

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**



*Una Institución Adventista*

**Evaluación de la calidad fisicoquímica del agua de la quebrada Yanayacu  
para conservación del ambiente acuático, valle del Shanusi - 2018**

Por:

Ruiz Martínez, Ana Isabel

Asesor:

Ing. Vásquez Briones, Ivone

**Tarapoto, marzo de 2019**

**DECLARACIÓN JURADA  
DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS**

Ivone Vásquez Briones, 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 fisicoquímica del agua de la quebrada Yanayacu para conservación del ambiente acuático, valle del Shanusi – 2018”* constituye la memoria que presenta la **Bachiller Ana Isabel Ruiz Martínez** para aspirar al título de 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 constancia en Tarapoto, a los 26 días del mes de marzo del año 2019.



---

Ivone Vásquez Briones

Evaluación de la calidad físicoquímica del agua de la quebrada Yanayacu  
para conservación del ambiente acuático, valle del Shanusi – 2018

# TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

## JURADO CALIFICADOR

  
Mg. Dayani Shirley Romero Vela  
Presidente

  
Ing. Jhon Patrick Ríos Bartra  
Secretario

  
Ing. Henry Carbajal Mogollón  
Vocal

  
Ing. Ivone Vásquez Briones  
Asesora

Tarapoto, 25 de marzo de 2019

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser mi gran guía, mi motivación, mi fiel compañero y porque gracias a Él todos mis objetivos y metas de la presente investigación han concluido satisfactoriamente.

A mis queridos padres: Teddy Ángel Ruiz López y Ana Patricia Martínez Acosta por el amor incondicional, por la confianza, por el compromiso firme en apoyarme en cada uno de mis pasos y por compartir todos mis éxitos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por darme la vida, por permitir que en mi camino conozca personas maravillosas y por brindarme los conocimientos necesarios para el logro de lo planificado a lo largo de mi vida como estudiante y como profesional.

A mis padres y familiares quienes en todo momento han sido el soporte necesario para concluir con cada ciclo de este trabajo.

A la Ing. Ivone Vásquez Briones por su tiempo en la asesoría y por su colaboración en los avances de las etapas del proyecto de tesis.

Al Mg. Blgo. Mblgo. Henry Giovanni Jave Concepción, por su asesoría técnica y profesional, por su orientación y su esfuerzo constante para desarrollar las acciones de campo.

Al Ing. Félix Esteban Astudillo Bances y su familia, por guiarme en el inicio del desarrollo de la presente investigación.

A la Administración Local de Agua Alto Amazonas por brindarme las facilidades para la ejecución de esta investigación.

Al Ing. Bienvenido Atoche Valladolid y a la C.P.C. Mónica del Pilar Mendoza Torrejón por facilitarme los equipos y herramientas necesarias para realizar los trabajos de campo.

A los pobladores del centro poblado Cotoyacu y amigos en general, quienes me brindaron su apoyo oportuno para culminar satisfactoriamente las actividades de la presente tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xi
Capítulo I.....	16
Introducción .....	16
1.1 Identificación del problema .....	16
1.2 Justificación.....	18
1.3 Presuposición filosófica .....	19
1.4 Objetivos.....	20
1.4.1 Objetivo general .....	20
1.4.2 Objetivos específicos .....	20
Capítulo II .....	22
Marco Teórico.....	22
2.1 Antecedentes de la investigación .....	22
2.1.1 Contexto internacional.....	22
2.1.2 Contexto nacional.....	24
2.2 Fundamentos de la investigación.....	26
2.2.1 Recursos hídricos .....	26
2.2.2 Cuencas hidrográficas.....	28
A. Clasificación de las cuencas hidrográficas.....	29
B. Cuenca hidrográfica del río Huallaga.....	32
C. Cuenca hidrográfica del río Shanusi .....	33
2.2.3 Calidad del agua .....	33
A. Características físicas.....	34
B. Características químicas.....	37
C. Características biológicas .....	46
2.2.4 Contaminación del agua .....	48
A. Origen de la contaminación del agua.....	49
a. Natural .....	49
b. Antropogénico .....	49
B. Tipos de contaminación del agua .....	50

a.	<b>Puntual</b> .....	50
b.	<b>Difusa</b> .....	51
2.2.5	<b>Métodos de evaluación</b> .....	51
A.	<b>Potencial de Hidrógeno (pH)</b> .....	51
B.	<b>Oxígeno Disuelto (OD)</b> .....	52
C.	<b>Conductividad Eléctrica (CE)</b> .....	53
D.	<b>Aceites y grasas</b> .....	53
E.	<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</b> .....	54
F.	<b>Nitratos</b> .....	55
G.	<b>Fósforo total</b> .....	56
H.	<b>Sulfuros</b> .....	57
2.3	<b>Marco legal</b> .....	57
<b>Capítulo III</b> .....		66
<b>Materiales y métodos</b> .....		66
3.1	<b>Descripción de la zona de estudio</b> .....	66
3.1.1	<b>Ubicación y descripción de la zona</b> .....	67
3.2	<b>Población y muestra</b> .....	67
3.2.1	<b>Población</b> .....	67
3.2.2	<b>Muestra</b> .....	68
3.3	<b>Diseño de investigación</b> .....	68
3.4	<b>Formulación de hipótesis</b> .....	69
3.5	<b>Identificación de variables</b> .....	69
3.6	<b>Técnicas de recolección de datos y validación de instrumentos</b> .....	71
3.6.1	<b>Técnicas de recolección</b> .....	71
3.6.2	<b>Validación de instrumentos</b> .....	71
3.7	<b>Equipos y materiales</b> .....	72
3.7.1	<b>Equipos</b> .....	72
3.7.2	<b>Materiales</b> .....	72
3.8	<b>Metodología de la investigación</b> .....	73
3.8.1	<b>Etapa 1: Gabinete inicial</b> .....	73
3.8.2	<b>Etapa 2: Campo</b> .....	74
3.8.3	<b>Etapa 3: Laboratorio</b> .....	78
3.8.4	<b>Etapa 4: Gabinete final</b> .....	78
<b>Capítulo IV</b> .....		79
<b>Resultados y discusiones</b> .....		79

4.1	<b>Resultado 1: Identificación de fuentes contaminantes</b> .....	79
4.2	<b>Resultado 2: Determinación de caudales</b> .....	80
4.3	<b>Resultado 3: Evaluación de los parámetros de campo</b> .....	81
4.3.1	Potencial de hidrógeno (pH).....	81
4.3.2	Temperatura (°C).....	82
4.3.3	Oxígeno disuelto (OD).....	83
4.3.4	Conductividad eléctrica (CE) .....	84
4.4	<b>Resultado 4: Evaluación de los parámetros fisicoquímicos</b> .....	85
4.4.1	Aceites y grasas.....	85
4.4.2	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).....	86
4.4.3	Nitratos.....	87
4.4.4	Fósforo total.....	88
4.4.5	Sulfuros .....	89
<b>Capítulo V</b> .....		90
<b>Conclusiones y recomendaciones</b> .....		90
4.1	<b>Conclusiones</b> .....	90
4.2	<b>Recomendaciones</b> .....	93
4.3	<b>Sugerencias</b> .....	93
<b>REFERENCIAS</b> .....		94
<b>ANEXOS</b> .....		110

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Características de ubicación de la quebrada Yanayacu .....	66
<b>Tabla 2:</b> Características geométricas y de uso de la quebrada Yanayacu .....	66
<b>Tabla 3:</b> Características del área de evaluación.....	67
<b>Tabla 4:</b> Volumen de muestra según el parámetro. ....	68
<b>Tabla 5:</b> Red de puntos de monitoreo .....	75
<b>Tabla 6:</b> Parámetros de evaluación. ....	75
<b>Tabla 7:</b> Preservantes utilizados en las muestras.....	77
<b>Tabla 8:</b> Métodos de análisis de los parámetros evaluados .....	78
<b>Tabla 9:</b> Principales fuentes contaminantes .....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Conceptualización del método Pfafstetter. ....	30
<b>Figura 2:</b> Principales cuencas hidrográficas del Perú.....	32
<b>Figura 3:</b> Concentración de potencial de hidrógeno en el agua por punto de monitoreo.....	82
<b>Figura 4:</b> Temperatura del agua por punto de monitoreo. ....	83
<b>Figura 5:</b> Concentración de oxígeno disuelto (mg/L) por punto de monitoreo.....	84
<b>Figura 6:</b> Concentración de conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) por punto de monitoreo. ....	85
<b>Figura 7:</b> Concentración de aceites y grasas (mg/L) por punto de monitoreo. ....	86
<b>Figura 8:</b> Concentración de la demanda biológica de oxígeno (mg/L) por punto de monitoreo.....	87
<b>Figura 9:</b> Concentración de nitratos (mg/L) por punto de monitoreo.....	88
<b>Figura 10:</b> Concentración de fósforo total (mg/L) por punto de monitoreo. ....	89
<b>Figura 11:</b> Concentración de fósforo total (mg/L) por punto de monitoreo. ....	90

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Mapa de ubicación del área de evaluación .....	111
<b>Anexo 2:</b> Plan de monitoreo. ....	112
<b>Anexo 3:</b> Fichas de identificación de puntos de monitoreo. ....	128
<b>Anexo 4:</b> Certificado de calibración del multiparámetro. ....	131
<b>Anexo 5:</b> Ficha de registro de datos en campo. ....	135
<b>Anexo 6:</b> Cadena de custodia. ....	136
<b>Anexo 7:</b> Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. ....	137
<b>Anexo 8:</b> Informe de ensayo del laboratorio. ....	140
<b>Anexo 9:</b> Determinación del caudal en cada uno de los puntos de muestreo. ....	142
<b>Anexo 10:</b> Realización de la identificación de fuentes contaminantes. ....	143
<b>Anexo 11:</b> Medición de caudales. ....	144
<b>Anexo 12:</b> Medición de parámetros de campo. ....	145
<b>Anexo 13:</b> Toma de muestras. ....	146
<b>Anexo 14:</b> Preservación de las muestras. ....	147
<b>Anexo 15:</b> Transporte de las muestras. ....	147
<b>Anexo 16:</b> Matriz de consistencia. ....	148

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar y determinar la calidad fisicoquímica del agua de la quebrada Yanayacu para la conservación del ambiente acuático en el valle del Shanusi en el ámbito de los centros poblados de Cotoyacu y Puerto Perú, distrito de Yurimaguas, provincia de Alto Amazonas, departamento de Loreto. Para el desarrollo del estudio se realizó la identificación de fuentes contaminantes y el monitoreo de calidad del agua en tres puntos de la quebrada, que engloban a los centros poblados Cotoyacu y Puerto Perú, siguiendo los criterios y procedimientos técnicos establecidos en el “Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales” aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. La evaluación de los parámetros de pH, oxígeno disuelto, temperatura y conductividad eléctrica se realizaron in situ, a través de un equipo Multiparamétrico, y se tomaron muestras para el caso de aceites y grasas, DBO<sub>5</sub>, nitratos, fósforo total y sulfuros, que luego fueron enviados al laboratorio EQUAS S. A para su respectivo análisis. Los resultados fueron comparados con los ECA para Agua de la categoría 4 “Conservación del ambiente acuático” subcategoría E2 “Ríos de la selva”, los mismo que indican que los parámetros de pH (QYana2= 5,88), temperatura (QYana3= 30,78 °C), fósforo total (QYana3= 0,055mg/L) y sulfuros (QYana1= 0,031 mg/L, QYana2= 0,036 mg/L y QYana3= 0,042 mg/L) no cumple con los valores que se establecen en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Se concluye finalmente, que el agua de la quebrada Yanayacu presenta buena calidad fisicoquímica para la conservación del ambiente acuático, pese a que en algunos parámetros se observa una variación mímica.

**Palabras claves:** calidad, fisicoquímica, monitoreo, conservación del ambiente acuático.

## ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate and determine the physico-chemical quality of the water in the Yanayacu creek for the conservation of the aquatic environment in the Shanusi valley in the area of the populated centers of Cotoyacu and Puerto Peru, district of Yurimaguas, province of Alto Amazonas, department of Loreto. For the development of the study, it has been made the identification of polluting sources and the monitoring of water quality out in three points of the creek, which include the Cotoyacu and Puerto Perú population centres, following the criteria and technical procedures established in the "National Protocol for the Monitoring of the Quality of Surface Water Resources" approved by means of Jefatural Resolution N° 010-2016-ANA. The evaluation of the parameters of pH, dissolved oxygen, temperature and electrical conductivity were made in situ, through a multiparameter equipment, and samples were taken for the case of oils and fats, DBO<sub>5</sub>, nitrates, total phosphorus and sulfides, which then were sent to the EQUAS S.A laboratory for their respective analysis. The results were compared with the ECA for Water of category 4 "Conservation of the aquatic environment" subcategory E2 "Rivers of the jungle", the same ones that indicate that the parameters of pH (QYana2 = 5.88), temperature (QYana3 = 30 , 78 ° C), total phosphorus (QYana3 = 0.055mg / L) and sulfides (QYana1 = 0.031 mg/L, QYana2 = 0.036 mg/L and QYana3 = 0.042 mg/L) does not comply with the values established in the Supreme Decree N° 004-2017-MINAM. Finally, it is concluded that the water of the Yanayacu creek presents good physicochemical quality for the conservation of the aquatic environment, although in some parameters a mimic variation is observed.

**Keywords:** quality, physico-chemical, monitoring, conservation of the aquatic environment.

## SÍMBOLOS USADOS

<b>UNESCO:</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
<b>ATALC:</b>	Amigos de la Tierra América Latina y el Caribe
<b>FCCyT:</b>	Foro Consultivo Científico y Tecnológico
<b>GOREL:</b>	Gobierno Regional de Loreto
<b>IEEP:</b>	Instituto de Política Medioambiental Europea
<b>ANA:</b>	Autoridad Nacional del Agua
<b>WWAP:</b>	Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos
<b>PNDU:</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
<b>INEI:</b>	Instituto Nacional de Estadística e Informática
<b>IWQTB:</b>	Consejo Interministerial de Capacitación para la Calidad del Agua
<b>IDEAM:</b>	Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales
<b>SENAMHI:</b>	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
<b>CEPIS:</b>	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
<b>UNAM:</b>	Universidad Nacional Autónoma de México
<b>MINSA:</b>	Ministerio de Salud
<b>MSSSI:</b>	Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad
<b>OMS:</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>MINAM:</b>	Ministerio del Ambiente
<b>FAO:</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
<b>APHA:</b>	Asociación Americana de Salud Pública
<b>AWWA:</b>	Asociación Americana de Abastecimiento de Agua

<b>WPCF:</b>	Federación para el Control de la Polución de las Aguas
<b>NIST:</b>	Instituto Nacional de Estándares y Tecnología
<b>ICA:</b>	Índices de Calidad Ambiental
<b>ECA:</b>	Estándares de Calidad Ambiental
<b>LMP:</b>	Límites Máximos Permisibles
<b>GPS:</b>	Sistema de Posicionamiento Global
<b>APA:</b>	Asociación Americana de Psicología
<b>IFC:</b>	Identificación de Fuentes Contaminantes
<b>INACAL:</b>	Instituto Nacional de Calidad
<b>NTP:</b>	Norma Técnica Peruana
<b>EQUAS:</b>	Servicios Analíticos de Calidad Ambiental

## **Capítulo I**

### **Introducción**

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

El término “calidad del agua” es relativo y se considera que tiene importancia universal cuando se relaciona con el uso del recurso. Lo que significa, que una fuente de agua se califica en función al uso que se le va a dar. De acuerdo a esas características que presenta, se dice que una fuente está contaminada cuando afectan su uso real o potencial (Barrenechea, 2004).

El crecimiento demográfico, la urbanización, la industrialización, el aumento en la producción y el consumo han generado que cada día exista una mayor demanda de agua dulce; tal como lo indica la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2015). En la actualidad, dos tercios de la población mundial viven en regiones donde sufren escasez de agua. La disponibilidad de recursos hídricos está intrínsecamente ligada a la calidad del agua, ya que debido a la contaminación de dichas fuentes se puede exceptuar diferentes usos. El aumento de los vertimientos de las aguas residuales domésticas con limitado o nulo tratamiento, la escorrentía de tierras agrícolas y las aguas residuales de origen industrial, han llevado al deterioro de la calidad del agua en el mundo. “Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2017) considera que, si las tendencias actuales permanecen, la calidad del agua continuará deteriorándose cada vez más, especialmente en los países de bajos recursos y en zonas áridas, poniendo así aún en mayor riesgo la salud humana y la de los ecosistemas”.

En América Latina la cuarta parte de la población, es decir más de 100 millones de personas viven en zonas con estrés hídrico; lo que indica que los conflictos por el agua no radican de su escasez real o física; por el contrario es producida por factores que incluyen el mal

manejo, la contaminación, el desconocimiento de técnicas ancestrales, entre otros; así lo sustentan Amigos de la Tierra América Latina y el Caribe (ATALC, 2016). “Según se describe en el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT, 2012), en el siglo actual América Latina enfrenta problemas serios de abastecimiento; posee algunas de las zonas más húmedas del planeta y los desiertos más áridos, presentando, además, una alta contaminación de sus fuentes a lo que se le suma, en las últimas décadas, un proceso intenso de urbanización”.

El Perú, cuenta con una gran riqueza en recursos hídricos, se dice que es la mayor reserva de América Latina, y se ubica entre los 20 países con más fuentes de agua del mundo. Sin embargo, existen problemas asociados a la disponibilidad y a la calidad. El 65% de la población peruana que habita la costa tiene disponibilidad solo del 1,7% de agua de todo el país; esto contrasta con la cuenca del Amazonas donde se localiza el 97,7% del agua, y que está disponible para el 30% de la población. Asimismo, los problemas relacionados a la calidad recaen en factores principales, tales como: desagües vertidos directamente a los ríos sin tratar, contaminación por actividades de minería, agricultura intensiva y manejo inadecuado de residuos sólidos (González et al., 2014).

Según el Gobierno Regional de Loreto (GOREL, 2010), menciona que en la actualidad, la explotación de los recursos naturales en la Amazonía Peruana ocasiona una serie de impactos ambientales negativos sobre la calidad ambiental. En la región Loreto, los ecosistemas acuáticos son los más afectados debido a las diferentes actividades productivas y a los deficientes servicios de salubridad urbana. Existe un alto grado de contaminación de los ríos como consecuencia de la evacuación de residuos sólidos y aguas servidas de las ciudades principales, así como también de las actividades mineras y petroleras.

Actualmente la población de las comunidades de Pampa Hermosa, Cotoyacu y Puerto Perú cuentan con un limitado acceso al tan importante recurso hídrico, donde su principal fuente de abastecimiento (quebrada Yanayacu) se considera que está impactada, debido a la explotación agroindustrial y ganadera (producción de aceite de palma aceitera, arroz, maíz, crianza de ganado vacuno y otros) que se desarrollan en sus áreas próximas; muchos de ellos sin ningún tipo de control y tratamiento para sus efluentes (Estela & Chilcón, 2017).

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente y de acuerdo a la realidad actual, se plantea la siguiente interrogante: ¿La calidad fisicoquímica del agua de la quebrada Yanayacu cumple con los estándares de calidad para la conservación del ambiente acuático?

## **1.2 Justificación**

La seguridad del agua es un motivo de preocupación mayor, tanto por su disponibilidad como por su “calidad”. Comprender el valor del agua ayuda a ofrecer una base sólida para el cuidado, protección, conservación, preservación y restauración del recurso, contribuyendo con ello a suministrar agua segura y una adecuada asignación de la misma; así lo menciona el Instituto de Política Medioambiental Europea (IEEP, 2013).

Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2017), considera que actualmente en el Perú, la problemática de la contaminación ambiental, especialmente aquella ligada a la contaminación de los recursos hídricos, llámese por ejemplo ríos, quebradas, lagunas, lagos y otras fuentes, se está convirtiendo en una causa frecuente de movilizaciones que protestan y exigen a las autoridades competentes la protección y recuperación de las fuentes de abastecimiento del recurso, así como sus derechos al acceso de agua apta para consumo u otras utilidades cotidianas sin exponerse al menor riesgo posible que atente contra su salud.

Es así que, el propósito de la presente investigación es conocer la situación real respecto a la calidad fisicoquímica del agua de la quebrada Yanayacu, que proporcione información confiable como antecedente para que las autoridades competentes puedan tomar acciones frente a la problemática para mantener o mitigar el impacto de cada una de las actividades que se desarrollan en sus áreas de influencia, necesidad que debe ser atendida debido a la situación que aqueja a los sectores de Pampa Hermosa, Cotoyacu y Puerto Perú.

También se considera que los datos de la evaluación podrían ser considerados para la redacción de una línea base en el desarrollo de estrategias que permitan la recuperación de la quebrada Yanayacu, así como también la priorización de proyectos de agua potable y saneamiento rural en la zona, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población que aprovecha el mencionado recurso.

Finalmente, los resultados de la evaluación de cada uno de los parámetros fisicoquímicos permitirán interpretar el efecto colateral que generen las actividades que se desarrollan en el área de influencia sobre la calidad del agua de la quebrada Yanayacu. Teniendo en cuenta que la población requiere información fidedigna respecto a la problemática para no tergiversar los comentarios o las sospechas de ciertos grupos conservacionistas que vienen incentivando a la población a crear conflictos sociales.

### **1.3 Presuposición filosófica**

La presente investigación se basa en la filosofía cristiana, sustentado por Dios a través de las Sagradas Escrituras. Tal como se cita en el libro de Génesis 1:1 y 6,7, donde nos dice que en el principio Dios creó los cielos y la tierra, el mar y las fuentes de las aguas, dando lugar a la creación que es todo lo que podemos ver a nuestro alrededor, cabe resaltar que en el mismo libro del capítulo 1:31 nos dice que todo lo que Dios creó era bueno en gran manera, y el agua sin

lugar a duda es un elemento indispensable y esencial para el desarrollo físico de la vida, de la misma manera que es para la vida espiritual del ser humano; puede faltarnos todo, menos el agua espiritual que solo el amor de Dios puede darnos cada día.

El agua es un recurso muy importante en nuestro planeta y desde el origen de la humanidad ha representado la vida, tal como manifiesta el libro de Juan 4:14, que dice “más el que bebiere del agua que yo le daré, no tendrá sed jamás; sino que el agua que yo le daré será en él una fuente de agua que salte para vida eterna”. El agua es un símbolo de limpieza, Dios purificó al mundo a través de ella cuando el hombre se había corrompido y llenado de violencia, tal como se menciona en el libro de Génesis capítulo 6 y 7, en donde Dios utilizó el agua para destruir la tierra por medio del diluvio para limpiar al planeta de toda contaminación; y así como también se señala en Ezequiel 36:25 “Esparciré sobre vosotros agua limpia, y seréis limpiados de todas vuestras inmundicias”.

El agua es una sustancia que tiene gran susceptibilidad a la contaminación y muchas veces los impactos son irreversibles, trayendo como consecuencia la destrucción de los ecosistemas; esto significa que cuidar de su calidad representa salud y bienestar para la vida, además por ser creación de Dios su valor es único, proteger los recursos hídricos es una responsabilidad hacia nuestro Padre y hacia nosotros mismos.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Evaluar y determinar la calidad fisicoquímica del agua de la quebrada Yanayacu para la conservación del ambiente acuático en el valle del Shanusi.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Identificar las fuentes de contaminación a lo largo de la quebrada Yanayacu, que comprenden las zonas del área de influencia directa.
- Establecer una red de puntos de monitoreo para la toma de muestras y definir los parámetros de evaluación.
- Realizar un monitoreo de calidad del agua de la quebrada Yanayacu mediante análisis de parámetros físicos y químicos, según el “Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales”.
- Interpretar los resultados según la categoría 4 “Conservación del ambiente acuático” de los Estándares de Calidad Ambiental para agua, establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

## **Capítulo II**

### **Marco teórico**

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

##### **2.1.1 Contexto internacional**

Illarramendi (2008), en su trabajo de investigación **“Calidad del agua en la cuenca del río Guare”**, se propuso como objetivo principal **“evaluar la calidad del agua y la percepción de la comunidad en la cuenca del río Guare”**. La metodología utilizada involucró la realización de encuestas para determinar la percepción sobre la calidad, el abastecimiento y el uso del agua de las comunidades que habitan en la cuenca del río Guare y también la realización de muestreos de agua para evaluar la calidad de las fuentes de agua que abastecen a la población del lugar. El resultado de los parámetros fue comparado según el Decreto 883 (1995) **“Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos”**. El autor concluye que la mayoría de los parámetros determinados en el laboratorio cumplen con el decreto 883 para agua de tipo 1, 2 y 4, en casi todas las estaciones medidas, también informa que las concentraciones de coliformes totales y fecales en varios puntos de la cuenca se encuentran fuera de los límites establecidos en la norma, por último, presenta la percepción de la población, concluyendo que apenas el 21% considera la contaminación del agua como un problema ambiental.

Villa (2011), desarrolló un trabajo de investigación titulado **“Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi. Propuestas de tratamiento y control de la contaminación”**, donde se planteó como objetivo principal “evaluar la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi y en función de los resultados obtenidos realizar propuestas de control y tratamiento de la contaminación de acuerdo a su uso para consumo humano, riego y actividades recreativas”, la metodología utilizada incluye “la caracterización para la determinar la calidad de la fuente, la toma de muestras en 6 puntos en base a las normas vigentes (NTE INEN 2169:98 y la NTE INEN 2176:98), por último determinó los Índices de Calidad Ambiental-ICA. Los resultados indican un ICA global del río desde el punto 1 al 5 de 67,44 a 73,79 y en el 6 de 70,90; lo que significa que el río tiene calidad aceptable para los diferentes usos. Se evidenció un deterioro del ecosistema río Yacuambi por altas concentraciones de coliformes fecales (8200 UFC/100 mL), valores que sobrepasan los límites permisibles (1000 UFC/100 mL)”. Se concluye que la mejor propuesta es aplicar un tratamiento a los diferentes vertimientos de aguas residuales existentes en la zona, además de un control de lixiviados para recuperar la calidad del agua en el río Yacuambi.

Quispe (2016), en su tesis de pregrado titulada **“Evaluación de la calidad físico química y bacteriológica del agua de riego de la estación experimental de Cota”**, se planteó como objetivo principal “evaluar la calidad físico químico y microbiológico de las fuentes de agua de riego de la estación experimental de Cota”. La metodología de trabajo incluye la determinación de parámetros físicos químicos de tres puntos de muestreo (manantial, tanque y río) de primer y segundo grado durante la época húmeda y época seca en la gestión agrícola 2013 -2014. Los datos obtenidos indicaron que la conductividad eléctrica del manantial y del tanque alcanzo un valor de 904,33  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que, de acuerdo con la Norma NCh 1333, se clasificó como agua que

puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles ( $750 < 1500 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). Mientras que la conductividad eléctrica (C. E) del río alcanzó un valor de  $691,75 \mu\text{S}/\text{cm}$  clasificándose como agua apta para riego. De acuerdo al estudio se concluyó que las aguas estudiadas no presentan problemas de calidad en relación a su composición física y química, los parámetros evaluados están dentro de los rangos o límites establecidos por las Normas estudiadas (norma Riverside, norma Wilcox y norma H. Greene) para el efecto.

### **2.1.2 Contexto nacional**

Vásquez (2010), realizó un trabajo de investigación de postgrado titulado **“Evaluación del índice de calidad del agua en el área de influencia del botadero municipal de Tarapoto sector Yacucatina – San Martín – Perú”**, cuyo objetivo principal fue “evaluar el índice de calidad del agua en el área de influencia del botadero de Yacucatina, la metodología utilizada incluye la toma y análisis de muestras de 5 puntos, de acuerdo a las normas internacionales para la caracterización de la calidad del agua (APHA-AWWA-WPCF, 1992), y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas. Con los resultados obtenidos demostró que todos los puntos muestreados tienen contaminación por coliformes totales y coliformes termotolerantes que superan los estándares, además existe contaminación por cromo ( $0.415\text{mg}/\text{L}$ ) y níquel ( $0.217\text{mg}/\text{L}$ ) en los lixiviados, que superan los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° 008-2009-MINAM ( $0,1\text{mg}/\text{L}$ ), asimismo encontró que los indicadores fisicoquímicos y bacteriológicos se presentan con mayor intensidad en las aguas de lixiviación con respecto a las demás fuentes, las mismas que fueron: DQO,  $\text{DBO}_5$ , nitrógeno amoniacal, nitratos, dureza, nitrógeno orgánico, cloruros, cromo, níquel, mercurio y coliformes totales”.

Teves (2016), en su tesis de postgrado titulado **“Estudio fisicoquímico de la calidad del agua del río Caca, región Lima”**, se propone como objetivo principal “realizar un estudio fisicoquímico del agua del río Caca, que pertenece a la cuenca hidrográfica del río Cañete ubicada en la provincia de Yauyos para determinar la calidad del recurso que es destinado al riego de cultivos agrícolas y bebida de animales en una zona calificada de extrema pobreza”, la metodología incluye “un monitoreo en época de lluvias y estiaje en el año 2015 (mayo y julio respectivamente), en 6 estaciones de muestreo; desarrolló mediciones in situ (temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y pH) y toma de muestras para análisis de laboratorio (demanda química de oxígeno, sólidos totales, sedimentables, suspendidos y disueltos, cloruros, bicarbonatos, nitratos, sulfatos, carbonatos, sodio, calcio, aluminio, cadmio, cobre, hierro, magnesio, plomo y zinc). En base a los resultados determinó que el río Paluche, contribuyente del río Caca, no cumple con los valores establecidos por el ECA para fosfatos (1,052 mg/L), Fe (1,005 mg/L) y pH (6,03)”. El autor concluye que los parámetros estudiados en el río Caca no sobrepasan los niveles establecidos en el ECA para agua destinada a riego de vegetales y bebida para animales.

