por litro

**OBSERVACIONES :**

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al limite de detección del método

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

\*\*Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (Autorizado y aceptado por el cliente):

Demanda Bioquímica de Oxígeno: Max 6 hrs despues de la toma de muestra a una T 4°C, muestra con mas de 6 hrs de tiempo de vida útil.

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000.  
5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag.5-2 a 5-7. 22nd Ed. 2012.

**Metales Totales por ICP-MS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUPERFICIAL		UNIDADES
		M1		
FQ	Ag (Plata)	<0.00005		mg/L
FQ	Al (Aluminio)	0.03		mg/L
FQ	As (Arsénico)	0.02918		mg/L
FQ	B (Boro)	0.781		mg/L
FQ	Ba (Bario)	0.0835		mg/L
FQ	Be (Berilio)	<0.00002		mg/L
FQ	Bi (Bismuto)	<0.00001		mg/L
FQ	Ca (Calcio)	66.98		mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0.00004		mg/L
FQ	Ce (Cerio)	0.00012		mg/L
FQ	Co (Cobalto)	0.00011		mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0.00019		mg/L
FQ	Cs (Cesio)	0.02154		mg/L
FQ	Cu (Cobre)	0.001		mg/L
FQ	Fe (Hierro)	0.14		mg/L
FQ	Hg (Mercurio)	<0.0005		mg/L
FQ	K (Potasio)	12.27		mg/L
FQ	Li (Litio)	0.31483		mg/L
FQ	Mg (Magnesio)	14.29		mg/L
FQ	Mn (Manganeso)	0.0904		mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0.00075		mg/L
FQ	Na (Sodio)	172.57		mg/L
FQ	Ni (Niquel)	0.0006		mg/L
FQ	P (Fosforo)	0.03		mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0.0005		mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0.00012		mg/L
FQ	Se (Selenio)	<0.0001		mg/L
FQ	Si (Silicio)	3.86		mg/L
FQ	Sn (Estaño)	<0.00004		mg/L
FQ	Sr (Estroncio)	1.580		mg/L
FQ	Ti (Titanio)	0.0007		mg/L
FQ	Tl (Talio)	0.00032		mg/L
FQ	U (Uranio)	0.00048		mg/L
FQ	V (Vanadio)	0.0013		mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0.004		mg/L

**INFORME DE ENSAYOS N° 4783- 2018**  
**PÁGINA 2 DE 3**

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUPERFICIAL		UNIDADES
		M2		
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )**	20		mg/L

**ABREVIATURAS:**

mg/L : Miligramos por litro

**OBSERVACIONES :**

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de detección del método

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

\*\*Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (Autorizado y aceptado por el cliente):

Demanda Bioquímica de Oxígeno: Max 6 hrs después de la toma de muestra a una T 4°C, muestra con mas de 6 hrs de tiempo de vida útil.

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Demanda Bioquímica de Oxígeno : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000.  
(DBO<sub>5</sub>) 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag.5-2 a 5-7. 22nd Ed. 2012.

**Metales Totales por ICP-MS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUPERFICIAL		UNIDADES
		M2		
FQ	Ag (Plata)	<0.00005		mg/L
FQ	Al (Aluminio)	0.08		mg/L
FQ	As (Arsénico)	0.02810		mg/L
FQ	B (Boro)	0.724		mg/L
FQ	Ba (Bario)	0.0856		mg/L
FQ	Be (Berilio)	<0.00002		mg/L
FQ	Bi (Bismuto)	0.00004		mg/L
FQ	Ca (Calcio)	69.55		mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0.00006		mg/L
FQ	Ce (Cerio)	0.00045		mg/L
FQ	Co (Cobalto)	0.00035		mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0.00039		mg/L
FQ	Cs (Cesio)	0.01924		mg/L
FQ	Cu (Cobre)	0.002		mg/L
FQ	Fe (Hierro)	0.20		mg/L
FQ	Hg (Mercurio)	<0.0005		mg/L
FQ	K (Potasio)	20.27		mg/L
FQ	Li (Litio)	0.28012		mg/L
FQ	Mg (Magnesio)	15.83		mg/L
FQ	Mn (Manganeso)	0.1688		mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0.00072		mg/L
FQ	Na (Sodio)	181.95		mg/L
FQ	Ni (Niquel)	0.0012		mg/L
FQ	P (Fosforo)	2.81		mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0.0009		mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0.00019		mg/L
FQ	Se (Selenio)	<0.0001		mg/L
FQ	Si (Silicio)	6.35		mg/L
FQ	Sn (Estaño)	<0.00004		mg/L
FQ	Sr (Estroncio)	1.523		mg/L
FQ	Ti (Titanio)	0.0030		mg/L
FQ	Tl (Talio)	0.00026		mg/L
FQ	U (Uranio)	0.00046		mg/L
FQ	V (Vanadio)	0.0013		mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0.010		mg/L

**INFORME DE ENSAYOS N° 5553-2018**  
**PÁGINA 2 DE 2**

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUPERFICIAL DE RIO M1	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	2.2	mg/L

**ABREVIATURAS:**

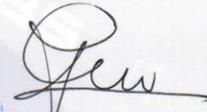
mg/L : Miligramos por litro

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag. 5-2 a 5-7. 22nd Ed. 2012.

**FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS :** MB 29/11/2018 al 04/12/2018

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS :** 07/12/2018

**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
Gerente Técnico

Fin del Informe

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

**INFORME DE ENSAYOS N° 5554-2018**  
**PÁGINA 2 DE 2**

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUPERFICIAL DE RÍO M2	UNIDADES
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	27	mg/L

**ABREVIATURAS:**

mg/L : Miligramos por litro

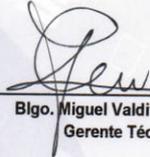
**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag.5-2 a 5-7. 22nd Ed. 2012.

**FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS :** MB 29/11/2018 al 04/12/2018

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS :** 07/12/2018



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
Gerente Técnico

Fin del Informe

**INFORME DE ENSAYOS N° 5506- 2018**  
**PÁGINA 2 DE 2**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUPERFICIAL DE RIO		UNIDADES
		M1		
FQ	Ag (Plata)*	<0.00005		mg/L
FQ	Al (Aluminio)*	0.04		mg/L
FQ	As (Arsénico)*	0.03396		mg/L
FQ	B (Boro)*	0.762		mg/L
FQ	Ba (Bario)*	0.0694		mg/L
FQ	Be (Berilio)*	<0.00002		mg/L
FQ	Bi (Bismuto)*	0.00002		mg/L
FQ	Ca (Calcio)*	57.90		mg/L
FQ	Cd (Cadmio)*	0.00003		mg/L
FQ	Ce (Cerio)*	0.00013		mg/L
FQ	Co (Cobalto)*	0.00019		mg/L
FQ	Cr (Cromo)*	0.00034		mg/L
FQ	Cs (Cesio)*	0.02001		mg/L
FQ	Cu (Cobre)*	0.001		mg/L
FQ	Fe (Hierro)*	0.13		mg/L
FQ	Hg (Mercurio)*	<0.0005		mg/L
FQ	K (Potasio)*	13.07		mg/L
FQ	Li (Litio)*	0.28806		mg/L
FQ	Mg (Magnesio)*	14.19		mg/L
FQ	Mn (Manganeso)*	0.1137		mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)*	0.00076		mg/L
FQ	Na (Sodio)*	153.80		mg/L
FQ	Ni (Niquel)*	0.0007		mg/L
FQ	P (Fosforo)*	0.88		mg/L
FQ	Pb (Plomo)*	0.0005		mg/L
FQ	Sb (Antimonio)*	0.00018		mg/L
FQ	Se (Selenio)*	<0.0001		mg/L
FQ	Si (Silicio)*	3.29		mg/L
FQ	Sn (Estaño)*	<0.00004		mg/L
FQ	Sr (Estroncio)*	1.368		mg/L
FQ	Ti (Titanio)*	0.0009		mg/L
FQ	Tl (Talio)*	0.00023		mg/L
FQ	U (Uranio)*	0.00042		mg/L
FQ	V (Vanadio)*	0.0014		mg/L
FQ	Zn (Zinc)*	0.009		mg/L

**ABREVIATURAS:**

mg/L

: Miligramos por litro

**OBSERVACIONES :**

Cualquier valor precedido por "<sup><</sup>" indica menor al limite de detección del método

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

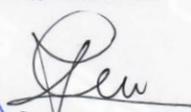
**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Metales Totales por ICP-MS

: Environmental Protection Agency. Method 8020A. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectroscopy. Revision 1.0 12007

**FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS :** FQ 27/11/2018 al 30/11/2018

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS :** 30/11/2018

**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
Gerente Técnico

Fin del Informe

**INFORME DE ENSAYOS N° 5507- 2018**  
**PÁGINA 2 DE 2**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUPERFICIAL DE RÍO		UNIDADES
			M2	
FQ	Ag (Plata)*		<0.00005	mg/L
FQ	Al (Aluminio)*		0.04	mg/L
FQ	As (Arsénico)*		0.03410	mg/L
FQ	B (Boro)*		0.767	mg/L
FQ	Ba (Bario)*		0.0675	mg/L
FQ	Be (Berilio)*		<0.00002	mg/L
FQ	Bi (Bismuto)*		<0.00001	mg/L
FQ	Ca (Calcio)*		54.88	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)*		0.00004	mg/L
FQ	Ce (Cerio)*		0.00020	mg/L
FQ	Co (Cobalto)*		0.00014	mg/L
FQ	Cr (Cromo)*		0.00029	mg/L
FQ	Cs (Cesio)*		0.02016	mg/L
FQ	Cu (Cobre)*		0.001	mg/L
FQ	Fe (Hierro)*		0.14	mg/L
FQ	Hg (Mercurio)*		<0.0005	mg/L
FQ	K (Potasio)*		10.47	mg/L
FQ	Li (Litio)*		0.27349	mg/L
FQ	Mg (Magnesio)*		13.18	mg/L
FQ	Mn (Manganeso)*		0.0927	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)*		0.00074	mg/L
FQ	Na (Sodio)*		143.90	mg/L
FQ	Ni (Niquel)*		0.0006	mg/L
FQ	P (Fosforo)*		0.04	mg/L
FQ	Pb (Plomo)*		0.0005	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)*		0.00015	mg/L
FQ	Se (Selenio)*		<0.0001	mg/L
FQ	Si (Silicio)*		2.53	mg/L
FQ	Sn (Estaño)*		<0.00004	mg/L
FQ	Sr (Estroncio)*		1.335	mg/L
FQ	Ti (Titanio)*		0.0008	mg/L
FQ	Tl (Talio)*		0.00025	mg/L
FQ	U (Uranio)*		0.00045	mg/L
FQ	V (Vanadio)*		0.0014	mg/L
FQ	Zn (Zinc)*		0.055	mg/L

**ABREVIATURAS:**

mg/L

: Miligramos por litro

**OBSERVACIONES :**

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de detección del método  
\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Metales Totales por ICP-MS

: Environmental Protection Agency, Method 6020A, Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectroscopy, Revision 1.0 12007

**FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS :** FQ 27/11/2018 al 30/11/2018

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS :** 30/11/2018



*[Signature]*  
**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
Gerente Técnico

Fin del Informe



# Certificado



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

## **BHIOS LABORATORIOS S.R.L**

### **Laboratorio de Ensayo**

En su sede ubicada en: Av. Quiñones Mza. B Lote 6, Urb. Magisterial (2do Piso), distrito de Yanahuara, provincia de Arequipa y departamento de Arequipa

Con base en la norma

### **NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-D6P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 16 de febrero de 2018

Fecha de Vencimiento: 15 de febrero de 2018



**MÓNICA NÚÑEZ CABANAS**

Directora, Dirección de Acreditación – INACAL

Dirección N° : 0100-0018/INACAL/DA

Consejo N° : 009-0218/INACAL-DA

Registro N° : LE-055

El presente certificado tiene validez para el correspondiente Alcance de Acreditación y centro de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a modificaciones, educciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia de éste constan en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/capacidades/acreditado](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/capacidades/acreditado) al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo del IRLA de las Américas, Acordado en Cooperación DA/Ci e Incentivos Acreditados - Fines - DA/1 y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la Internacional Latinoamericana de Acreditación Cooperación (ILAC)

DA-acr-D6P-21F-01

Fecha de emisión: 02 de marzo de 2018

## ANEXO E. Panel fotográfico



*Fotografía 1.* Afluencia del río Torococha



*Fotografía 2.* Área de estudio



Fotografía 3. Georreferenciación de puntos de monitoreo



Fotografía 4. GPS



Fotografía 5. Equipos utilizados



Fotografía 6. Muestras de agua



Fotografía 7. Río Torococha



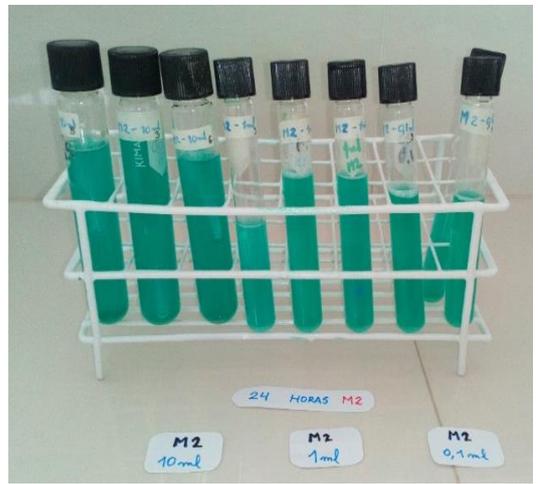
Fotografía 8. Determinación de Cloruros



Fotografía 9. Peachímetro de mesa



Fotografía 10. Muestras de agua Bhios Lab



Fotografía 11. Determinación de coliformes T.



Fotografía 12. Trabajo en laboratorio



Fotografía 13. Muestras de agua ALS Lab