

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA**



Calidad de agua del río Huancabamba mediante el análisis de  
algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológico, causas y  
alternativa de solución, 2020

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

**AUTOR**

Olmer Alberca Neira

**ASESORA**

Janet del Milagro Zúñiga Trelles

Morropón, Perú

2023

## METADATOS COMPLEMENTARIOS

### Datos del autor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

### Datos del asesor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (obligatorio)	

### Datos del Jurado

#### Datos del presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

#### Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

#### Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

**Datos de la obra**

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma (Normal ISO 639-3)	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

\*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

**ACTA N° 022 - 2023/UCSS/FIA/DI**

Siendo las 09:00 a.m. del miércoles 12 de abril de 2023, a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis integrado por:

- |                                     |                 |
|-------------------------------------|-----------------|
| 1. Jorge Luis López Bulnes          | presidente      |
| 2. Mario Antonio Anaya Raymundo     | primer miembro  |
| 3. Manuel Antonio Trelles Velasco   | segundo miembro |
| 4. Janet del Milagro Zúñiga Trelles | asesora         |

Se reunieron para la sustentación virtual de la tesis titulada **Calidad de agua del río Huancabamba mediante el análisis de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológico, causas y alternativa de solución, 2020** que presenta el bachiller en Ciencias Ambientales, **Olmer Alberca Neira**, cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado acuerda:

APROBAR

DESAPROBAR

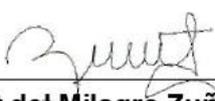
La tesis, con el calificativo de **SUFICIENTE** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare **EXPEDITA** para conferirle el **TÍTULO** de **INGENIERO AMBIENTAL**.

Lima, 12 de abril de 2023.

  
\_\_\_\_\_  
**Jorge Luis López Bulnes**  
**PRESIDENTE**

  
\_\_\_\_\_  
**Mario Antonio Anaya Raymundo**  
**1° MIEMBRO**

  
\_\_\_\_\_  
**Manuel Antonio Trelles Velasco**  
**2° MIEMBRO**

  
\_\_\_\_\_  
**Janet del Milagro Zúñiga Trelles**  
**ASESORA**

Anexo 2

**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO**

Chulucanas, 12 de julio de 2023

Señor(a),

Wilfredo Mendoza Caballero

**Jefe del Departamento de Investigación**/ Coordinador Académico de Unidad de Posgrado  
**Facultad** / Escuela **de Ingeniería Agraria** - UCSS

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que **la tesis** / informe académico/ trabajo de investigación/ trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: **Calidad de agua del río Huancabamba mediante el análisis de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológico, causas y alternativa de solución, 2020**, presentado por **Olmer Alberca Neira** con código de estudiante **2014101610** y DNI **71211084** para optar **el título profesional**/ grado académico de **Ingeniero Ambiental** ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 2 %** (poner el valor del porcentaje) \*. Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y **adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin**, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



---

Firma del Asesor (a)  
DNI N°: 42748740  
ORCID: 0000-0001-8566-8605  
Facultad de Ingeniería Agraria  
UCSS

(\*) De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, **será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.**

## **DEDICATORIA**

A mi padre Fidel Alberca Jaramillo por sus enseñanzas y buenos valores y que desde el cielo me cuida, me guía y me protege; a mi madre Juana Neira Huayama, quien siempre me estuvo apoyando en todo momento. A ellos les dedico todo mi esfuerzo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a la Universidad Católica Sedes Sapientiae- Filial Morropón-Chulucanas y a sus docentes por impartir sus conocimientos y contribuir en mi formación profesional.

Agradecer al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo PRONABEC por haberme otorgado una beca, lo cual me permitió culminar con mis estudios universitarios.

Agradecer de manera especial a mi asesora de tesis Ing. Mg. Janet del Milagro Zúñiga Trelles por su apoyo, tiempo, dedicación y compromiso como asesora durante la elaboración y presentación final de la presente investigación de tesis.

Agradecer a mis familiares quienes formaron parte con su ayuda incondicional para la culminación de la presente investigación.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
ÍNDICE DE APÉNDICES .....	xv
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....	4
1.1.    Antecedentes .....	4
1.2.    Marco legal.....	11
1.2.1.  Normativa nacional .....	11
1.3.    Bases teóricas especializadas .....	13
1.3.1.  El agua e importancia .....	13
1.3.2.  Contaminación del agua .....	14
1.3.3.  Calidad del agua .....	14
1.3.4.  Impactos en la calidad y disponibilidad del agua.....	15
1.3.5.  Parámetros fisicoquímicos y microbiológico .....	16
1.3.6.  Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua .....	17
1.3.7.  Matriz para la evaluación de impacto ambiental.....	18
1.3.8.  Tratamiento de aguas residuales.....	21
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS .....	19
2.1.    Diseño de la investigación.....	19
2.2.    Lugar y fecha.....	19
2.3.    Población y muestra .....	20
2.3.1.  Población .....	20
2.3.2.  Muestra.....	20
2.4.    Ubicación de los puntos de monitoreo .....	21
2.5.    Frecuencia de monitoreo .....	21
2.6.    Técnicas e instrumentos .....	22
2.7.    Descripción de la investigación.....	23

2.7.1.	Muestreo .....	23
2.7.2.	Mediciones de los parámetros de campo <i>in situ</i> .....	24
2.7.3.	Mediciones de los parámetros de laboratorio.....	24
2.8.	Identificación de las variables y su mensuración .....	25
2.9.	Análisis de datos.....	26
2.9.1.	Procesamiento de la información y análisis estadista de datos .....	26
2.10.	Impactos ambientales que afectan la calidad de agua de río Huancabamba .....	27
2.10.1.	Valoración de impactos ambientales .....	28
2.11.	Alternativa de solución.....	29
2.12.	Materiales .....	30
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS .....</b>		<b>31</b>
3.1.	Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológico .....	31
3.1.1.	Temperatura.....	31
3.1.2.	Potencial de hidrógeno (pH).....	32
3.1.3.	Oxígeno disuelto.....	34
3.1.4.	Aceites y grasas .....	35
3.1.5.	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).....	37
3.1.6.	Coliformes termotolerantes .....	39
3.2.	Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua superficial del río Huancabamba .....	41
3.2.1.	Aceites y grasas .....	41
3.2.2.	Demanda bioquímica de oxígeno .....	44
3.2.3.	Coliformes termotolerantes .....	47
3.3.	Resultados de los impactos ambientales .....	50
3.4.	Resultados de alternativa de solución .....	53
3.4.1.	Diseño de lagunas de oxidación .....	54
3.4.2.	Beneficios y costos del proyecto .....	62
3.4.3.	Viabilidad técnica y ambiental de la propuesta de solución .....	63
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIONES .....</b>		<b>65</b>
4.1.	Discusión sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológico .....	65
4.2.	Discusión sobre la comparación de los análisis con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.....	69
4.3.	Discusión sobre los impactos ambientales .....	69

4.4. Discusión sobre la alternativa de solución .....	70
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES .....	72
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES .....	74
REFERENCIAS .....	75
TERMINOLOGÍA .....	81
APÉNDICES .....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> <i>Categorías y subcategorías de los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua</i> .....	18
<b>Tabla 2.</b> <i>Metodología para el Cálculo de las Matrices Ambientales</i> .....	19
<b>Tabla 3.</b> <i>Valores extremos de importancia</i> .....	20
<b>Tabla 4.</b> <i>Matriz de categorías para la valorización de impactos ambientales</i> .....	20
<b>Tabla 5.</b> <i>Ubicación de los puntos de monitoreo</i> .....	21
<b>Tabla 6.</b> <i>Técnicas e instrumentos para el muestreo de aguas superficiales e identificación de impactos ambientales</i> .....	22
<b>Tabla 7.</b> <i>Identificación de las variables</i> .....	25
<b>Tabla 8.</b> <i>Criterios a tener en cuenta para elegir un tipo de PTAR para construir</i> .....	29
<b>Tabla 9.</b> <i>Materiales para la toma de muestras</i> .....	30
<b>Tabla 10.</b> <i>Equipos para la toma de datos en campo</i> .....	30
<b>Tabla 11.</b> <i>Materiales complementarios</i> .....	30
<b>Tabla 12.</b> <i>Equipos complementarios</i> .....	30
<b>Tabla 13.</b> <i>Resultados de la temperatura del agua superficial del río Huancabamba</i> .....	31
<b>Tabla 14.</b> <i>Estadística descriptiva para el parámetro de temperatura</i> .....	32
<b>Tabla 15.</b> <i>Resultados de potencial de hidrógeno del agua superficial del río Huancabamba</i> .....	33
<b>Tabla 16.</b> <i>Estadística descriptiva para el parámetro de potencial de hidrógeno</i> .....	34
<b>Tabla 17.</b> <i>Resultados de oxígeno disuelto del agua superficial del río Huancabamba</i> .....	34
<b>Tabla 18.</b> <i>Estadística descriptiva para el parámetro de oxígeno disuelto</i> .....	35
<b>Tabla 19.</b> <i>Resultados de aceites y grasas del agua superficial del río Huancabamba</i> .....	36
<b>Tabla 20.</b> <i>Estadística descriptiva para el parámetro aceites y grasas</i> .....	37
<b>Tabla 21.</b> <i>Resultados de la demanda bioquímica de oxígeno del agua superficial del río Huancabamba</i> .....	37
<b>Tabla 22.</b> <i>Estadística descriptiva para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno</i> .....	38
<b>Tabla 23.</b> <i>Resultados de coliformes termotolerantes del agua superficial</i>	

<i>del río Huancabamba</i> .....	39
<b>Tabla 24.</b> <i>Estadística descriptiva para el parámetro de coliformes termotolerantes</i> .....	40
<b>Tabla 25.</b> <i>Identificación de actividades del área de estudio</i> .....	50
<b>Tabla 26.</b> <i>Matriz de valoración de impactos ambientales</i> .....	52
<b>Tabla 27.</b> <i>Matriz de categorías para la valorización de impactos ambientales</i> .....	53
<b>Tabla 28.</b> <i>Resumen de cálculo de dimensionamiento del sistema de tratamiento de lagunas de oxidación</i> .....	61
<b>Tabla 29.</b> <i>Estimación de costos de construcción, operación y mantenimiento para la propuesta presentada</i> .....	62
<b>Tabla 30.</b> <i>Cuadro comparativo de costos y beneficios</i> .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> <i>Mapa de ubicación del área de trabajo .....</i>	20
<b>Figura 2.</b> <i>Variación de la temperatura por punto de monitoreo con respecto a los meses de setiembre, octubre y noviembre 2020.....</i>	32
<b>Figura 3.</b> <i>Variación del potencial de hidrógeno por punto de monitoreo con respecto a los meses de setiembre, octubre y noviembre 2020 .....</i>	33
<b>Figura 4.</b> <i>Variación del oxígeno disuelto por punto de monitoreo con respecto a los meses de setiembre, octubre y noviembre 2020 .....</i>	35
<b>Figura 5.</b> <i>Variación de aceites y grasas por punto de monitoreo con respecto a los meses de setiembre, octubre y noviembre 2020.....</i>	36
<b>Figura 6.</b> <i>Variación de la demanda bioquímica de oxígeno por punto de monitoreo con respecto a los meses de setiembre, octubre y noviembre 2020 .....</i>	38
<b>Figura 7.</b> <i>Variación de coliformes termotolerantes por punto de monitoreo con respecto a los meses de setiembre, octubre y noviembre 2020 .....</i>	40
<b>Figura 8.</b> <i>Análisis de aceites y grasas comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua .....</i>	42
<b>Figura 9.</b> <i>Análisis de aceites y grasas comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua .....</i>	43
<b>Figura 10.</b> <i>Análisis de aceites y grasas comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua .....</i>	44
<b>Figura 11.</b> <i>Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua.....</i>	45
<b>Figura 12.</b> <i>Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua.....</i>	46
<b>Figura 13.</b> <i>Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua.....</i>	47
<b>Figura 14.</b> <i>Análisis de coliformes termotolerantes comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua.....</i>	48
<b>Figura 15.</b> <i>Análisis de coliformes termotolerantes comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua.....</i>	49
<b>Figura 16.</b> <i>Análisis de coliformes termotolerantes comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua.....</i>	50

<b>Figura 17.</b> <i>Mapa de actividades identificadas en el área del proyecto</i> .....	51
<b>Figura 18.</b> <i>Corte longitudinal del sistema de tratamiento de lagunas de oxidación</i> .....	61
<b>Figura 19.</b> <i>Dimensiones del sistema de tratamiento de lagunas de oxidación</i> .....	62

## ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
<b>Apéndice 1.</b> <i>Conservación y preservación de muestra de agua en función del parámetro evaluado</i> .....	83
<b>Apéndice 2.</b> <i>Actividades impactantes en la evaluación del proyecto de la calidad del agua del río Huancabamba</i> .....	84
<b>Apéndice 3.</b> <i>Matriz de identificación e interacción de impactos ambientales directos e indirectos</i> .....	85
<b>Apéndice 4.</b> <i>Cálculo del índice de importancia del impacto</i> .....	86
<b>Apéndice 5.</b> <i>Matriz de valoración de impactos ambientales</i> .....	87
<b>Apéndice 6.</b> <i>Fotografías tomadas durante la ejecución del proyecto de tesis</i> .....	88
<b>Apéndice 7.</b> <i>Actividades realizadas en la ribera del río Huancabamba</i> .....	90
<b>Apéndice 8.</b> <i>Informe de resultados de los parámetros analizados en el laboratorio Environmental Quality Analytical S.A</i> .....	91
<b>Apéndice 9.</b> <i>Cadena de custodia de toma de muestra de agua</i> .....	95
<b>Apéndice 10.</b> <i>Registro de datos de campo de toma de muestras de agua</i> .....	96

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad de agua del río Huancabamba, provincia y distrito de Huancabamba, Piura-Perú, mediante el análisis de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológico. Se establecieron tres puntos de muestreo: punto 01 aguas abajo de la ciudad, punto 02 frente a la ciudad y punto 03 aguas arriba de la ciudad. La evaluación fue realizada en los meses de setiembre, octubre y noviembre 2020. Los parámetros analizados fueron los siguientes: temperatura, pH, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y coliformes termotolerantes. Se recolectaron un total de 27 muestras, las cuales fueron llevadas al laboratorio Environmental Quality Analytical Services (EQUAS) para el análisis respectivo, así mismo, los parámetros de campo fueron analizados *in situ* con un equipo multiparámetros. Las muestras fueron tomadas de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Los parámetros analizados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua en las categorías 1; 3 y 4 (poblacional y recreacional, bebida de animales y riego de plantas y conservación del medio acuático). De los resultados obtenidos, el único parámetro que sobrepasó los ECA fueron los coliformes termotolerantes, en el punto 01 y 02 presentaron valores que van desde 4 500 NMP/100 mL hasta 24 000 NMP/100 mL, en el punto 03 valores que van desde 350 NMP/100 mL hasta 920 NMP/100 mL. Del análisis realizado se concluyó que el agua presenta contaminación microbiológica debido a una alta concentración de coliformes termotolerantes. Por otro lado, se llevó a cabo una evaluación de los impactos ambientales que afectan la calidad de agua del río Huancabamba, de los cuales se identificó que el impacto más relevante son las aguas residuales, debido que son vertidas al río sin ningún tratamiento.

**Palabras clave:** Calidad de agua, contaminación de agua, aguas superficiales, río Huancabamba, impactos ambientales.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the water quality of the Huancabamba River, province and district of Huancabamba, Piura-Peru, through the analysis of some physicochemical and microbiological parameters. Three sampling points were established: point 01 downstream of the city, point 02 in front of the city and point 03 upstream of the city. The evaluation was carried out in the months of September, October and November 2020. The parameters analyzed were the following: temperature, pH, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD) and thermotolerant coliforms. A total of 27 samples were collected, which were taken to the Environmental Quality Analytical Services (EQUAS) laboratory for the respective analysis, likewise, the field parameters were analyzed in situ with a multiparameter equipment. The samples were taken according to the National Protocol for the Monitoring of the Quality of Surface Water Resources approved by Chief Resolution N° 010-2016-ANA. The parameters analyzed were compared with the Environmental Quality Standards (EQS) for water in categories 1; 3 and 4 (population and recreational, animal drinking and plant irrigation and conservation of the aquatic environment). Of the results obtained, the only parameter that exceeded the EQS were thermotolerant coliforms, at point 01 and 02 they presented values ranging from 4,500 NMP/100 mL to 24,000 NMP/100 mL, at point 03 values ranging from 350 NMP/100 mL to 920 NMP/100 mL. From the analysis carried out, it was concluded that the water presents microbiological contamination due to a high concentration of thermotolerant coliforms. On the other hand, an evaluation of the environmental impacts that affect the water quality of the Huancabamba River was carried out, of which it was identified that the most relevant impact is wastewater, since it is discharged into the river without any treatment.

**Key words:** water quality, water pollution, surface water, Huancabamba river, environmental impacts

## INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos más importantes en el mundo, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente en el planeta. Dado a que el agua es un líquido indispensable para la vida; la gestión eficaz de los recursos requiere de un enfoque integrado entre el desarrollo económico, social y la protección de los ecosistemas naturales (Villena, 2018). Los recursos de agua dulce están cada vez más contaminados por descargas de aguas residuales municipales, industriales, mineras y contaminantes emergentes. La contaminación del agua por materia orgánica en la actualidad ha estado creciendo debido al incremento de las descargas de aguas residuales municipales, generando un aumento de contaminación de los recursos hídricos principalmente de los ríos, por ende, provocando la degradación de la calidad del agua (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2020).

El crecimiento de la población, el desarrollo económico, la intensificación de la producción agrícola y la expansión de las ciudades; están generando un aumento sustancial de la demanda de agua, mientras que la disponibilidad de agua cada día se vuelve más incierta. Las urbanizaciones son una importante fuente de contaminación, particularmente en los países en vías de desarrollo ya que presentan un manejo deficiente en la eliminación de sus aguas residuales, esto se debe a que presentan una inadecuada infraestructura de saneamiento, provocando la contaminación de los recursos hídricos (UNESCO, 2020).

La calidad del agua ha empeorado significativamente desde 1990, debido a la contaminación orgánica, química y biológica ocasionada por agentes patógenos, fertilizantes, plaguicidas, sedimentos, metales pesados, desechos plásticos, contaminantes orgánicos persistentes y salinidad. Así mismo, si no se adoptan medidas eficaces, las enfermedades provocadas por la contaminación del agua pueden convertirse en una de las principales causas de muerte en todo el mundo en los próximos años (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2019).

En el río Huancabamba, la principal fuente de contaminación se debe a las aguas residuales municipales provenientes de la ciudad, estas son descargadas directamente al río (cuerpo receptor), provocando alteración en la calidad del agua; además, existen puntos críticos de residuos sólidos y desmote de material de construcción. Esta investigación permitió conocer el estado situacional de la calidad del agua del río Huancabamba y aceptabilidad para sus diferentes usos. En la actualidad la ciudad de Huancabamba no cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) por ende estas aguas son vertidas directamente al río sin antes tener un previo tratamiento dando lugar al aumento del nivel de contaminación.

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la calidad de agua del río Huancabamba mediante el análisis de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológico, puesto que en la actualidad no existe ningún sistema de monitoreo para determinar la calidad del agua de este río. Además, la información de la presente investigación servirá como base para futuras investigaciones relacionadas con el tema de investigación. La investigación realizada presenta la siguiente estructura: Capítulo I: Marco teórico, Capítulo II: Materiales y métodos, Capítulo III: Resultados, Capítulo IV: Discusiones, Capítulo V: Conclusiones y Capítulo VI: Recomendaciones.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar la calidad de agua del río Huancabamba mediante el análisis de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológico, identificación de causas y propuesta de alternativa de solución

### **Objetivos específicos**

- Evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológico: potencial de hidrógeno (pH), temperatura, oxígeno disuelto (OD), aceites y grasas (A y G), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y coliformes termotolerantes del agua superficial del río Huancabamba.
- Comparar los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológico con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.
- Identificar las causas de la calidad de agua del río Huancabamba mediante la evaluación de impactos ambientales
- Plantear una alternativa de solución al impacto negativo más relevante que esté afectando la calidad del agua del río Huancabamba.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

#### Internacionales

Campana *et al.* (2017) realizaron una evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de los ríos Machángara y Monjas de la red hídrica del distrito metropolitano de Quito-Ecuador. Tomaron muestras de los siguientes parámetros: para el análisis *in situ* (pH, temperatura, oxígeno disuelto (OD) y potencial de óxido reducción (ORP)); y en laboratorio (coliformes totales y fecales). Para la medición de los parámetros *in situ* usaron un equipo multiparámetros de marca HACH, modelo HQ40d y para la determinación de los coliformes, mediante la técnica de tubos múltiples de acuerdo a lo establecido en el *standard methods 9222 A-E*. El procesamiento estadístico de datos fue realizado mediante una matriz desarrollada y adaptada por los actores. Los resultados de los parámetros analizados fueron los siguientes: para el río Machángara el pH fue de 7,39 unidades de pH, la temperatura de 21,5 °C, OD de 7,01 mg/L, coliformes totales de 337 777 NMP/100 mL y coliformes fecales de 181 110 NMP/100 mL; mientras que para el río Monjas el pH fue de 7,03 unidades de pH, la temperatura de 22,5 °C, OD de 5,5 mg/L, coliformes totales de 407 777 NMP/100 mL y coliformes fecales de 234 444 NMP/100 mL. Los resultados mostraron que los parámetros microbiológicos de ambos ríos, estuvieron por encima de los límites máximos permisibles establecidos en las normas legales de su país, esto generó que dichas aguas no fueran aptas para actividades pecuarias, agrícolas y de preservación de la flora y fauna. Así mismo, los autores afirmaron que los valores elevados de coliformes totales y fecales en los ríos Machángara y Monjas de debe a las descargas de aguas residuales domésticas e industriales.

Flores *et al.* (2017) realizaron una evaluación de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados en agua y sedimento superficial de la laguna de las Ilusiones, Tabasco-México. Tomaron muestras de agua y sedimento superficial en tres zonas diferentes para los análisis respectivos. Los parámetros del agua fueron medidos *in situ* para determinar el potencial de hidrógeno (pH), temperatura, conductividad eléctrica (CE), potencial redox (POR), oxígeno disuelto (OD) y sólidos disueltos totales (STD); para ello hicieron uso de un equipo multiparámetros de marca HANNA, modelo HI9828; además, determinaron la demanda química de oxígeno (DQO) empelando la norma NMX-AA-030-SCFI-2001a. Las muestras de sedimentos fueron tratadas de acuerdo a la norma NOM-021-Semarnat-2000. Para determinar las concentraciones de metales pesados (Cd, Ni, Cr, Mn, Zn, Al y Pb) utilizaron la norma NMX-AA-132-SCFI-2006. El análisis estadístico de datos fue realizado mediante una matriz desarrollada y adaptada por los actores, haciendo uso del programa Microsoft Excel. De acuerdo a los resultados de los análisis los valores de pH en el agua oscilaron entre 8,9 a 9,6 unidades de pH, la temperatura fue de 28,8 a 29,9 °C, OD presentó valores de 7 a 11 mg/L, CE fue de 225 a 275 uS/cm, DQO de 105 a 155 mg/L y SDT de 114 a 137 mg/L; en tanto los valores de pH en los sedimentos fueron de 5,9 a 8,4 unidades de pH y CE de 4 a 28 µS/cm. Así mismo, los metales pesados determinados en el agua presentaron valores por debajo de las normas, mientras que la concentración de los metales en los sedimentos sobrepasaron los criterios establecidos. Los autores concluyeron que la laguna está contaminada debido a que la biota ha sido afectada, al acumularse altas concentraciones de dichos metales en el sistema de estudio, por tal motivo, las autoridades deben tomar conciencia de los peligros inminentes que pueden estar expuestas las poblaciones cercanas.

## **Nacionales**

Atencio (2018) realizó un análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de San Antonio de Rancas, del distrito de Simón Bolívar, región Pasco-Perú. La investigación fue de tipo descriptiva y analítico, debido a que describió y analizó los valores registrados para los parámetros contemplados en el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA). Tomó dos puntos de muestreo, el primer punto en la llegada del agua al reservorio y el segundo punto en la pileta domiciliaria, de cada punto recolectó tres muestras para el análisis físico, químico y microbiológico; para la percepción local de agua de consumo humano realizó una encuesta a la población. Los parámetros analizados fueron los siguientes: pH, temperatura, sólidos disueltos totales

(SDT), metales totales, coliformes totales y fecales. Los parámetros de campo fueron medidos utilizando un equipo multiparámetros portátil, así mismo, recolectó muestras para los parámetros químicos y microbiológicos las cuales fueron analizadas por el laboratorio Servicios Analíticos SAC. Para el procesamiento de los datos aplicó la estadística descriptiva, mediante el uso del programa Microsoft Excel para la elaboración de tablas y gráficos. Según los resultados en el primer punto llegada de agua al reservorio el pH fue de 7,22 unidades de pH, la temperatura de 6,7 °C, SDT de 200 mg/L, coliformes totales de 900 UFC/100 mL y coliformes fecales de 1 UFC/100 mL; en el segundo punto pileta domiciliaria el pH fue de 7,81 unidades de pH, la temperatura de 8,9 °C, SDT de 210 mg/L, coliformes totales de 1 000 UFC/100 mL y coliformes fecales de 1 UFC/100 mL; mientras que los metales totales analizados estuvieron dentro de los estándares establecidos en las normas vigentes. El autor concluyó en que el agua no fue apta para el consumo humano, porque los parámetros microbiológicos no cumplieron con los límites máximos permisibles, así mismo, la percepción de la población de San Antonio estuvo conforme con la cantidad de agua, pero desconocen la calidad de esta.