Cárdenas (2018), en su trabajo de campo titulado **“Resultados del monitoreo de agua superficial de las quebradas Yanayacu y Ushpayacu, cuenca del río Shanusi”**, se propuso como objetivo principal “dar a conocer los resultados del monitoreo de agua superficial de las quebradas Yanayacu y Ushpayacu, ubicado en el ámbito de los centros poblados de Cotoyacu y Puerto Perú, distrito de Yurimaguas, provincia de Alto Amazonas, departamento de Loreto”, la metodología incluye la toma y análisis de muestras de tres puntos de la quebrada Yanayacu y dos puntos de la quebrada Ushpayacu, así como la medición de parámetros de campo (temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y pH) siguiendo los criterios y procedimientos técnicos

establecidos en el “Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales”. Los resultados obtenidos informan que los parámetros que superaron los ECA-Agua categoría 3, clase 3 “Riego de vegetales y bebida de animales” del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM son en los puntos dos y tres de la quebrada Yanayacu con un pH de 5,94 y 6,01 respectivamente, siendo el ECA (6.5-8,5) y en el punto uno de la quebrada Ushpayacu con un valor de 0,21238 mg/L en el parámetro de manganeso, siendo el ECA (0,2 mg/L).

## **2.2 Fundamentos de la investigación**

### **2.2.1 Recursos hídricos**

“El planeta tierra, cuenta con una gran biodiversidad, que incluyen a más de 6 000 millones de seres humanos y se enfrenta en este comienzo de siglo a una denominada “crisis del agua”. Los fenómenos de la actualidad parecen indicar que este problema está en aumento y que continuará haciéndolo, a no ser que se comience una acción correctiva. Esta crisis recae en la escasez de agua por un mal manejo y gestión de los recursos hídricos, causada por la utilización de mecanismos no estratégicos. La verdadera tragedia de esta crisis, sin embargo, es su efecto sobre la vida cotidiana de las poblaciones, que sufren por la aparición de enfermedades relacionadas con el agua, viviendo en entornos degradados y a menudo peligrosos” (UNESCO, 2003).

“Los recursos hídricos del mundo se renuevan a través de un ciclo continuo de evaporación, precipitación y escorrentía, también conocido como el ciclo del agua, proceso que determina su distribución y disponibilidad a través del tiempo y el espacio. Asimismo, esta

disponibilidad tiene un nexo estrecho con la calidad de la misma, debido a que el agua que pierde sus características de calidad puede no resultar apta para determinados usos, por lo que muchas veces no puede ser aprovechada eficientemente, así se describe en el Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2016: Agua y Empleo” (WWAP, 2016).

“Según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2016), menciona que la disponibilidad de agua promedio anual en el mundo es de aproximadamente 1 386 millones de Km<sup>3</sup>, de los cuales el 97.5% es agua salada y sólo el 2.5%, es decir 35 millones de Km<sup>3</sup>, es agua dulce. De esta cantidad casi el 70% no está disponible para consumo humano debido a que se encuentra en forma de glaciares, nieve o hielo”. Asimismo, el “Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNDU, 2010), menciona que el Perú es uno de los países más ricos en recursos hídricos, sin embargo, su extensión solo representa el 0,87% de la superficie continental del planeta y posee el 4,6% del agua superficial planetaria. Sus problemas, por lo tanto, no recaen en la dotación sino de distribución territorial y la deficiente gestión”.

La Autoridad Nacional del Agua (2013), “describe que la superficie continental del Perú es de 1 285 215,6 Km<sup>2</sup>, y se divide en tres regiones hidrográficas: Pacífico, Amazonas y Titicaca. Los recursos hídricos existentes están directamente relacionados con el clima y los factores que más influyen en la configuración climática” son los que se indican a continuación:

- El anticiclón del Pacífico suroriental.
- La corriente fría peruana (de Humboldt), en dirección SE-NO.
- La corriente cálida NO-SE de “El Niño”.
- Los vientos alisios húmedos del este, de procedencia amazónica.

- La configuración orográfica, con la columna vertebral de la cordillera de los andes, en sus tres ejes: oriental, central y occidental.

En nuestro país, las diferentes actividades humanas tienen un impacto en los recursos hídricos superficiales y subsuperficiales. Las actividades agrícolas y el uso de agroquímicos en los campos de cultivo contribuyen a la contaminación de las fuentes de agua. Durante la estación de lluvia, estos residuos de fertilizantes y pesticidas son arrastrados, y al mezclarse con escorrentía, la calidad del agua disminuye a medida que ingresan a los cursos de agua (Kuroiwa, 2012).

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2015), describe que, uno de los principales problemas que registra Perú es la calidad del agua; ya que se considera que existe una descarga anual de 960,5 millones de metros cúbicos de desagüe sobre el agua (superficial, subterránea y marina), de los cuales el 64,0% pertenece a desagües domésticos, 5,6% desagües industriales, 4,4% de desagües de actividades pesqueras, 25,4% de efluentes mineros y 0,2% por efluentes petroleros. Por su parte el “Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNDU, 2010), menciona que las actividades antrópicas descritas anteriormente están impactando negativamente sobre el recurso hídrico y los otros factores ambientales directos que de una u otra forma afectan a las cuencas hidrográficas, que representan importantes unidades territoriales para el desarrollo humano”.

### **2.2.2 Cuencas hidrográficas**

Según el Consejo Interministerial de Capacitación para la Calidad del Agua (IWQTB, 2011), describe que las cuencas hidrográficas o hidrológicas se forman cuando la tierra presenta una pendiente que desciende hacia un arroyo, río, lago u otra fuente de agua superficial. Se trata de fuentes en las que el agua fluye de un punto alto a uno más bajo (estas zonas son posibles

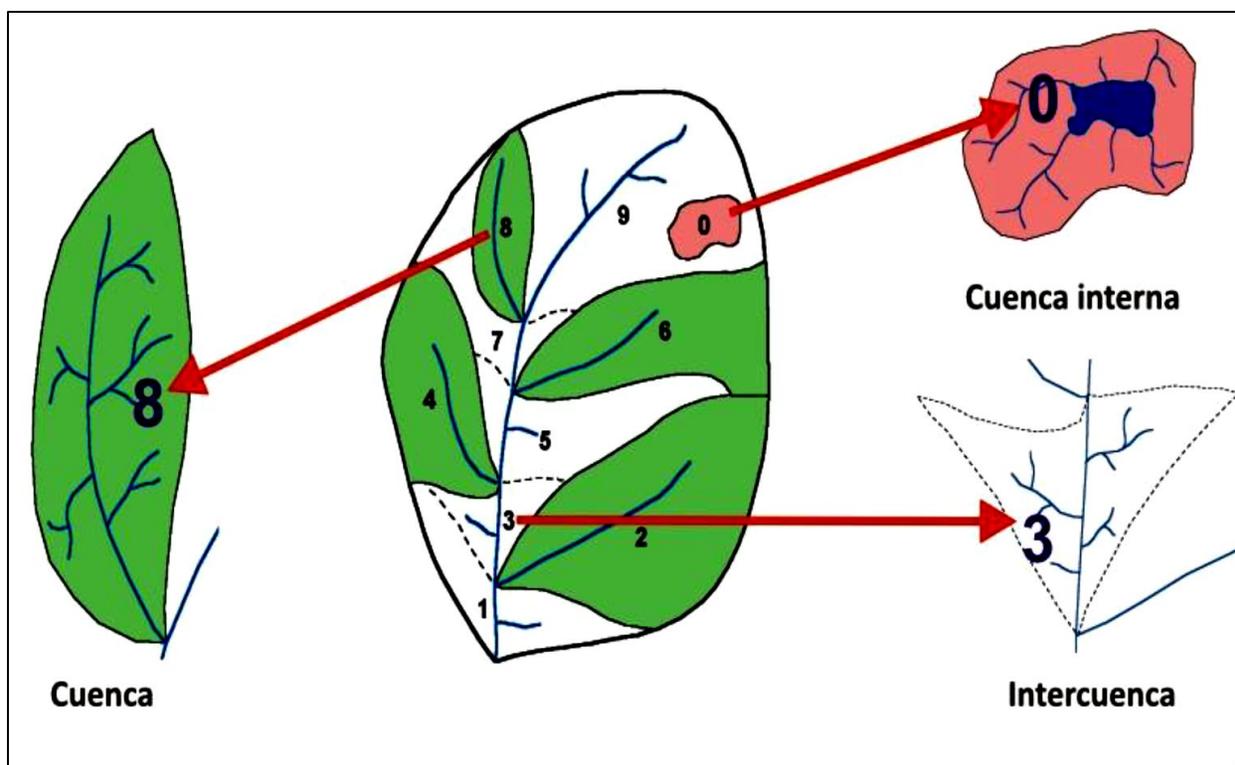
reservas para abastecer los microsistemas). Mediante los procesos de precipitación y escorrentía, el agua circula en una cuenca hidrográfica hasta acabar en una fuente superficial.

“Según el (PNUD, 2010), define a las “cuencas” como unidades geográficas delimitadas por la propia naturaleza a partir del ciclo del agua. Sus límites hidrográficos son establecidos naturalmente, en función de cómo se distribuye el escurrimiento de sus aguas siguiendo la gradiente de la superficie terrestre, lo que significa que el agua cursa desde las alturas andinas hasta las planicies”.

#### **A. Clasificación de las cuencas hidrográficas**

La (ANA, 2008), realiza la delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Perú a través de la metodología Pfafstetter, sistema jerárquico que describe tres clases de unidades de drenaje (*ver Figura 1*) basado en la topología de la superficie o área del terreno , las cuales se detallan a continuación:

- **Cuenca:** área que no recibe drenaje de ninguna otra área, pero si contribuye con flujo a otra unidad de drenaje a través del curso de un río, considerado como principal, al cual confluye.
- **Intercuenca:** área que recibe drenaje de otra unidad aguas arriba, exclusivamente, del curso del río considerado como el principal, y permite el paso de este hacía la unidad de drenaje contigua hacía aguas abajo (una unidad de drenaje de tránsito del río principal).
- **Cuenca interna:** área de drenaje que no recibe flujo de agua de otra unidad ni contribuye con flujo de agua a otra unidad de drenaje o cuerpo de agua.



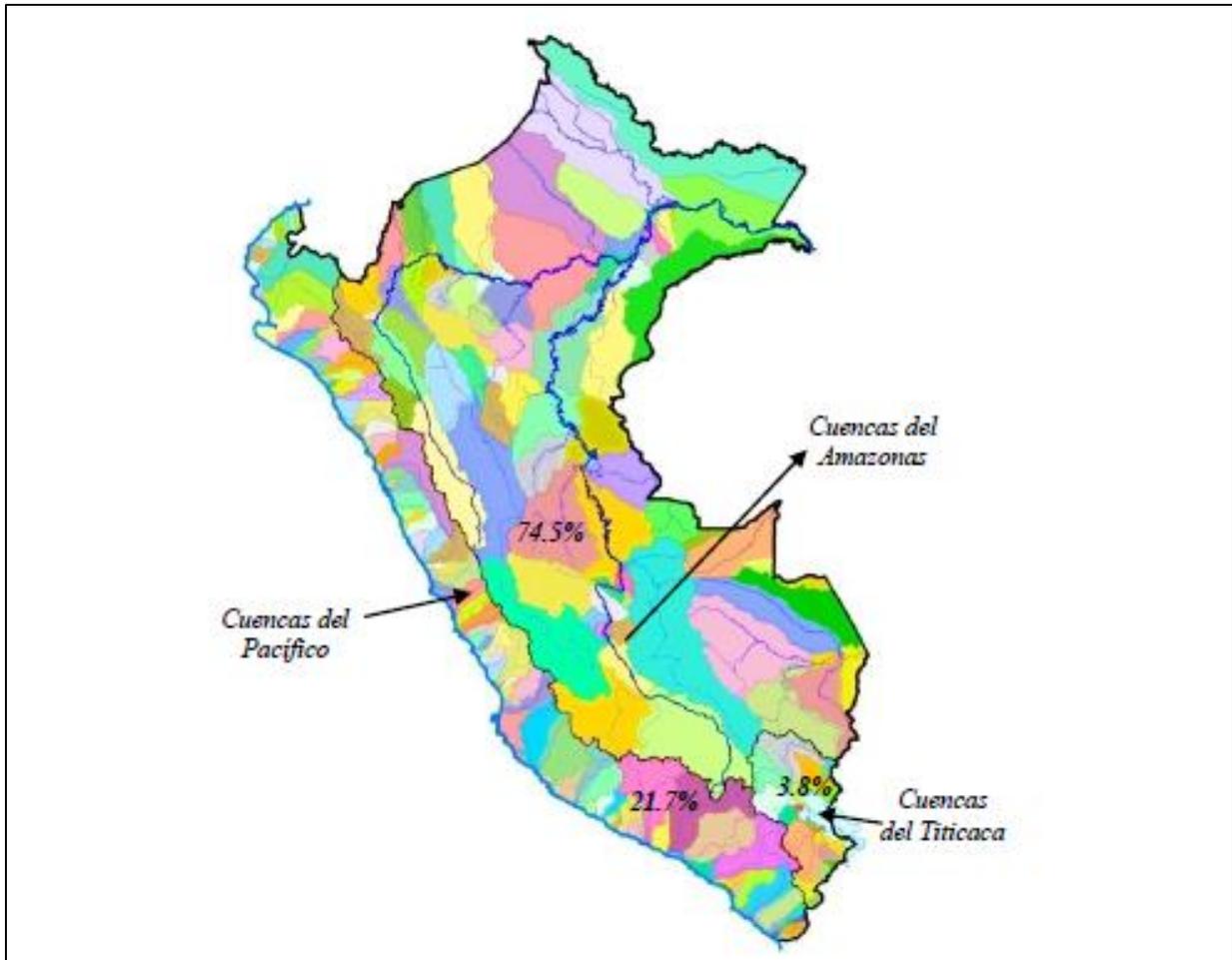
**Figura 1:** Conceptualización del método Pfafstetter.  
*Fuente:* ANA, 2008.

La (ANA, 2011), detalla que el Perú se ubica en el sistema hidrográfico de América del Sur y se encuentra comprendido en tres regiones hidrográficas o vertientes (*ver Figura 2*), las cuales abarcan un área oficial de aproximadamente 1 285 215.6 km<sup>2</sup> y presentan las características que se detallan a continuación:

**La región hidrográfica 0 (vertiente del Titicaca)**, es la cuenca endorreica más grande de Sudamérica, está integrada por un sistema de cuencas cerradas ubicadas sobre el altiplano andino. En la parte peruana, sus aguas vierten principalmente en el lago Titicaca y tiene una extensión de 48 911 km<sup>2</sup> equivalente al 3,8% del territorio nacional y el 8,4% de la región hidrográfica. Está conformada por unidades de nivel 3 y 4, organizadas principalmente en 12 unidades de tipo cuenca y 6 de tipo intercuenca. Además de Perú, comparte sus aguas con los países de Bolivia y Chile (ANA, 2011).

**La región hidrográfica 1 (vertiente del Pacífico)**, cuyos cursos de agua vierten en el Océano Pacífico, por lo general son cursos cortos y rápidos, de gran poder erosivo. En la parte peruana tiene una extensión de 278 482 km<sup>2</sup> equivalente al 21,7% del territorio nacional y el 22,6% de la región hidrográfica. Está conformada por unidades que van desde el nivel 3 hasta el 7, organizadas principalmente por 62 cuencas hidrográficas y 65 intercuencas. Además de Perú, comparte sus aguas con los países de Ecuador (Norte) y Chile (Sur) (ANA, 2011).

**La región hidrográfica 4 (vertiente del Atlántico o cuenca del río Amazonas)**, cuyo curso principal desemboca en el océano Atlántico, es la cuenca más grande de Sudamérica, sus ríos poseen grandes extensiones que por lo general son caudalosos y navegables. En la parte peruana tiene una extensión de 957 823 km<sup>2</sup> equivalente al 74,5% del territorio nacional y el 16,3% de la cuenca. Sus principales unidades hidrográficas están conformadas por unidades de nivel 4 y 5, que están organizadas en 39 unidades de tipo cuenca y 45 de tipo intercuenca. El Perú comparte sus aguas con los países de Ecuador y Colombia al Norte, Brasil al Este y Bolivia al Sur-Este (ANA, 2011).



**Figura 2:** Principales cuencas hidrográficas del Perú.  
*Fuente: ANA, 2011.*

### **B. Cuenca hidrográfica del río Huallaga**

Presenta una superficie de 209 600 km<sup>2</sup>. Esta cuenca pertenece a la vertiente del Atlántico, que también es conocida como la cuenca del Amazonas. Limita al norte y al este con la cuenca del río Marañón, del cual el Huallaga es uno de los principales afluentes. Al este con el Ucayali, y al sur limita con las cuencas del Perené y del Mantaro. Políticamente la cuenca del río Huallaga abarca los departamentos de Huánuco y San Martín y una pequeña parte de los departamentos de Pasco y Loreto. Se enmarca en las provincias de Alto Amazonas, Moyobamba, Rioja, Lamas, San Martín, Rodríguez de Mendoza, El Dorado, Huallaga, Mariscal Cáceres, Picota, Bellavista,

Pataz, Tocache, Leoncio Prado, Marañón, Huaca bamba, Huamalies, Dos de Mayo, Huánuco, Pachitea, Ambo, Daniel Alcides Carrión y Pasco (ANA, 2016).

En la provincia del Alto Amazonas, la cuenca baja del río Huallaga, entre Yurimaguas y Lagunas, tiene una longitud aproximada de 250 km, el ancho del río fluctúa entre 300 m a 900 m, con niveles de profundidad que varía entre 10.8 m a 15.0 m., presenta curso meándrico con islas fluviales en su parte baja y en época de estiaje. Los principales tributarios de este río por su margen izquierda, son los ríos Paranapura, Shanusi y Aipena, los dos primeros nacen en la Cordillera Subandina, y el último en los bosques de la llanura aluvial (Paredes, 2013).

### **C. Cuenca hidrográfica del río Shanusi**

Nace en las montañas altas de la cordillera subandina, en el departamento de San Martín, provincia de Lamas. Recorre colinas bajas ligeras a moderadamente disectadas y terrazas bajas en el llano amazónico. Tiene una longitud aproximada de 50 km, con ancho de cauce que varía entre 70 m y 120 m, el nivel de agua oscila entre 0,83 m y 2,7 m; sus aguas son blancas. Desemboca en la margen izquierda del río Huallaga, en su extensión tiene como afluentes diferentes quebradas, además de ser navegable en canoas pequeñas y motores fuera de borda (Paredes, 2013).

#### **2.2.3 Calidad del agua**

La calidad del agua puede definirse “como el conjunto de características de su naturaleza que pueden afectar su valor a un uso determinado, es decir la relación existente entre calidad y las necesidades del usuario” (Mejía, 2005). La calidad de aguas genera muchas preocupaciones alrededor del mundo; debido a que afecta su estado natural mediante la introducción de agentes

contaminantes de origen antrópico, muchos de ellos muy agresivos y que por su naturaleza química son más difíciles de tratar (Coello et al., 2015). Cabe mencionar que la calidad del agua influye en la salud humana, la disponibilidad de agua, los medios de vida, la actividad económica y el cambio climático, así como también el crecimiento demográfico y la urbanización.

Existe toda una extensa gama de sustancias de diferente origen (natural o antropogénico) y naturaleza (orgánica e inorgánica) que pueden afectar de forma negativa la calidad de una fuente de agua (Chung, 2008). A nivel mundial, el problema más común con respecto a la calidad es la eutrofización, que es el resultado de grandes cantidades de nutrientes (principalmente fósforo y nitrógeno), que deteriora considerablemente los usos benéficos del agua, y al factor principal al que se debe son las actividades económicas agrícolas, así se describe en el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP, 2009).

La manera de estimar la calidad del agua “consiste en la definición de índices de las medidas de ciertos parámetros físicos, químicos o biológicos en situación real y que viene definida por ciertos estándares” (Rojas, 2011). “Los parámetros de calidad del agua a evaluar guardan una relación con los contaminantes potenciales que pueden encontrarse presentes en el agua de la fuente en estudio, así como también respecto al uso de la misma” (Zhen, 2009). “La calidad del agua se mide de acuerdo a distintas características, mediante los cuales se cuantifica el grado de alteración de las cualidades naturales y se clasifica para un uso” (Castro, Almeida, Ferrer, & Díaz, 2014). A continuación, se detallan las principales características físicas, químicas y biológicas:

#### **A. Características físicas**

Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua (Barrenechea, 2004). Los parámetros físicos permiten determinar cuantitativamente el estado y el tipo de agua. Se consideran importantes las siguientes en mención:

**Turbiedad o turbidez:** La turbidez es una característica óptica o propiedad de un líquido, que describe la claridad u opacidad del líquido (Arias & Sánchez, 2013). La turbidez generalmente está causada por sólidos suspendidos, donde se incluye limo, arcilla, algas y demás pláctones, microbios, materia orgánica, entre otras partículas delgadas insolubles. Altos niveles de turbidez en el agua disminuye la capacidad de apoyar la diversidad de organismos acuáticos, debido a que aumenta la temperatura al sostener partículas que absorben el calor de los rayos del sol y el agua caliente conserva menos oxígeno que el agua fría, así al entrar menos luz disminuye la fotosíntesis necesaria para producir oxígeno (Triveño, 2016).

**Sólidos disueltos totales (SDT):** Son moléculas e iones que se encuentran disueltos en el agua; la concentración de estos en el agua se debe a la presencia de minerales, gases, productos resultantes de la descomposición de materia orgánica, metales y otros compuestos químicos orgánicos que dan color, olor, sabor y eventualmente toxicidad al agua. Los principales componentes químicos más comunes que se encuentran entre los sólidos disueltos totales son el calcio, fosfatos, nitratos, sodio, potasio y cloruro, que se encuentran en la escorrentía de aguas pluviales (Vigil, 2003).

**Sólidos suspendidos totales (SST):** constituidos por aquellos sólidos sedimentables, suspendidos y coloidales, cuyo tamaño de partícula no es superior a un micrómetro y que son retenidos sobre un filtro después de que ha sido secado a una temperatura específica (Argandoña

& Macías, 2013). La concentración de partículas o sedimentos en las fuentes de aguas superficiales es el resultado de procesos de degradación de la cuenca (márgenes) y el vertimiento de materiales por actividades humanas, así lo describe el Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2015). Las partículas suspendidas en las aguas ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas que contienen las aguas y que al ser usadas para el riego ocasionan problemas de toxicidad, ya que se acumulan en las plantas.

**Conductividad eléctrica (CE):** Al determinar la conductividad se evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, es una medida indirecta para conocer la cantidad de iones que puedan estar presentes en una solución (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio). La conductividad en los cuerpos de agua dulce se encuentra primariamente determinada por la geología del área a través de la cual fluye el agua, es decir está influenciada por el terreno que atraviesa y por la posibilidad de disolución de rocas y materiales, así como también el tipo de sales presentes, el tiempo de disolución, temperatura, gases disueltos, pH y toda serie de factores que puedan afectar la solubilidad (Goyenola, 2007).

**Temperatura:** La temperatura “es una de la constante física que tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el agua, tales como la solubilidad de los gases y de las sales, así como en las reacciones biológicas, las cuales tienen una temperatura óptima para poder realizarse” (J. Rodríguez, 2009). El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2008), menciona que la variación de la temperatura del agua depende mucho del clima local y las influencias del entorno, lo que significa que un aumento de la temperatura de la fuente puede producir disminución del oxígeno disuelto, capaz de producir posibles daños a los organismos acuáticos aeróbicos, regeneradores naturales de la calidad.

**Color:** Es la característica que hace parecer el agua de un color en determinado. Las principales especies responsables del color orgánico natural en el agua, de acuerdo con la naturaleza del suelo, son los ácidos fúlvicos, himatomelánicos y húmicos, conocidos en su conjunto como sustancias húmicas, tal como lo describe el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004), las mismas que contienen elementos como los iones metálicos naturales, hierro, manganeso, materia orgánica relacionada con el plancton y restos vegetales, dependiendo de la fuente donde se encuentra (Tenesaca, 2017).

**Potencial de hidrógeno (pH):** El pH “es el valor que determina si una sustancia es acida, neutra o alcalina, calculando el número de iones hidrogeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la escala 7, la sustancia es neutra. Los valores por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores por encima de 7 indican que es alcalina” (Espinoza, Castillo, & Rovira, 2014). Las aguas naturales “pueden tener pH ácidos por el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales y por ácidos húmicos disueltos en el suelo” (Echarri, 2007). Asimismo, “las aguas pueden ser de tipo alcalino debido a la presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos y algunos otros materiales como son los silicatos, boratos y fosfatos” (Barba, 2002).

## **B. Características químicas**

El agua, como solvente universal, puede contener cualquier elemento que puede encontrarse en la tabla periódica. Las características químicas incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos ya sean disueltos o dispersos. Los contaminantes inorgánicos provienen generalmente de descargas agrícolas e industriales, donde existen compuestos como las sales

metálicas solubles, los desechos ácidos, bases y gases tóxicos disueltos. Los contaminantes orgánicos por su parte son compuestos que contienen carbono y provienen generalmente de los desechos domésticos, de industrias que procesan alimentos, mataderos y granjas (Guillén & Quequejana, 2003). Los parámetros químicos de importancia en los monitoreos de agua los siguientes:

**Aceites y grasas:** Las grasas y aceites “son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Algunas de sus características más representativas son baja densidad, poca solubilidad en el agua y su baja o nula biodegradabilidad; por ello, si no son controladas se acumulan en el agua formando capas en la superficie del líquido, interfiriendo en el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera, ya que no permiten el libre paso del oxígeno, ni la salida del CO<sub>2</sub>, y en casos extremos pueden llegar a producir la acidificación del agua junto con bajos niveles de oxígeno disuelto, además de influir en la actividad fotosintética” (Arce, 2010).

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>):** Corresponde “a la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia expresados en mg O<sub>2</sub>/L; esta demanda es ejercida principalmente por sustancias carbonadas, nitrogenadas y ciertos compuestos químicos reductores; es decir, se define como la cantidad de oxígeno utilizado por poblaciones de microorganismos heterótrofos para oxidar compuestos orgánicos en la oscuridad a 20°C durante el transcurso de 5 días” (Déniz, 2010). Niveles altos de DBO, indican que el agua está contaminada por materia orgánica que causaría que estas sustancias se acumulen en las raíces de los vegetales y en algunos animales acuáticos, afectando así el desarrollo de los mismos.

**Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Indica “la materia orgánica biodegradable existente en el agua, lo que significa que determina la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo” (IDEAM, 2007). “La DQO es un parámetro importante y lo suficientemente rápido para determinar el grado de contaminación presente en el agua. Para su determinación existen diferentes métodos analíticos, las cuales se dividen en tres categorías, las cuales son: los métodos de reflujo abierto, los métodos de reflujo cerrado y los métodos instrumentales que se explican por la Universidad Nacional Autónoma de México” (UNAM, 2008).

**Oxígeno disuelto (OD):** Su presencia “es esencial en el agua; proviene principalmente del aire. Niveles bajos o ausencia de oxígeno en el agua puede indicar contaminación elevada, condiciones sépticas de materia orgánica o actividad bacteriana intensa; por ello se le puede considerar como un indicador de contaminación. La presencia de oxígeno en el agua es indispensable para la vida acuática y depende de las condiciones ambientales, ya que su cantidad aumenta al disminuir la temperatura o aumentar la presión. La materia orgánica presente en el agua son descompuestos por microorganismos que usan el oxígeno para su respiración, lo que significa que existe menor cantidad de oxígeno cuando se incrementa el número de microorganismos y en muchas ocasiones esta falta de oxígeno es la causa de muerte de peces y otros animales acuáticos, incluso más que la existencia de compuestos tóxicos” (Vivas, 2011).

**Dureza:** Se encuentra generalmente por la presencia de iones de calcio y magnesio; y en menor proporción por sales de fierro, manganeso y aluminio. Las fuentes minerales principales de dureza del agua provienen del suelo y de acuerdo a la composición de este, será más dura (alto contenido de calcio y magnesio) o menos dura (bajo contenido de calcio y magnesio). Las aguas

duras, se asocian con cuencas de captación de rocas sedimentarias, de las cuales las más comunes son las de piedra caliza y creta; mientras que las aguas blandas, suelen haber estado en contacto con rocas impermeables como el granito (Neira, 2006).

**Cianuro:** El término cianuro sirve para nombrar a una familia de compuestos químicos que se caracterizan por la presencia de un átomo de carbono enlazado a un átomo de nitrógeno mediante un enlace covalente triple ( $C \equiv N$ )<sup>-</sup> conocido también como ion cianuro. Su presencia en el agua significa contaminación, principalmente por descargas de las industrias dedicadas a la extracción de metales. La toxicidad del cianuro está relacionada con su forma y concentración, atribuidas a la facilidad del compuesto a disociarse y liberar cianuro libre ( $CN^-$ ), es decir, dependerá de la estabilidad del compuesto. El envenenamiento con cianuro se evidencia con un notorio cambio de color de la piel de rosado a rojo; sin embargo, si hay una lesión física o falta de oxígeno, el color de la piel se puede tornar azulado (Díaz & Condori, 2007).

**Cloruros:** Los cloruros “en la forma de ion cloruro ( $Cl^-$ ), es uno de los mayores aniones inorgánicos presentes en las fuentes de agua, de acuerdo a la concentración que se encuentre y al catión al cual esté asociado produce un sabor salado” (J. Pérez, 2010). “El contenido de cloruro de las aguas naturales no suelen sobrepasar los 50-60 mg/l, lo que indica que altas concentraciones de ion cloruro en las se debe a una contaminación por actividades antropogénicas (actividad industrial, aguas de riegos agrícolas y sobre todo de las minas de sales), capaz de perjudicar el crecimiento de las especies vegetales, provocando quemaduras en las hojas, además de causar dificultades en la absorción de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo” (Casilla, 2014).

**Detergentes:** Los detergentes “son productos químicos que se utilizan en grandes cantidades para la limpieza doméstica e industrial y actúan como contaminantes cuando se encuentran en el

agua. Este tipo de sustancias se denominan tensoactivas, ya que tienen la capacidad de alterar la tensión superficial (disminuyen la atracción de las moléculas de agua entre sí en la superficie) del agua”. “El poder contaminante de los detergentes se manifiesta al entrar en contacto con las fuentes naturales de agua, ya que su acción provoca una disminución en la solubilidad del oxígeno disuelto con lo cual se dificulta la vida acuática, en los vegetales inhibe en el proceso de la fotosíntesis originando la muerte de la flora y la fauna del medio” (Varela & Suárez, 2010).

**Fenoles:** Se definen como “los hidróxidos derivados del benceno, su presencia en el agua está relacionada con la descomposición de hojas y materia orgánica, ácidos húmicos y fúlvicos, que se los asocia principalmente a procesos de contaminación por desechos industriales, aguas servidas, plaguicidas en general, degradación bacteriológica de herbicidas del ácido fenoxialquílico, entre otros. Los compuestos fenólicos y fenoles halogenados son tóxicos para el hombre a elevadas concentraciones, pero aun en cantidades muy pequeñas, cambian las condiciones organolépticas del agua debido a su intenso olor y sabor, ambos desagradables” (CEPIS, 2004).

**Fluoruros:** Los fluoruros se liberan en el ambiente de manera natural a través de la meteorización y disolución de minerales, las emisiones de volcanes y los aerosoles marinos, así como también de forma artificial como la combustión del carbón, vertimientos de aguas industriales y los desechos de fabricación de acero. El transporte y la transformación de los fluoruros en el agua dependen del pH, la dureza del agua y la presencia de materiales intercambiadores de iones, como la arcilla. “El fluoruro, en concentraciones más altas que los niveles recomendados, puede afectar las funciones del ameloblasto, alterando en los mecanismos de mineralización y llevando a la producción de una hipoplasia del esmalte, denominada fluorosis dental” (Godoy, 2003).

**Nitratos:** La procedencia del nitrato en el agua “se debe principalmente a la disolución de rocas y minerales, la descomposición de materias vegetales y animales, descargas industriales y lixiviado de tierra en donde se practica actividades agrícolas. La utilización de fertilizantes nitrogenados, amoniacales y la contaminación causada por la acumulación de materia orgánica pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente, los nitratos son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion, por lo que son movilizados con facilidad por las aguas superficiales y subterráneas a través del transporte de sedimentos” (L. Ayala & Gómez, 2014).

**Nitritos:** Los nitritos “son compuestos solubles en agua, suelen transformarse naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en los sistemas acuáticos y terrestres o por reducción bacteriana. El ion nitrito es menos estable que el ion nitrato, es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que solo se lo encuentra en cantidades apreciables en bajas condiciones de oxigenación. La acción tóxica del nitrito es debida fundamentalmente a la conversión de los pigmentos respiratorios (hemoglobina, hemocianina) en formas que son incapaces de transportar y liberar oxígeno en el organismo (meta-hemoglobina, meta-hemocianina), lo cual puede causar asfixia y hasta la muerte” (Camargo & Alonso, 2007).

**Sulfatos:** Los sulfatos “representan un componente natural de las fuentes de aguas superficiales y por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad. Pueden provenir de la oxidación de los sulfuros existentes en el en el agua y, en función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido. Un alto contenido de sulfatos puede cambiar el sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra

presente el magnesio. El sulfato cuando se encuentra en concentraciones excesivas en el agua ácida, puede desencadenar problemas de corrosividad” (Barrenechea, 2004).

**Arsénico:** Se considera un metaloide lo que significa que presenta características tanto metálicas como no metálicas. El arsénico se encuentra de manera natural tanto en aguas superficiales como subterráneas, esto debido principalmente a la disolución de minerales y desintegración de las rocas (Chávez, 2010). “La toxicidad del arsénico está relacionada con enfermedades como el cáncer a la vejiga, pulmones, piel y próstata. Los humanos pueden absorber el arsénico a través de diferentes medios que incluyen la inhalación, humos de cigarro, agua y comida. La exposición al arsénico en las zonas mineras se produce a través del consumo de agua y alimentos contaminados (sobre todo en las especies acuáticas), en los que la concentración del arsénico puede ser mayor comparado con alimentos terrestres” (Corzo, 2015).

**Bario:** El bario ocupa el decimoctavo lugar en abundancia en la corteza terrestre, en donde se encuentra en una proporción de 0,04%. Este es un metal plateado-blancuzco que puede encontrarse en el ambiente, donde existe de forma natural (C. Paredes, 2016), puede presentarse combinado con otros elementos químicos, como el azufre, carbón u oxígeno. “Debido a su propiedad soluble, estos compuestos pueden alcanzar largas distancias desde sus puntos de emisión, suelen presentar propiedades de persistencia en el ambiente, además de acumularse en el organismo de los peces y otras especies acuáticas” (Gómez, 2005).

**Boro:** La presencia de altos niveles de boro no es muy común en los suelos, algunas aguas, sobre todo en zonas áridas, si lo pueden contener. El boro entra en el ambiente mediante la meteorización de las rocas, la volatilización de ácido bórico del agua del mar y las actividades volcánicas. Este elemento es esencial para el desarrollo vegetal, pero es requerido sólo en pequeñas cantidades, un aumento en la concentración en el agua o suelo pueden causar diversos

síntomas de toxicidad en los cultivos, sobre todo en frutales, los síntomas aparecen en las hojas como manchas amarillas o secas en los bordes y ápices de las hojas (Sosa & Carballo, 2010).

**Hierro:** El hierro es un metal común y se encuentra en grandes cantidades en suelos y rocas, en forma insoluble generalmente. Asimismo, es un constituyente importante en el organismo humano ya que forma parte de la hemoglobina. Por lo general su presencia no es tóxica en las cantidades normales; sin embargo, al encontrarse en aguas naturales puede afectar en el sabor y color del agua. La presencia de hierro puede producir manchas persistentes sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca; también puede formar depósitos en las redes de distribución (Herrera, 2015).

**Magnesio:** “Está presente en las aguas en forma de ion magnesio ( $Mg^{2+}$ ) y junto con el calcio, provoca dureza, proviene principalmente de los minerales ferromagnésicos y de algunas rocas que contienen carbonatos; se puede encontrar también en la clorofila, en compuestos organometálicos y en materia orgánica. El magnesio en cantidades proporcionales es un elemento esencial para los seres vivos ya que contribuye al desarrollo de ciertos sistemas enzimáticos y para la constitución de los huesos; además de jugar un papel fundamental en la conducción eléctrica de los impulsos cardíacos del organismo” (Beita, 2008).

**Cadmio:** En su forma pura, “es un metal blando de color blanco plateado. En el ambiente, el cadmio generalmente está presente como un mineral combinado con otros elementos. Los más comunes son los complejos con óxidos, sulfuros y carbonatos en minerales de zinc, plomo y cobre. El tipo al que pertenece el compuesto de cadmio influye en su solubilidad en el agua; en general, tanto los cloruros y sulfatos de cadmio son más solubles en el agua” (Basualdo & Yacila, 2015). En el agua el cadmio solo llega en pequeñas concentraciones procedentes de los derrames o fugas en sitios de desechos peligrosos, aguas residuales industriales y domésticas, las

que pueden contaminar a su vez a especies acuáticas, así lo sustenta el Ministerio de Salud (MINSA, 2015).

**Manganeso:** La presencia de manganeso en el agua, “está asociada a las características geológicas de su procedencia, es considerado un micronutriente importante para el funcionamiento celular de vegetales, animales y algunos microorganismos, ya que representa un activador enzimático. El manganeso comúnmente se encuentra en el agua bajo su estado reducido,  $Mn (2^+)$ , y su exposición al aire y al oxígeno disuelto lo transforma en óxidos hidratados menos solubles  $Mn (4^+)$ , las sales disueltas de manganeso imparten un sabor desagradable al agua” (Mancheno & Ramos, 2015).

**Mercurio:** El mercurio presente en el agua es altamente tóxico a niveles relativamente bajos y se acumula en los organismos acuáticos. “En las plantas produce una coloración amarillenta del tejido foliar causado por la insuficiencia de clorofila, enfermedad que se denomina clorosis” (Bermeo & Santín, 2010). “La presencia de mercurio en agua se debe principalmente a residuos de actividades de minería, industrias y fenómenos geológicos como la meteorización, la erosión de las rocas y la lixiviación. Debido a su alta toxicidad, persistencia y capacidad de biomagnificación, representa uno de los problemas ambientales más críticos del siglo. El mercurio, cuando llega a la naturaleza y transcurre un tiempo, es transformado a metilmercurio ( $CH_3Hg^+$ ), sustancia capaz de atravesar fácilmente las membranas biológicas y en particular la piel, y a partir de aquí sigue la incorporación del metal en la cadena trófica” (Posada & Arroyave, 2006).

**Plomo:** Sus fuentes naturales son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos de los minerales de plomo y las emanaciones volcánicas. El plomo presente en el agua puede ingresar al organismo y ser retenido en la sangre, los músculos y huesos, mediante un proceso de

bioacumulación. Las sales de plomo acumuladas, generan consecuencias, tales como: la disminución de la cantidad de hemoglobina en sangre, inflamación de las terminales nerviosas, deterioro de la masa cerebral y parálisis muscular, todos estos factores tienen grandes impactos en el equilibrio del ecosistema a corto y largo plazo (M. Rodríguez, 2013).

**Plaguicidas:** Es un parámetro sumatorio resultado de todos los insecticidas, herbicidas, fungicidas, nematocidas, metabolitos, productos de degradación o reacción y los productos relacionados como los reguladores de crecimiento que puedan encontrarse presentes en el agua. “El principal origen de los plaguicidas en el ambiente es consecuencia de las aplicaciones que se realizan a los cultivos agrícolas y forestales mediante distintos métodos de aplicación terrestres y aéreos. Entre los riesgos para la salud asociados a estos compuestos destaca su carcinogenicidad, mutagenicidad y efectos sobre la reproducción, según la investigación realizada por el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad” (MSSSI, 2011).

### **C. Características biológicas**

Las aguas superficiales poseen en su constitución una gran variedad de elementos biológicos, el origen de los microorganismos puede ser natural, es decir constituyen su hábitat natural, pero también provenir de contaminación por vertidos domésticos y/o industriales, como también por los procesos de escorrentía. “La calidad y cantidad de microorganismos guarda una relación directa con las características físicas y químicas del agua, ya que cuando el agua presenta condiciones óptimas, la población crece y se diversifica” (Orellana, 2005). Las características biológicas que tienen significancia sobre la calidad del agua son:

**Bacterias:** La mayoría de las bacterias patógenas que pueden “ser transmitidas por el agua infectan a nivel del aparato digestivo y son excretadas en las heces de las personas o animales

infectados. No obstante, hay también algunas bacterias patógenas transmitidas por el agua, como *Legionella*, *Burkholderia pseudomallei* y micobacterias atípicas, que pueden proliferar en el agua y en el suelo. Las vías de transmisión de estas bacterias incluyen la inhalación y el contacto (al bañarse) y pueden producir infecciones en el aparato respiratorio, en lesiones de la piel o en el cerebro, riegos detallados por la Organización Mundial de la Salud” (OMS, 2006).

**Protozoos:** Los protozoos son “un grupo de microorganismos que son muy difíciles de definir, se pueden clasificar como organismos unicelulares heterótrofos que se dividen (reproducen) dentro de otro organismo hospedador. Cuando se reproducen en hospedadores como los seres humanos y otros animales, suelen causar problemas gastrointestinales o peores. El tamaño de una célula de un protozoo oscila aproximadamente entre 2 y 50 micras, por lo que resulta muy fácil observar los protozoos con un microscopio” (IWQTB, 2011).

**Virus:** Los virus son los organismos más pequeños. “Se denominan parásitos porque no pueden vivir fuera de la célula de otro organismo. Las bacterias son a menudo los que hospedan a los virus. Los virus son responsables de causar enfermedades como la hepatitis infecciosa, la influenza, la viruela, la fiebre amarilla y la poliomielitis, así como también se han relacionado con algunos tipos de cáncer. De estas enfermedades los científicos actualmente creen que solo la hepatitis infecciosa es causada por la transmisión de virus a través de agua” (Vigil, 2003).

**Helminetos:** Son organismos macroscópicos factibles de observar a simple vista; pero el huevo que producen, de tamaño microscópico, es el medio de infección. “La mayoría de los helmintos son de vida libre, se encuentran en el suelo y en el agua, algunos de ellos parasitan al ser humano y ahí realizan parte de su ciclo de vida. En los cuerpos de agua constituyen uno de los sitios donde los helmintos se desarrollan de manera natural, la cantidad de ellos se relaciona con los aportes de huevos que los humanos efectúan mediante la descarga de aguas residuales. Entre los

principales helmintos patógenos encontramos a los nematodos y cestodos, capaces provocar enfermedades en el sistema digestivo y nervioso generalmente” (UNAM, 2010).

#### **2.2.4 Contaminación del agua**

El Ministerio del Ambiente (MINAM, 2012), denomina contaminación a la acción y estado que resulta de la introducción por el hombre de contaminantes al ambiente por encima de las cantidades y/o concentraciones máximas que están permitidas tomando en consideración el carácter acumulativo o sinérgico de los contaminantes en el ambiente. “En general, las aguas superficiales están sometidas a contaminación natural (arrastre de material particulado y disuelto y presencia de materia orgánica natural) y de origen antrópico (descargas de aguas residuales domésticas, escorrentías agrícolas, efluentes industriales, entre otros) que de una u otra tienen implicancias en la alteración y deterioro de los ecosistemas” (Torres, Cruz, & Patiño, 2009).

La contaminación del agua “plantea una amenaza muy grave para la salud pública, la agricultura, la industria y la biodiversidad de los ecosistemas. La calidad del agua a nivel mundial cada día se está deteriorando principalmente por las actividades humanas, así lo describe la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura” (FAO, 2013). “La contaminación del agua constituye un costo social en toda actividad económica, que produce una pérdida de bienestar general debido a los costos extras que generalmente debe asumir la sociedad en su conjunto para afrontar los procesos que permitan preservar y recuperar el recurso hídrico en mejores condiciones o potabilizarla para el consumo humano” (Avendaño, 2015).

La contaminación del agua de origen antropogénica “son las más graves por la gran variedad de sustancias que genera, y una de las actividades que tiene más impactos es la agricultura” (Raffo & Ruiz, 2014); “es así que en regiones donde existe agricultura intensiva, la

aplicación incorrecta de fertilizantes y plaguicidas puede hacer que las sustancias químicas escurran o sean arrastrados por transportes de sedimentos desde los campos de cultivo hacia los ríos y los acuíferos, donde se concentran y contaminan el agua de los usuarios de río abajo, ocasionando de esa manera contaminación difusa, abarcando gran número de poblaciones afectadas” (FAO, 2007).

## **A. Origen de la contaminación del agua**

Dado que el agua “es uno de los solventes más universales, casi siempre contiene otras sustancias disueltas o en suspensión. Estas sustancias pueden ser tanto de origen natural como antropogénico o también denominado humano” (IWQTB, 2011). De acuerdo a las principales características que presentan los orígenes de la contaminación del agua se mencionan:

### **a. Natural**

La contaminación natural “consiste en la presencia de determinadas sustancias en el agua sin que intervenga la acción humana, estas sustancias pueden tener procedencias muy diversas: se originan por arrastres de componentes orgánicos, los escurrimientos de aguas pluviales, productos inorgánicos producidos por la erosión del suelo y sustancias minerales. Todos estos residuos naturales sufren una serie de procesos químicos y biológicos que forman parte de la capacidad autodepuradora del agua y en su mayoría son eliminados. Normalmente este tipo de contaminación escapan al control humano y su importancia se registra a nivel global” (Loaiza, 2009).

### **b. Antropogénico**

Se entiende por contaminación de origen antropogénico “a aquella donde interviene la acción humana. Desde el punto de vista mundial representa la mayor fuente de contaminación,

debido a que el crecimiento acelerado y desordenado de la población y de su desarrollo social, productivo y tecnológico; ocasionan que se realicen actividades sin criterios ambientales, las mismas que están afectando la salud humana y el estado de los sistemas acuáticos y en algunos casos provocando alteraciones de carácter irreversible” (Custodio & Pantoja, 2012). Cuantitativamente son menores que las naturales pero sus efectos se multiplican “debido a que sus efluentes se localizan en áreas reducidas y son de mayor intensidad, en algunos ejemplos que se pueden mencionar se encuentran: los de fuentes urbanos y domésticas, actividad productiva e industrial y otros” (Ibañez, 2012).

## **B. Tipos de contaminación del agua**

Los contaminantes de las aguas naturales superficiales “están representados por una amplia gama de compuestos orgánicos e inorgánicos que pueden proceder de fuentes puntuales o difusas. La contaminación puntual es fácil de detectar y es posible limitarla. En cambio, no es posible afirmar lo mismo sobre la contaminación de origen difusa o no puntual, que proviene en gran parte de la agricultura y de los habitantes rurales” (Fernández, 2012). A continuación, se presenta más detalles de los tipos de contaminación del agua:

### **a. Puntual**

Es aquella que descarga sus aguas en un cauce natural, proveniente de una fuente específica, como suele ser algún tubo o un dique (Mejía, 2005); es decir, “es producida por un foco emisor determinado afectando a una zona concreta, lo que permite una mejor difusión del vertido, lo que significa que su detección y su control son relativamente sencillos como para establecer estrategias que permitan la mitigación de impactos ambientales. Este tipo de contaminación está generalmente asociada a las industrias y las aguas negras municipales” (Ibañez, 2012).

## **b. Difusa**

De acuerdo a la Universidad Nacional Autónoma de México (2010), “se considera que una de las características de las descargas no puntuales es que no se puede identificar la fuente de los contaminantes que entran al sistema de aguas, así que tampoco es posible monitorearla. En el tipo de contaminación difusa incluyen la escorrentía urbana y de las carreteras, así como las derivadas del uso residencial y comercial de fosas sépticas, el cortado de céspedes, la agricultura, la minería y las actividades de construcción”. Este tipo de fuentes también se originan en la erosión de tierras vírgenes y tala de bosques, la aplicación de fertilizantes, el uso de agroquímicos para el control de plagas y hierbas, la erosión del suelo de granjas y corrales de engorde, y el transporte y erosión provocados por los desarrollos urbanos.

### **2.2.5 Métodos de evaluación**

“La Asociación Americana de Salud Pública (American Public Health Association – APHA), en conjunto con la Asociación Americana de Abastecimiento de Agua (American Water Works Association – AWWA) y la Federación para el Control de la Polución de las Aguas (Water Pollution Control Federation – WPCF), han establecido normas internacionales (APHA, AWWA, & WPCF, 1992)” las cuales se encuentran incluidas en los denominados “Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, teniendo como finalidad garantizar la adopción de métodos de análisis de aguas más eficientes y uniformes”. A continuación, se detalla las principales metodologías de ensayo para cada tipo de parámetro:

#### **A. Potencial de Hidrógeno (pH)**

Para determinar el valor de pH “se utiliza el método electrométrico. El principio básico de la determinación electrométrica del pH es la medida de la actividad de los iones hidrógeno por

mediciones potenciométricas utilizando un electrodo patrón de hidrógeno y otro de referencia. El electrodo de hidrógeno consiste en un electrodo de platino por el que se pasan burbujas de hidrógeno gaseoso a una presión de 101 kPa. Debido a la dificultad de utilizarlo y al potencial de intoxicación del electrodo de hidrógeno, se utiliza comúnmente el electrodo de vidrio. La fuerza electromotriz (fem) producida en el sistema de electrodo de vidrio varía linealmente con el pH y esta relación lineal se describe comparando la fem medida con el pH de diferentes tampones”.

El pH de la muestra se “determina por extrapolación dado que no se pueden medir las actividades iónicas aisladas, como  $a_{H^+}$ , el pH se define operacionalmente o en una escala potenciométrica. El instrumento para medir el pH se calibra potenciométricamente con un electrodo indicador (vidrio) y uno de referencia, utilizando los tampones del National Institute of Standards and Technology (NIST) de los Estados Unidos, que tienen valores asignados”.

## **B. Oxígeno Disuelto (OD)**

Los niveles de “oxígeno disuelto (OD) en aguas naturales y residuales dependen de la actividad física, química y bioquímica del sistema de aguas. El análisis de OD es una prueba clave en la contaminación del agua y control del proceso de tratamiento de aguas residuales. Se describen dos métodos para análisis de OD: el de Winkler o yodométrico y también sus modificaciones, y el electrométrico que utiliza electrodos de membrana. El método yodométrico es un procedimiento titulométrico basado en la propiedad oxidante del OD, mientras el método del electrodo de membrana se basa en la tasa de difusión del oxígeno molecular a través de una membrana. La elección del método depende de las interferencias presentes, la precisión deseada y, en algunos casos, de la comodidad o la conveniencia”.

### **C. Conductividad Eléctrica (CE)**

La conductividad “es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura de la medición. Las soluciones de la mayoría de los ácidos, bases y sales presentan coeficientes de conductividad relativamente adecuados. A la inversa, las moléculas de los compuestos orgánicos que no se disocian en soluciones acuosas tienen una conductividad muy escasa o nula”.

La medición física practicada en una determinación de laboratorio “suele ser de resistencia, medida en ohmios o megaohmios. La resistencia de un conductor es inversamente proporcional a su área de sección transversal y directamente proporcional a su longitud. La magnitud de la resistencia medida en una solución acuosa depende, por tanto, de las características de la célula de conductividad utilizada, y sólo tiene sentido si se conocen esas características. La resistencia específica es la resistencia de un cubo de 1 cm de lado. En soluciones acuosas, esta medida es rara, debido a las dificultades de fabricación del electrodo. Los electrodos prácticos miden una fracción dada de la resistencia específica, siendo esta fracción la constante celular  $C$ ”.

### **D. Aceites y grasas**

En la determinación de aceites y grasas “no se mide una cantidad absoluta de una sustancia específica. Más bien, se determinan cuantitativamente grupos de sustancias con características físicas similares sobre la base de su solubilidad común en triclorotrifluoroetano. Aceite y grasa es cualquier material recuperado como sustancia soluble en triclorotrifluoroetano. Incluye otros

materiales extraídos por el disolvente de una muestra acidificada (tales como los compuestos de azufre, ciertos tintes orgánicos, y la clorofila) y no volatilizados durante la prueba”.

Para las muestras líquidas, “se presentan tres métodos: método de partición-gravimetría (B), método de partición-infrarrojo (C) y método Soxhlet (D). El método C está diseñado para muestras que pueden contener hidrocarburos volátiles que de otra forma se perderían en las operaciones de eliminación del disolvente del procedimiento gravimétrico. El método D es el método de elección cuando hay fracciones relativamente polares, de petróleo pesado, o cuando los niveles de grasas no volátiles pueden amenazar el límite de solubilidad del disolvente. Para los niveles bajos de aceite y grasa (<10 mg/l), el método C es el método de elección ya que los métodos gravimétricos no proporcionan la precisión necesaria”.

#### **E. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

La determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) “es una prueba empírica en la que se utilizan procedimientos estandarizados de laboratorio para determinar los requerimientos relativos de oxígeno de las aguas naturales, residuales, efluentes y contaminadas. La prueba mide el oxígeno utilizado, durante un período de incubación específico, para la degradación bioquímica de materia orgánica (requerimiento de carbono), y el oxígeno utilizado para oxidar materia orgánica, como los sulfuros y el ion ferroso”.

Puede medir también “el oxígeno utilizado para oxidar las formas reducidas del nitrógeno (requerimiento de nitrógeno) a menos que se impida la oxidación por medio de un inhibidor. Los procedimientos de siembra y disolución (dilución) proporcionan una valoración del DBO a un pH entre 6,5 y 7,5. La prueba de DBO de 5 días, consiste en llenar con muestra, hasta rebosar, un

frasco hermético del tamaño especificado, e incubarlo a la temperatura establecida durante 5 días”.

El oxígeno disuelto “se mide antes y después de la incubación, y el DBO se calcula mediante la diferencia entre el OD inicial y el final. Debido a que el OD se determina inmediatamente después de hacer la dilución, de oxígeno. Entre ellos, la medición de períodos de incubación más cortos y más largos, las pruebas para determinar las tasas de captación de oxígeno y las determinaciones continuas de captación de oxígeno mediante técnicas respirométricas. Pueden elegirse condiciones alternativas de siembra, disolución e incubación para simular las condiciones del agua receptora, proporcionando así una valoración de los efectos ambientales de las fuentes de agua, toda la captación de oxígeno, incluida la que ocurre durante los 15 primeros minutos, se incluye en la determinación del DBO”.

## **F. Nitratos**

El nitrato “se puede determinar por cromatografía iónica (C). Los rangos de aplicación para otros métodos son: método del electrodo de nitrato (D), 0,14 a 1.400 mg  $\text{NO}_3^-$  - N/l; método de reducción de cadmio (E), 0,01 a 1,0 mg  $\text{NO}_3^-$  - N/l; método de cloruro titanoso (G), 0,01 a 10 mg  $\text{NO}_3^-$  - N/l; método de reducción de hidracina (H), 0,01 a 10 mg  $\text{NO}_3^-$  - N/l; método automático de reducción de cadmio (F), 0,5 a 10 mg  $\text{NO}_3^-$  - N/l. Para concentraciones más elevadas de  $\text{NO}_3^-$  - N dilúyase hasta el rango del método seleccionado. Los métodos colorimétricos requieren una muestra ópticamente clara. Fíltrense las muestras turbias por filtro de membrana con 0,45  $\mu\text{m}$  de diámetro de poro. Ensáyese la contaminación de nitrato en los filtros”.

## **G. Fósforo total**

El fósforo “se encuentra en las aguas naturales y residuales casi exclusivamente en forma de fosfatos, clasificados en ortofosfatos, fosfatos condensados piro, meta y otros polifosfatos, y los ligados orgánicamente”. Se presentan “en solución, partículas o detritus, o en los cuerpos de organismos acuáticos. El análisis del fósforo incluye dos pasos generales en los métodos: a) conversión de la forma fosforada en ortofosfato disuelto, y b) determinación colorimétrica del ortofosfato disuelto”. Los fosfatos que responden a las “pruebas colorimétricas sin hidrólisis o digestión oxidante previas en la muestra se denominan “fósforo reactivo”. Aunque el fósforo reactivo es sobre todo una medida del ortofosfato, es inevitable una pequeña fracción de algún fosfato condensado presente, hidrolizado normalmente en el procedimiento. El fósforo reactivo se encuentra en las formas disueltas y suspendidas”.

Dado que el fósforo se puede “presentar en combinación con materia orgánica, un método de digestión para determinar fósforo total debe ser capaz de oxidar la materia orgánica eficazmente para liberar el fósforo como ortofosfato. El método del ácido perclórico, el más drástico y lento, se recomienda sólo para muestras especialmente difíciles, como los sedimentos. El método del ácido nítrico-ácido sulfúrico se recomienda para la mayoría de las muestras. El método más sencillo, con diferencia, es la técnica de oxidación con persulfato. Se recomienda comprobar este método en relación con una o más técnicas de digestión drástica, adoptándolo si se obtienen recuperaciones idénticas. En cuestiones de interferencias y concentración mínima detectable, el método colorimétrico manda más que el procedimiento de digestión”.

## **H. Sulfuros**

Los sulfuros “se encuentran a menudo en el agua subterránea, especialmente en manantiales calientes. Su presencia en las aguas naturales y residuales se debe en parte a la descomposición de la materia orgánica, presente a veces en los residuos domésticos, pecuarios e industriales, pero procedente casi siempre de la reducción bacteriana de los sulfatos. El sulfuro de hidrógeno que escapa al aire a partir de las aguas residuales que contienen sulfuros produce olores molestos. La concentración umbral de olor para  $H_2S$  en agua limpia está comprendida entre 0,025 y 0,25  $\mu g/l$ .  $H_2S$  es muy tóxico y ha motivado la muerte de numerosos trabajadores en las alcantarillas. Ataca directa e indirectamente a los metales y ha producido corrosiones graves en las conducciones de cemento por oxidarse biológicamente a  $H_2SO_4$  en las paredes de las tuberías”.