Díaz (2018) determinó la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de la quebrada Chupishiña, distrito de Rumisapa, provincia de Lamas, región San Martín-Perú. La investigación fue desarrollada aplicando un diseño no experimental longitudinal. Estableció 03 puntos de monitoreo en dos temporadas diferentes, en época de avenida (abril) y en época de estiaje (junio) del 2018. Los parámetros que consideró fueron: parámetros de campo (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica); parámetros fisicoquímicos (aluminio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobalto, cromo, cromo total, hierro, litio, magnesio, mercurio, níquel, plomo, selenio y zinc); parámetros microbiológicos (coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y huevos de helmintos). Los parámetros de campo fueron medidos utilizando un multiparamétrico y la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos fueron analizados en el laboratorio Environmental Quality Analytical Services S.A. El procesamiento de los datos fue realizado mediante el uso del programa Microsoft Excel. Los resultados mostraron que los parámetros de campo y los parámetros fisicoquímicos cumplieron con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua en ambas épocas; los resultados de los parámetros microbiológicos en la época de avenida fueron los siguientes: coliformes termotolerantes de 40 333 NMP/100 mL, *Escherichia coli* de 35 333 NMP/100 mL y Huevos de helmintos de 1 Huevo/L, mientras que en época de

estiaje los coliformes termotolerantes fueron de 8 300 NMP/100 mL, *Escherichia coli* de 4 133 NMP/100 mL y Huevos de helmintos de 1 Huevo/L. La investigación concluyó en que los parámetros fisicoquímicos cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, mientras que los resultados de los parámetros microbiológicos están por encima de los ECA, por lo tanto, la presencia de estos contaminantes hace que el agua de la quebrada Chupishiña no sea apta para los fines estudiados.

Mendoza (2018) realizó una evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial en centro poblado de Sacsamarca, región Ayacucho, Perú. Tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua superficial empleada para consumo humano en el centro poblado de Sacsamarca, a través de algunos indicadores fisicoquímicos, relacionando la gestión del agua y la comprensión del ciclo hidrológico. El monitoreo fue llevado a cabo en los meses de junio a septiembre del 2017, para ello estableció ocho estaciones de muestreo para mediciones *in situ* y toma de muestras para laboratorio. Los parámetros como la temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos y pH fueron medidos *in situ*; en laboratorio fueron analizados los parámetros siguientes: DBO, sólidos totales, fosfatos, nitratos y sulfatos, así como también, metales totales (arsénico, cadmio, calcio, cobre, hierro, magnesio, plomo, potasio, sodio y zinc). Para la toma de muestras *in situ* utilizó un medidor de pH marca HANNA, modelo HI98128 y un conductímetro marca HANNA, modelo HI98311. Los análisis químicos fueron analizados en el Laboratorio de Química Ambiental y Laboratorio de Análisis Instrumental de la Sección Química de la PUCP. Para el análisis estadístico de los datos hizo uso del programa Microsoft Excel. Los resultados evidenciaron que los parámetros estudiados estuvieron por debajo de los límites establecidos en la norma peruana, a excepción del fosfato con 1,51 ppm y el arsénico con 0,13 ppm, fueron los únicos parámetros que registraron valores por encima de los ECA. Finalmente aplicó un marco DPSIR, un enfoque que permite integrar las características ambientales y sociales, así mismo, le permitió ubicar los valores fisicoquímicos encontrados en el sistema hidrosocial de Sacsamarca. El resultado que obtuvo fue que las aguas superficiales del centro poblado Sacsamarca no están siendo monitoreadas, pues existe una falta de coordinación de las autoridades competentes para revertir los altos niveles de arsénico y fosfatos.

Pinedo (2017) realizó una evaluación de la calidad de agua para uso recreacional en la quebrada Simuy -Yurimaguas, Perú. El objetivo fue evaluar la calidad de agua de la quebrada Simuy, considerando el uso recreacional. La investigación fue desarrollada aplicando el diseño no experimental longitudinal. El estudio fue llevado a cabo en los meses de agosto, septiembre y octubre del 2017. Consideró dos puntos de muestreo, las muestras de agua las recolectó de acuerdo con el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la Autoridad Nacional del Agua. Los parámetros que consideró para el estudio fueron: temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, DBO, aceites y grasas, nitritos, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y metales. Los parámetros de campo fueron medidos utilizando un multiparámetro marca PONSEL, modelo ODEON y la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos los determinó en el laboratorio AGQ Labs & Technological Services, siguiendo los métodos analíticos de la *Environmental Protection Agency (EPA)*. Para el análisis de datos utilizó el *software* estadístico SPSS 22. De acuerdo a los análisis los resultados del punto uno fueron: temperatura de 26 °C, pH de 8,93 unidades de pH, conductividad eléctrica de 35,71  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , oxígeno disuelto de 7,29 mg/L, DBO de 1,1 mg/L, aceites y grasas de 0,69 mg/L, nitritos de 0,11 mg/L, coliformes termotolerantes de 39 800 NMP/100 mL y *Escherichia coli* de 1 933 NMP/100 mL en promedio; mientras que en el punto dos la temperatura fue de 26,72 °C, pH de 8,63 unidades de pH, CE de 36,18  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , OD de 7,43 mg/L, DBO de 1,1 mg/L, aceites y grasas de 0,52 mg/L, nitritos de 0,11 mg/L, coliformes termotolerantes de 553 133 NMP/100 mL y *Escherichia coli* de 2 800 NMP/100 mL en promedio, los metales cumplieron con los estándares de calidad ambiental. La investigación concluyó indicando que la calidad del agua de la quebrada Summy para uso recreacional solamente cumple con los parámetros fisicoquímicos, mientras que los microbiológicos están por encima de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

Ramos (2016) en una investigación realizó un análisis fisicoquímico a las aguas superficiales contaminadas en el estuario del río Chillón-AAHH Márquez Callao, Perú. El objetivo de la investigación fue analizar y estudiar las aguas superficiales del estuario que comprende la desembocadura de río Chillón y playa Márquez y evidenciar el grado de alteración que sufren los parámetros fisicoquímicos de dichas aguas superficiales. El diseño de la investigación de tipo descriptivo-longitudinal-cuantitativo. El estudio fue realizado en los meses de mayo y junio del 2016, para ello estableció tres estaciones de monitoreo. Los parámetros analizados

fueron: aceites y grasas, nitritos, fosfatos, nitrógeno amoniacal, salinidad, turbidez, DBO, pH y conductividad eléctrica, los cuales fueron evaluados por el autor tomando en cuenta las normas vigentes para cada parámetro. El método de análisis de datos fue realizado mediante la elaboración de cuadros e histogramas utilizando el programa Microsoft Excel. Luego de realizar los análisis correspondientes obtuvo los siguientes resultados: la temperatura fue de 23,88 °C, pH de 6,77 unidades de pH, conductividad eléctrica de 2,12 mg/L, salinidad de 0,95 mg/L, nitrógeno amoniacal de 21 mg/L, nitritos de 0,341 mg/L, fosfatos de 12,081 mg/L, aceites y grasas de 146,91 mg/L y DBO de 4 033,75 mg/L en promedio. El autor concluyó que las aguas del estuario están contaminadas debido a la alteración de los parámetros fisicoquímicos que sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental, además indicó que la alteración se debe a la gran acumulación de residuos sólidos y desmote en dicha zona.

Teves (2016) realizó un estudio fisicoquímico de la calidad de agua del río Caca, Lima-Perú, 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. El monitoreo fue realizado en los meses de mayo y julio del 2015. Definió seis estaciones de muestreo a lo largo de los ríos Caca, Lincha y Peluche perteneciente a la cuenca hidrográfica del río Cañete; en cada estación hizo mediciones *in situ* y recolectó muestras para los análisis en laboratorio. Los parámetros que tomó en campo fueron temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y pH; en tanto los parámetros que analizó en laboratorio fueron DQO, sólidos totales, sedimentables, suspendidos y disueltos, cloruros, bicarbonatos, nitritos, sulfatos, carbonatos, sodio, calcio, aluminio, cadmio, cobre, hierro, magnesio, plomo y zinc. Para la toma de muestras *in situ* utilizó un pHmetro marca HANNA, modelo HI98128, un conductímetro marca HANNA, modelo HI98311 y un oxímetro Multi 350; para los análisis de laboratorio hizo uso de técnicas volumétricas, gravimétricas e instrumentales como las espectroscopías UV-Visible y de absorción atómica (AAS). Para el procesamiento estadístico de los datos usó el programa SPSS versión 22 permitiendo la elaboración de tablas y gráficos. Los resultados obtenidos mostraron que todos los parámetros analizados cumplieron con los requisitos para que las aguas se usen en riego de vegetales y bebidas de animales. Por lo tanto, el agua del río Caca es apta para este uso. Adicionalmente, del análisis realizado, el autor concluyó que el río Lincha tuvo una influencia en las características de la calidad del agua del río Caca debido a que tiene un caudal mayor que

la del río Paluche, presentando parámetros mayores a los ECA (pH 6,03 unidades de pH; STS de 26,4 mg/L, fosfatos de 1,052 mg/L y Fe de 1,005 mg/L), los cuales no afectaron la calidad del río Cacara.

## **Regionales**

Minga (2019) en una investigación evaluó la calidad y caudal de agua para riego en épocas de estiaje, en la quebrada San Antonio, distrito de San Miguel del Faique-Huancabamba-Piura-Perú, entre los meses de agosto a noviembre del 2018. El tipo de la investigación tuvo un alcance descriptivo, porque buscó indagar la incidencia de los valores de los parámetros físico-químicos y microbiológicos en un periodo y espacio. Para las actividades de toma de muestras utilizó el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, aprobado por R.J. N° 010-2016-ANA. Analizó los siguientes parámetros: pH, temperatura, conductividad eléctrica (CE), aceites y grasas (A y G), coliformes totales y coliformes fecales. Para los análisis de los parámetros de campo utilizó un medidor de pH Termo Cientific Orion, los parámetros de laboratorio fueron analizados por la consultora EQUAS S.A. Obtenidos estos datos, para el análisis estadístico utilizó el programa Microsoft Excel 2013 y MiniTab 17. Según los resultados obtenidos, el pH fue de 7,89 unidades de pH, temperatura de 22 °C, A y G de 0,5 mg/L, CE de 1 964,6 µS/cm, coliformes totales de 4573 NMP/100 mL y coliformes fecales de 719 NMP/100 mL. La investigación concluyó que el agua no fue apta para riego de vegetales para las dos subcategorías debido a la alta concentración de coliformes totales y fecales. Además, el autor indicó que durante el monitoreo observó que los pobladores utilizan el agua para beber, pero según los resultados el agua no es apta debido a que contiene una elevada contaminación microbiológica, es por ello que el agua para la población no puede ser consumida sin antes realizar un tratamiento previo.

Tocto (2019) determinó la concentración de Coliformes Totales, Termotolerantes y *Escherichia coli*, en el río Quiroz, caserío Puente Quiroz-Suyo-Ayabaca, Piura-Perú, con la finalidad de evaluar la calidad microbiológica del agua en función de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y determinar su uso, según las categorías 1 y 3. Recolectó 16 muestras de agua, comprendidas en cuatro estaciones de muestreo en los meses de abril, mayo, junio y julio del 2018. Los parámetros analizados fueron los siguientes: pH,

temperatura, coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Para la toma de datos en campo utilizó un multiparámetro Thermo Scientific Orión Star 221 y las muestras de laboratorio fueron analizadas por el laboratorio de la consultora Environmental Quality Analytical Services S.A. Los datos obtenidos en la investigación, fueron procesados mediante el programa Microsoft Excel; mediante la cual realizó un análisis estadístico descriptivo (número de datos, valor mínimo, valor máximo, media, desviación estándar y coeficiente de variabilidad) para cada parámetro. Los resultados fueron muy variados, las muestras de mayor concentración para los coliformes totales fue de 5 400 NMP/100 mL, coliformes termotolerantes de 1 600 NMP/100 mL y *Escherichia coli* de 1 600 NMP/100 mL. La investigación concluyó que las concentraciones de coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*, en el río Quiroz fueron altas y sobrepasaron los estándares de calidad ambiental para agua en la categoría 1 y 3. Asimismo, recomendó monitorear la calidad del agua periódicamente, desarrollar actividades de educación ambiental que involucren a la población, autoridades y centros de salud.

## **1.2. Marco legal**

### **1.2.1. Normativa nacional**

#### **Constitución política del Perú 1993**

Según la Constitución Política del Perú (1993), en el título I, capítulo I: Derechos fundamentales de la persona, artículo N° 2 indica que, toda persona tiene derecho a la tranquilidad, a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el desarrollo de la su vida.

Así mismo, en el título III, capítulo II del ambiente y los recursos naturales, artículo N° 66 señala que, el estado es soberano sobre los recursos renovables y no renovables, son patrimonio de la nación. Mediante leyes el estado fija las condiciones de su aprovechamientos y utilización.