El método del azul de metileno (D) “se basa en la reacción de sulfuro, cloruro férrico y dimetil-p-fenilendiamina para producir azul de metileno. Se añade fosfato amónico, después del desarrollo del color, para eliminar el color del cloruro férrico. El método es aplicable a concentraciones de sulfuro hasta 20  $mg/l$ ”.

## **2.3 Marco legal**

### **2.3.1 Constitución Política del Perú**

En el Título I, Capítulo I, artículo 2° inc. 22 dice, “que toda persona tiene derecho a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida”. Además, en el título II y capítulo II, artículos 66° al 68° sostiene “que los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación, por ende, el Estado es soberano en su aprovechamiento; así mismo el Estado determina

la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de recursos naturales y está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas”.

### **2.3.2 Ley N° 28611 - Ley General de Ambiente**

Según la Ley N° 28611, (2005) establece en sus artículos 66, 90 y 120 indican “que la prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental. Es responsabilidad del estado a través de la Autoridad de Salud y de las personas jurídicas y naturales contribuir a una gestión del ambiente. Por otra parte, en el artículo 90 el estado promueve y controla el aprovechamiento sostenible de las aguas continentales a través de gestión integrada. En el artículo 120 de la protección de la calidad de las aguas el estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de su reutilización considerando la obtención de la calidad necesaria para reuso”.

### **2.3.3 Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos**

Según la Ley 29338, aprobada por Decreto Supremo N° 001 – 2010 - AG. (ANA, 2010): En su artículo 76 la ANA en coordinación con el Consejo de Cuenca, “en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, sea en cauces naturales o artificiales, controla, supervisa. Fiscaliza el cumplimiento de calidad ambiental sobre la base de los ECAs para el agua. Ley que modifica la Ley N° 29338, ley de Recursos Hídricos, Ley N° 30640 mediante el Decreto Legislativo N° 1285 establecimiento de los criterios técnicos para la identificación y delimitación de las cabeceras de cuenca” (MINAM, 2014):

**Artículo 1:** La presente ley tiene por objeto “regular la conservación y protección de las cabeceras de cuenca, incorporando en el artículo 75 de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, el establecimiento de los criterios técnicos para la identificación y delimitación de las

cabeceras de cuenca, a fin de evaluar la implementación de medidas especiales para su protección y conservación según su vulnerabilidad”.

**Artículo 2:** Modificación del artículo 75 de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos  
Modificase el artículo 75 de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, en los siguientes términos: “Artículo 75. Protección del Agua: El Estado reconoce como zonas ambientalmente vulnerables las cabeceras de cuenca donde se originan los cursos de agua de una red hidrográfica. La ANA, con opinión del Ministerio del Ambiente, puede declarar zonas intangibles en las que no se otorga ningún derecho para uso, disposición o vertimiento de agua”.

#### **2.3.4 Decreto Supremo N° 001-2010-AG. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos**

El presente reglamento de la Ley de Recursos Hídricos tiene aspectos resaltantes, entre ellos se puede mencionar que; ratifica que el agua es patrimonio de la Nación y que no hay propiedad privada sobre dicho bien.

“La ANA ejerce la administración exclusiva de las aguas, considerando al uso del agua con fines agrarios como el primer orden de preferencia entre los usos productivos y al mismo tiempo permitirá la protección, explotación racional y recuperación de los acuíferos, que son el gran reservorio para abastecer a futuras generaciones. También se señala que se define el rol que corresponde a cada uno de los actores que participan en la gestión del agua, ordenando la intervención de todas las entidades públicas y privadas en dicha gestión”.

#### **2.3.5 Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA**

La (ANA, 2018); aprueba “la clasificación de cuerpos de agua continentales superficiales considerado la adecuación de instrumentos de gestión ambiental en evaluación”. “Los titulares

que antes de la fecha de entrada en vigencia de la presente norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental y/o plan integral ante la autoridad competente, tomaran en consideración la clasificación de cuerpos de agua aprobada mediante Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA. Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en el Artículo 2 precedente, a efectos de aplicar la clasificación de Cuerpos de Agua aprobada mediante la presente Resolución”. “Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados. En tanto, esta Autoridad no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua a través del procedimiento de clasificación, se aplica la categoría del recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de esta Autoridad, conforme a lo previsto en la Tercera Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM”.

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

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias, en el Artículo 1.- Objeto de la norma, “compila las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos”.

En el Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

**a. Categoría 1: Poblacional y recreacional**

**Subcategoría A:** Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

“Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano”:

**A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección:** “Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente”.

**A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional:** “Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente”.

**A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado:** “Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente”.

**Subcategoría B:** “Aguas superficiales destinadas para recreación. Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino-costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino-costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente”:

**B1. Contacto primario:** “Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares”.

**B2. Contacto secundario:** “Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares”.

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

**Subcategoría C1:** Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino-costeras.

“Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados”.

**Subcategoría C2:** Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras

“Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles”.

**Subcategoría C3:** Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras.

“Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino-portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos”.

**Subcategoría C4:** Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas.

“Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano”.

**c. Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

**Subcategoría D1: Riego de vegetales**

“Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas”:

**Agua para riego no restringido:** “Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo”.

**Agua para riego restringido:** “Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales);

cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa)”.

#### **Subcategoría D2: Bebida de animales**

“Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno, equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos”.

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

“Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas”.

**Subcategoría E1: Lagunas y lagos**, “entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales”.

**Subcategoría E2: Ríos**, “entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección”:

**Ríos de la costa y sierra:** “Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm”.

**Ríos de la selva:** “Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas”.

**Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos**

**Estuarios:** “Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares”.

**Marinos:** “Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional. Precísese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso”.

### Capítulo III

#### Materiales y métodos

##### 3.1 Descripción de la zona de estudio

La presente investigación se realizó en la quebrada Yanayacu. Esta unidad hidrográfica forma parte de la cuenca del río Huallaga, la misma que se encuentra dentro de la jurisdicción de los departamentos de Loreto y San Martín. A continuación, se presenta sus características de ubicación (*ver Tabla 1*), así como también sus características geométricas y de uso (*ver Tabla 2*).

**Tabla 1**

*Características de ubicación de la quebrada Yanayacu.*

Ubicación de inicio				Ubicación de la desembocadura			
Este	Norte	Altitud (m.s.n.m.)	Lugar	Este	Norte	Altitud (m.s.n.m.)	Lugar
382078	9284467	950	El Piñal	369832	9332291	144	Barranquita

*Fuente: ANA, 2017.*

**Tabla 2**

*Características geométricas y de uso de la quebrada Yanayacu.*

Características geométricas				Tipo de uso
Longitud (km)	Caudal aprox. (Lt/s)	Tirante (m)	Ancho prom. (m)	
44,688	8120	0,33	40,00	Uso poblacional y pecuario

*Fuente: ANA, 2017.*

### 3.1.1 Ubicación y descripción de la zona

La quebrada de Yanayacu es un curso de agua que desciende de las terrazas altas con respecto de la cordillera oriental, discurriendo en régimen regular con variaciones en su caudal debido a las estaciones del año (creciente y estiaje). Aproximadamente el 40% de su curso se encuentra dentro de las instalaciones de la empresa Palmas del Shanusi. Asimismo, sus aguas presentan movimiento lento debido a su pendiente baja que posee, en su tramo inferior antes de desembocar en el río Shanusi, se encuentra bajo la influencia de los centros poblados de Pampa Hermosa, Cotoyacu y Puerto Perú, en donde recibe importantes aportes de sus tributarios como son los de la quebrada Zacarita, Ushpayacu, Cotoyacu, entre otros.

Además, la quebrada Yanayacu dependiendo de la temporada del año sus aguas suelen ser aprovechadas para uso poblacional (generalmente), para bebida de animales, riego de vegetales, vía de transporte fluvial, entre otros. El área de evaluación (*ver Tabla 3 y Anexo 1*) se ubicó entre los tramos que comprenden E: 0366656 N: 9328167 y E: 0369575 N: 9331447 (punto inicial y punto final respectivamente) en el sistema UTM y su estándar geodésico WGS84.

**Tabla 3**

*Características del área de evaluación.*

Descripción	Características
Curso de agua	Río Huallaga
Vertiente hidrográfica	Amazonas
Código de unidad hidrográfica	49841
Unidad hidrográfica	Intercuenca Bajo Huallaga
Recurso hidrológico a evaluar	Quebrada Yanayacu
Altitud máxima	158 m.s.n.m
Altitud mínima	145 m.s.n.m
Sectores de influencia	Cotoyacu y Puerto Perú

*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

## 3.2 Población y muestra

### 3.2.1 Población

El agua de la quebrada Yanayacu, la misma que cuenta según el inventario de ríos y quebradas de la ANA del año 2017 con un caudal promedio de 8120 L/s.

### 3.2.2 Muestra

Se tomó una (01) muestra durante la temporada de estiaje, en tres (03) puntos de monitoreo siguiendo la metodología establecida en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016).

Además se tuvo en cuenta que, en el presente protocolo se establece que el investigador tiene la facultad de elegir cuantos puntos de monitoreo va a realizar y en que temporada; de la cual los resultados serán solo y únicamente válidos para esos puntos y esa temporada, sobre todo si la fuente recibe impacto antrópico. El volumen de muestra de agua recolectada es como se detalla a continuación (*Ver Tabla 4*).

**Tabla 4**  
*Volumen de muestra según el parámetro.*

Parámetro	Tipo de frasco	Volumen de muestra (mL)
Aceites y grasas	Vidrio	1000
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	Plástico	1000
Nitratos	Plástico	500
Fósforo total	Plástico	500
Sulfuros	Plástico	500

*Fuente: Adaptado del laboratorio EQUAS S.A, 2018.*

### 3.3 Diseño de investigación

La presente investigación cuenta con un diseño no experimental – transversal descriptivo. Teniendo en cuenta que estos estudios se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos en un momento único (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

### 3.4 Formulación de hipótesis

- **H<sub>0</sub>:** Los parámetros fisicoquímicos como temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, potencial de hidrogeno, aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos y sulfuros evaluados en el agua de la quebrada Yanayacu cumplen con los valores establecidos en la categoría 4 de los Estándares de Calidad Ambiental para agua.
- **H<sub>1</sub>:** Los parámetros fisicoquímicos como temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, potencial de hidrogeno, aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos y sulfuros evaluados en el agua de la quebrada Yanayacu no cumplen con los valores establecidos en la categoría 4 de los Estándares de Calidad Ambiental para agua.

### 3.5 Identificación de variables

Las variables que se estudiaron para evaluar la calidad fisicoquímica del agua de la quebrada Yanayacu, corresponden a los siguientes:

- **Temperatura:** La temperatura “es una de la constante física que tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el agua, tales como la solubilidad de los gases y de sales, así como en las reacciones biológicas, las cuales tienen una temperatura óptima para poder realizarse”.
- **Conductividad eléctrica:** Al determinar la conductividad se evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, es una medida indirecta para conocer la cantidad de iones que puedan estar presentes en una solución (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio).
- **Oxígeno disuelto:** Su presencia “es esencial en el agua; proviene principalmente del aire. Niveles bajos o ausencia de oxígeno en el agua puede indicar contaminación elevada,

condiciones sépticas de materia orgánica o actividad bacteriana intensa; por ello se le puede considerar como un indicador de contaminación”.

- **Potencial de hidrógeno:** El pH es el valor que “determina si una sustancia es acida, neutra o alcalina, calculando el número de iones hidrogeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la escala 7, la sustancia es neutra”.
- **Aceites y grasas:** Los aceites y grasas “son compuestos de tipo orgánico, constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Algunas de sus características más representativas son baja densidad, poca solubilidad en el agua y su baja o nula biodegradabilidad”.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>):** Corresponde a la “cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia expresados en mg O<sub>2</sub>/L; esta demanda es ejercida principalmente por sustancias carbonadas, nitrogenadas y ciertos compuestos químicos reductores”.
- **Nitratos:** La procedencia del nitrato en el agua se debe “principalmente a la disolución de rocas y minerales, la descomposición de materias vegetales y animales, descargas industriales y lixiviado de tierra en donde se practica actividades agrícolas”.
- **Fósforo total:** Las especies químicas de fósforo más comunes en el agua “son los ortofosfatos, los fosfatos condensados (piro-, meta- y polifosfatos) y los fosfatos orgánicos. Estos fosfatos pueden estar solubles como partículas de detritus o en los cuerpos de los organismos acuáticos”.

- **Sulfuros:** Los sulfuros “se encuentran a menudo en el agua subterránea, especialmente en manantiales calientes”. Su presencia en las aguas naturales y residuales se debe en parte a la descomposición de la materia orgánica, presente a veces en los residuos domésticos, pecuarios e industriales, pero procedente casi siempre de la reducción bacteriana de los sulfatos.

### **3.6 Técnicas de recolección de datos y validación de instrumentos**

#### **3.6.1 Técnicas de recolección**

La técnica de la investigación para la recolección de datos fue observacional:

- Uso del software ArcGis para georreferenciar los puntos del área de estudio.
- Uso del software ArcGis para crear el mapa temático de la quebrada Yanayacu.
- Observación directa de la zona de estudio.
- Utilización de equipos, instrumentos y materiales varios para la recolección de la muestra y la determinación de los parámetros de campo.

#### **3.6.2 Validación de instrumentos**

Los criterios para la utilización de los equipos e instrumentos fueron confiables y válidos; ya que al momento de su aplicación se tuvieron en cuenta los procedimientos establecidos por el fabricante en el uso de cada uno de ellos y los protocolos de las entidades relacionadas para el muestreo, transporte y conservación de las muestras, así como el uso con equipos calibrados y verificados antes de la salida de campo con una anticipación de 24 horas.

### **3.7 Equipos y materiales**

#### **3.7.1 Equipos**

- Sistema de Posicionamiento Global (GPS).
- Correntómetro.
- Multiparamétrico.
- Cámara fotográfica.

#### **3.7.2 Materiales**

- Mapa de localización.
- Cadena de frío.
- Agua destilada.
- Guantes de nitrilo.
- Mascarilla.
- Chaleco.
- Casco.
- Zapatos de seguridad.
- Formatos de campo.
- Cuaderno de apuntes.
- Frascos para las muestras.
- Preservantes.
- Plumón indeleble.

- Cinta métrica.

### **3.8 Metodología de la investigación**

La presente investigación se desarrolló en cuatro (04) etapas, las mismas que se describen a continuación:

#### **3.8.1 Etapa 1: Gabinete inicial**

##### **Búsqueda de información bibliográfica**

- La recopilación de la información bibliográfica confiable se realizó a partir de libros, revistas, artículos, tesis, enciclopedias y otros.
- Selección y sistematización de la información recopilada, para ser utilizada en el momento oportuno según el cronograma de actividades.

##### **Coordinación para el acceso a los puntos de monitoreo**

- La coordinación se realizó con los representantes de las instituciones respectivas para solicitar los permisos y apoyo correspondiente según sea la necesidad.
- Además, se coordinó previamente con las autoridades comunales de los centros poblados de Cotoyacu y Puerto Perú, para definir el cronograma de los trabajos en campo (identificación de fuentes contaminantes y toma de muestras).

##### **Coordinación para la adquisición de materiales y equipos**

- Se coordinó con el laboratorio Environmental Quality Analytical Services – EQUAS S.A y otras instituciones la adquisición de materiales, equipos e instrumentos útiles en el monitoreo de la calidad de agua.

##### **Redacción del perfil y elaboración de instrumentos**

- Redacción del perfil de proyecto siguiendo la estructura autorizada en base al estilo American Psychological Association - APA.
- Elaboración de los mapas geográficos de los puntos de monitoreo y sus respectivas rutas de accesibilidad a las zonas de evaluación correspondiente.
- Elaboración de formatos de campo, según modelo establecido por el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos Superficiales.
- Elaboración del Plan de Monitoreo (*ver Anexo 2*) según los criterios establecidos en la R. J. N° 010-2016-ANA, que aprueba el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (ANA, 2016).

### **3.8.2 Etapa 2: Campo**

#### **Identificación de fuentes contaminantes (IFC)**

- En esta etapa se realizó una visita previa de campo (dos días consecutivos), con el objetivo de identificar las principales fuentes contaminantes (vertimientos industriales, vertimientos domésticos, zonas de cultivo, aguas naturales, actividades pecuarias y otros).
- En dicha visita se realizó un recorrido a lo largo de la quebrada Yanayacu, tramos que incluyeron a los centros poblados de Cotoyacu y Puerto Perú (*ver Resultado 1*).

#### **Establecimiento de la red de puntos de monitoreo**

- Para ubicar los puntos de monitoreo se tomó el criterio establecido en el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” de la ANA.

- Se consideró tres (03) puntos de monitoreo (aguas arriba, punto de medio y aguas abajo) para el caso de fuentes lóaticas.
- La ubicación de los puntos de monitoreo pre establecidos fueron identificados y validados (*ver Tabla 5 y Anexo 3*) haciendo uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

**Tabla 5**

*Red de puntos de monitoreo.*

N°	Punto de monitoreo	Descripción	Coordenadas	
			Este	Norte
1	QYana1	Quebrada Yanayacu, a 200 metros aguas abajo después del punto de confluencia con la quebrada Zacarita.	366656	9328167
2	QYana2	Quebrada Yanayacu aguas abajo, a 500 metros del margen derecho en orientación norte del centro poblado Cotoyacu.	367684	9329443
3	QYana3	Quebrada Yanayacu aguas abajo, a 500 metros del margen izquierdo en orientación norte del centro poblado Puerto Perú.	369575	9331447

*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

### **Frecuencia del monitoreo**

- Siguiendo las recomendaciones del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, el monitoreo se realizó por única vez en la temporada de estiaje (mayo a setiembre), según información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2018).

### **Definición de los parámetros de evaluación**

- La información obtenida en la identificación de fuentes contaminantes (IFC), permitió definir los parámetros de evaluación en cada uno de los puntos de monitoreo. Para la presente investigación se consideró los siguientes (*ver Tabla 6*):

**Tabla 6**

*Parámetros de evaluación.*

Tipo de parámetro	Descripción	Unidad de medida
-------------------	-------------	------------------

Tipo de parámetro	Descripción	Unidad de medida
Campo	Potencial de hidrógeno	Unidad de pH
	Temperatura	°C
	Oxígeno disuelto	mg/L
	Conductividad eléctrica	μS/cm
Fisicoquímico	Aceites y grasas	mg/L
	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L
	Nitratos	mg/L
	Fósforo Total	mg/L
	Sulfuros	mg/L

*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

### **Medición de los parámetros en campo**

- Los parámetros que se midieron en campo fueron: temperatura, conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD) y pH, para la cual se utilizó un multiparámetro marca PONSEL, modelo ODEON respectivamente calibrado (*ver Anexo 4*).
- Las mediciones se realizaron directamente en el cuerpo de agua (quebrada), y los datos fueron registrados de acuerdo al formato recomendado por el protocolo (*ver Anexo 5*).
- Además, para evitar posibles variaciones en los resultados reales los electrodos fueron lavados con agua destilada después de cada uso.

### **Rotulado y etiquetado**

- Los recipientes fueron etiquetados y rotulados, según el parámetro de evaluación.
- Finalmente, la etiqueta fue cubierta con cinta transparente antes de la toma de muestras a fin de protegerla de la humedad.

### **Toma de muestras**

- El muestreo se realizó con el fin de obtener una muestra simple o puntual, la cual consiste en la toma de una porción de agua en un punto y lugar determinado para su análisis individual, la misma que representan las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en el instante en el que se realizó su recolección.

- Para iniciar el trabajo, el personal responsable se colocó los guantes y la mascarilla respectiva, seguidamente procedió a ubicarse en un punto medio de la corriente principal.
- Finalmente, se realizó la toma de muestras teniendo en cuenta las indicaciones detalladas en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos Superficiales.

### **Preservación**

- Después de tomar las muestras, se procedió inmediatamente a adicionar el preservante para los parámetros requeridos y de acuerdo a lo indicado por el laboratorio (*ver Tabla 7*). Una vez preservada las muestras se homogenizó y cerró los frascos herméticamente.

**Tabla 7**

*Preservantes utilizados en las muestras.*

<b>Parámetros</b>	<b>Tipo de preservación</b>	<b>Volumen</b>
Aceites y grasas	Ácido Sulfúrico	10 gotas
Sulfuros	Acetato de zinc + Hidróxido de sodio	10 gotas 20 gotas
Fósforo total	Ácido sulfúrico	10 gotas

*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

### **Llenado de la cadena de custodia**

- Para el llenado de la cadena de custodia como mínimo se consideró los siguientes datos: nombre de la persona responsable de la toma de muestras, código del punto de monitoreo o muestra, fecha y hora del muestreo, preservación de la muestra, lista de parámetros a analizar por cada muestra y firma de la persona responsable del monitoreo (*ver Anexo 6*).

### **Transporte de las muestras**

- Las muestras fueron transportadas en una cadena de frío en forma vertical para que no ocurran derrames, evitando en todo momento la exposición a la luz del sol, además los recipientes de vidrio se embalaron con bolsas poliburbujas para evitar roturas.

- Dentro del cooler para su conservación, las muestras recolectadas se acondicionaron con refrigerantes (ice-pack). Después de cerró herméticamente el cooler para su transporte a la ciudad de Lima donde fueron analizadas en el laboratorio acreditado EQUAS S.A.

### 3.8.3 Etapa 3: Laboratorio

#### Análisis de las muestras

- Las muestras fueron enviadas a la ciudad de Lima, para ser analizadas en el laboratorio “Environmental Quality Analytical Services - EQUAS S. A” laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) mediante la Norma Técnica Peruana “Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración” NTP ISO/IEC 17025:2006. Los métodos de ensayo utilizados por el laboratorio (*ver Tabla 8*) son:

**Tabla 8**

*Métodos de análisis de los parámetros evaluados.*

Parámetros	Método analítico	Límite de detección	Unidades
Aceites y grasas	APHA – 5520 D	0.5	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	APHA – 5210 B	2.0	mg DBO/L
Fósforo total	APHA – 4500-P B (ítem 5), E	0.01	mg P/L
Sulfuros	APHA – 4500-S <sup>2</sup> D	0.002	mg S <sup>2</sup> /L
Nitratos	APHA – 4500-NO <sub>3</sub> -B	0.01	mg N-NO <sub>3</sub> /L

*Fuente: Environmental Quality Analytical Services, 2018.*

- Una vez culminado los análisis de cada muestra, el laboratorio remitió los resultados a fin de ser procesados.

### 3.8.4 Etapa 4: Gabinete final

#### Procesamiento de datos

- A partir de los datos obtenidos se realizó la interpretación de los resultados y los valores fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 4 “Conservación del ambiente acuático”, subcategoría E2 “Ríos de la selva” establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (*ver Anexo 7*).

## **Capítulo IV**

### **Resultados y discusiones**

A continuación, se presentan los resultados correspondientes al presente estudio; para fines didácticos se elaboraron tablas y figuras a fin de facilitar su comprensión de las personas que revisen el presente informe.

#### **4.1 Resultado 1: Identificación de fuentes contaminantes**

Una fuente de contaminación es toda aquella que, al llegar en forma sólida o líquida, puntual o difusa, a un cuerpo natural de agua, puede alterar sus condiciones de calidad (física, química y biológica), poniendo en riesgo el ecosistema acuático. Las fuentes generalmente están

asociadas a las actividades antropogénicas que se desarrollan en las áreas de influencia de su cauce, desde actividades domésticas hasta productivas, aunque en algunos casos también pueden estar asociadas a la geoquímica de la zona (ANA, 2017). El estudio tuvo por objetivo identificar todas las fuentes de contaminación de existentes en la quebrada Yanayacu (*ver Tabla 9*), tramos que engloban a los centros poblados Cotoyacu y Puerto Perú. A continuación, se presentan los resultados:

**Tabla 9**  
*Principales fuentes contaminantes.*

Tramo	Tipo de fuente	Descripción	Principales contaminantes
QYana-1	Agrícola	Este tramo se ve influencia por la presencia de grandes extensiones de cultivos de arroz (en el margen izquierdo) y palma aceitera (en el margen derecho).	Nutrientes, que son derivados de las actividades agrícolas, tales como: el nitrógeno, carbono, fósforo, potasio, azufre, entre otros.
QYana-2	Acuícola	Alrededor de esta zona existe la presencia de varias piscigranjas en ambos márgenes de la quebrada, en donde se cría peces, tales como: gamitana, boquichico, bujurqui, etc.	Compuestos orgánicos y nutrientes derivados de la alimentación de los peces tales como: las sales minerales, proteínas, carbohidratos, etc.
QYana-3	Poblacional y agrícola	En este punto se encuentra ubicado el centro poblado de Cotoyacu, el mismo que utiliza el agua de la quebrada para fines domésticos. Además, existen extensiones de cultivos de cacao, plátano y arroz.	Compuestos orgánicos de la actividad poblacional (inadecuada disposición de excretas), aguas de lavado (ropa y servicios) y nutrientes agrícolas como nitrógeno, fósforo, potasio, etc.
QYana-4	Pecuaria y acuícola	En este tramo se desarrolla actividades de crianza de ganado en ambos márgenes de la quebrada. Asimismo, existe la presencia de piscigranjas en el margen izquierdo.	Compuestos orgánicos formados por estiércol y purines (orina). Nutrientes derivados de la alimentación de los peces (proteínas y carbohidratos).
QYana-5	Agrícola y poblacional	En este punto se encuentra ubicado el sector de Puerto Perú, población que utiliza la fuente de agua para uso doméstico. Además existe una gran extensión de cultivos de papaya, arroz, plátano y yuca.	Compuestos orgánicos de la actividad poblacional (inadecuada disposición de excretas) aguas de lavado (ropa y servicios) y nutrientes agrícolas como nitrógeno, fósforo, potasio, etc.

*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

#### 4.2 Resultado 2: Determinación de caudales

De acuerdo a los datos registrados registrado en campo, se determinó los valores del caudal en cana uno de los puntos de monitoreo preestablecidos mediante el método del correntómetro,

estos datos fueron calculados según el procedimiento presentado en el anexo 9, los valores expresados en m<sup>3</sup>/s y L/s (ver Tabla 10).

**Tabla 10**

*Caudales estimados en cada uno de los puntos de monitoreo.*

<b>Punto de monitoreo</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Caudal (L/s)</b>
QYan1	0,720	720
QYan2	2,196	2196
QYan3	4,284	4284

*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

Se considera que los caudales tienden a presentar un aumento a medida que avanza el recorrido de la quebrada Yanayacu debido a los tributarios que lo alimentan; así se evidencia en la tabla 10.

### **4.3 Resultado 3: Evaluación de los parámetros de campo**

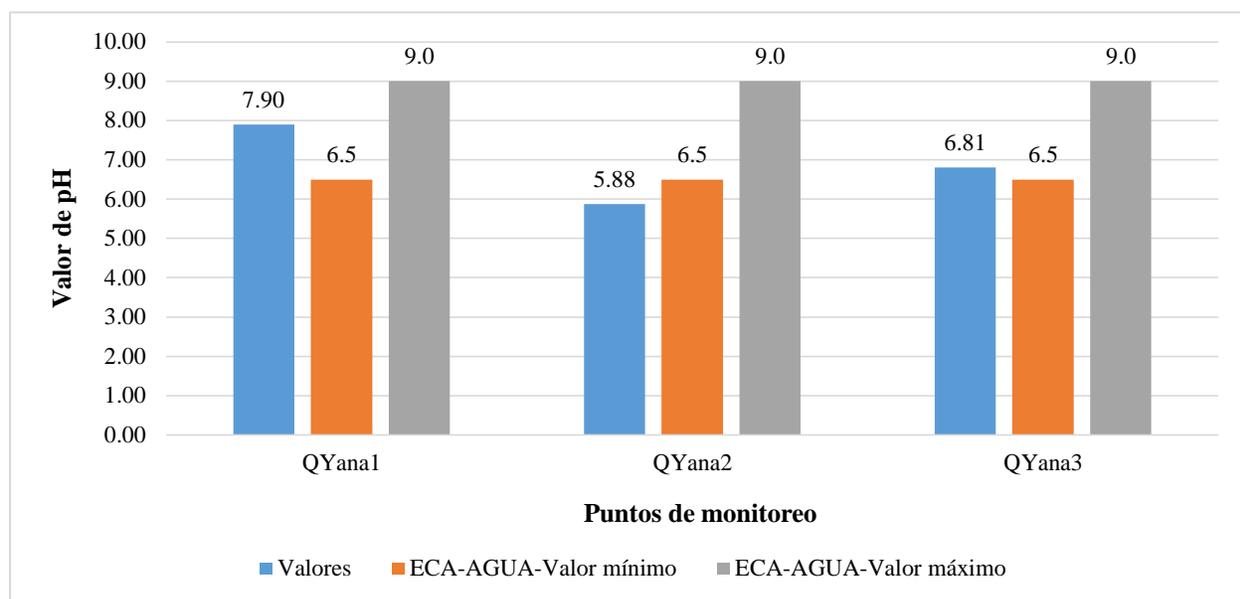
#### **4.3.1 Potencial de hidrógeno (pH)**

El pH tiene una escala de medida de 0 a 14, que permite determinar si una sustancia es ácida, neutra o alcalina calculando el número de iones hidrogeno presentes; configurándose de 0 a 7 como una sustancia ácida, de 7 a 14 como alcalina y un valor de 7 indica neutralidad (Minaya, 2017).