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

Según la Ley 29338, Ley de Recursos Hídricos (2009), en el título I: Disposiciones complementarias, artículo N° 2 del dominio y uso público sobre el agua sostiene que:

El agua constituye patrimonio de la nación. El dominio sobre ella es inalienable e imprescriptible. Es un bien de uso público y su administración solo puede ser otorgada y ejercida en armonía con el bien común, la protección ambiental y el interés de la nación. No hay propiedad privada sobre el agua. (p.3)

En el artículo N° 3 de la declaratoria de interés nacional y necesidad pública indica que, la gestión integrada de los recursos hídricos es de interés nacional y necesidad pública. La gestión integrada tiene el propósito de lograr la eficiencia en el manejo de las cuencas hidrográficas, para asegurar y garantizar la demanda de las actuales y futuras generaciones.

### **Ley General del Ambiente, Ley N° 28611**

Según la Ley 28611, Ley General del Ambiente (2005), título preliminar, artículo N° 1 del derecho y deber fundamental indica que:

Toda persona tiene derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida; y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo del país. (p.1)

En el título II, capítulo N° 3, artículo N° 66 de la salud ambiental señala que, la gestión ambiental es prioritaria para la prevención de riesgos y daños a la salud. El estado a través de la autoridad de la salud, personas naturales y jurídicas tienen responsabilidad en contribuir

a una efectiva gestión del ambiente y de los factores que genere riesgos a la salud de las personas

En el título III, capítulo N° 1, artículo N° 90 del recurso agua continental indica que: el estado peruano promueve y controla el uso y aprovechamiento responsable de las aguas continentales, mediante una gestión integrada del recurso hídrico. Así mismo, regula la asignación en función de objetivos sociales, ambientales y económicos

### **Ley General de Salud, Ley N° 26842**

Según la Ley 26842, Ley General de Salud (1997), en el título N° II, capítulo VIII de la protección del ambiente para la salud en su artículo N° 103 indica que:

La protección del ambiente es responsabilidad del estado y de las personas naturales y jurídicas, los que tienen la obligación de mantenerlo dentro de los estándares que, para preservar la salud de las personas, establecido por la autoridad de salud competente. (p.15)

En el artículo N° 104 indica que, ninguna persona puede realizar descargas de aguas residuales o sustancias contaminantes al agua, aire o suelo, sin antes haber tomado medidas de depuración tal como lo señalan las normas sanitarias y de protección al ambiente.

### **1.3. Bases teóricas especializadas**

#### **1.3.1. El agua e importancia**

El agua es un líquido vital para la vida y la salud humana, es el recurso indispensable para el desarrollo de las sociedades, esta posee propiedades únicas que hace que el recurso natural sea esencial para la vida. El agua cubre el 70 % del planeta, encontrándola en los océanos, lagos, lagunas y ríos; de esta los océanos cubren el 97,5 % del agua total, mientras que solo el 2,5 % del agua es agua dulce encontrándola en los glaciares, acuíferos, ríos, lagos y lagunas (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2007). El

agua es usada para diferentes finalidades y para cada caso requiere de una calidad particular. Se pueden identificar dos tipos de usos: naturales para el mantenimiento de los ríos, plantas, ecosistemas, transporte de sedimentos y reservas naturales; usos antrópicos aprovechamiento doméstico, recreación, agricultura, ganadería, minería, industria, energía, etc. (Fernández, 2012).

El agua se ha convertido en uno de los recursos más importantes para el desarrollo de la vida en el planeta, los seres humanos dependemos de su disponibilidad para el consumo doméstico, para las diferentes actividades tales como: agrícolas, industriales, etc. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2012).

### **1.3.2. Contaminación del agua**

La contaminación de los recursos hídricos es un problema que actualmente se presenta principalmente en los países en vías de desarrollo, debido a que las aguas residuales son vertidas a los ecosistemas acuáticos sin previo tratamiento, causando deterioro en el ambiente (Larrea-Murrell *et al.*, 2012). El agua es un constituyente de suma necesidad para los diferentes usos diarios, pero cuando está contaminada con agentes infecciosos o químicos puede ser un agente que daña la salud de las poblaciones que la consumen (Gonzales *et al.*, 2014).

La contaminación del agua puede clasificarse de dos maneras: natural y antropogénica. La contaminación natural se debe a las diversas sustancias presentes en un cuerpo de agua sin la intervención humana. Mientras que la contaminación antropogénica se debe a la intervención del hombre mediante las diversas actividades tales como: actividades agropecuarias, mineras, industriales, domésticas, etc. (Raffo y Ruiz, 2014).

### **1.3.3. Calidad del agua**

La calidad de agua se puede definir como el conjunto de características físicas, químicas y biológicas. La calidad del agua influye en la manera en la que se utiliza el agua en las diferentes actividades tales como para uso poblacional, recreacional, bebida de animales,

riego de cultivos, etc; de tal manera que la calidad de un cuerpo de agua está relacionada con el propósito de uso que se le da (Teves, 2016).

La calidad del agua es uno de los temas más importantes en la gestión de los recursos hídricos, su clasificación se basa en el grado de pureza y contaminación, esto se evalúa mediante características físicas, químicas y microbiológicas existiendo una gran variedad de factores y parámetros que hace que su evaluación sea una tarea compleja (Pérez *et al.*, 2018).

#### **1.3.4. Impactos en la calidad y disponibilidad del agua**

El tema de la calidad del agua es una tarea compleja, debido a ello se debe hacer referencia a la disponibilidad del recurso hídrico, las prioridades que se establecen para su uso y, por ende, los impactos que se generan y sus respectivas consecuencias. Avendaño (2015) clasifica diferentes actividades que impactan en la calidad del agua y su disponibilidad:

**Actividades agrícolas y ganaderas.** - Desde el punto de vista económico, la agricultura es muy importante para el sustento diario de la población. Sin embargo, si la agricultura no es desarrollada adecuadamente, esta genera impactos significativos en el suelo y en el agua debido a la aplicación de insumos que generan contaminación en los recursos hídricos. Por otro lado, la ganadería impacta debido a la eliminación de excretas de ganado en las fuentes hídricas y el vertimiento directo de los residuos del procesamiento de productos ganaderos.

**Actividades mineras.** - La actividad minera al igual que la ganadería y la agricultura son importantes para economía de la población. Sin embargo, la minería a gran escala y la minería artesanal impactan significativamente en los recursos hídricos, debido a la gran cantidad de agua que se emplea en los procesos de extracción, y por la contaminación de relaves vertidos a las fuentes de agua.

**Actividades de exploración, explotación y transporte de hidrocarburos.** - La calidad de agua se ve afectada por los efectos de la etapa de exploración de hidrocarburos y la generación de agua de producción la cual sale del pozo junto con el petróleo conteniendo sustancias tóxicas. En la etapa de explotación se produce por el empleo de químicos. Otros

de los efectos de esta actividad es el transporte. Por ejemplo: la rotura de oleoductos, generando derrames que contaminan el agua.

**Actividades de suministro de agua potable, servicio de alcantarillado y disposición de aguas residuales.** - El crecimiento demográfico de la población hace que aumente la demanda de agua en las ciudades, esto a su vez produce problemas como la disminución en la continuidad del servicio, conflictos entre los usuarios que exigen usar el agua en sus actividades, etc. Todo esto genera consecuencias mayores debido a que, al aumentar la población mayor será la producción de aguas residuales que, si no se cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales estas son vertidas a las fuentes de aguas (ríos, lagos y mares), afectando la calidad del agua.

### 1.3.5. Parámetros fisicoquímicos y microbiológico

**Temperatura.** - Es un parámetro que permite el desarrollo de la vida acuática, por lo general influye en la aceleración o retardo de la actividad biológica en el agua. La temperatura se define como la medida de la energía interna del agua que está relacionada con la radiación solar y la temperatura del aire. Por lo tanto, a medida que aumentan estas características, también lo hace la temperatura del agua (Flores, 2017).

**Potencial de hidrógeno (pH).** - Es un parámetro que mide la concentración de iones hidrógeno o la acidez del agua, y es un indicador crucial de la existencia de vida en el medio acuático (Pinedo, 2017). Los organismos acuáticos tienen un rango específico de tolerancia al pH, lo que lo convierte en un factor crítico para su supervivencia, y es importante tener en cuenta que las mediciones de pH pueden variar con la temperatura (Mendoza, 2018). Un pH de 0 a 7 indica que el agua es ácida, mientras que un pH de 7 a 14 indica que el agua es básica (Triveño, 2016).

**Oxígeno disuelto.** - Es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. La mayoría de los microorganismos necesitan oxígeno para sobrevivir y crecer. El oxígeno disuelto varía en función de la temperatura (Roca, 2018). Fernández (2012), señala que, para procesos de oxidación de la materia orgánica e inorgánica, los microorganismos necesitan de la presencia de oxígeno en el agua.

Según Gamarra (2013) citado por Roca (2018, p. 23) el oxígeno disuelto es el mayor indicador si es que se requiere medir la calidad del agua, su fuente es el aire ya que se esparce rápidamente en el agua en ríos y lagos. Asimismo, indica que, si el oxígeno presenta 0 mg/L existe una muerte masiva de organismos aerobios, 0 a 5 mg/L indica la desaparición de organismos y especies sensibles, 5 a 8 mg/L es aceptable para la vida de organismos acuáticos, 8-12 mg/L es adecuado para la vida para la gran mayoría de peses y otros organismos acuáticos y más de 12 mg/L presenta una condición sobre saturada.

**Aceites y grasas.** - Son compuestos orgánicos que se forman de carbono, hidrógeno y oxígeno. Estas son altamente estables e inmiscibles con el agua, las cuales proceden en su mayoría de desperdicios domésticos y de otras actividades antropogénicas, al ser inmiscibles estas van a permanecer en la superficie dando origen a natas y espumas (Vidales *et al.*, 2010).

**Demanda bioquímica de oxígeno.** - Es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para descomponer la materia orgánica. Se evalúa la concentración de oxígeno disuelto al inicio y al final de un periodo de 5 días en el que una muestra sellada de agua permanece en la oscuridad a una temperatura constante de 20 o 25 °C y se mide en O<sub>2</sub>/L (Fernández, 2012).

**Coliformes termotolerantes.** - Son microorganismos que forman parte del grupo de los coliformes totales, estos microorganismos soportan temperaturas de hasta de 45 °C, así mismo, son indicadores de calidad del agua. La mayoría de estos microorganismos son *Escherichia coli*, pero también se pueden encontrar otros como *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae* (Larrea-murrell *et al.*, 2012).

### 1.3.6. Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua

De acuerdo con el artículo N° 31 de la Ley General del Ambiente N° 28611 del MINAM (2005) indica que el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), es la medida que establece el nivel de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo.

Según la norma de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, establece cuatro categorías: Categoría 1 (poblacional y recreacional), categoría 2 (extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales), categoría 3 (riego de plantas y bebida de animales), categoría 4 (conservación del medio acuático). En la Tabla 1, se puede observar a detalle las categorías y subcategorías de los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua.

**Tabla 1**

*Categorías y subcategorías de los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua*

Categoría 1: Poblacional (A) y recreacional (B)	
A <sub>1</sub>	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección
A <sub>2</sub>	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional
A <sub>3</sub>	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
B <sub>1</sub>	Contacto primario
B <sub>2</sub>	Contacto secundario
Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales (C)	
C <sub>1</sub>	Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras
C <sub>2</sub>	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras
C <sub>3</sub>	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras
C <sub>4</sub>	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (D)	
D <sub>1</sub>	Riego de vegetales: Agua para riego restringido y no restringido
D <sub>2</sub>	Bebida de animales
Categoría 4: Conservación del medio acuático (E)	
E <sub>1</sub>	Lagunas y lagos
E <sub>2</sub>	Ríos: Costa, sierra y selva
E <sub>3</sub>	Ecosistemas marino costeros: Estuarios y marinos

*Nota.* Adaptado del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

### 1.3.7. Matriz para la evaluación de impacto ambiental

#### Matriz de Conesa

Fue formulada en el año 1997 por Vicente Conesa Fernández basado en el método de las matrices causa- efecto, involucrando los métodos de matriz de Leopold y el método Instituto Batelle-Columbus. Esta matriz busca Identificar los impactos significativos que se pueden presentar antes de la ejecución de un proyecto, obra o actividad (Dueñas, 2018).

La matriz Conesa realiza un análisis cualitativo del efecto ambiental que podría resultar de ciertas medidas, tomando en cuenta su grado o intensidad y la posible alteración que puedan causar. También se describe el impacto que dichas medidas tendrían en el medio ambiente de la zona que se está estudiando (Conesa, 2010). La Metodología para el Cálculo de las Matrices Ambientales se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Metodología para el Cálculo de las Matrices Ambientales*

Recuperabilidad (MC)		Intensidad (i)	
Inmediato	1	Baja	1
Recuperable	2	Media	2
Mitigable	4	Alta	4
Irrecuperable	8	Muy alta	8
Extensión (EX)		Memento (MO)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Critica	12	Critico	8
Persistencia (PE)		Reversibilidad (RV)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
Sinergia (SI)		Acumulación (AC)	
Sin sinergismo	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
Efecto (EF)		Periodicidad (PR)	
Indirecto	1	Irregular	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4

*Nota.* Elaboración propia a partir de Vicente Conesa (2010).

En función de este modelo, los valores extremos de la Importancia pueden variar (Ver Tabla 3)

**Tabla 3**

*Valores extremos de importancia*

Valor de importancia	Calificación	Significado
< 25	BAJO	La afectación del mismo es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del Proyecto en cuestión
$25 \geq < 50$	MODERADO	La afectación del mismo, no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas. La afectación de este, exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación necesario es en un periodo prolongado
$50 \geq < 75$	SEVERO	La afectación del mismo, es superior al umbral aceptable.
$\geq 75$	CRITICO	Se produce una perdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. NO hay posibilidad de recuperación alguna.

*Nota.* Elaboración propia a partir de Vicente Conesa (2010).

En definitiva, la matriz quedara conformada con las siguientes categorías (Ver Tabla 4)

**Tabla 4**

*Matriz de categorías para la valorización de impactos ambientales*

Significancia del impacto	IMPACTO		Importancia del impacto
	Código de colores		
	Negativos -	Positivos +	
Irrelevante			Inferiores a 25
Moderado			Entre 25 y 50
Severo			Entre 50 y 75
Crítico			Superiores 75

*Nota.* Elaboración propia a partir de Vicente Conesa (2010).

### **1.3.8. Tratamiento de aguas residuales**

Para llevar a cabo el tratamiento de aguas residuales, se requiere de una serie de procesos físicos, químicos y biológicos cuyo objetivo principal es la eliminación de los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua utilizada (Manotupa y Muriel, 2018). Las plantas de tratamiento de aguas residuales son muy importantes para la calidad de vida de los ciudadanos y del medio ambiente.

#### **Lagunas aerobias**

Las lagunas aeróbicas reciben aguas residuales tratadas que contienen una cantidad baja de sólidos en suspensión. En este lugar, la materia orgánica se descompone gracias a la presencia de bacterias aeróbicas que utilizan el oxígeno producido por las algas mediante la fotosíntesis (Manotupa y Muriel, 2018).

#### **Lagunas facultativas**

Las lagunas facultativas son áreas de un sistema de tratamiento de aguas residuales donde se permite que la materia orgánica se descomponga de forma natural, en ausencia de oxígeno, mediante la acción de bacterias anaerobias. A diferencia de las lagunas aeróbicas, que requieren un suministro constante de oxígeno para mantener activas las bacterias aeróbicas que descomponen la materia orgánica, las lagunas facultativas permiten que el agua residual fluya lentamente a través de ellas y se mezcle con las bacterias anaerobias presentes en el lodo o sedimento del fondo de la laguna (Manotupa y Muriel, 2018).

#### **Laguna de maduración**

Los estanques de estabilización conocidos como "lagunas de maduración" se utilizan para tratar las aguas residuales secundarias previamente tratadas por otro sistema de lagunas. En estos estanques, se produce una disminución adicional de bacterias (Manotupa y Muriel, 2018).

## **CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Diseño de la investigación**

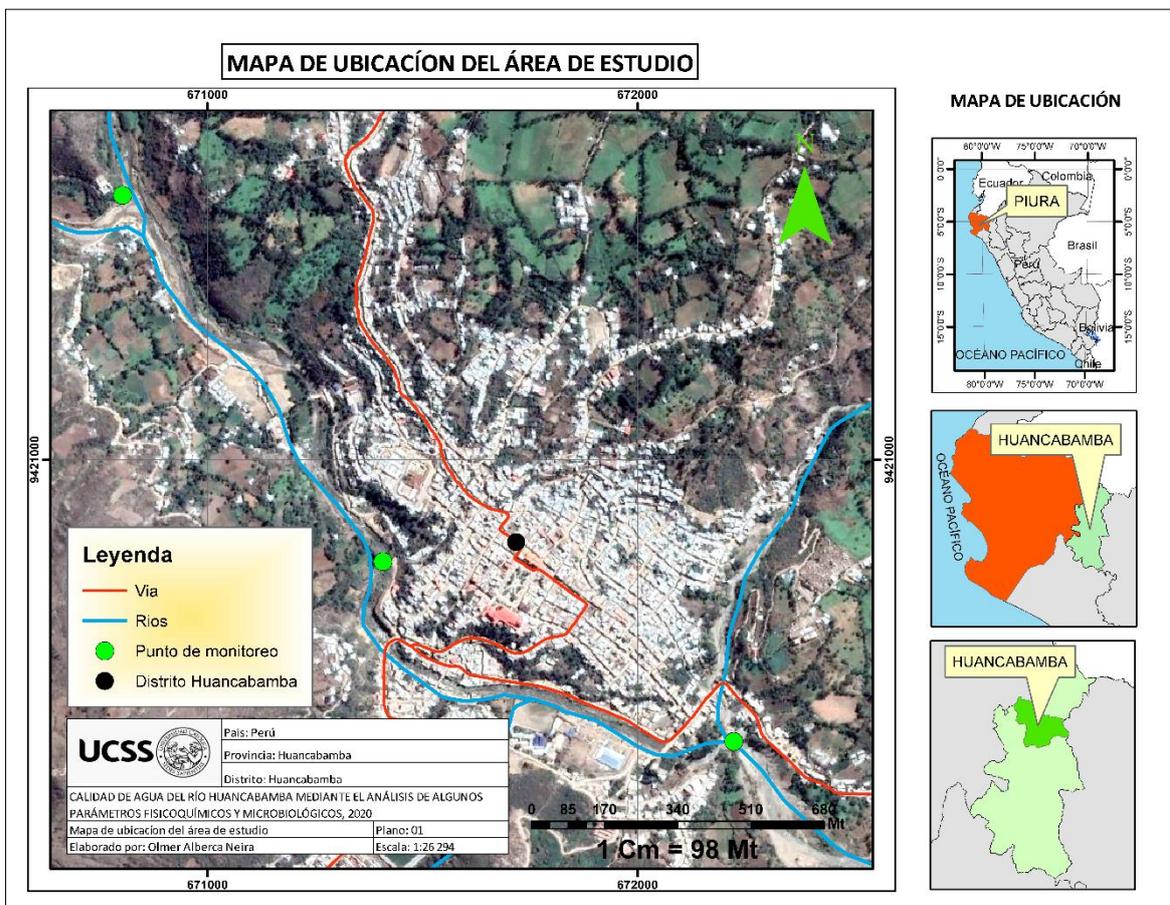
La investigación presenta un diseño no experimental, con un enfoque descriptivo; método que permite recopilar información cuantificable para ser utilizada en el análisis estadístico. Según Hernández *et al.* (2014) señalan que las investigaciones no experimentales son estudios en donde solo se observa el fenómeno en su ambiente natural sin la necesidad de cambiar de forma intencional sus variables para analizarlos. Importante señalar que, la investigación presentó un enfoque cuantitativo.

### **2.2. Lugar y fecha**

La presente investigación se desarrolló en el distrito y provincia de Huancabamba ubicada en la sierra norte del Perú, región Piura. La ciudad de Huancabamba se encuentra ubicada a 1929 m s.n.m., con una superficie total de 4246,14 km<sup>2</sup>. El clima es variado, en el valle de Huancabamba es ligeramente húmedo y templado, mientras que en las partes altas es frío y húmedo. El distrito de Huancabamba cuenta con una población de 27 559 habitantes, de las cuales 9118 habitantes pertenecen al área urbana (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2017). La investigación fue realizada entre los meses de agosto a diciembre del 2020, por lo que tuvo una duración de 6 meses, cumpliendo con el cronograma del proyecto. En la Figura 1, se presenta el mapa de ubicación del área de estudio. Así mismo, en el Apéndice 6, se presentan fotografías tomadas durante la ejecución del proyecto de tesis.

**Figura 1**

Mapa de ubicación del área de trabajo



*Nota.* Elaboración propia a partir de data cartográfica.

## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población

Para la presente investigación la población estuvo conformada por el agua superficial del río Huancabamba dentro de la misma ciudad.

### 2.3.2. Muestra

En la presente investigación se trabajó con la muestra, para lo cual, se establecieron tres puntos de muestreo en el trayecto de río que cruza la ciudad de Huancabamba. Previamente identificados, en cada punto se tomó una muestra para medir los parámetros de campo (*in situ*), para ello se utilizó un balde limpio y transparente, y mediante el uso de un equipo

multiparámetros se procedió a tomar las lecturas de forma inmediata. Posteriormente se tomaron muestras para los análisis en laboratorio, la recolección de las muestras de agua fue realizada de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales en donde establece procedimientos para la toma de muestras. En el Apéndice 1, se presenta información sobre la conservación y preservación de muestra de agua en función del parámetro evaluado.

#### 2.4. Ubicación de los puntos de monitoreo

La ubicación de los puntos de monitoreo fueron tomados previo reconocimiento del entorno, posteriormente se procedió a georreferenciar mediante el uso de un GPS, puntos que se establecieron para el muestreo de los parámetros a evaluar. En la Tabla 5, se detalla la ubicación de los puntos de monitoreo.

**Tabla 5**

*Ubicación de los puntos de monitoreo*

Código	Descripción	Coordenadas (UTM)	Zona (17)	Altura (m s.n.m.)
Punto 01	Aguas abajo del río Huancabamba a pocos metros de la quebrada de Nolgulo	0672224 E 9420341 N	17	1869
Punto 02	A 100 metros de la planta de luz ENOSA	0671408 E 9420762 N	17	1903
Punto 03	Aguas arriba del río Huancabamba a pocos metros de la quebrada de Chula	0670802 E 9421620 N	17	1922

*Nota.* Elaboración propia a partir de datos registrados en campo.

#### 2.5. Frecuencia de monitoreo

La investigación fue llevada a cabo en un periodo de tres meses, para lo cual se establecieron tres estaciones o puntos de monitoreo dentro del área de estudio. Se realizó un muestreo por cada mes, tomando un total de 27 muestras para los análisis de aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes termotolerantes, las cuales fueron llevadas al laboratorio para ser analizadas, los parámetros de campo se midieron en campo (*in situ*). El estudio fue desarrollado en los meses de setiembre, octubre y noviembre del 2020.

## 2.6. Técnicas e instrumentos

En la Tabla 6, se detallan las técnicas e instrumentos que permitieron el monitoreo de las aguas superficiales para efectos de la presente investigación, así como también, para la identificación de los impactos ambientales.

**Tabla 6**

*Técnicas e instrumentos para el muestreo de aguas superficiales e identificación de impactos ambientales*

Técnicas	Instrumentos
Muestreo de aguas superficiales	
Observación: Se identificó el área y los puntos de muestreo para la toma de muestras respectivas	Fichas de campo
Recolección de datos: Se realizó una descripción y se georreferenciaron los puntos de monitoreo	GPS
Monitoreo: Los parámetros de campo se evaluaron <i>in situ</i> , se tomaron muestras para los parámetros que requirieron de un análisis en laboratorio	Multiparámetros
Impactos ambientales	
Observación: Se identificó las áreas puntuales que generan impactos ambientales en las aguas del río Huancabamba	Fichas de campo
Recolección de datos: Se realizó una descripción y se georreferenciaron las áreas que presentan actividades antropogénicas	GPS

*Nota.* Elaboración propia.

## **2.7. Descripción de la investigación**

### **2.7.1. Muestreo**

Las muestras de los parámetros que se analizaron en la presente investigación fueron tomadas de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. A continuación, se presenta la metodología considerada en el muestreo de las aguas superficiales del río Huancabamba.

- Después de haber identificado los puntos de muestreo, se procedió a tomar muestras para evaluar los parámetros de campo (*in situ*). Así mismo, se tomaron muestras de agua para el análisis de los parámetros de laboratorio, los cuales fueron los siguientes: aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes termotolerantes.
- Los datos recolectados en los puntos de muestro se registraron en la ficha de campo (ver Apéndice 10) y en la cadena de custodia (ver Apéndice 9) otorgado por el laboratorio Environmental Quality Analytical Services (EQUAS), empresa donde se realizaron los análisis respectivos.
- Los frascos de las muestras fueron rotulados con etiquetas autoadhesivas, conteniendo la información que a continuación se detalla: cliente, responsable del muestreo, punto de muestreo, descripción del punto de muestro, parámetro de análisis, tipo de muestro, fecha y hora.
- El traslado de las muestras al laboratorio Environmental Quality Analytical Services (EQUAS) se realizó cumpliendo con la norma, en donde establece el tiempo máximo de almacenamiento.

### 2.7.2. Mediciones de los parámetros de campo *in situ*

Los parámetros que se analizaron en campo fueron los siguientes: Temperatura, potencial de hidrogeno y oxígeno disuelto, para ello se utilizó un equipo multiparámetros de marca LUTRON, modelo WA-2017SD.

**Temperatura.** – Para tomar las muestras se realizó el ajuste y verificación del equipo y mediante el uso de la sonda de temperatura, se tomaron las medidas en los puntos establecidos. Estos datos fueron registrados en una ficha de campo respectivamente.

**Potencial de hidrógeno.** - Las medidas de pH se realizaron utilizando la sonda de pH la cual fue calibrada con *buffers* (material de referencia) de 4,01 y 7,01, posteriormente se procedió a tomar las medidas en los puntos de muestreo establecidos.