En la Figura 3, se observan los resultados de potencial de hidrógeno (pH) presentes en los tres puntos de monitoreo, de las cuales en las estaciones QYan1= 7,90 y QYana3= 6,81 los valores se encuentran dentro de lo establecido en la categoría 4-E2 “Conservación del ambiente

acuático-Ríos de la selva” de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (6,5 – 9,0); mientras que la estación QYana2= 5,88 presenta un pH menor a lo establecido por la normativa.

El pH ácido principalmente se debe a la presencia de CO<sub>2</sub>, a la descomposición de la materia orgánica, la misma que libera sustancias como los ácidos húmicos, fúlvicos, himatomelánicos y huminas; así como también a los productos derivados de la hidrólisis (aluminio y hierro) y procesos



**Figura 3:** Concentración de potencial de hidrógeno en el agua por punto de monitoreo naturales como la erosión del suelo (Yupanqui, 2006).

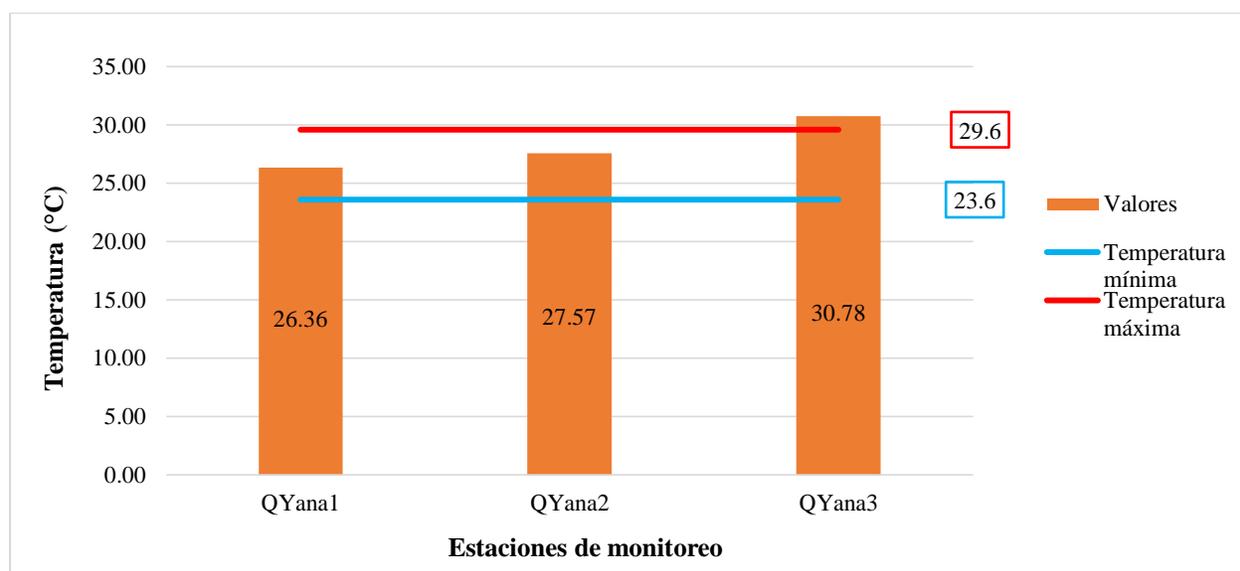
*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

#### 4.3.2 Temperatura (°C)

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, señala que la temperatura del agua presenta variaciones de acuerdo a la región, temporada del año y según el clima del entorno. En la figura 4, el gráfico muestra los resultados de la temperatura del agua en los tres puntos de monitoreo: QYan1= 26,36 °C, QYana2= 27,57 °C y QYana3= 30,78 °C, donde el valor del tercer punto se encuentra fuera del rango establecido para la categoría 4-E2 “Conservación del ambiente acuático-Ríos de la selva” de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, quien

tiene un margen de  $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\Delta 3$ ) de variación con respecto al promedio mensual multianual ( $26.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) del área evaluada.

Las altas temperaturas en el agua afecta los procesos físicos (volatilización, solubilidad de sales y gases como el oxígeno), los procesos químicos (pH, equilibrio de ionización o concentración de amoníaco y velocidades de reacción) y los procesos biológicos (tasa metabólica y descomposición de materia orgánica), produciendo efectos en la concentración de agentes contaminantes (A. Pérez & Rodríguez, 2008).



**Figura 4:** Temperatura del agua por punto de monitoreo.

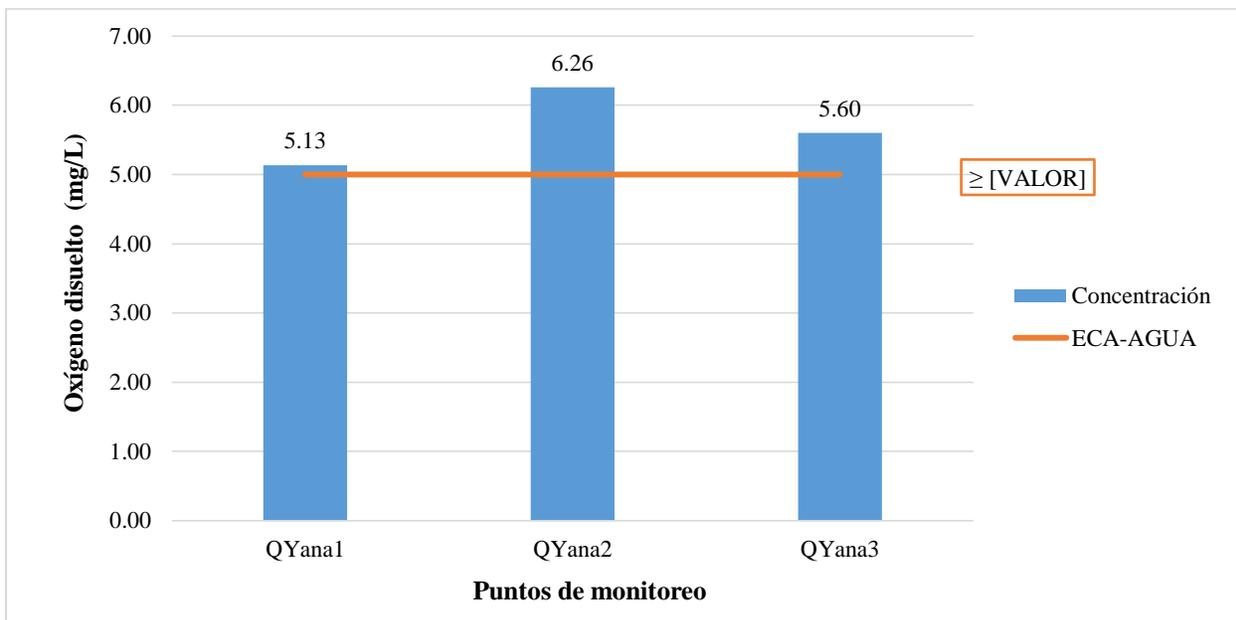
*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

#### 4.3.3 Oxígeno disuelto (OD)

En la Figura 5, se presenta los resultados respecto a la concentración de oxígeno disuelto en cada punto de monitoreo, correspondiente a la época de estiaje. Los valores de oxígeno disuelto en los tres puntos evaluados: QYan1= 5,13 mg/L, QYana2= 6,26 mg/L y QYana3= 5,60 mg/L se encuentran dentro de los valores establecidos en la categoría 4-E2 “Conservación del ambiente acuático-Ríos de la selva” de los ECA para Agua ( $\geq 5\text{ mg/L}$ ).

El oxígeno que se encuentra disuelto en el agua, proviene principalmente del oxígeno absorbido de la atmósfera por el movimiento constante del agua, así como también del resultado

del proceso de fotosíntesis del fitoplancton, las algas y las plantas acuáticas (eliminan dióxido de carbono y lo reemplazan con oxígeno). El oxígeno disuelto en el agua es importante para el desarrollo de la vida acuática (peces, plantas, bacterias aerobias, otros), los niveles bajo de la misma es un indicador de contaminación que puede estar en función de la presencia de plantas acuáticas, materia orgánica oxidable, organismos aerobios, existencias de aceites y grasas, entre otros (SENAMHI, 2007).



**Figura 5:** Concentración de oxígeno disuelto (mg/L) por punto de monitoreo.  
*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

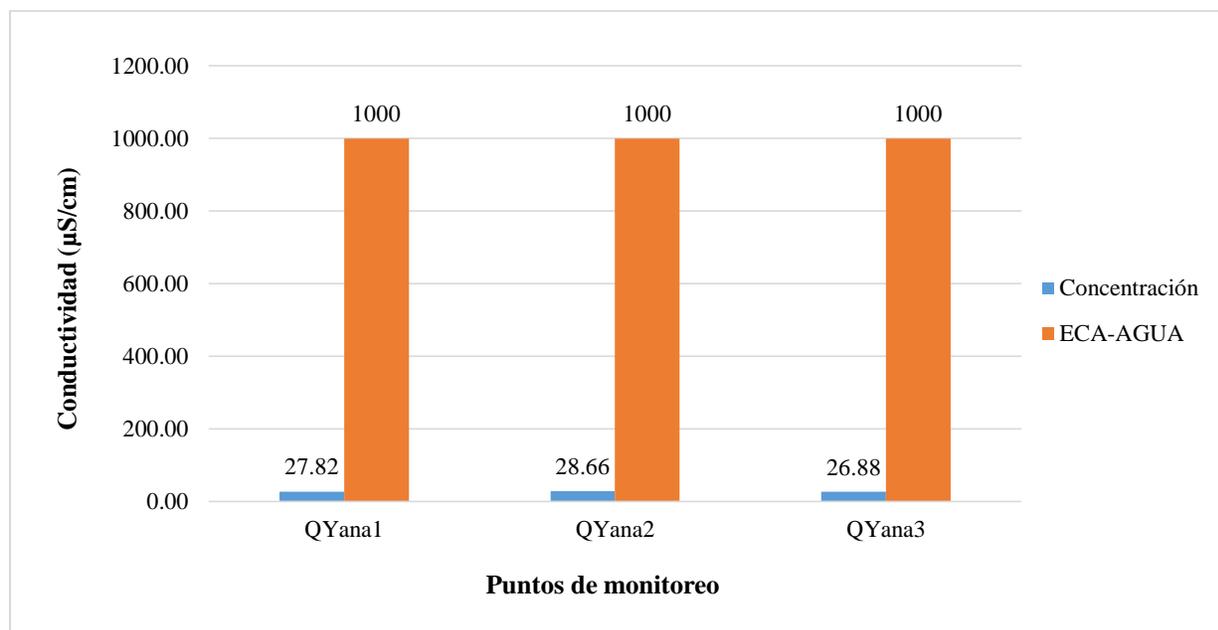
#### 4.3.4 Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Esta capacidad depende de la presencia, movilidad, valencia y concentración de materia ionizable, así como de la temperatura del agua (C. Pérez, León, & Delgadillo, 2013).

En la Figura 6, se puede verificar la concentración de conductividad eléctrica en cada punto de monitoreo. Los resultados en los puntos evaluados: QYan1= 27,82  $\mu$ S/cm, QYana2= 28,66  $\mu$ S/cm y QYana3= 26,88  $\mu$ S/cm indican que los valores se encuentran dentro de lo

establecido por la normativa, con respecto a la categoría 4-E2 “Conservación del ambiente acuático-Ríos de la selva” de los ECA para Agua quien tiene un valor máximo de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

La conductividad de la mayoría de las aguas dulces naturales se encuentra entre los 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a los 350  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; dependiendo asimismo del tipo de geología del lugar (Beita, 2008). La zona de evaluación en los tres puntos presenta suelos de tipo arcillosos, lo que significa que la presencia de sólidos totales en el agua durante la época de estije es baja.



**Figura 6:** Concentración de conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) por punto de monitoreo.

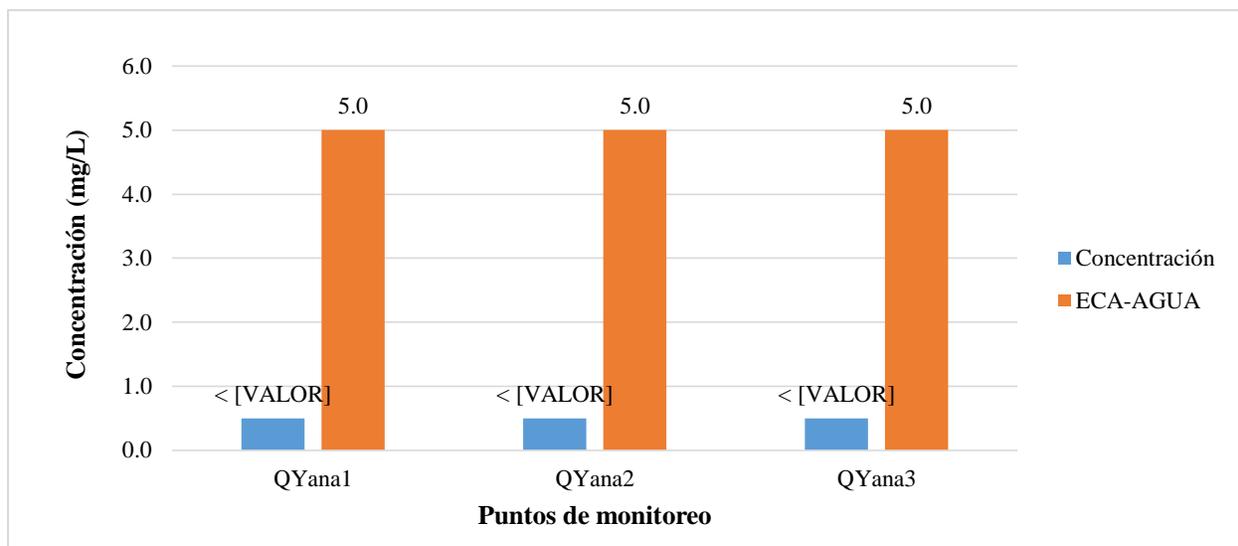
*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

#### 4.4 Resultado 4: Evaluación de los parámetros fisicoquímicos

##### 4.4.1 Aceites y grasas

En la Figura 7, se muestra los resultados de la concentración de aceites y grasas en las estaciones QYan1, QYana2 y QYana3, donde se obtiene un valor  $< 0,5 \text{ mg}/\text{L}$  para los tres puntos, comparando con los ECA-AGUA de la categoría 4-E2 “Conservación del ambiente acuático-Ríos de la selva” (5,0  $\text{mg}/\text{L}$ ), se determina que se encuentran dentro de los valores establecidos por la normativa.

La aparición de aceites y grasas en aguas superficiales “se debe principalmente a la presencia de compuestos orgánicos constituidos por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como de hidrocarburos de petróleo” (Flores, 2009). “Al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Su efecto en las aguas naturales se debe a su interferencia en el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera, además de no permitir el libre paso del oxígeno hacia el agua, ni la salida del CO<sub>2</sub> agua hacia la atmósfera; y en casos extremos llegan a producir la acidificación del agua junto con bajos niveles del oxígeno disuelto, además de interferir con la penetración de la luz solar” (Luvi, 2014).



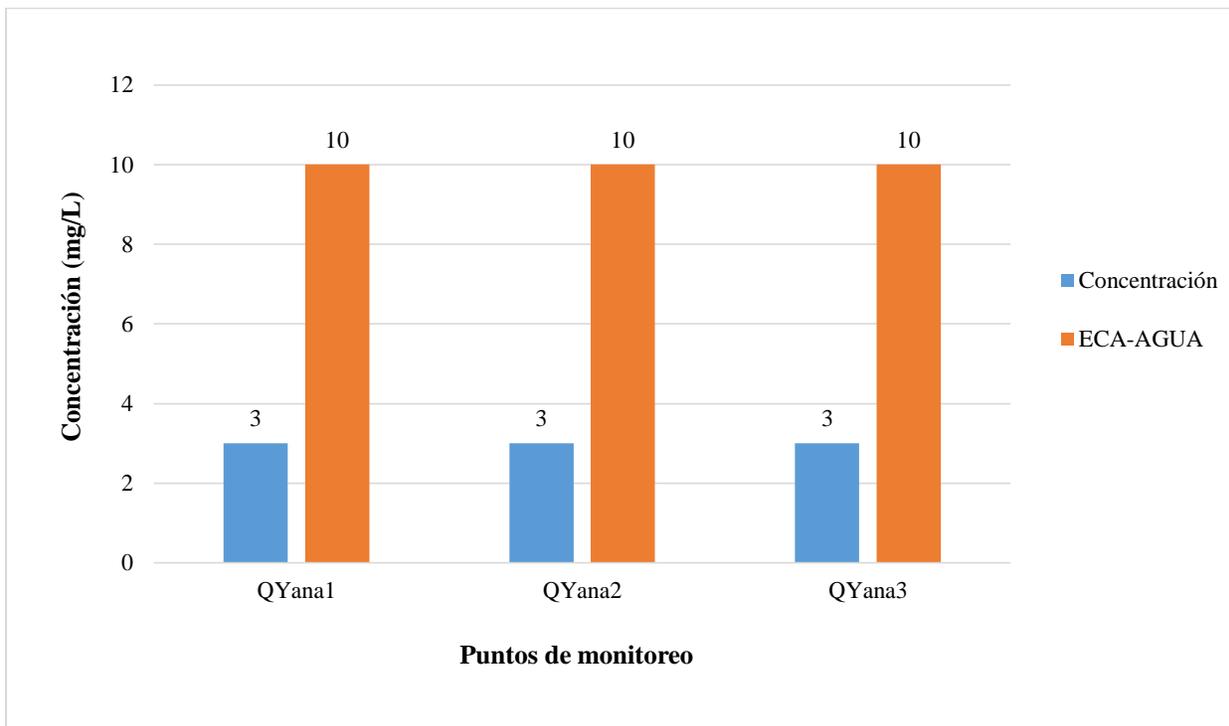
**Figura 7:** Concentración de aceites y grasas (mg/L) por punto de monitoreo.

*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

#### 4.4.2 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

La Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) indica la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para estabilizar, descomponer u oxidar la materia orgánica a través de procesos biológicos, en condiciones aeróbicas. Lo que significa, que este parámetro representa una medida indirecta de materia orgánica transformable biológicamente, por lo que altas concentraciones sería el resultado de contaminación en el agua (C. Rodríguez & Silva, 2015).

En la Figura 8, se puede verificar la concentración de (DBO<sub>5</sub>) en cada punto de monitoreo. Los resultados en los puntos evaluados: QYana1= 3 mg/L, QYana2= 3 mg/L y QYana3= 3 mg/L indican que los valores se encuentran dentro de lo establecido por la normativa, con respecto a la categoría 4-E2 “Conservación del ambiente acuático-Ríos de la selva” de los ECA para Agua del D.S N° 004-2017-MINAM quien tiene un valor límite de 10 mg/L. Esto indica que la presencia de materia orgánica en las zonas muestreadas no representa riesgo significativo de contaminación.

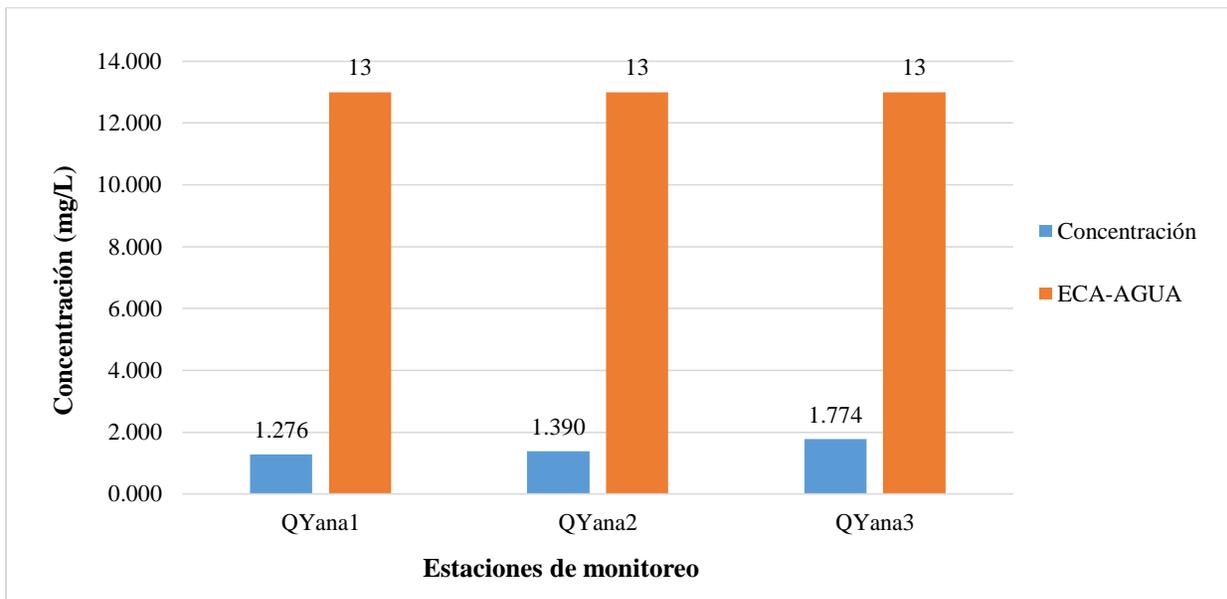


**Figura 8:** Concentración de la demanda biológica de oxígeno (mg/L) por punto de monitoreo.  
*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

#### 4.4.3 Nitratos

En la Figura 9, se observan los resultados de nitratos presentes en las estaciones QYana1= 1,276 mg/L, QYana2= 1,390 mg/L y QYana3=1,974 mg/L; lo que indica que los valores se encuentran dentro de lo establecido en la categoría 4-E2 “Conservación del ambiente acuático-Ríos de la selva” de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (13 mg/L).

Los nitratos representan el mayor estado de oxidación del nitrógeno. De forma natural pueden aparecer en el agua debido a la solubilización de las rocas; pero también aparecen por oxidación de compuestos orgánicos nitrogenados, procedentes principalmente de actividades agrícolas en donde se utilizan gran cantidad de fertilizantes (Reascos & Yar, 2010). Los procesos naturales incluyen además la precipitación, el intemperismo de los minerales y descomposición de la materia orgánica. Los nitratos provenientes de la actividad humana, en concentraciones superiores a las fuentes naturales, incluyen: la escorrentía de terrenos cultivados, efluentes de actividades acuícolas y pecuarias, deforestación de bosques y el cambio en la materia orgánica del suelo como resultado de la rotación de cultivos (Folch, Huanes, Bach, Mas, & Campos, 2009).



**Figura 9:** Concentración de nitratos (mg/L) por punto de monitoreo.

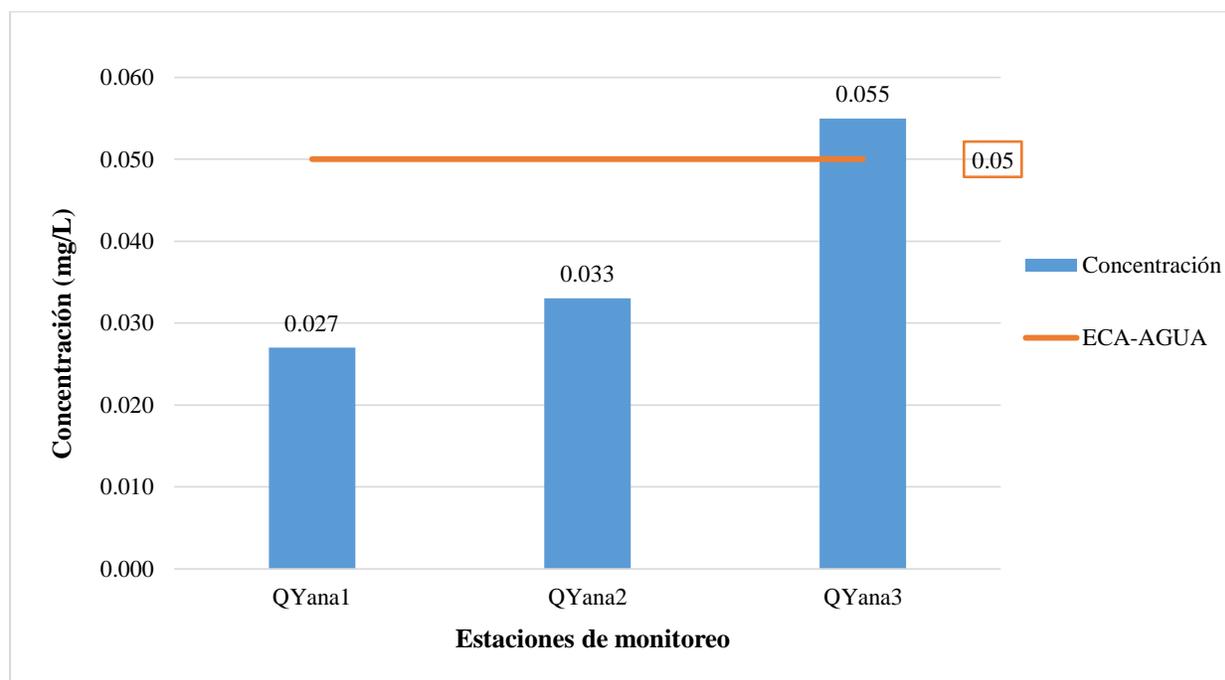
*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

#### 4.4.4 Fósforo total

En la Figura 10, se observan los resultados de la concentración de fósforo total presentes en los tres puntos de monitoreo, de las cuales en las estaciones QYan1= 0,027 mg/L y QYana2= 0.033 mg/L los valores se encuentran dentro de lo establecido en la categoría 4-E2

“Conservación del ambiente acuático-Ríos de la selva” de los ECA para Agua (0,05 mg/L) del D.S N° 004-2017-MINAM; mientras que la estación QYana3= 0,055 mg/L presenta un valor mayor a lo establecido por la normativa, excediendo un mínimo de 0,005 mg/L, por lo que no tendría efectos negativos en la calidad del agua en la zona.

El fósforo es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Su presencia en grandes concentraciones en las aguas superficiales puede provocar el crecimiento incontrolado de algas, a través del fenómeno de la eutrofización. Sus principales fuentes de generación son las escorrentías naturales, así como también los efluentes de las actividades agrícolas, pecuarias y acuícolas, en donde se utilizan nutrientes a base de fósforo (Sánchez, 2016).



**Figura 10:** Concentración de fósforo total (mg/L) por punto de monitoreo.

*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

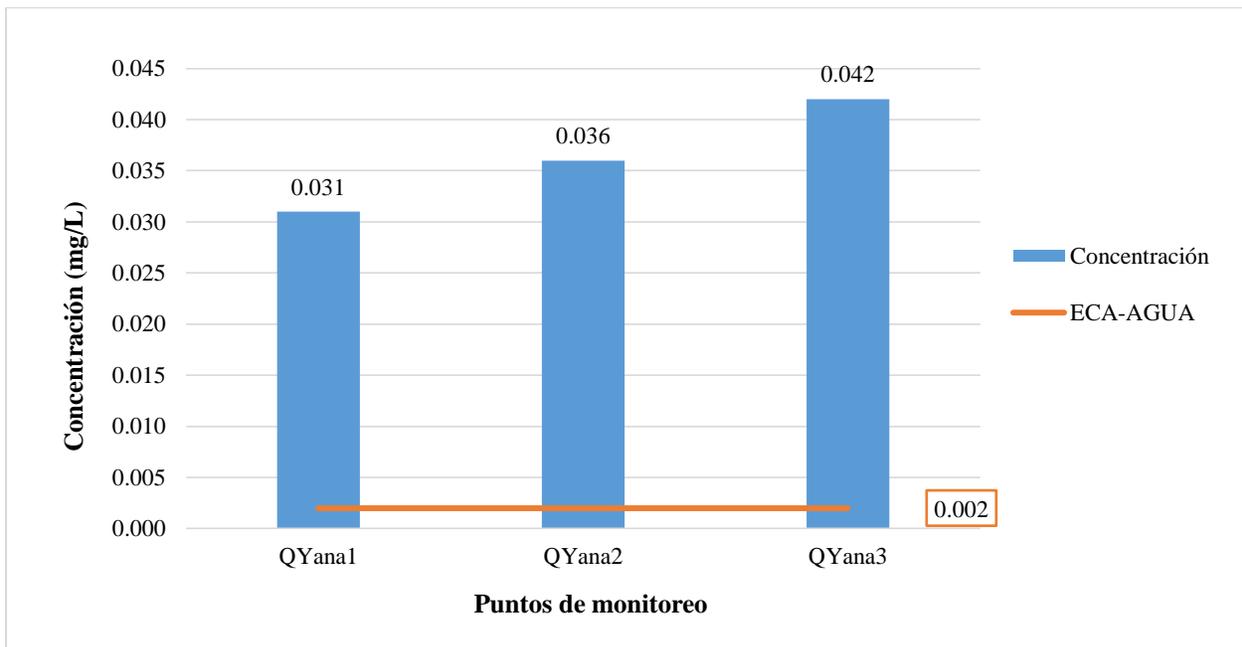
#### 4.4.5 Sulfuros

La presencia de sulfuros en las aguas naturales, en su gran mayoría proviene de la reducción bacteriana del sulfato. Además, pueden existir otras fuentes como la acción

bacteriológica de tipo anaerobia y los vertimientos con gran contenido de compuestos de azufre, como los agroquímicos que son utilizados para el crecimiento de los cultivos (IDEAM, 2007).