**Oxígeno disuelto.** - Los valores del oxígeno disuelto fueron tomados utilizando la sonda de oxígeno disuelto, se calibró con el material de referencia para ajuste, posteriormente se procedió a tomar las muestras en los puntos de muestreo.

### 2.7.3. Mediciones de los parámetros de laboratorio

Los parámetros que fueron analizados en el laboratorio fueron los siguientes: aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes termotolerantes, parámetros que fueron tomados considerando lo establecido en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Los análisis en laboratorio se analizaron considerando los métodos analíticos de la referencia “standar methods for examination of wather and wastewater, 23ra ED. APHA, AWWA WEF, 2017”. En el Apéndice 8, se presenta el informe de resultados de los parámetros analizados en el laboratorio Environmental Quality Analytical S.A.

**Aceites y grasas.** - Para la toma de las muestras de aceites y grasas se utilizó frascos de vidrio de color ámbar, para lo cual se tomó un litro de agua. Posteriormente se procedió a agregar 40 gotas de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

**Demanda bioquímica de oxígeno.** - Para la toma de las muestras para el análisis de la demanda bioquímica de oxígeno se utilizaron frascos de plástico con capacidad de un litro. Se procedió a tomar las muestras de agua para lo cual se llenó el recipiente sin dejar ninguna burbuja de aire.

**Coliformes termotolerantes.** - Para la toma de las muestras de coliformes termotolerantes se utilizaron frascos de vidrio transparentes con una capacidad de medio litro (500 mL), previamente esterilizados.

## 2.8. Identificación de las variables y su mensuración

En la Tabla 7, se presentan la identificación de las variables y su mensuración para efectos de la presente investigación.

**Tabla 7**

*Identificación de las variables*

VARIABLES	UNIDADES	MENSURACIÓN	METODOLOGÍA
Temperatura	°C	Multiparámetros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B.22nd Ed.
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de pH	Multiparámetros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+B.22nd Ed.
Oxígeno disuelto	mg/L	Multiparámetros	CTM-022/CTM-030
Aceites y grasas (A y G)	mg/L	Analizador de aceites y grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B.23nd Ed.
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L	Medidor de DBO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B.23rd Ed.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	Analizador de coliformes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1. 23 <sup>rd</sup> Ed.

*Nota.* Adaptado a partir del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA.

## 2.9. Análisis de datos

### 2.9.1. Procesamiento de la información y análisis estadista de datos

Para el procesamiento de la información en la ejecución de la presente investigación se utilizaron programas de información geográfica tales como Google Earth Pro y AcrGis. Asimismo, para el análisis estadístico de datos se utilizó el programa Microsoft Excel, el cual permitió elaborar tablas, gráficos; también permitió encontrar el valor mínimo, máximo, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Estos datos permitieron evaluar la calidad del agua del río Huancabamba mediante la evaluación de cada parámetro fisicoquímico y microbiológico.

Finalmente, los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológico fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobado por Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en cada una de sus respectivas categorías.

#### **Fórmulas para calcular la media, coeficiente de variación y desviación estándar**

**Media aritmética.** - Es el resultado de dividir la suma de todas las observaciones entre el número de muestras

$$X = \frac{\sum x}{N}$$

Donde:

N= Número de muestras

**Varianza.** - Es una media de dispersión que se usa para representar la variabilidad de una serie de datos en relación con la media aritmética.

$$S^2 = \frac{\sum (x-X)^2}{N-1}$$

Donde:

X= Promedio de datos

x= Datos

N= Número de muestras

**Desviación estándar.** - Es una medida que se utiliza para cuantificar la variación o la dispersión de un conjunto de datos numéricos, permitiendo encontrar la variabilidad que existe en un grupo de datos.

$$S = \sigma = \sqrt{S^2}$$

Donde:

$S^2$ = Varianza muestral

**Coefficiente de variación.** - Es una medida de dispersión relativa adimensional, que permite comparar la variabilidad de los datos a variables distintas.

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} 100$$

Donde:

CV= Coeficiente de variación

$\sigma$ = Desviación estándar o típica

## 2.10. Impactos ambientales que afectan la calidad de agua de río Huancabamba

Para la evaluación de los impactos ambientales que afectan la calidad de agua del río Huancabamba se hizo uso de una matriz causa-efecto, lo cual permitió identificar las principales actividades que generan contaminación afectando a los diversos factores ambientales tales como: el medio físico, medio biológico, medio conceptual, medio socioeconómico y cultural. En el Apéndice 2, se detalla las actividades impactantes en la evaluación del proyecto de la calidad del agua del río Huancabamba.

Así mismo, se hizo uso de la Matriz de Conesa, permitiendo identificar el nivel de impacto de cada parámetro (irrelevante, moderado, severo o crítico), lo que permitió asignar importancia a cada impacto.

### 2.10.1. Valoración de impactos ambientales

Para evaluar e identificar qué actividad presenta mayor impacto negativo se elaboró una Matriz de Impacto Ambiental, un método analítico, la cual permite asignar la importancia a cada impacto ambiental posible de la ejecución de un proyecto, formulada por Vicente Conesa. En el Apéndice 3, se detalla la matriz de identificación e interacción de impactos ambientales directos e indirectos.

La matriz de causa-efecto analiza diez parámetros y a su vez establece una serie de atributos, los cuales, al plasmarlos en la ecuación propuesta por el autor, da un resultado el cual corresponde a la importancia del impacto, estableciéndolos en un rango de 0-100, posteriormente se tienen cuatro rangos a los cuales se les asigna el efecto al que hacen referencia: Naturaleza, Extensión (EX), Intensidad (I), Momento (MO), Persistencia (PE), Reversibilidad (RV), Recuperabilidad (MC), Sinergia (SI), Efecto (EF) y Acumulación (AC) (Dueñas, 2018).

Para dar importancia a cada impacto se utilizó la siguiente fórmula:

$$I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

En donde:

$\pm$  = Naturaleza del impacto

I = Importancia del impacto

i = Intensidad o grado probable de destrucción

EX = Extensión o área de influencia del impacto

MO = Momento o tiempo entre la acción y la aparición del impacto

PE = Persistencia o permanencia del efecto provocado por el impacto

RV = Reversibilidad

SI = Sinergia o reforzamiento de dos o más efectos simples

AC = Acumulación o efecto de incremento progresivo

EF = Efecto (tipo directo o indirecto)

PR = Periodicidad

MC = Recuperabilidad o grado posible de reconstrucción por medios humanos

## 2.11. Alternativa de solución

Existen diversas tecnologías para realizar proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales, considerando los aspectos sociales, económicos, sostenibilidad, impacto en la salud, en el ambiente, operación y mantenimiento, así como también, diversos criterios a tener en cuenta para su construcción. En la Tabla 8, se presenta los criterios a tener en cuenta para elegir un tipo de PTAR para construir.

**Tabla 8**

*Criterios a tener en cuenta para elegir un tipo de PTAR para construir*

Criterios de selección	Variables
Factores demográficos	Existencia de agua potable Existencia y tipo de alcantarillado Población
Características del agua residual	Origen, Composición, Caudal y Temperatura
Objetivo de tratamiento	Expectativas de calidad del efluente Nivel de tratamiento
Características del terreno	Superficie necesaria Profundidad del nivel freático Pendiente y Topografía
Características del suelo	Tipo, Textura y Velocidad de infiltración
Características climatológicas	Precipitación Temperatura Evapotranspiración Viento
Aspectos tecnológicos	Impacto ambiental Eficiencia del tratamiento Facilidad de operación y tratamiento
Costos	Operación y Mantenimiento Construcción

*Nota.* Adaptado de Manotupa y Muriel (2018). Propuesta elaboración de una guía para el proceso de diseño en proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales en el Perú.

## 2.12. Materiales

En la Tabla 9; 10; 11 y 12 se detallan los materiales y equipos empleados en la presente investigación, así como también los equipos y materiales complementarios.

**Tabla 9**

*Materiales para la toma de muestras*

Parámetro	Cantidad	Volumen (mL)	Tipo de envase
A y G	9	1 000	Vidrio color ámbar
DBO	9	1 000	Plástico
Coliformes termotolerantes	9	500	Vidrio

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 10**

*Equipos para la toma de datos en campo*

Parámetro	Equipo	Marca	Modelo
Temperatura	Multiparámetros	Lutron	WA-2017SD
pH	Multiparámetros	Lutron	WA-2017SD
Oxígeno disuelto	Multiparámetros	Lutron	WA-2017SD

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 11**

*Materiales complementarios*

Materiales complementarios
Cooler
Cadena de custodia
Ficha de registro de campo
Libreta de campo
Plumón indeleble
Lapicero

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 12**

*Equipos complementarios*

Equipos complementarios
GPS (Sistema de Posicionamiento Global)
Cámara fotográfica
Laptop

*Nota.* Elaboración propia.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológico

#### 3.1.1. Temperatura

En la Tabla 13, se presentan los resultados del parámetro de temperatura, en donde se puede apreciar que la temperatura más baja se registró en el punto 03 correspondiente al mes de setiembre, alcanzando un valor de 16 °C y la temperatura más alta se presentó en el punto 01 en el mes octubre con un valor de 22,06 °C.

**Tabla 13**

*Resultados de la temperatura del agua superficial del río Huancabamba*

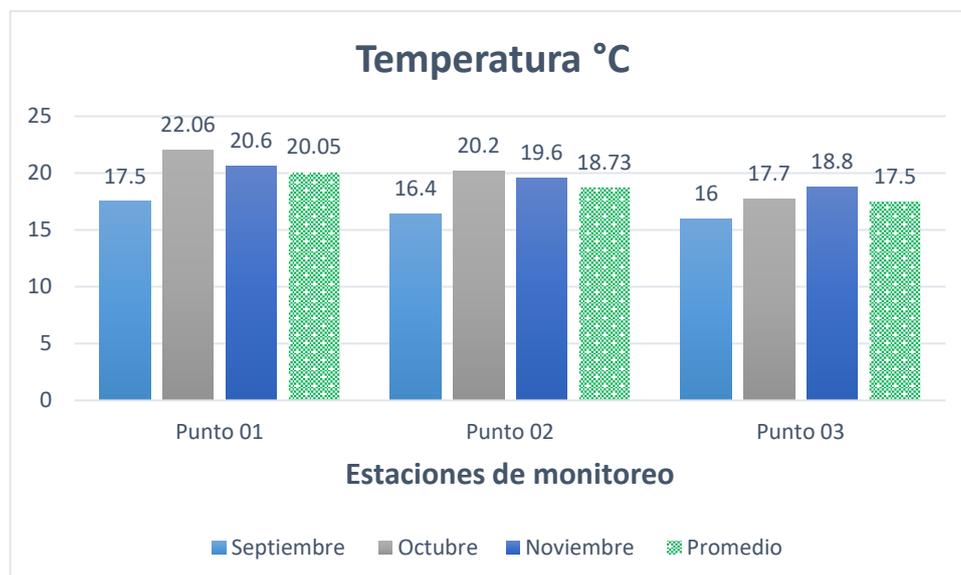
Resultados de Temperatura (°C)				
Puntos de muestreo	Setiembre	Octubre	Noviembre	Promedio
Punto 01	17,5	22,06	20,6	20,05
Punto 02	16,4	20,2	19,6	18,73
Punto 03	16	17,7	18,8	17,5
Promedio mensual	16,63	19,99	19,67	

*Nota.* Tabla de resultados del análisis de la temperatura del agua superficial del río Huancabamba en los meses de setiembre, octubre y noviembre en los tres puntos de monitoreo.

En la Figura 2, se observa la variación de la temperatura por punto de monitoreo respecto a los meses de setiembre, octubre y noviembre del 2020, los valores registrados fueron: para el punto 01 de 20,05 °C, punto 02 de 18,73 °C y en el punto 03 de 17,5 °C en promedio. Así mismo, es importante resaltar que la temperatura de las aguas superficiales del río Huancabamba va disminuyendo en relación al punto 01; 02 y 03.

**Figura 2**

*Variación de la temperatura por punto de monitoreo con respecto a los meses de setiembre, octubre y noviembre 2020*



*Nota.* Elaboración propia a partir de valores obtenidos en el análisis de la temperatura en las aguas del río Huancabamba.

Los datos fueron procesados haciendo uso de la estadística descriptiva (Tabla 14). El valor promedio de la temperatura fue de 18,76 °C, presentando una desviación estándar de 2,03 y un coeficiente de variación de 10,82 %; este porcentaje indica que la temperatura presenta una baja variabilidad.

**Tabla 14**

*Estadística descriptiva para el parámetro de temperatura*

Parámetro de muestreo	Unidad	N° de muestras	Min	Max	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Temperatura	°C	9	16	22,06	18,76	2,03	0,1082

*Nota.* Elaboración propia a partir del análisis estadístico de datos para el parámetro de la temperatura.

### 3.1.2. Potencial de hidrógeno (pH)

En la Tabla 15, se muestran los resultados del análisis de pH evaluado en los meses de setiembre, octubre y noviembre del 2020. Para este parámetro el valor más bajo registrado se presenta en el punto 01 con 7,71 unidades de pH correspondiente al mes de setiembre y el valor más alto en el punto 03 llegando a 8,18 unidades de pH en el mes de noviembre.

**Tabla 15**

*Resultados de potencial de hidrógeno del agua superficial del río Huancabamba*

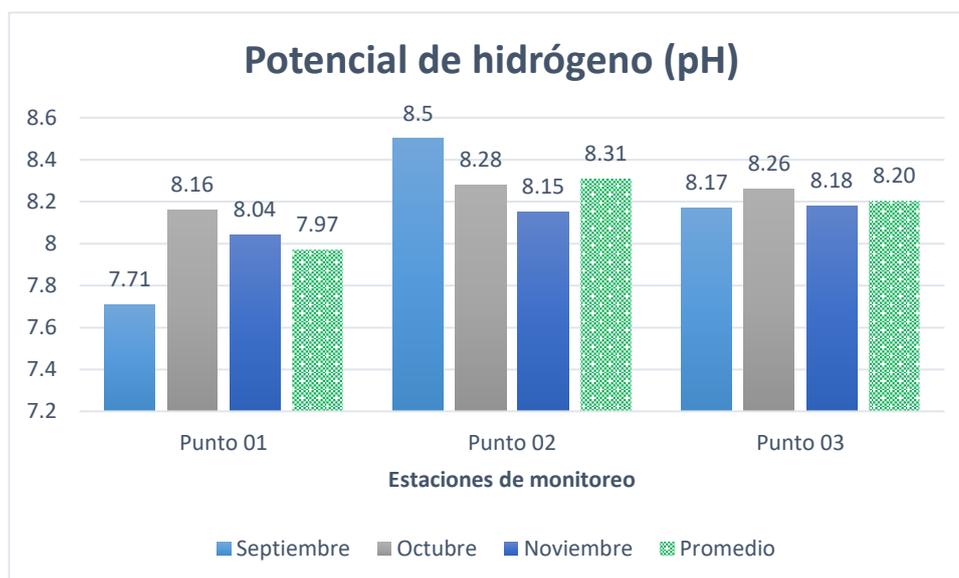
Potencial de hidrógeno (pH)				
Puntos de muestreo	Setiembre	Octubre	Noviembre	Promedio
Punto 01	7,71	8,16	8,04	7,97
Punto 02	8,5	8,28	8,15	8,31
Punto 03	8,17	8,26	8,18	8,20

*Nota.* Tabla de resultados del análisis de pH del agua superficial del río Huancabamba en los meses de setiembre, octubre y noviembre en los tres puntos de monitoreo. Elaboración propia.

En la Figura 3, se observa la variación del pH con respecto a los meses de setiembre, octubre y noviembre del 2020 en los tres puntos de monitoreo. El valor promedio en el punto 01 fue de 7,97 unidades de pH, el punto 02 presentó un promedio de 8,31 unidades de pH, mientras que el punto 03 fue de 8,20 unidades de pH.

**Figura 3**

*Variación del potencial de hidrógeno por punto de monitoreo con respecto a los meses de setiembre, octubre y noviembre 2020*



*Nota.* Elaboración propia a partir de valores obtenidos en el análisis de pH en las aguas del río Huancabamba.

De acuerdo al análisis estadístico (Tabla 16), de las 9 muestras tomadas para el análisis del pH se observa que en general el promedio fue de 8,12 unidades de pH, obteniendo una desviación estándar de 0,21 y un coeficiente de variación de 3 %; tomando en cuenta el coeficiente de variación el parámetro de pH presenta una variabilidad muy baja.

**Tabla 16***Estadística descriptiva para el parámetro de potencial de hidrógeno*

Parámetro de muestreo	Unidad	N° de muestras	Min	Max	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
pH	Unidad de pH	9	7,17	8,5	8,16	0,21	0,03

*Nota.* Elaboración propia a partir del análisis estadístico de datos para el parámetro de pH.

### 3.1.3. Oxígeno disuelto

En la Tabla 17, se presentan los resultados del oxígeno disuelto, valores tomados en los meses de setiembre, octubre y noviembre del 2020 en los tres puntos de muestreo. El valor más bajo registrado se presentó en el punto 03 con 7,6 mg/L correspondiente al mes de noviembre y el valor más alto fue en el punto 02 con 10,3 mg/L en mes de setiembre.

**Tabla 17***Resultados de oxígeno disuelto del agua superficial del río Huancabamba*

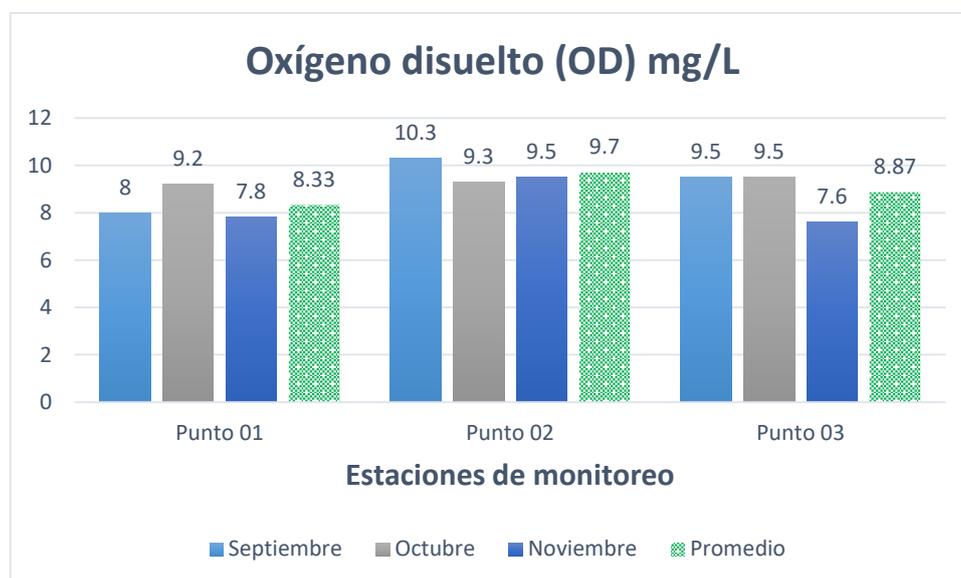
Puntos de muestreo	Oxígeno disuelto (OD) mg/L			Promedio
	Setiembre	Octubre	Noviembre	
Punto 01	8	9,2	7,8	8,33
Punto 02	10,3	9,3	9,5	9,7
Punto 03	9,5	9,5	7,6	8,86

*Nota.* Tabla de resultados del análisis de oxígeno disuelto del agua superficial del río Huancabamba en los meses de setiembre, octubre y noviembre en los tres puntos de monitoreo. Elaboración propia.

En la Figura 4, se observa la variación del oxígeno disuelto en relación a los meses y puntos de muestreo, en el punto 01 presenta un promedio general de 8,33 mg/L, para el punto 02 el promedio es de 9,7 mg/L, mientras que en el punto 03 se obtiene un promedio de 8,87 mg/L.

**Figura 4**

Variación del oxígeno disuelto por punto de monitoreo con respecto a los meses de setiembre, octubre y noviembre 2020



*Nota.* Elaboración propia a partir de valores obtenidos en el análisis de oxígeno disuelto en las aguas del río Huancabamba.

En la Tabla 18, se presenta la estadística descriptiva del oxígeno disuelto, en donde se aprecia que de las 9 muestras tomadas el promedio de oxígeno disuelto fue de 8,97 mg/L, la desviación estándar de 0,93, así mismo, el coeficiente de variación fue del 10,40 % lo cual indica que el parámetro evaluado presenta una baja variabilidad.

**Tabla 18**

*Estadística descriptiva para el parámetro de oxígeno disuelto*

Parámetro de muestreo	Unidad	N° de muestras	Min	Max	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Oxígeno disuelto	mg/L	9	7,6	10,3	8,97	0,93	0,1040

*Nota.* Elaboración propia a partir del análisis estadístico de datos para el parámetro de oxígeno disuelto.

### 3.1.4. Aceites y grasas

De acuerdo con los resultados de los análisis realizados la concentración de aceites y grasas en el agua es de 0,5 mg/L en los tres puntos de muestreo, presentando el mismo valor en los meses de setiembre, octubre y noviembre 2020 (Tabla 19).

**Tabla 19**

*Resultados de aceites y grasas del agua superficial del río Huancabamba*

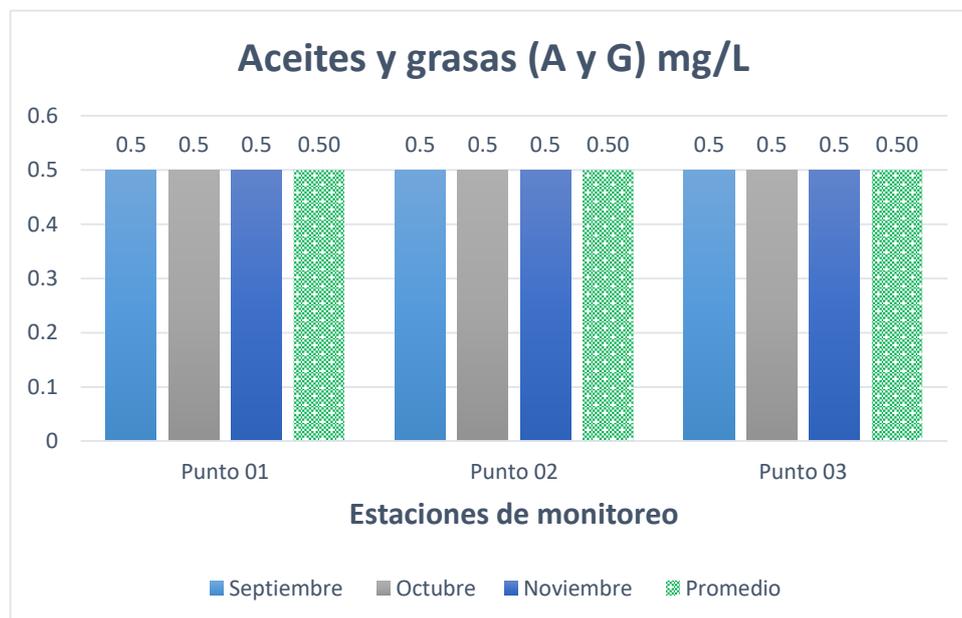
Aceites y grasas (A y G) (mg/L)				
Puntos de muestreo	Setiembre	Octubre	Noviembre	Promedio
Punto 01	0,5	0,5	0,5	0,50
Punto 02	0,5	0,5	0,5	0,50
Punto 03	0,5	0,5	0,5	0,50

*Nota.* Tabla de resultados del análisis de aceites y grasas del agua superficial del río Huancabamba en los meses de setiembre, octubre y noviembre en los tres puntos de monitoreo.

En la Figura 5, se observa la variación de aceites y grasas por punto de monitoreo con respecto a los meses de setiembre, octubre y noviembre 2020, en donde el resultado es constante para los tres meses del estudio, el valor fue de 0,50 mg/L.

**Figura 5**

*Variación de aceites y grasas por punto de monitoreo con respecto a los meses de setiembre, octubre y noviembre 2020*



*Nota.* Elaboración propia a partir de valores obtenidos en el análisis de aceites y grasas en las aguas del río Huancabamba.

De las 9 muestras tomadas se observa que los resultados para los aceites y grasas arrojaron los mismos valores, por lo tanto, no existe una desviación estándar, ni un coeficiente de variación para el mencionado parámetro (Tabla 20).

**Tabla 20***Estadística descriptiva para el parámetro aceites y grasas*

Parámetro de muestreo	Unidad	N° de muestras	Min	Max	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
A y G	mg/L	9	0,5	0,5	0,5	00	00

*Nota.* Elaboración propia a partir del análisis estadístico de datos para el parámetro de aceites y grasas.

### 3.1.5. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

En la Tabla 21, se presentan los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno, donde se puede observar que los resultados varían entre 2 a 3 mg/L durante el periodo de monitoreo de los puntos de muestreo en los meses de setiembre, octubre y noviembre del 2020.