En la Figura 11, se puede verificar las concentraciones de sulfuros en las estaciones QYana1= 0,031 mg/L, QYana2= 0,036 mg/L y QYana3=0,042 mg/L; indicando que los resultados exceden los valores establecidos en la categoría 4-E2 “Conservación del ambiente acuático-Ríos de la selva” de los ECA para Agua, quien otorga un valor límite de 0,002 mg/L.

Los sulfuros inhiben la acción de la enzima oxidasa que funciona como un catalizador de la respiración aerobia mitocondrial, disminuyendo la captación de nitrógeno y el crecimiento de las plantas. Además, afectan la acción de la enzima deshidrogenasa en procesos anaerobios (sin uso de oxígeno) de fermentación alcohólica (J. Ayala, 2017).



**Figura 11:** Concentración de fósforo total (mg/L) por punto de monitoreo.

*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- De acuerdo a la evaluación realizada en la presente investigación, se determinó que el agua de la quebrada Yanayacu presenta una buena calidad fisicoquímica para la conservación del ambiente acuático en el valle del Shanusi, pese a que en algunos parámetros existen mínimas variaciones con respecto al valor estándar.
- Con respecto a las hipótesis planteadas se determina que se acepta la H<sub>1</sub> debido a que algunos de los parámetros evaluados no cumplen con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, existiendo mínimas variaciones.
- Las principales fuentes de contaminación encontradas en el área de estudio corresponden en primer lugar a las actividades agrícolas (cultivo de palma aceitera, arroz, cacao, papaya, yuca y plátano), seguido por las actividades acuícolas y pecuarias (crianza de ganado y producción de peces en piscigranjas) y finalmente las actividades poblacionales (inadecuada disposición de excretas, lavado de ropa y servicios) de los centros poblados de Cotoyacu y Puerto Perú.
- En la estación de monitoreo QYana2, el nivel de pH es igual a 5,88, valor que se encuentra por debajo de lo establecido en la categoría 4-E2 “Conservación del ambiente acuático-Ríos de la selva” de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (6,5 – 9,0). En dicha zona se pudo observar gran cantidad de componentes orgánicos, tales como: ramas, troncos, hojas, cobertura boscosa, humus, entre otros; por lo que su valor estaría asociado a la degradación de los mismos, la cual genera la aparición de sustancias como los ácidos húmicos, fúlvicos, himatomelánicos y huminas.
- La temperatura del punto QYana3 fue igual a 30.78 °C, encontrándose fuera del rango establecido para la categoría 4-E2 “Conservación del ambiente acuático-Ríos de la selva” de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, quien tiene un margen de  $\pm 3$  °C ( $\Delta 3$ )

de variación con respecto al promedio mensual multianual (26.6 °C) del área evaluada. En este punto la presencia de árboles es escasa, por lo que los rayos del sol impactan con mayor intensidad en la fuente de agua. Además, teniendo en cuenta la época de monitoreo esta corresponde a estiaje.

- Los resultados obtenidos en los parámetros de oxígeno disuelto y conductividad eléctrica en los tres puntos de monitoreo indican que los valores se encuentran dentro de los ECA para Agua de la categoría 4-E2 “Conservación del ambiente acuático-Ríos de la selva”.
- En la estación QYana3 la concentración de fósforo total es de 0,055 mg/L, superando lo establecido por la normativa, excediendo un mínimo de 0,005 mg/L del ECA-AGUA de la categoría 4-E2 “Conservación del ambiente acuático-Ríos de la selva” (0,05 mg/L). Los cultivos de arroz, papaya, yuca y plátano existentes en la zona es el factor principal de la presencia de fósforo en el agua.
- Con respecto a la concentración de sulfuros en las estaciones QYan1= 0,031 mg/L, QYana2= 0,036 mg/L y QYana3=0,042 mg/L; se determina que estos exceden los valores establecidos en la categoría 4-E2 “Conservación del ambiente acuático-Ríos de la selva” de los ECA para Agua, quien otorga un valor límite de 0,002 mg/L. Las principales fuentes de la presencia de este compuesto se debe principalmente a agricultura intensiva que se desarrolla en las áreas próximas a la quebrada, y en menor proporción a las actividades acuícolas y pecuarias.
- Las concentraciones de los parámetros de aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno y nitratos se encuentran dentro de los valores establecidos por los ECA-AGUA en la categoría 4-E2 “Conservación del ambiente acuático-Ríos de la selva” del D.S N° 004-2017-MINAM.

## **4.2 Recomendaciones**

- Se debe realizar la toma de muestras duplicadas a fin de garantizar la confiabilidad de los resultados.
- Se debe tener en cuenta la importancia del blanco viajero a fin de garantizar la confiabilidad de los resultados.
- Se debe tener en cuenta los resultados del SENAMHI a fin de tener una referencia respecto a las temporadas consideradas de estiaje y de avenida que según sus caudales podrían influenciar en los valores de los parámetros evaluados.

## **4.3 Sugerencias**

- La Autoridad Nacional del Agua debe realizar monitoreos frecuentes de los parámetros de campo como pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica con la finalidad de verificar que las concentraciones se mantengan dentro de los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para Agua de acuerdo a la categoría asignada.
- La Municipalidad Provincial de Alto Amazonas en coordinación con la Autoridad Nacional del Agua deben realizar la delimitación de faja marginal en la quebrada Yanayacu, con el objetivo de prevenir que las actividades poblacionales y productivas que se desarrollan a lo largo de la quebrada puedan producir impactos en la calidad del agua.
- Realizar un mayor estudio de la calidad del agua de la quebrada Yanayacu, que incluya la evaluación de los parámetros inorgánicos, compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos aromáticos, plaguicidas y microbiológicos.

- Realizar charlas de capacitación en los sectores de Cotoyacu y Puerto Perú, con la finalidad de que la población se pueda informar y sensibilizar acerca de los temas: cultura del agua, importancia de la conservación de las fuentes naturales del agua, efectos de la contaminación del agua en la salud, otros temas relacionados.
- Que los gobiernos locales prioricen en la zona del valle del Shanusi la ejecución de proyectos para agua y saneamiento. Además deben gestionar planes de ordenamiento territorial, con el objetivo de prevenir y controlar que el desarrollo de actividades poblacionales, productivas e industriales generen impactos en las fuentes de agua y el ambiente en general.
- Las autoridades competentes en coordinación con los gobiernos locales deben garantizar el cuidado y conservación de los recursos naturales, para ello es importante que se elaboren planes de gestión para proteger zonas donde existe un alto valor en especies de flora y fauna, así como también las cabeceras de cuenca. Dicha medida permitirá que se conserven las especies exóticas y los bosques primarios.
- La presente investigación se encuentra a disposición pública para que pueda ser utilizada en futuros estudios relacionados con la calidad del agua; asimismo, los datos son válidos para la elaboración de línea base referidos a la quebrada Yanayacu.
- Para disminuir las concentraciones de sulfuro presente en el agua se podría utilizar aspectos técnicos de la fitorremediación, a través de la siembra de especies de la zona (en los márgenes de la quebrada) que tengan raíces rizomatosas, las mismas que permitirían la captación de nutrientes asociados a las actividades agrícolas, pecuarias y acuícolas.

## **REFERENCIAS**

Amigos de la Tierra América Latina y el Caribe. (2016). INFORME: Estado del agua en

América Latina y el Caribe. Retrieved from <http://atalc.org/wp-content/uploads/2017/03/Informe-del-agua-LQ.pdf>

Autoridad Nacional del Agua. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (2016). San Isidro, Lima: Marzo 2016.

APHA, AWWA, & WPCF. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (17th ed.). Madrid, España.

Arce, A. (2010). Serie autodidáctica de medición de la Calidad del Agua. Muestreo y preservación de grasas y aceites, y determinación en campo de pH, temperatura y materia flotante. *Comisión Nacional Del Agua*, 27. Retrieved from [http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/fundamentos\\_tecnicos.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/fundamentos_tecnicos.pdf)

Argandoña, L., & Macías, R. (2013). *Determinación de sólidos totales, suspendidos, sedimentados y volátiles, en el efluente de las lagunas de oxidación situadas en la parroquia Colón, Cantón Portoviejo, provincia de Manabí, durante el periodo de marzo a septiembre 2013*. Universidad Técnica de Manabí. Retrieved from <http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101519552#.V09WkCyYus4>

Arias, P., & Sánchez, R. (2013). Investigación sobre la calidad del agua del río La Muerte Venado, San Carlos, Costa Rica. *Dirección Regional de Educación San Carlos*. Ministerio de Educación Pública. Retrieved from <http://www.fod.ac.cr/globe/wp-content/uploads/2014/03/Liceo-Nicolás-Aguilar-Murillo-GLOBE-2013.pdf>

Autoridad Nacional del Agua. (2008). *Delimitación y codificación de unidades hidrográficas en el Perú*. Lima, Perú. Retrieved from <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/1880>

Autoridad Nacional del Agua. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Pub. L. No. Ley N°29338 (2010). Lima, Perú. Retrieved from <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/instrumentos-de-gestion/reglamentos-rh>

Autoridad Nacional del Agua. (2011). *Codificación y clasificación de cursos de agua superficiales del Perú*. Lima, Perú. Retrieved from <http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/ANA/596/ANA0000382.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Autoridad Nacional del Agua. (2013). *Plan Nacional de los Recursos Hídricos del Perú. Autoridad Nacional del Agua (ANA)*. Retrieved from [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/plannacionalrecursos\\_hidricos2013.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/plannacionalrecursos_hidricos2013.pdf)
- Autoridad Nacional del Agua. (2016a). *Evaluación de recursos hídricos de doce cuencas hidrográficas del Perú*. (C. E.i.r.l., Ed.) (1st ed.). Lima, Perú. Retrieved from [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/evaluacion\\_de\\_recursos\\_hidricos\\_de\\_doce\\_cuencas\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/evaluacion_de_recursos_hidricos_de_doce_cuencas_0.pdf)
- Autoridad Nacional del Agua. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, Pub. L. No. R.J. 010-ANA (2016). Ministerio de Agricultura y Riego. Retrieved from <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/209>
- Autoridad Nacional del Agua. (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*. Autoridad Nacional del Agua. Lima, Perú. Retrieved from <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/636>
- Autoridad Nacional del Agua. Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales, Pub. L. No. R. J. 056-ANA (2018). Lima - Perú. Retrieved from <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/2439>
- Avendaño, G. (2015). Calidad del agua. In *Cinco años de la Ley de Recursos Hídricos en el Perú. Segundas jornadas de derechos de aguas* (Primera, pp. 101–116). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Retrieved from [http://departamento.pucp.edu.pe/derecho/wp-content/uploads/2015/12/Libro-Aguas-PUCP\\_Final.pdf](http://departamento.pucp.edu.pe/derecho/wp-content/uploads/2015/12/Libro-Aguas-PUCP_Final.pdf)
- Ayala, J. (2017). Extracción y recuperación de sulfuros de aguas residuales de curtiembres. Bogotá, Colombia. Retrieved from <http://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29n3/0379-3982-tem-29-03-00003.pdf>
- Ayala, L., & Gómez, L. (2014). *Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua de pozo del cantón Agua Zarca, caserío Centro, municipio de Ilobasco, departamento de Cabañas*. Universidad de El Salvador. Retrieved from

<http://ri.ues.edu.sv/6112/1/16103432.pdf>

- Barba, L. (2002). *Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición*. Universidad del Valle. Santiago de Cali. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/conceptos.pdf>
- Barrenechea, A. (2004). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. *Organización Panamericana de La Salud*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Retrieved from [http://lasa.ciga.unam.mx/monitoreo/images/biblioteca/39Proteccion\\_calidad\\_agua\\_subterranea.pdf](http://lasa.ciga.unam.mx/monitoreo/images/biblioteca/39Proteccion_calidad_agua_subterranea.pdf)
- Basualdo, G., & Yacila, J. (2015). *Determinación de arsénico y cadmio en aguas del río Rímac y habas cultivadas en el distrito de San Mateo de Huánchor de la región de Lima*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Retrieved from <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/4155>
- Beita, W. (2008). *Caracterización fisicoquímica de las aguas superficiales de la cuenca del río Rincón en la Península de Osa, Puntarenas, Costa Rica*. Universidad de Costa Rica. Retrieved from [http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/334/TFG\\_Caracterización\\_fisicoquímica\\_de\\_las\\_aguas\\_superficiales\\_de\\_la\\_cuenca\\_del\\_río\\_Rincón\\_en\\_la\\_Península\\_de\\_Osa%2C\\_Puntarenas%2C\\_Costa\\_Rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/334/TFG_Caracterización_fisicoquímica_de_las_aguas_superficiales_de_la_cuenca_del_río_Rincón_en_la_Península_de_Osa%2C_Puntarenas%2C_Costa_Rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bermeo, L., & Santín, J. (2010). *Estudio, diseño y selección de la tecnología adecuada para tratamiento de aguas residuales domésticas para poblaciones menores a 2000 habitantes en la ciudad de Gonzanamá*. Universidad Técnica Particular de Loja. Retrieved from <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1346/3/Lorena.pdf>
- Camargo, J., & Alonso, A. (2007). Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Revista Científica Y Técnica de Ecología Y Medio Ambiente*, 16(2), 98–110. Retrieved from <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=486%0AContaminación>
- Cárdenas, A. (2018). *Resultados del monitoreo de agua superficial de las quebradas Yanayacu y Ushpayacu, cuenca del río Shanusi* (Informe Técnico N° 002-2018-ANA-AAA.A-

ALA/ACP No. CUT: 20662-2018).

Casilla, S. (2014). *Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suchez*. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Retrieved from [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4546/Casilla\\_Quispe\\_Sergio.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4546/Casilla_Quispe_Sergio.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Díaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 111–124. <http://doi.org/10.16925/in.v9i17.811>

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida, Manual I: Teoría. Tomo I*. Lima, Perú: Organización Panamericana de la Salud (OPS). Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/filtrarap1.html>

Chávez, M. (2010). *Evaluación del riesgo por la presencia de contaminantes en agua destinada al uso y consumo humano del acuífero del Valle del Guadiana*. Instituto Politécnico Nacional. Retrieved from <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/9757/261.pdf?sequence=1>

Chung, B. (2008). Control de los contaminantes químicos en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental Y Salud Pública*, 25, 413–418. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/363/36311614012.pdf>

Coello, J. R., Ormaza, R. M., Déley, Á. R., Recalde, C. G., & Rios, A. C. (2015). Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica Y Geográfica*, 15(30), 66–71. Retrieved from <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11281>

Comisión Nacional del Agua. (2016). *Estadísticas del agua en México, edición 2016* (1st ed.). México. Retrieved from [http://201.116.60.25/publicaciones/eam\\_2016.pdf](http://201.116.60.25/publicaciones/eam_2016.pdf)

Consejo Interministerial de Capacitación para la Calidad del Agua. (2011). *Calidad del Agua*

- 101: *Nociones básicas sobre microsistemas de agua potable* (1st ed.). Ottawa - Canadá. Retrieved from [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2016/aac-aafc/A22-542-2011-spa.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2016/aac-aafc/A22-542-2011-spa.pdf)
- Corzo, A. (2015). *Impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca quebrada Párac, distrito de San Mateo de Huanchor, Lima*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Retrieved from [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/6160/CORZO\\_REMIGIO\\_AMELIA\\_IMPACTO\\_MINEROS \(1\).pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/6160/CORZO_REMIGIO_AMELIA_IMPACTO_MINEROS (1).pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Custodio, M., & Pantoja, R. (2012). Impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas. *Apuntes de Ciencia Y Sociedad*, 2(2), 130–137. Retrieved from <http://journals.continental.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/54/53>
- Déniz, F. (2010). *Análisis estadístico de los parámetros DQO, DBO5 y SS de las aguas residuales urbanas en el ensuciamiento de las membranas de ósmosis inversa*. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Retrieved from [https://acceda.ulpgc.es:8443/xmlui/bitstream/10553/4858/2/0622200\\_00000\\_0000.pdf](https://acceda.ulpgc.es:8443/xmlui/bitstream/10553/4858/2/0622200_00000_0000.pdf)
- Desarrollo, P. de las N. U. para el. (2010). *Informe de Desarrollo Humano: Perú 2009*. (MIRZA Editores & Impresores SAC, Ed.), *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo* (1st ed.). Lima - Perú. Retrieved from <http://hdr.undp.org/sites/default/files/idh2009-peru-vol1-2.pdf>
- Díaz, D., & Condori, I. (2007). *Proceso de detoxificación de soluciones cianuradas usando el método INCO en efluentes mineros*. Universidad Nacional de Ingeniería. Retrieved from [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1020/1/diaz\\_id.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1020/1/diaz_id.pdf)
- Echarri, L. (2007). Contaminación del agua. *Universidad de Navarra*. Población, Ecología y Ambiente. <http://doi.org/256325633>
- Espinoza, V., Castillo, R., & Rovira, D. (2014). *Parámetros físico-químicos y microbiológicos como indicadores de la calidad de las aguas de la subcuenca baja del Río David, Provincia de*. Universidad Tecnológica Oteima. Retrieved from <http://www.oteima.ac.pa/nueva/investigaciones/Parámetros Físico-quimico listo.pdf>

- Estela, A., & Chilcón, J. (2017). Comunica daños a las quebradas Cotoyacu y Yanayacu y desabastecimiento de agua a poblados de Cotoyacu y Puerto Perú. Yurimaguas.
- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Revista Química Viva*, 11(3), 147–170. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
- Flores, J. (2009). *Propuesta del índice de calidad del agua residual para el Distrito Federal, utilizando un modelo aritmétrico ponderado*. Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. Retrieved from <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/7901>
- Folch, A., Huanes, M., Bach, J., Mas, J., & Campos, V. (2009). Distribución y origen de la presencia de nitrato en el sistema acuífero de la cuenca del Río Moche - Región de La Libertad (Perú). *Revista Pueblo Continente*, 20(1), 211–219. Retrieved from [http://www.upao.edu.pe/publicaciones/PUEBLO\\_CONTINENTE/PUEBLO\\_CONTINENTE\\_20\(1\)\\_2009.pdf](http://www.upao.edu.pe/publicaciones/PUEBLO_CONTINENTE/PUEBLO_CONTINENTE_20(1)_2009.pdf)
- Gobierno Regional de Loreto. (2010). *Diagnóstico ambiental de la región Loreto*. Iquitos - Perú: Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente. Retrieved from <http://siar.regionloreto.gob.pe/documentos/diagnostico-ambiental-region-loreto>
- Godoy, J. (2003). *Aplicación De medios filtrantes para reducción de fluoruros en agua para consumo*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Retrieved from <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=15514&indexSearch=ID>
- Gómez, G. (2005). *Estudio de los sedimentos de la laguna de Limoncocha*. Universidad Internacional SEK. Retrieved from <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/783967/889476/Estudio+de+los+sedimentos+de+la+laguna+de+Limoncocha..pdf/6e884865-8204-4903-a6fe-6fe92c4fd084%0Ahttp://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=JpAzAQAAMAAJ&oi=fnd&pg=PA6&dq=Universidad+internacional+sek&ots>
- Gonzáles, G., Zevallos, A., Gonzáles, C., Núñez, D., Gastañaga, C., Cabezas, C., ... Steenland, K. (2014). Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una

- revisión del impacto en la salud de la población peruana. *Revista Peruana de Medicina Experimental Y Salud Pública*, 31(3), 547–556. Retrieved from <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v31n3/a21v31n3.pdf>
- Goyenola, G. (2007). *Guía para la utilización de las Valijas Viajeras - Conductividad. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos (RED MAPSA)*. Grupo de Investigación en Ecología Básica y Aplicada de la Asociación Civil sin Fines de Lucro Investigación y Desarrollo. 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)
- Guillén, R., & Quequejana, N. (2003). *Estudio del agua del río Chillón. Universidad Nacional de Ingeniería*. Retrieved from [cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1028/3/guillen\\_mr.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1028/3/guillen_mr.pdf)
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES. S.A. DE C.V* (Sexta). México.
- Herrera, T. (2015). *Evaluación de los aireadores en la planta de tratamiento de agua potable “El Cambio” que abastece a la ciudad de Machala, provincia de El Oro*. Universidad Técnica de Machala. Retrieved from [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3117/1/TESIS\\_FINAL\\_VALERIA\\_HERRERA.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3117/1/TESIS_FINAL_VALERIA_HERRERA.pdf)
- Ibañez, G. (2012). *Elaboración de un plan de manejo ambiental para la conservación de la subcuenca del río San Pablo en el cantón La Maná, provincia de Cotopaxi*. Universidad Técnica de Cotopaxi. Retrieved from <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1577/1/T-UTC-2129.pdf>
- IDEAM. (2007). *Sulfuro en agua por volumetría*. República de Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Retrieved from <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Sulfuro+en+agua+por+volumetría.pdf/769f14b4-55fc-4107-beb6-de229e33ea71>
- Illarramendi, M. (2008). *Calidad del agua en la cuenca del río Guare*. Universidad Simón Bolívar. Retrieved from <https://docplayer.es/44951893-Universidad-simon-bolivar->

decanato-de-estudios-de-postgrado-maestria-en-desarrollo-y-ambiente-calidad-del-agua-en-la-cuenca-del-rio-guare.html

Instituto de Hidrología, M. y E. A. (2015). *Estudio Nacional del Agua 2014* (1st ed.). Bogotá, Colombia. Retrieved from

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Química+de+Oxígeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb>

Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales. (2007). *Demanda química de oxígeno por reflujo cerrado y volumetría*. Bogotá, Colombia. Retrieved from <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Química+de+Oxígeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb>

Instituto de Política Medioambiental Europea. (2013). *La economía de los ecosistemas y la biodiversidad relativa al agua y los humedales*. Retrieved from [https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/teeb\\_waterwetlands\\_execsum\\_2013-sp.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/teeb_waterwetlands_execsum_2013-sp.pdf)

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2015). *Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales*. Lima, Perú. Retrieved from [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1342/libro.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1342/libro.pdf)

Kuroiwa, J. (2012). Recursos hídricos en el Perú. In *Diagnóstico del agua en las américas* (pp. 405–419). Retrieved from <https://www.ianas.org/water/book/brasil.pdf>

Ley N° 28611. Ley General del Ambiente (2005). Lima, Perú.

Loaiza, E. (2009). *Diagnóstico de contaminación de agua en la quebrada Camaronera, Parque Nacional Manuel Antonio, Área de Conservación Pacífico Central, MINAET, Costa Rica*. Universidad de Costa Rica. Retrieved from [http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/11294/DIAGNOSTICO DE CONTAMINACION DE AGUA EN LA QUEBRADA CAMARONERA DEL PARQUE MANUEL ANTONIO - ELIZABETH LOAIZA.do.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/11294/DIAGNOSTICO_DE_CONTAMINACION_DE_AGUA_EN_LA_QUEBRADA_CAMARONERA_DEL_PARQUE_MANUEL_ANTONIO_-_ELIZABETH_LOAIZA.do.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Luvi, U. (2014). *Evaluación de los índices microbiológicos y fisicoquímicos en aguas residuales*

*de la ciudad de Puno – Tratadas con microorganismos nativos*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2821>

Mancheno, G., & Ramos, C. (2015). *Evaluación de la calidad del agua en la quebrada Huarmiyacu del Cantón Urcuquí, provincia de Imbabura para el prediseño de la planta de potabilización de agua para consumo humano de las poblaciones de San Blas y Urcuquí*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9219/3/CD-6112.pdf>

Mejía, M. (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria , en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Retrieved from [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/302/Analisis\\_de\\_la\\_calidad\\_del\\_agua\\_para\\_consumo\\_humano.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/302/Analisis_de_la_calidad_del_agua_para_consumo_humano.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

MINAM. Ley que Modifica la Ley 29338, Ley de Recursos Hídricos mediante el Establecimiento de los Criterios Técnicos para la Identificación y Delimitación de las Cabeceras de Cuenca, Pub. L. No. 30640 (2014).

Minaya, J. (2017). *Parámetros físicos, químicos, microbiológicos, para determinar la calidad del agua en la laguna Moronacocha, época de transición creciente-vaciante. Iquitos. Perú. 2016*. Universidad nacional de la Amazonía Peruana. Retrieved from <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4855>

Ministerio de Salud. (2015). *Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por cadmio*. Lima, Perú: Dirección General de Salud de las Personas. Retrieved from <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3244.pdf>

Ministerio de Sanidad, S. S. e I. (2011). *Calidad del agua de consumo humano en España*. (MSSSI, Ed.) (1st ed.). Madrid, España. Retrieved from [http://www.msssi.gob.es/profesionales/saludPublica/docs/2014\\_INFORME\\_final.pdf](http://www.msssi.gob.es/profesionales/saludPublica/docs/2014_INFORME_final.pdf)

Ministerio del Ambiente. (2012). *Glosario de términos para la gestión ambiental peruana*. Lima, Perú: Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental.

- Retrieved from <http://www.usmp.edu.pe/recursoshumanos/pdf/Glosario-de-Terminos.pdf>
- Neira, M. (2006). *Dureza en aguas de consumo humano y uso industrial, impactos y medidas de mitigación. Estudio de caso: Chile*. Universidad de Chile. Retrieved from [http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2006/neira\\_m/sources/neira\\_m.pdf](http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2006/neira_m/sources/neira_m.pdf)
- Orellana, J. (2005). Características del agua potable. *Ingeniería Sanitaria*. Argentina. Retrieved from [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_03\\_Caracteristicas\\_del\\_Agua\\_Potable.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2007). *La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas* (1st ed.). Roma - Italia. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-a0644s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). Insignia del agua. In FSC (Ed.) (1st ed., p. 100). Roma-Italia. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/018/i3225s/i3225s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la C. y la C. (2003). *Agua para todos, agua para la vida* (1st ed.). Paris, Francia. Retrieved from <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la C. y la C. (2015). *Agua para un mundo sostenible* (1st ed.). Perusa - Italia. Retrieved from [http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts\\_Figures\\_SPA\\_web.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la C. y la C. (2017). *Aguas residuales: El recurso desaprovechado*. (1st ed.). Paris, Francia. <http://doi.org/10.12691/env-3-1-3>
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. (OMS, Ed.) (3rd ed., Vol. 23). Ginebra - Suiza. Retrieved from [http://201.147.150.252:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1262/Investigao\\_e\\_evoluo.pdf?sequence=1](http://201.147.150.252:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1262/Investigao_e_evoluo.pdf?sequence=1)
- Paredes, C. (2016). *Riesgo ecológico del sulfato de bario*. Universidad Nacional Agraria La

- Molina. Retrieved from <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/handle/123456789/3027>
- Paredes, P. (2013). Informe de evaluación del temático de hidrografía-hidrobiología. In *Zonificación Ecológica y Económica de la provincia de Alto Amazonas* (p. 99). Gobierno Regional de Loreto.
- Pérez, A., & Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista Biología Tropical*, 56(4), 1905–1918. Retrieved from <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/download/5769/5510>
- Pérez, C., León, F., & Delgadillo, G. (2013). Tratamiento de aguas. Cuautitlán, México: Universidad Nacional Autónoma de México. Retrieved from [http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/fondo\\_editorial/comite\\_editorial/manuales/tratamiento\\_deaguas\\_manualprac.pdf](http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/fondo_editorial/comite_editorial/manuales/tratamiento_deaguas_manualprac.pdf)
- Pérez, J. (2010). *Caracterización de la calidad del agua en la planta de tratamiento de agua potable y en la red de distribución de la ciudad de Yopal*. Universidad Industrial de Santander. Retrieved from <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133761.pdf>
- Posada, M., & Arroyave, M. (2006). Efectos del mercurio sobre algunas plantas acuáticas tropicales. *Revista EIA*, 6, 57–67. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n6/n6a06.pdf>
- Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. (2009). El agua en un mundo en constante cambio. Retrieved from [http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/wwap\\_WWDR3\\_Facts\\_and\\_Figures\\_SP.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/wwap_WWDR3_Facts_and_Figures_SP.pdf)
- Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. (2016). Perspectivas globales sobre el agua. In *Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2016: Agua y Empleo* (1st ed., pp. 15–27). Paris, Francia: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002441/244103s.pdf>
- Quispe, J. (2016). *Evaluación de la calidad físico química y bacteriológica del agua de riego de la estación experimental de Cota Cota*. Universidad Mayor de San Andrés. Retrieved from

<http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6781/T-2215.pdf?sequence=1>

- Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Revista de La Facultad de Ingeniería Industrial*, 17(1), 71–80. Retrieved from [www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf)
- Reascos, B., & Yar, B. (2010). *Evaluación de la calidad del agua para el consumo humano de las comunidades del Cantón Cotacachi y propuesta de medidas correctivas*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Retrieved from <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/221>
- Rodríguez, C., & Silva, M. (2015). Calidad del agua en la microcuenca alta de la quebrada Estero en San Ramón de Alajuela, Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual*, 15(25), 85–97. Retrieved from <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/22597>
- Rodríguez, J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuel, noviembre . *Revista Pensamiento Actual, Universidad de Costa Rica*, 9(12), 125–134. Retrieved from <file:///C:/Users/Miqueas/Downloads/2842-4409-1-SM.pdf>
- Rodríguez, M. (2013). Calidad del agua. *Universidad Nacional de Córdoba*. Propuesta de plan director de agua potable para las localidades de Unquillo y Mendiolaza. Retrieved from <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/792>
- Rojas, C. (2011). *Estudios de la contaminación de los recursos hídricos en la cuenca del río San Pedro, previos a la construcción de una hidroeléctrica (P.H Las Cruces) en Nayarit, México*. Universidad de Guadalajara. Retrieved from [http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5088/Rojas\\_Mayorquin\\_Citlalli\\_Micaela.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5088/Rojas_Mayorquin_Citlalli_Micaela.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sánchez, S. (2016). *Utilización de la liparita o vulcanita para la reducción de parámetros o indicadores físicos, químicos de aguas residuales domésticas*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/13037>
- SENAMHI. (2018). *Pronóstico Extendido a Nivel Nacional*. San Martín, Perú.

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2007). *Monitoreo de la calidad de agua de los ríos en el Perú*. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/98780819/monitoreo-calidad-de-agua-de-los-rios-del-peru>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2008). *Monitoreo hidrológico de la calidad de agua en la cuenca Amazónica Peruana* (1st ed.). Lima, Perú: Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos. Retrieved from [https://centroderecursos.cultura.pe/sites/default/files/rb/pdf/Evaluacion hidrológica de las cuencas amazonicas peruanas.pdf](https://centroderecursos.cultura.pe/sites/default/files/rb/pdf/Evaluacion%20hidrologica%20de%20las%20cuencas%20amazonicas%20peruanas.pdf)
- Sosa, R., & Carballo, S. (2010). *Caracterización agronómica del agua de riego del campo agrícola experimental de la Universidad Autónoma de Baja California Sur*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur, México. Retrieved from [http://biblio.uabcs.mx/tesis/TE 2339.pdf](http://biblio.uabcs.mx/tesis/TE%202339.pdf)
- Tecnológico, F. C. C. y. (2012). *Diagnóstico del agua en las américas*. Ciudad de México: Red Interamericana de Academias de Ciencias. Retrieved from [http://www.ianas.org/water/book/diagnostico\\_del\\_agua\\_en\\_las\\_americas.pdf](http://www.ianas.org/water/book/diagnostico_del_agua_en_las_americas.pdf)
- Tenesaca, L. (2017). *Evaluación de la calidad de agua del sector Leg Abuga y Oriente Bajo, de la parroquia Bayas del cantón Azogues*. Universidad de Cuenca. Retrieved from [http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28174/1/EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SECTOR LEG ABUFA Y ORIENTE BAJO%2C DE LA PARROQUIA BAYAS DEL CANTÓN AZOGUES.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28174/1/EVALUACIÓN%20DE%20LA%20CALIDAD%20DE%20AGUA%20DEL%20SECTOR%20LEG%20ABUFA%20Y%20ORIENTE%20BAJO%2C%20DE%20LA%20PARROQUIA%20BAYAS%20DEL%20CANTÓN%20AZOGUES.pdf)
- Teves Aguirre, B. M. (2016). *Estudio fisicoquímico de la calidad del agua del río Cacara, región Lima*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Retrieved from <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6797>
- Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 79–94. <http://doi.org/10.11144/Javeriana.IYU18-2.ifcd>
- Triveño, D. (2016). *Influencia del agua del río Mariño en la calidad del agua del río*

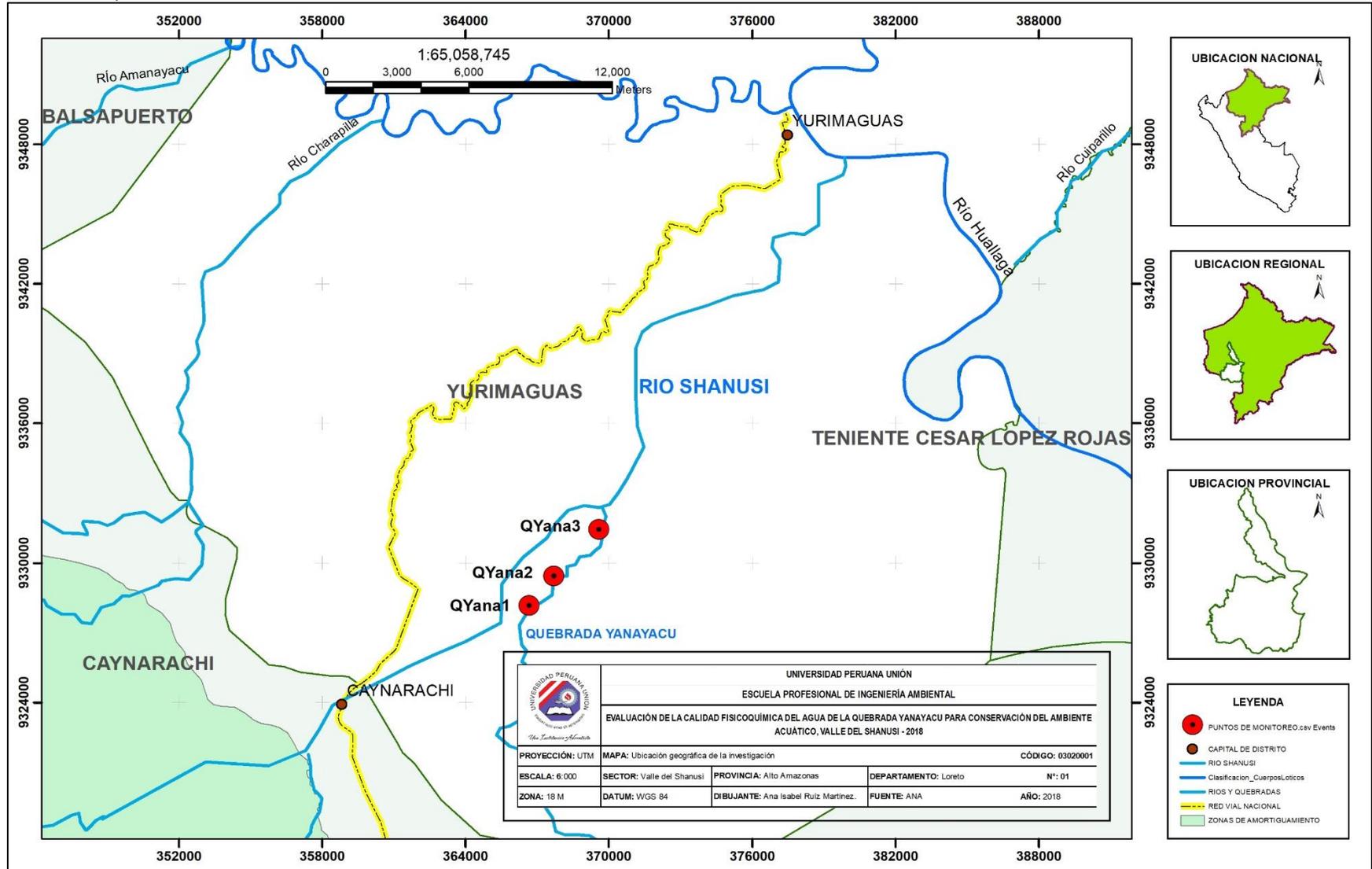
- Pachachaca, Abancay 2016*. Universidad Tecnológica de los Andes. Retrieved from [http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/66/Tesis-Influencia del agua del río mariño en la calidad del agua del río pachachaca%2C Abancay 2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/66/Tesis-Influencia%20del%20agua%20del%20r%C3%ADo%20mari%C3%B1o%20en%20la%20calidad%20del%20agua%20del%20r%C3%ADo%20pachachaca%20Abancay%202016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2008). *Demanda química de oxígeno de muestras acuosas*. (UNAM, Ed.) (3rd ed., Vol. 1). Ciudad de México. Retrieved from [http://cmas.siu.buap.mx/portal\\_pprd/work/sites/redica/resources/LocalContent/127/2/Libro DQO 2008.pdf](http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/redica/resources/LocalContent/127/2/Libro%20DQO%202008.pdf)
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2010). *Calidad del agua: un enfoque multidisciplinario*. (UNAM, Ed.) (1st ed.). Ciudad de México: Instituto de Investigaciones Económicas. Retrieved from <http://ru.iiec.unam.mx/65/1/CalidadAguaImpr.pdf>
- Varela, L., & Suárez, T. (2010). *Determinación del perfil del cliente de la Eco Bola en la ciudad de Bogotá*. Pontificia Universidad Javeriana. Retrieved from <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/economia/tesis290.pdf>
- Vásquez, F. (2010). *Evaluación del índice de calidad del agua en el área de influencia del botadero municipal de Tarapoto sector Yacucatina – San Martín – Perú*. Universidad Nacional de San Martín. Retrieved from <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/UNSM/461>
- Vigil, K. M. (2003). *Clean Water. An Introduction to Water Quality and Water Pollution Control*. Oregon State University Press (Second).
- Villa, M. (2011). *Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi. Propuestas de tratamiento y control de la contaminación*. Universidad de Cádiz. Retrieved from <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/322>
- Vivas, K. (2011). Análisis y parámetros físicos – químicos en el tratamiento de aguas residuales y potables realizado en el Centro de Investigaciones de Microbiología Aplicadas ( CIMA ). *Universidad de Carabobo*. Valencia. Retrieved from <http://portal.facyt.uc.edu.ve/pasantias/informes/P63170122.pdf>
- Yupanqui, E. (2006). *Análisis fisicoquímico de fuentes de aguas termominerales del Callejón de Huaylas*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Retrieved from

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/90/YUPANQUI\\_EDSON\\_ANALISIS\\_FISICOQUIMICO.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/90/YUPANQUI_EDSON_ANALISIS_FISICOQUIMICO.pdf?sequence=1)

Zhen, B. (2009). *Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008*. Universidad Estatal a Distancia. Retrieved from [https://www.uned.ac.cr/ecologiaurbana/images/pdf/Tesis\\_BiYun\\_Zhen.pdf](https://www.uned.ac.cr/ecologiaurbana/images/pdf/Tesis_BiYun_Zhen.pdf)

# **ANEXOS**

Anexo 1: Mapa de ubicación del área de evaluación



Fuente: Elaboración propia, 2018.

# **PLAN DE MONITOREO PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA DE LA QUEBRADA YANAYACU PARA CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO, VALLE DEL SHANUSI – 2018**



**Bach. Ruiz Martínez, ANA ISABEL**

**Investigadora**

**YURIMAGUAS**

**2018**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	114
<b>MARCO NORMATIVO</b> .....	115
<b>1. DATOS GENERALES</b> .....	117
<b>1.1 Objetivo del monitoreo</b> .....	117
<b>1.2 Vías de acceso al sitio</b> .....	117
<b>1.3 Resumen de estudios previos</b> .....	117
<b>1.4 Localización geográfica de los puntos de monitoreo (UTM WGS84)</b> .....	118
<b>1.5 Principales fuentes contaminantes</b> .....	118
<b>2. PLANIFICACIÓN Y PROCEDIMIENTO DEL MONITOREO</b> .....	119
<b>2.1 Localización, distribución y número de puntos de muestreo</b> .....	119
<b>2.2 Parámetros a evaluar en campo</b> .....	119
<b>2.3 Parámetros a evaluar en laboratorio</b> .....	119
<b>2.4 Medición de caudal</b> .....	119
<b>2.5 Medición de los parámetros en campo</b> .....	120
<b>2.6 Procedimiento para la toma de muestras</b> .....	121
<b>2.7 Preservación de las muestras</b> .....	122
<b>2.8 Llenado de la cadena de custodia</b> .....	123
<b>2.9 Almacenamiento y transporte de las muestras</b> .....	123
<b>2.10 Plan de salud y seguridad en el trabajo de campo</b> .....	123
<b>3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	124
<b>4. ANEXOS</b> .....	126

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural necesario para el desarrollo de un gran número de actividades humanas. Su creciente degradación por disminución de su calidad implica la reducción del número de usos que se le da; es por ello, lo que se hace necesario la realización de estudios que permitan determinar la calidad del agua; entre los análisis que se pueden realizar al agua para evaluar su calidad involucra parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

La responsabilidad de velar fielmente por la protección del agua, independientemente de su fuente como las aguas superficiales o subterráneas, evitando en lo posible de no darles un mal uso, degradarlas o contaminarlas, para asegurar el abastecimiento de nuestros descendientes y que puedan disponer del mayor tesoro universal.

El aumento de la población, el explosivo desarrollo urbanístico y el cambio de uso del suelo ha comenzado a tener efectos negativos sobre las áreas de influencia de las fuentes de abastecimiento. Los centros poblados de Cotoyacu y Puerto Perú ubicados en el distrito de Yurimaguas, provincia de Alto Amazonas en la región Loreto, no es ajena esta realidad ya que con el pasar de los años se ha venido generando impactos por las diversas actividades antrópicas que se desarrollan en áreas próximas a las fuentes de abastecimiento (quebradas del sector) y otros casos en que la población ha crecido sin la adecuada infraestructura sanitaria.

La reducción en la salud ambiental comienza a ser evidente; sin embargo, se hace necesario contar con la información precisa y actualizada sobre la calidad del agua, con la finalidad de evaluar de que la misma cumpla con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua de la categoría 4 “Conservación del ambiente acuático”, valores establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

## MARCO NORMATIVO

### **Constitución Política del Perú**

En el Título I, Capítulo I, artículo 2º inc. 22 dice, que toda persona tiene derecho a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida. Además, en el título II y capítulo II, artículos 66º al 68º sostiene que los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación, por ende, el Estado es soberano en su aprovechamiento; así mismo el Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales y está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

### **Ley N° 28611 - Ley General de Ambiente**

Según la Ley N° 28611, (2005) establece en sus artículos 66, 90 y 120 indican que la prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental. Es responsabilidad del estado a través de la Autoridad de Salud y de las personas jurídicas y naturales contribuir a una gestión del ambiente. Por otra parte, en el artículo 90 el estado promueve y controla el aprovechamiento sostenible de las aguas continentales a través de gestión integradas.

### **Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos**

Según la Ley 29338, aprobada por Decreto Supremo N° 001 – 2010 - AG. (ANA, 2010): En su artículo 76 la ANA en coordinación con el Consejo de Cuenca, en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, sea en cauces naturales o artificiales, controla, supervisa. Fiscaliza el cumplimiento de calidad ambiental sobre la base de los ECAs para el agua. Ley que modifica la Ley N° 29338, ley de Recursos Hídricos, Ley N° 30640 mediante el Decreto Legislativo N° 1285 establecimiento de los criterios técnicos para la identificación y delimitación de las cabeceras de cuenca (MINAM, 2014):

**Artículo 1:** “La presente ley tiene por objeto regular la conservación y protección de las cabeceras de cuenca, incorporando en el artículo 75 de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, el establecimiento de los criterios técnicos para la identificación y delimitación de las

cabeceras de cuenca, a fin de evaluar la implementación de medidas especiales para su protección y conservación según su vulnerabilidad”.

### **Decreto Supremo N° 001-2010-AG. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos**

El presente reglamento de la Ley de Recursos Hídricos tiene aspectos resaltantes, entre ellos se puede mencionar que; ratifica que el agua es patrimonio de la Nación y que no hay propiedad privada sobre dicho bien.

La ANA ejerce la administración exclusiva de las aguas, considerando al uso del agua con fines agrarios como el primer orden de preferencia entre los usos productivos y al mismo tiempo permitirá la protección, explotación racional y recuperación de los acuíferos, que son el gran reservorio para abastecer a futuras generaciones. También se señala que se define el rol que corresponde a cada uno de los actores que participan en la gestión del agua, ordenando la intervención de todas las entidades públicas y privadas en dicha gestión.

### **Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA**

La (ANA, 2018); aprueba “la clasificación de cuerpos de agua continentales superficiales considerado la adecuación de instrumentos de gestión ambiental en evaluación. En el Artículo 2 precedente, a efectos de aplicar la clasificación de Cuerpos de Agua aprobada mediante la presente Resolución. Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados En tanto, esta Autoridad no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua a través del procedimiento de clasificación, se aplica la categoría del recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de esta Autoridad, conforme a lo previsto en la Tercera Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM”.

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

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias, en el Artículo 1.- Objeto de la norma, “compila las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo”. Esta compilación normativa modifica y

elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

En el Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua. Para la presente investigación se tomará en cuenta la siguiente categoría:

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

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

**Subcategoría E1: Lagunas y lagos**, entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

**Subcategoría E2: Ríos**, entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

**Ríos de la costa y sierra:** Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

**Ríos de la selva:** Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

## **1. DATOS GENERALES**

### **1.1 Objetivo del monitoreo**

- Evaluar y determinar la calidad fisicoquímica del agua de la quebrada Yanayacu para la conservación del ambiente acuático en el valle del Shanusi.

### **1.2 Vías de acceso al sitio**

El tramo de la quebrada Yanayacu a monitorear se ubica entre los centros poblados Cotoyacu y Puerto Perú, los mismos que se encuentran dentro del sector del kilómetro 40 de la carretera Yurimaguas – Tarapoto al margen izquierdo, siguiendo una trocha carrozable en dirección al norte a 20 minutos en vehículo de doble eje.

### **1.3 Resumen de estudios previos**

Para la actividad de toma de muestras se tiene que identificar exactamente las estaciones o puntos de monitoreo utilizando un GPS, con las coordenadas en el sistema UTM y su estándar geodésico WGS84.

#### 1.4 Localización geográfica de los puntos de monitoreo (UTM WGS84)

##### QYana1

X = 0366656

Y = 9328167

Altitud: 158 msnm

##### QYana2

X = 367684

Y = 9329443

Altitud: 153 msnm

##### QYana3

X = 369575

Y = 9331447

Altitud: 145 msnm

#### 1.5 Principales fuentes contaminantes

**Tabla 1**

Principales fuentes contaminantes.

Tramo	Tipo de fuente	Descripción	Principales contaminantes
QYana-1	Agrícola	Este tramo se ve influencia por la presencia de grandes extensiones de cultivos de arroz (en el margen izquierdo) y palma aceitera (en el margen derecho).	Nutrientes, que son derivados de las actividades agrícolas, tales como: el nitrógeno, carbono, fósforo, potasio, azufre, entre otros.
QYana-2	Acuícola	Alrededor de esta zona existe la presencia de varias piscigranjas en ambos márgenes de la quebrada, en donde se cría peces, tales como: gamitana, boquichico, bujurqui, etc.	Compuestos orgánicos y nutrientes derivados de la alimentación de los peces tales como: las sales minerales, proteínas, carbohidratos, etc.
QYana-3	Poblacional y agrícola	En este punto se encuentra ubicado el centro poblado de Cotoyacu, el mismo que utiliza el agua de la quebrada para fines domésticos. Además, existen extensiones de cultivos de cacao, plátano y arroz.	Compuestos orgánicos de la actividad poblacional (inadecuada disposición de excretas), aguas de lavado (ropa y servicios) y nutrientes agrícolas como nitrógeno, fósforo, potasio, etc.
QYana-4	Pecuaria y acuícola	En este tramo se desarrolla actividades de crianza de ganado en ambos márgenes de la quebrada. Asimismo, existe la presencia de piscigranjas en el margen izquierdo.	Compuestos orgánicos formados por estiércol y purines (orina). Nutrientes derivados de la alimentación de los peces (proteínas y carbohidratos).

QYana-5	Agrícola y poblacional	En este punto se encuentra ubicado el sector de Puerto Perú, población que utiliza la fuente de agua para uso doméstico. Además existe una gran extensión de cultivos de papaya, arroz, plátano y yuca.	Compuestos orgánicos de la actividad poblacional (inadecuada disposición de excretas) aguas de lavado (ropa y servicios) y nutrientes agrícolas como nitrógeno, fósforo, potasio, etc.
---------	------------------------	---	--

*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

## 2. PLANIFICACIÓN Y PROCEDIMIENTO DEL MONITOREO

### 2.1 Localización, distribución y número de puntos de muestreo

**Localización:** Los puntos de muestreo se encontrarán ubicados dentro del área de influencia de los centros poblados Cotoyacu y Puerto Perú, tomando como referencia la trocha carrozable en dirección al norte hacía el centro poblado de Puerto Perú.

**Distribución:** Se tomarán tres (03) puntos de muestreo en la quebrada Yanayacu, que engloban los sectores de los centros poblados Cotoyacu y Puerto Perú.

**Número de puntos:** Tres (03) puntos de muestreo.

### 2.2 Parámetros a evaluar en campo

- Potencial de hidrógeno (pH)
- Temperatura
- Oxígeno disuelto
- Conductividad eléctrica

### 2.3 Parámetros a evaluar en laboratorio

- Aceites y grasas
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
- Fósforo total
- Nitratos
- Sulfuros

### 2.4 Medición de caudal

Para esta investigación se hará uso de un medidor de velocidad (correntómetro) para determinar la velocidad superficial del agua y luego mediante la medición del área transversal del curso de agua. Para ello, se deberá seguir las siguientes recomendaciones brindadas por el protocolo:

- Buscar el tramo del cuerpo de agua más cercano al punto de monitoreo que presente un cauce lo más homogéneo posible.
- Buscar un tramo donde no existan materiales u objetos que obstruyan el paso del agua.
- Realizar las lecturas de velocidad en los márgenes izquierdo, derecho y centro del cuerpo de agua y el largo de la línea transversal.
- Realizar la medición del ancho del cuerpo de agua usando una cinta métrica.

### **Método del correntómetro**

Este método “estima la velocidad del agua por medio de un instrumento llamado correntómetro que mide la velocidad en un punto dado de la masa de agua. Como el correntómetro mide la velocidad en un punto, para obtener la velocidad media de un curso de agua se debe, en ciertos casos, medir la velocidad en dos, tres o más puntos a diversas profundidades a lo largo de una vertical y a partir de la superficie del agua”. Conocidas las velocidades se calcula el área de la sección transversal, la cual se utilizará para el cálculo del caudal aplicando la fórmula:

$$Q = V \times A$$

Donde

V: Velocidad determinada por el correntómetro

A: Área de la sección transversal

### **2.5 Medición de los parámetros en campo**

Para la evaluación de los parámetros de campo se utilizará un equipo multiparamétrico marca PONSEL, modelo ODEON, el mismo que cuenta con dos (02) entradas para varios sensores en simultáneo, permite la medición de parámetros como: potencial de hidrógeno (pH), temperatura, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica. Asimismo, cuenta con una gran capacidad para el almacenamiento de datos y su gran pantalla gráfica, con iluminación de fondo, permite un manejo sencillo. Para realizar esta actividad se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- En caso de fuentes de aguas superficiales accesibles y de bajo caudal, se recomienda tomar los parámetros de campo directamente del cuerpo de agua.
- Inmediatamente después de medir los parámetros, registrar los datos en los formatos de campo, de acuerdo al modelo del Anexo 1.

- Limpiar el equipo de muestreo inmediatamente después de su uso, a fin de evitar posibles contaminaciones o deterioro.
- Mantener los registros de control de los equipos actualizados para asegurar su mantenimiento y calibración.

## **2.6 Procedimiento para la toma de muestras**

Para garantizar el trabajo se considera lo siguiente:

- Asegurar de que los frascos de muestreo cumplan con los requisitos técnicos mínimos establecidos en el protocolo y de acuerdo con la metodología estandarizada de análisis para cada parámetro.
- Antes de iniciar la toma de muestras los frascos se deberán rotular con etiquetas autoadhesivas, conteniendo como mínimo los siguientes datos: nombre del solicitante, código del punto de muestreo, tipo de cuerpo de agua, fecha y hora de muestreo, nombre del responsable de la toma de muestra, tipo de análisis requerido, preservación y tipo de reactivo (si lo requiere). Además, se recomienda cubrir la etiqueta con cinta transparente a fin de protegerla de la humedad.
- La persona responsable de la toma de muestras, deberá colocarse los guantes descartables, mascarillas y gafas protectoras.
- Aislar, en el mayor grado posible los recipientes de muestreo de las posibles fuentes de contaminación.
- Ubicarse en un punto medio de la corriente principal, donde la corriente sea homogénea, evitando aguas estancadas y poco profundas.
- Mantener los frascos tapados durante todo el monitoreo.
- Evitar la perturbación del sitio de muestreo.
- Enjuagar cuidadosamente los frascos y recipientes de muestreo.
- Evitar introducir en la muestra las manos o guantes, asimismo no tocar los frascos en su interior.
- Examinar si cada muestra colectada contiene partículas grandes como hojas, detritus o algas, si esto son observados, la muestra debe ser descartada y tomada nuevamente.
- Para los parámetros orgánicos (aceites y grasas, hidrocarburos de petróleo, etc.) la toma de muestras se realiza en la superficie.

- Considerar un espacio de alrededor de 1% aproximadamente de la capacidad del envase para aquellos parámetros que requieran preservación
- Para el parámetro de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), el frasco debe llenarse lentamente en su totalidad para evitar la formación de burbujas.
- Contar con todos los registros de campo para el monitoreo (cadena de custodia, formato de campo), debidamente llenadas con letra clara y legible.

## 2.7 Preservación de las muestras

La preservación de la muestra se encuentra establecido de acuerdo a la R.J 010-2016-ANA, anexo VII, para ello se consideró parámetros físicos-químicos para el análisis de calidad de agua en la quebrada Yanayacu.

- Una vez tomada la muestra de agua, se procederá inmediatamente a adicionarle el preservante para los parámetros requeridos, tal como lo indica la Tabla N° 1, una vez preservada la muestra, homogenizar y cerrar herméticamente los recipientes.
- Se deberán considerar las medidas de seguridad en la manipulación de reactivos utilizados, teniendo en cuenta las normas de seguridad y protección personal para sustancias químicas siguiendo las recomendaciones de los fabricantes.
- Los reactivos deben manipularse adecuadamente para evitar el contacto con los ojos, labios y la piel (manos) y de esa manera provocar la corrosión.
- Asimismo, deben tomarse precauciones para evitar la inhalación de gases tóxicos y la ingestión de materiales tóxicos a través de la nariz, boca y piel; por lo cual es necesario el uso de mascarillas, gafas de seguridad y guantes delgados de nitrilo o vinilo de color verde o celeste.
- Durante el trabajo de campo, los reactivos se deben almacenar de forma separada de los recipientes para muestras y otros equipos en un cooler pequeño, limpio y seguro para impedir la contaminación cruzada.

**Tabla 2**  
Parámetros a monitorear.

Parámetro	Tipo de recipiente	Condiciones de preservación y almacenamiento	Tiempo máximo de almacenamiento
Aceites y grasas	Vidrio, boca	Acidificar a pH 1 – 2 con HCL, HNO <sub>3</sub>	1 mes

Demanda bioquímica de oxígeno	ancha Plástico o vidrio	Llenar recipiente y sellar sin burbujas. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	24 horas
Nitratos	Plástico o vidrio	Filtrar in situ	4 días
Fósforo total	PE-HD o PTFE/PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> o HNO <sub>3</sub>	1 mes
Sulfuros	Plástico	Fijar el sulfuro al agregar 2 ml de solución de acetato de zinc. Si el pH no está entre 8,5-9,0 agregar NaOH.	7 días

*Fuente: Tomado de la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA.*

## 2.8 Llenado de la cadena de custodia

- Para el llenado de la cadena de custodia como mínimo se deben considerar los datos presentes en el Anexo 2.
- Para su ingreso al laboratorio de análisis, las muestras deberán ir acompañadas de la cadena de custodia debidamente llenada y protegida en un sobre plastificado a fin de evitar que se deteriore, y enviarla dentro del cooler que contiene las muestras.

## 2.9 Almacenamiento y transporte de las muestras

- En esta etapa se deberá llenar la respectiva cadena de custodia. Asimismo, las muestras se almacenarán en el cooler otorgado por el laboratorio, donde también se deberá remitir la cadena de custodia y se enviará para el análisis respectivo.
- Los frascos se deberán almacenar en el cooler respectivo de forma vertical para que no ocurran derrames ni se expongan a la luz del sol.
- Los recipientes de vidrios se deben embalar con bolsas poliburbujas para evitar roturas durante el transporte.
- Dentro del cooler para su conservación, las muestras recolectadas se deben acondicionar con refrigerantes (ice-pack).
- Cerrar herméticamente el cooler y transportar inmediatamente al laboratorio.

## 2.10 Plan de salud y seguridad en el trabajo de campo

El amplio rango de condiciones encontradas en los muestreos de calidad de agua un personal puede someter a una variedad de riesgos para la seguridad y salud, para prevenir daños personales en campo de deberán tener en cuenta los siguientes:

- El personal que desarrolla el trabajo de campo de contar con la indumentaria y el EPP, necesario para la ejecución de actividad.

- La ubicación del punto de monitoreo deberá ser seleccionado de tal modo que esté garantizado el acceso y la toma de muestra de agua en condiciones seguras.
- Evitar el ingreso a ríos caudalosos o profundos para la toma de muestra.
- En cuerpos de aguas o ríos navegables se utilizará chalecos salvavidas.
- En caso de presentarse lluvias torrenciales y permanente se debe paralizar el monitoreo para la seguridad del personal y protección de los materiales o equipos.
- Se debe contar en todo momento con un botiquín de primeros auxilios, linterna, radio de comunicación entre otros.

### 3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA, AWWA, & WPCF. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (17th ed.). Madrid, España.
- Autoridad Nacional del Agua. (2008). *Delimitación y codificación de unidades hidrográficas en el Perú*. Lima, Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. Reglamento de la ley de Recursos Hídricos, Pub. L. No. Ley N°29338, 1 (2010). Lima, Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (2011). *Codificación y clasificación de cursos de agua superficiales del Perú*. Lima, Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (2013). *Plan Nacional de los Recursos Hídricos del Perú. Autoridad Nacional del Agua (ANA)*.
- Autoridad Nacional del Agua. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, Pub. L. No. R.J. 010-ANA, 92 (2016). Ministerio de Agricultura y Riego. Retrieved from <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/209>
- Autoridad Nacional del Agua. (2016b). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. San Isidro, Lima: Marzo 2016.
- Ley N° 28611. Ley General del Ambiente (2005). Lima, Perú.
- Ministerio del Ambiente. Ley que Modifica la Ley 29338, Ley de Recursos Hídricos mediante el Establecimiento de los Criterios Técnicos para la Identificación y Delimitación de las Cabeceras de Cuenca, Pub. L. No. 30640, 529896 (2014).
- Ministerio de Salud. (2015). Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por cadmio. Lima, Perú: Dirección General de Salud de las Personas. Retrieved from <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3244.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2012). Glosario de términos para la gestión ambiental peruana. Lima, Perú: Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental. Retrieved from <http://www.usmp.edu.pe/recursoshumanos/pdf/Glosario-de-Terminos.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017). *Aguas residuales: El recurso desaprovechado*. (1st ed.). Paris, Francia. <https://doi.org/10.12691/env-3-1-3>
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. (OMS, Ed.) (3rd ed., Vol. 23). Ginebra - Suiza. Retrieved from [http://201.147.150.252:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1262/Investigao\\_e](http://201.147.150.252:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1262/Investigao_e)

- Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. (2016). Perspectivas globales sobre el agua. In *Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2016: Agua y Empleo* (1st ed., pp. 15–27). Paris, Francia: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).
- SENAMHI. (2018). *Pronóstico Extendido a Nivel Nacional*. San Martín, Perú.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2008). *Monitoreo hidrológico de la calidad de agua en la cuenca Amazónica Peruana* (1st ed.). Lima, Perú: Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos. Retrieved from [https://centroderecursos.cultura.pe/sites/default/files/rb/pdf/Evaluacion hidrológica de las cuencas amazonicas peruanas.pdf](https://centroderecursos.cultura.pe/sites/default/files/rb/pdf/Evaluacion_hidrologica_de_las_cuencas_amazonicas_peruanas.pdf)

#### 4. ANEXOS

##### ANEXO 1: REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

CUENCA: \_\_\_\_\_

REALIZADO POR: \_\_\_\_\_

AAA/ALA: \_\_\_\_\_

RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

Punto de monitoreo	Descripción origen/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas <sup>1</sup>		Altura	Fecha	Hora	pH	T	OD	COND	Caudal / <sup>2</sup> profundidad	Observaciones <sup>3</sup>
						Norte/Sur	Este/Oeste	msnm				°C	mg/L	µS/cm	m <sup>3</sup> /s o m	

<sup>1</sup> Las coordenadas del punto de control deberán ser expresadas en sistema UTM para puntos en cuerpos de agua continental y en sistema geográfico para puntos de monitoreo en el mar, ambos en estándar geodésico WGS84.

<sup>2</sup> Para el caso de cuerpo lótico, indicar el caudal. Para el caso de cuerpo léntico o marino-costero, indicar la profundidad.

<sup>3</sup> Las observaciones en campo se refieren, entre otros, a características atípicas tales como coloración anormal del agua, abundancia de algas o vegetación acuática, presencia de residuos, actividades humanas, presencia de animales y otros factores que modifiquen las características naturales del cuerpo de agua.

\_\_\_\_\_  
Firma del responsable del monitoreo



**Anexo 3:** Fichas de identificación de puntos de monitoreo.

**FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO**

Nombre del cuerpo de agua : Quebrada Yanayacu

Clasificación del cuerpo de agua : Categoría 4 "Conservación del ambiente acuático"  
(Clasificado de acuerdo a la R. J N° 056-2018-ANA)

**IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO**

Código del punto de monitoreo QYana1  
(Según lo indicado en el ítem 6.5.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales)

Descripción (Origen/Ubicación) Quebrada Yanayacu, a 200 metros aguas abajo del punto de confluencia con la quebrada Zocorita.

Accesibilidad (Describir ruta) Entrada al centro poblado Cotoyacu en dirección norte, a 2 Km del margen derecho, realizando una caminata de aproximadamente 15 minutos.

Finalidad del monitoreo Evaluación de la calidad físico-química del agua.  
(Describir la finalidad del punto de monitoreo: vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante, otros)

**UBICACIÓN**

Localidad	Distrito	Provincia	Departamento
<u>Cotoyacu</u>	<u>Yotimaguas</u>	<u>Alto Amazonas</u>	<u>Loreto</u>

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas  Proyección UTM  Geográficas

Norte	<u>9328167</u>	Zona	<u>18 N</u>	(17,18 o 19 para UTM solamente)
Este	<u>366696</u>	Altitud	<u>158</u>	(metros sobre el nivel del mar)

**Croquis de ubicación del punto de monitoreo** (referencia)



**Fotografía** (tomada a mínimo 20 metros de distancia del punto de monitoreo)



Elaborado por: Ana Isobel Ruiz Martínez Fecha: 30/09/2018

## FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

Nombre del cuerpo de agua : Quebrada Yanayacu  
 Clasificación del cuerpo de agua : Categoría 4 "Conservación del ambiente acuático"  
(Clasificado de acuerdo a la R. J N° 056-2018-ANA)

### IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo QYana2  
(Según lo indicado en el ítem 6.5.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales)

Descripción (Origen/Ubicación) Quebrada Yanayacu aguas abajo, a 500 metros del margen derecho en orientación norte del centro poblado Cotoyacu.

Accesibilidad (Describir ruta) Referencia: Del centro educativo del centro poblado Cotoyacu, en tramo 500 metros hacia el margen derecho.

Finalidad del monitoreo Evaluación de la calidad físico-química del agua.  
(Describir la finalidad del punto de monitoreo: vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante, otros)

### UBICACIÓN

Localidad	Distrito	Provincia	Departamento
<u>Cotoyacu</u>	<u>Yurimagues</u>	<u>Alto Amazonas</u>	<u>Loreto</u>

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas  Proyección UTM  
 Geográficas

Norte	<u>9329443</u>	Zona	<u>18 M</u>	(17,18 o 19 para UTM solamente)
Este	<u>367684</u>	Altitud	<u>153</u>	(metros sobre el nivel del mar)

<p><b>Croquis de ubicación del punto de monitoreo</b> (referencia)</p> <p><b>Leyenda</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carretera</li> <li>• Ruta de caminata</li> <li>• Quebrada Yanayacu</li> </ul>	<p><b>Fotografía</b> (tomada a mínimo 20 metros de distancia del punto de monitoreo)</p>
---	--

Elaborado por: Ana Isobel Ruiz Martínez. Fecha: 30/09/2018.

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

## FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

Nombre del cuerpo de agua : Quebrada Yanayacu

Clasificación del cuerpo de agua : Categoría 4 «Conservación del ambiente acuático»  
(Clasificado de acuerdo a la R. J N° 056-2018-ANA)

### IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo QYana3  
(Según lo indicado en el ítem 6.5.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales)

Descripción (Origen/Ubicación) Quebrada Yanayacu aguas abajo, a 500 metros del margen izquierdo en orientación norte del centro poblado Puerto Perú.

Accesibilidad (Describir ruta) A un kilómetro del puente de la entrada de Puerto Perú, comenzar de 10 minutos hacia el margen izquierdo.

Finalidad del monitoreo Evaluación de la calidad físico-química del agua.  
(Describir la finalidad del punto de monitoreo: vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante, otros)

### UBICACIÓN

Localidad	Distrito	Provincia	Departamento
<u>Puerto Perú</u>	<u>Yoromaguas</u>	<u>Alto Amazonas</u>	<u>Loreto</u>

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas  Proyección UTM  
 Geográficas

Norte	<u>9331465</u>	Zona	<u>18 M</u>	(17,18 o 19 para UTM solamente)
Este	<u>369578</u>	Altitud	<u>145</u>	(metros sobre el nivel del mar)

### Croquis de ubicación del punto de monitoreo (referencia)



### Fotografía (tomada a mínimo 20 metros de distancia del punto de monitoreo)



Elaborado por: Ana Isabel Ruiz Martínez. Fecha: 30/09/2018.

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

**Anexo 4:** Certificado de calibración del multiparámetro.



**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 018**

SERVICIOS Y SUMINISTROS PARA LABORATORIO



**INACAL**  
DA - Perú  
Laboratorio de Calibración  
Acreditado

Registro N° LC - 018

**LAB. FÍSICO QUÍMICA**

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### LFQ - 146 - 2018

Pág. 1 de 2

<b>EXPEDIENTE</b>	E18071834	<p><i>La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura de aproximadamente k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre de la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95% de confianza. Los resultados reportados son válidos sólo para el objeto calibrado y corresponden a las condiciones y momento en que se realizó la calibración y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de productos. Al solicitante y/o usuario le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición. Nuestros certificados de calibración sin firmas y sello carecen de toda validez alguna.</i></p> <p style="text-align: center;"><b>Observaciones:</b></p> <p>(*) El equipo posee múltiples intervalos de indicación, según manual de fabricante.</p> <p>(**) Resolución observada durante la calibración. El equipo posee múltiples resoluciones, según manual de fabricante</p>
<b>SOLICITANTE</b>	AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA	
<b>DIRECCIÓN</b>	Cal. 17 N° 355 Urb. El Palomar, San Isidro - Lima.	
<b>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	MEDIDOR MULTIPARÁMETRO	
<b>INFORMACIÓN DEL INDICADOR</b>		
<b>MARCA</b>	PONSEL	
<b>MODELO</b>	ODEON	
<b>NÚMERO DE SERIE</b>	SN-ODEOA-1274	
<b>INTERVALO DE INDICACIONES</b>	0 µS/cm a 2000 µS/cm (*)	
<b>RESOLUCIÓN</b>	0,01 uS/cm; 1 uS/cm (**)	
<b>INFORMACIÓN DE LA CELDA</b>		
<b>MARCA</b>	PONSEL	
<b>MODELO</b>	DIGISENS	
<b>NUMERO DE SERIE</b>	SN-PC4EB-1908	
<b>PROCEDENCIA</b>	Francia	
<b>UBICACIÓN</b>	No indica	
<b>FECHA DE CALIBRACIÓN</b>	2018-07-23	
<b>TEMP. DE REFERENCIA</b>	25 °C	

<b>SELLO</b>	<b>FECHA DE EMISIÓN</b>	<b>JEFE DE LABORATORIO</b>	<b>GERENTE DE OPERACIONES</b>
	<p>2018-07-24</p>	 <p>Alexander Alza Zamudio</p>	 <p>Wilmer Mena Chavez</p>

Jr. Antonio Cabo N° 596, Urb. el Trébol -Los Olivos/Teléfono: 6224288, servicios@gesmin.pe,ventas@gesmin.pe/www.gesmin.pe,  
El certificado se publica o reproduce en forma completa y sin modificaciones

Fuente: GESMIN, 2018.

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LFQ - 146 - 2018

Pág. 2 de 2

### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Físico Química (Jr. Antonio Cabo N° 596, Los Olivos).

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Método de comparación directa, Según el procedimiento PC-022 "Procedimiento para la Calibración de Conductímetros"; Primera edición, Setiembre 2014, SNM - INDECOPI.

### PATRONES DE REFERENCIA

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Análisis
Material de referencia del NIST-EEUU	MRC de 98,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con valor de incertidumbre de 2,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (25 °C)	CONTROL COMPANY , Certificado N° 4176-8612116
Material de referencia del NIST-EEUU	MRC de 1410 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con valor de incertidumbre de 4,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (25 °C)	CONTROL COMPANY , Certificado N° 4174-8582433

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia del INACAL/DM	Termómetro digital con valor de incertidumbre de 0,024 °C (en 25°C)	INACAL/DM , Certificado N° LT-059-2018

### CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,2	22,3
Humedad Relativa (%HR)	75	75

### RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

Indicación del conductímetro	Valor de referencia	Error de indicación	Incertidumbre
96,64 $\mu\text{S}/\text{cm}$	98,50 $\mu\text{S}/\text{cm}$	-1,86 $\mu\text{S}/\text{cm}$	2,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$
1 399 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1 410 $\mu\text{S}/\text{cm}$	-11 $\mu\text{S}/\text{cm}$	8 $\mu\text{S}/\text{cm}$

### Notas

- El equipo fue ajustado por el cliente en el rango de 0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- La calibración fue realizada a 25 °C utilizando el factor de compensación de temperatura

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LAB. FÍSICO QUÍMICA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LFQ - 145 - 2018

Pág. 1 de 2

<b>EXPEDIENTE</b>	<b>E18071834</b>	<p><i>La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura de aproximadamente k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre de la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95% de confianza. Los resultados reportados son válidos sólo para el objeto calibrado y corresponden a las condiciones y momento en que se realizó la calibración y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de productos. Al solicitante y/o usuario le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición. Nuestros certificados de calibración sin firmas y sello del carecen de toda validez alguna.</i></p> <p style="text-align: center;"><b>Observaciones:</b></p> <p>(*) Indicado según manual del fabricante</p>
<b>SOLICITANTE</b>	AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA	
<b>DIRECCIÓN</b>	Cal. 17 N° 355 Urb. El Palomar, San Isidro - Lima.	
<b>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	MEDIDOR MULTIPARÁMETRO	
<b>INFORMACIÓN DE INDICADOR</b>		
<b>MARCA</b>	PONSEL	
<b>MODELO</b>	ODEON	
<b>NUMERO DE SERIE</b>	SN-ODEOA-1274	
<b>INTERVALO DE INDICACIONES</b>	0,000 pH a 14,000 pH (*)	
<b>RESOLUCIÓN</b>	0,001 pH (*)	
<b>INFORMACIÓN DE ELECTRODO</b>		
<b>MARCA</b>	PONSEL	
<b>MODELO</b>	DIGISENS	
<b>NUMERO DE SERIE</b>	SN-PPHRA-1957	
<b>PROCEDENCIA</b>	Francia	
<b>UBICACIÓN</b>	No indica	
<b>FECHA DE CALIBRACIÓN</b>	<b>2018-07-23</b>	
<b>TEMP. DE REFERENCIA</b>	25 °C	

SELLO	FECHA DE EMISIÓN	JEFE DE LABORATORIO	GERENTE DE OPERACIONES
	2018-07-24	 Alexander Alza Zamudio	 Wilmer Mena Chávez

LAB. FÍSICO QUÍMICA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LFQ - 145 - 2018

Pág. 2 de 2

### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Físico Química (Jr. Antonio Cabo N° 596, Los Olivos - Lima).

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Comparación directa con Material de Referencia Certificado (MRC), según PC-020 "Procedimiento para la calibración de medidores de pH"; Primera edición, Junio del 2010; SNM - INDECOPI.

### PATRONES DE REFERENCIA

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Análisis
Material de referencia: NIST- EEUU	MRC de pH 4,013 con valor de incertidumbre 0,011 unidades de pH (25 °C)	CONTROL COMPANY , Certificado N° 4287-7891880
Material de referencia: NIST- EEUU	MRC de pH 6,992 con valor de incertidumbre 0,011 unidades de pH (25 °C)	CONTROL COMPANY , Certificado N° 4288-8517944
Material de referencia: NIST- EEUU	MRC de pH 10,005 con valor de incertidumbre 0,011 unidades de pH (25 °C)	CONTROL COMPANY , Certificado N° 4289-9077826

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrón de referencia del INACAL-DM	Termómetro digital con un valor de incertidumbre igual a 0,024 °C (en 25 °C)	INACAL-DM , Certificado N° LT-059-2018

### CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

	INICIAL	FINAL
Temperatura (°C)	21,1	21,6
Humedad Relativa (%HR)	79	73

### RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

Indicación del pHmetro (pH)	Valor de referencia (pH)	Error de indicación (pH)	Incertidumbre (pH)
3,985	4,013	-0,028	0,02
6,979	6,992	-0,013	0,02
9,656	10,005	-0,349	0,02

### Notas

- La medición fue realizada en un medio isoterma a una temperatura de 25 °C

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**Anexo 5: Ficha de registro de datos en campo.**

**REGISTRO DE DATOS EN CAMPO**

UNIDAD HIDROGRÁFICA: Quebrada Yanayacu  
 REALIZADO POR: Ana Isabel Ruiz Martínez  
 RESPONSABLE: Ana Isabel Ruiz Martínez

Punto de monitoreo	Descripción de origen/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas <sup>1</sup>		Altura (msnm)	Fecha	Hora	pH	T (°C)	OD (mg/L)	CE (µS/cm)	Caudal <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> /s)	Observaciones <sup>3</sup>
						Norte	Este									
QYana1	A 200 m de la orilla fluencia en la quebrada Zecorita	Cotayacu	Yarinacocha	Alto Amazonas	Loreto	9328167	366656	158	30/09/18	08:50	7,90	26,36	5,13	27,82	0,720	
QYana2	A 500 m del centro poblado de Cotayacu	Cotayacu	Yarinacocha	Alto Amazonas	Loreto	9329443	367604	153	30/09/18	10:50	5,88	27,57	6,26	28,66	2,196	
QYana3	A 500 m del centro poblado Puerto Pezú	Puerto Pezú	Yarinacocha	Alto Amazonas	Loreto	9331447	369575	145	30/09/18	12:05	6,81	30,78	5,60	26,88	4,284	

- (1) Las coordenadas del punto de control deberán ser expresadas en el sistema UTM para puntos en cuerpos de agua continental y en el sistema geográfico para puntos de monitoreo en el mar, ambos en estándar geodésico WGS84.
- (2) Para el caso del cuerpo lótico, indicar el caudal. Para el caso del cuerpo léntico o marino costero, indicar la profundidad.
- (3) Las observaciones en campo se refieren, entre otros, a características atípicas tales como coloración anormal del agua, abundancia de algas o vegetación acuática, presencia de residuos, actividades humanas, presencia de animales y otros factores que modifiquen las características naturales del cuerpo de agua.

  
 Responsable del monitoreo

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Anexo 7: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

**Categoría 4 “Conservación del ambiente acuático”**

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
<b>FÍSICO-QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	21 (a)	22 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	µS/cm	1000	1000	1000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo Total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )(c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH <sub>3</sub> )	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
<b>INORGÁNICOS</b>						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,5	0,5
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
<b>ORGÁNICOS</b>						
<b><u>Compuestos Orgánicos Volátiles</u></b>						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
<b><u>BTEX</u></b>						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b><u>Hidrocarburos Aromáticos</u></b>						
Benzo(a) Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b><u>Bifenilos Policlorados</u></b>						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
<b>PLAGUICIDAS</b>						
<b><u>Órganofosforados</u></b>						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
<b><u>Órganoclorados</u></b>						
Aldrín	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrín	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrín	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b><u>Carbamato</u></b>						
Alicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1000	2000	2000	1000	2000

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

- (a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).
- (b) Después de la filtración simple.
- (c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N ( $\text{NO}_3^-$  N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ).
- $\Delta$  3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 5:**

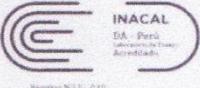
- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
  - Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.
- (1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoniac Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de  $\text{NH}_3$ ) que se encuentra descrita en la Categoría
- 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.
- (2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoniac Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de  $\text{NH}_3$ ).

Anexo 8: Informe de ensayo del laboratorio.



**Environmental Quality Analytical Services S.A.**  
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON  
REGISTRO N° LE - 030



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado  
Registro N° LE 030

**INFORME DE ENSAYO N° A1026/18**

**Solicitante** : ANA ISABEL RUIZ MARTÍNEZ  
**Dirección** : Jr. Arica Nro. 576 - Tarapoto

**Procedencia** : QUEBRADA YANAYACU  
**Distrito:** Yurimaquas - **Provincia:** Alto Amazonas  
**Departamento:** Loreto

**Matriz de la Muestra** : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 30 - Septiembre – 2018  
 Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 02 - Octubre - 2 018 / 14:30 h  
 Fecha de Ejecución del Ensayo : 02 al 11 Octubre - 2018

Código Interno: L1026/18

PARÁMETROS	1026 – 1 <sup>(a)</sup>	1026 – 2 <sup>(a)</sup>	1026 – 3 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	Q Yona 1 <sup>(b)</sup> (08:50 h)	Q Yona 2 <sup>(b)</sup> (10:50 h)	Q Yona 3 <sup>(b)</sup> (12:05 h)		
Aceites y Grasas	< 0,5	< 0,5	< 0,5	mg/L	APHA 5520 D
Sulfuro	0,031	0,036	0,042	mg S <sup>2</sup> /L	APHA 4500-S <sup>2</sup> D

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio      <sup>(b)</sup> Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-**  
 STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 22<sup>nd</sup>, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-**  
 Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 11 de Octubre del 2 018.

**EQUAS S.A.**

Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo  
Gerente General



*Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.*  
 Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.  
 Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
 El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimiente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02  
Revisión: 01  
Fecha.: 30-04-2018

Dirección de Laboratorio: Mz.1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km. 28,5 de la Pan. Norte  
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e\_mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 1

Fuente: EQUAS, 2018.



**INFORME DE ENSAYO N° N1026/18**

**Solicitante** : ANA ISABEL RUIZ MARTÍNEZ  
**Dirección** : Jr. Arica Nro. 576 - Tarapoto

**Procedencia** : QUEBRADA YANAYACU  
**Distrito:** Yurimaquas - **Provincia:** Alto Amazonas  
**Departamento:** Loreto

**Matriz de la Muestra** : Agua Superficial

**Fecha de Muestreo** : 30 - Septiembre – 2018  
**Responsable del Muestreo** : Personal Técnico - Empresa Solicitante

**Fecha y Hora de Recepción** : 02 - Octubre - 2 018 / 14:30 h  
**Fecha de Ejecución del Ensayo:** 02 al 11 Octubre - 2018

Código Interno: L1026/18

PARÁMETROS	1026 – 1 <sup>(a)</sup>	1026 – 2 <sup>(a)</sup>	1026 – 3 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	Q Yona 1 <sup>(b)</sup> (08:50 h)	Q Yona 2 <sup>(b)</sup> (10:50 h)	Q Yona 3 <sup>(b)</sup> (12:05 h)		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	3	3	3	mg DBO/L	APHA 5210 B <sup>(***)</sup>
Fósforo	0,027	0,033	0,055	mg P/L	APHA 4500- P B (Item 5), E
Nitratos	1,276	1,390	1,774	mg N-NO <sub>3</sub> /L	APHA 4500-NO <sub>3</sub> B <sup>(***)</sup>

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

<sup>(b)</sup> Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-**

- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 22<sup>nd</sup>, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-**

- <sup>(\*\*\*)</sup> Los resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno y Nitratos son referenciales, porque no cumplen con los requisitos de control de calidad. Se efectuó los análisis a solicitud del cliente.

Lima, 11 de Octubre del 2 018.

**EQUAS S.A.**  
 Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo  
 Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.  
 Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
 El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02  
 Revisión: 01  
 Fecha.: 30-04-2 018

Dirección de Laboratorio: Mz.1 Lote 74, Urb.Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte  
 Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e\_mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 1

*Anexo 9. Determinación del caudal en cada uno de los puntos de muestreo.*

**A. Primer punto de monitoreo**

Velocidad media (m/s) = 0,176

Profundidad media (m) = 0,75

Ancho del cuerpo de agua (m) = 5,46

Aplicando la fórmula  $Q = V \times A \rightarrow Q = 0.176 (0.75 \times 5.46) = 0,720 \text{ m}^3/\text{s}$

El caudal promedio para el primer punto es **0,720 m<sup>3</sup>/s o de 720 L/s.**

**B. Segundo punto de monitoreo**

Velocidad media (m/s) = 0,47

Profundidad media (m) = 0,59

Ancho del cuerpo de agua (m) = 7,92

Aplicando la fórmula  $Q = V \times A \rightarrow Q = 0.47 (0.59 \times 7.92) = 2,196 \text{ m}^3/\text{s}$

El caudal promedio para el primer punto es de **2,196 m<sup>3</sup>/s o de 2196 L/s.**

**C. Tercer punto de monitoreo**

Velocidad media (m/s) = 0,50

Profundidad media (m) = 0,68

Ancho del cuerpo de agua (m) = 12,60

Aplicando la fórmula  $Q = V \times A \rightarrow Q = 0.50 (0.68 \times 12.60) = 4,284 \text{ m}^3/\text{s}$

El caudal promedio para el primer punto es **4,284 m<sup>3</sup>/s o de 4284 L/s.**

*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

**Anexo 10:** Realización de la identificación de fuentes contaminantes.



*Fuente: Propia, 2018.*



*Fuente: Propia, 2018.*

**Anexo 11:** Medición de caudales.



*Fuente: Propia. 2018.*



*Fuente: Propia, 2018.*

**Anexo 12:** Medición de parámetros de campo.



*Fuente: Propia, 2018.*



*Fuente: Propia, 2018.*

**Anexo 13: Toma de muestras.**



*Fuente: Propia, 2018.*



*Fuente: Propia, 2018.*

**Anexo 15:** Preservación de las muestras.



*Fuente: Propia, 2018.*

**Anexo 14:** Transporte de las muestras.



*Fuente: Propia, 2018.*

Anexo 16: Matriz de consistencia.

Identificación del problema	Objetivos	Variables	Metodología
<p>¿La calidad fisicoquímica del agua de la quebrada Yanayacu cumple con los estándares de calidad para la conservación del ambiente acuático?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p>	<p><b>Temperatura:</b> La temperatura es una de la constante física que tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el agua.</p>	<p><b>Etapa 1: Gabinete inicial</b></p>
	<p>Evaluar y determinar la calidad fisicoquímica del agua de la quebrada Yanayacu para la conservación del ambiente acuático en el valle del Shanusi.</p>	<p><b>Conductividad eléctrica:</b> Al determinar la conductividad se evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, es una medida indirecta para conocer la cantidad de iones que puedan estar presentes en una solución.</p>	<p>Búsqueda de información bibliográfica Coordinación para el acceso a los puntos de monitoreo Coordinación para la adquisición de materiales y equipos Redacción del perfil y elaboración de instrumentos</p>
	<p><b>Objetivos específicos</b></p>	<p><b>Oxígeno disuelto:</b> Su presencia es esencial en el agua; proviene principalmente del aire. Niveles bajos o ausencia de oxígeno en el agua puede indicar contaminación elevada.</p>	<p><b>Etapa 2: Campo</b></p>
	<p>Identificar las fuentes de contaminación a lo largo de la quebrada Yanayacu, que comprenden las zonas del área de influencia directa.</p>	<p><b>Potencial de hidrógeno:</b> El pH es el valor que determina si una sustancia es acida, neutra o alcalina, calculando el número de iones hidrogeno presentes.</p>	<p>Identificación de fuentes contaminantes Establecimiento de la red de puntos de monitoreo Frecuencia del monitoreo Definición de los parámetros de evaluación Medición de los parámetros en campo Rotulado y etiquetado</p>
	<p>Establecer una red de puntos de monitoreo para la toma de muestras y definir los parámetros de evaluación.</p>	<p><b>Aceites y grasas:</b> Los aceites y grasas son compuestos de tipo orgánico, constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos.</p>	<p>Toma de muestras y preservación Llenado de la cadena de custodia Transporte de las muestras</p>
<p>Realizar un monitoreo de calidad del agua de la quebrada Yanayacu mediante análisis de parámetros físicos y químicos, según el “Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales”.</p>	<p><b>Demanda Bioquímica de Oxígeno:</b> Corresponde a la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia expresada en mg O<sub>2</sub>/L.</p> <p><b>Nitratos:</b> La procedencia del nitrato en el agua se debe principalmente a la disolución de rocas y minerales, descomposición de materias vegetales y animales, descargas industriales y lixiviado de tierras agrícolas.</p>	<p><b>Etapa 3: Laboratorio</b></p> <p>Análisis de las muestras: Las muestras fueron enviadas a la ciudad de Lima, para ser analizadas en el laboratorio “EQUAS S. A” laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) mediante la Norma Técnica Peruana “Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración” NTP ISO/IEC 17025:2006.</p>	
<p>Interpretar los resultados según la categoría 4 “Conservación del ambiente acuático” de los Estándares de Calidad Ambiental para agua, establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.</p>	<p><b>Fósforo total:</b> Las especies químicas de fósforo más comunes en el agua son los ortofosfatos, los fosfatos condensados y los fosfatos orgánicos.</p> <p><b>Sulfuros:</b> Su presencia en las aguas naturales y residuales se debe en parte a la descomposición de la materia orgánica, presente a veces en los residuos domésticos, pecuarios e industriales, pero procedente casi siempre de la reducción bacteriana de los sulfatos.</p>	<p><b>Etapa 4: Gabinete final</b></p> <p>Procesamiento de datos: A partir de los datos obtenidos se realizó la interpretación de los resultados y los valores fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 4 “Conservación del ambiente acuático”, subcategoría E2 “Ríos de la selva” establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.</p>	

Fuente: Elaboración propia, 2018.