**Tabla 21***Resultados de la demanda bioquímica de oxígeno del agua superficial del río Huancabamba*

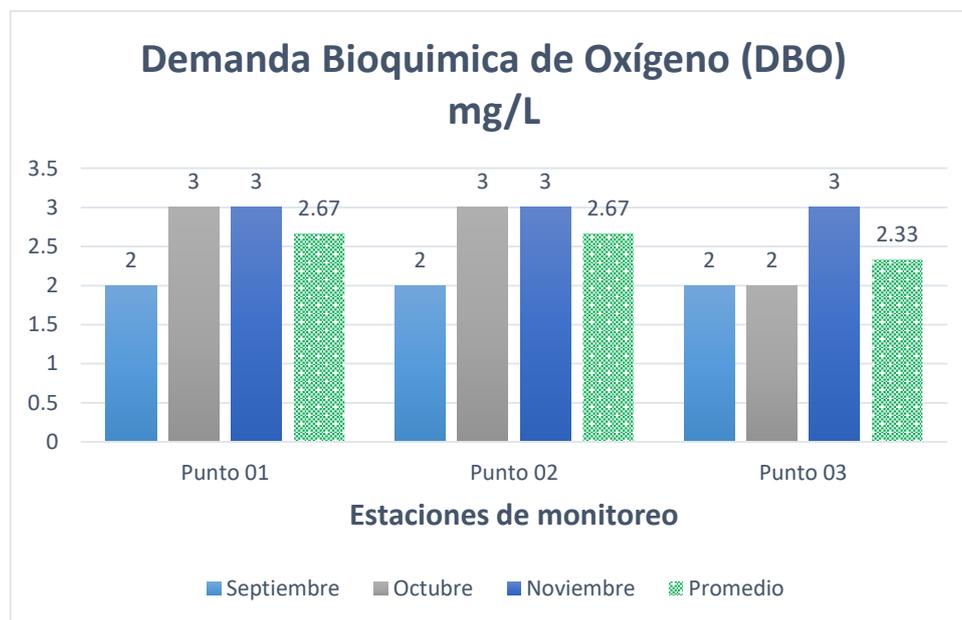
Puntos de muestreo	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)			Promedio
	Setiembre	Octubre	Noviembre	
Punto 01	2	3	3	2,67
Punto 02	2	3	3	2,67
Punto 03	2	2	3	2,33

*Nota.* Tabla de resultados del análisis de la DBO del agua superficial del río Huancabamba en los meses de setiembre, octubre y noviembre en los tres puntos de monitoreo. Elaboración propia.

En la Figura 6, la variación de la demanda bioquímica entre ambos puntos es mínima, como se puede observar en el punto 01 y 02 presenta un valor promedio de 2,67 mg/L, mientras que el punto 03 presenta un promedio de 2,33 mg/L.

**Figura 6**

*Variación de la demanda bioquímica de oxígeno por punto de monitoreo con respecto a los meses de setiembre, octubre y noviembre 2020*



*Nota.* Elaboración propia a partir de valores obtenidos en el análisis de la DBO en las aguas del río Huancabamba.

En la Tabla 22, se presenta la estadística para el parámetro de la demanda bioquímica de oxígeno. De las 9 muestras tomadas se aprecia que el valor promedio para la demanda bioquímica de oxígeno fue de 2,56 mg/L, la desviación estándar fue de 0,52, así mismo, se presenta un coeficiente de variación de 20,62 % lo que indica que presenta una variabilidad moderada.

**Tabla 22**

*Estadística descriptiva para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno*

Parámetro de muestreo	Unidad	N° de muestras	Min	Max	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación
DBO	mg/L	9	2	3	2,56	0,52	0,2062

*Nota.* Elaboración propia a partir del análisis estadístico de datos para el parámetro de DBO.

### 3.1.6. Coliformes termotolerantes

En la Tabla 23, se presentan los resultados de los análisis de los coliformes termotolerantes evaluados en los meses de setiembre, octubre y noviembre del 2020. Los resultados muestran que los puntos 01 y 02 presentan altas concentraciones de coliformes, los valores van desde 5400 NMP/100 mL hasta 24 000 NMP/100 mL, mientras que para el punto 03 las concentraciones son bajas presentando valores que van desde 350 NMP/100 mL hasta 920 NMP/100 mL.

**Tabla 23**

*Resultados de coliformes termotolerantes del agua superficial del río Huancabamba*

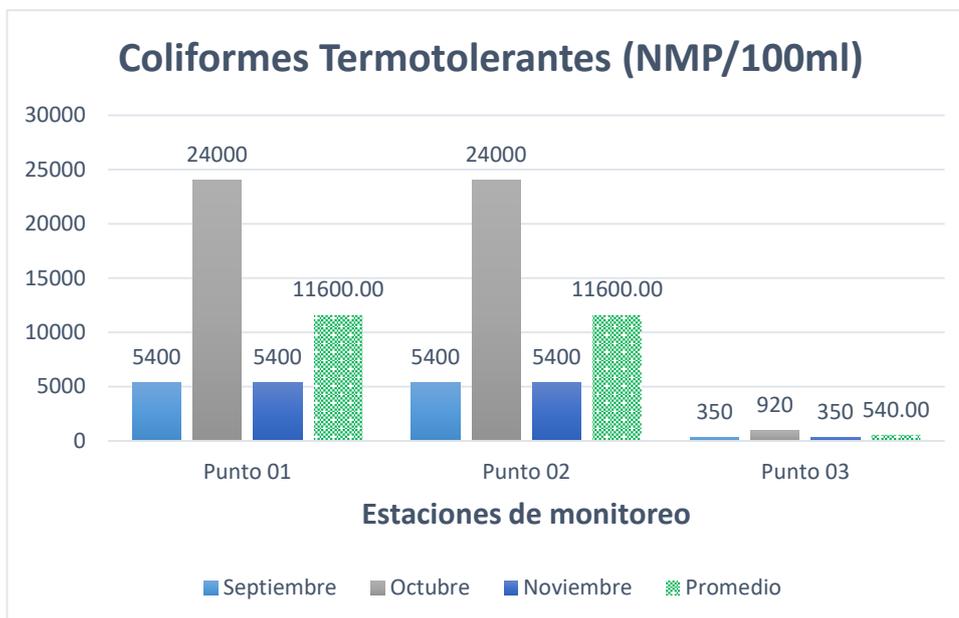
Coliformes termotolerantes NMP/100 mL				
Puntos de muestreo	Setiembre	Octubre	Noviembre	Promedio
Punto 01	5 400	24 000	5 400	11 300,00
Punto 02	5 400	24 000	5 400	11 300,00
Punto 03	350	920	350	490,00

*Nota.* Tabla de resultados del análisis de coliformes termotolerantes del agua superficial del río Huancabamba en los meses de setiembre, octubre y noviembre en los tres puntos de monitoreo. Elaboración propia.

En la Figura 7, se observa que los resultados para punto 01 y 02 tuvieron el mismo valor de 11 600 NMP/100 mL en promedio, presentando una diferencia significativa en comparación con el punto 03 en donde su promedio es de 490 NMP/100 mL.

### Figura 7

Variación de coliformes termotolerantes por punto de monitoreo con respecto a los meses de setiembre, octubre y noviembre 2020



*Nota.* Elaboración propia a partir de valores obtenidos en el análisis de coliformes termotolerantes en las aguas del río Huancabamba.

En la Tabla 24, se puede apreciar la estadística descriptiva para el parámetro de los coliformes termotolerantes, De las 9 muestras tomadas se observa que el valor promedio para el parámetro de coliformes termotolerantes es de 7 913,13 NMP/100 mL, presentando una desviación estándar de 9 395,10 y un coeficiente de variación de 118,72 % lo que indica que presenta una variabilidad muy alta.

### Tabla 24

Estadística descriptiva para el parámetro de coliformes termotolerantes

Parámetro de muestreo	Unidad	N° de muestras	Min	Max	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Colf. T	NMP/ 100 mL	9	350	24 000	7 913,33	9 395,10	1,1872

*Nota.* Elaboración propia a partir del análisis estadístico de datos para el parámetro de coliformes termotolerantes.

### **3.2. Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua superficial del río Huancabamba**

Para la evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica se utilizó el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, la cual se comparó los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológico con las siguientes categorías: Categoría 1 (poblacional y recreacional), categoría 3 (riego de plantas y bebida de animales) y categoría 4 (conservación del medio acuático).

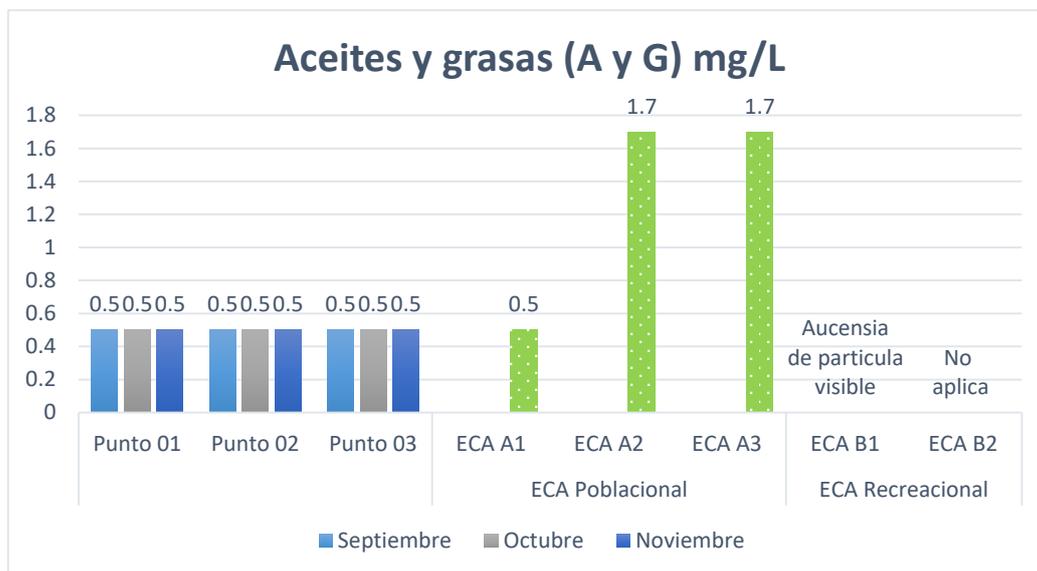
#### **3.2.1. Aceites y grasas**

##### **Comparación de resultados de aceites y grasas con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, categoría 1: Poblacional y recreacional**

En la Figura 8, los resultados de aceites y grasas es constante, en los tres puntos de monitoreo presenta valores de 0,5 mg/L, comparando con los estándares de calidad ambiental para agua en la subcategoría A: aguas destinadas para la producción de agua potable, A1 (aguas que puede ser potabilizadas con desinfección), los resultados del análisis cumplen con los ECAs, ya que la norma establece que los aceites y grasas no debe ser mayor a 0,5 mg/L; del mismo modo cumplen para A2 (aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional) y para A3 (aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado), ya que la norma establece un estándar de 1,7 mg/L para ambos casos. Comparando los resultados con la subcategoría B: aguas destinadas para recreación, B1 (contacto primario), el estándar es que presente ausencia de partícula visible, mientras que para B2 (contacto secundario) no aplica. De acuerdo con los resultados, el parámetro de aceites y grasas cumplen con los estándares de calidad ambiental ECA para agua, tanto para uso poblacional como para uso recreacional.

### Figura 8

*Análisis de aceites y grasas comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua*



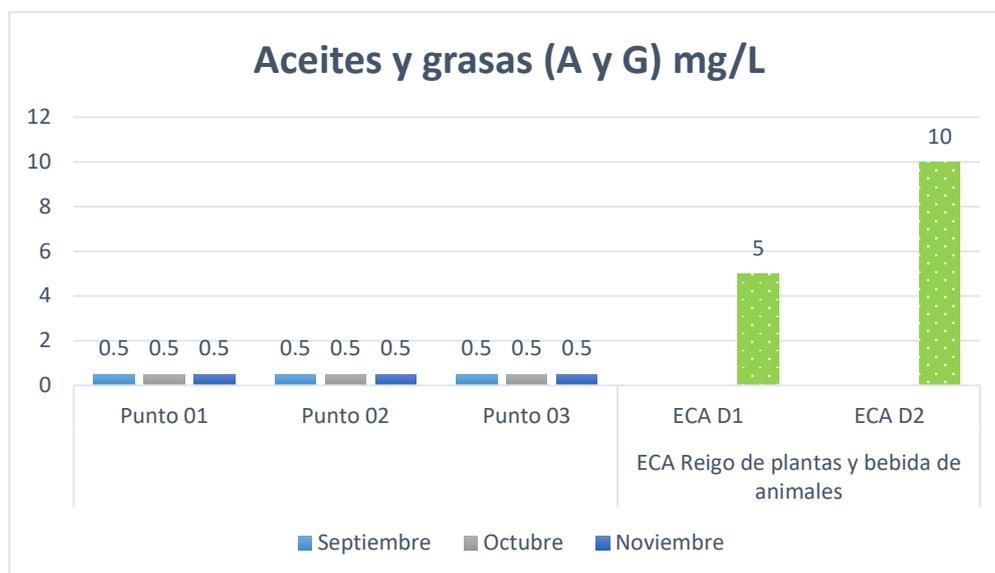
*Nota.* Resultados de aceites y grasas comparados los ECA para agua, categoría 1: uso poblacional y recreacional. Elaboración propia de gráfica.

### **Comparación de resultados de aceites y grasas con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

En la Figura 9, se aprecia la comparación del parámetro de aceites y grasas con la categoría 3: Bebidas de animales y riego de vegetales, donde se puede observar que los resultados cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, debido a que, para D1 (aguas destinadas para bebidas de animales) la norma establece un estándar 5 mg/L, así mismo, para D2 (aguas destinadas al riego de plantas) la norma establece un estándar de 10 mg/L. Según las evaluaciones de los aceites y grasas, los resultados son inferiores a lo establecido en la norma con un 0,5 mg/L. De acuerdo a los resultados, los aceites y grasas cumplen con los estándares de calidad ambiental en su categoría 3: Riegos de plantas y bebida de animales.

**Figura 9**

*Análisis de aceites y grasas comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua*



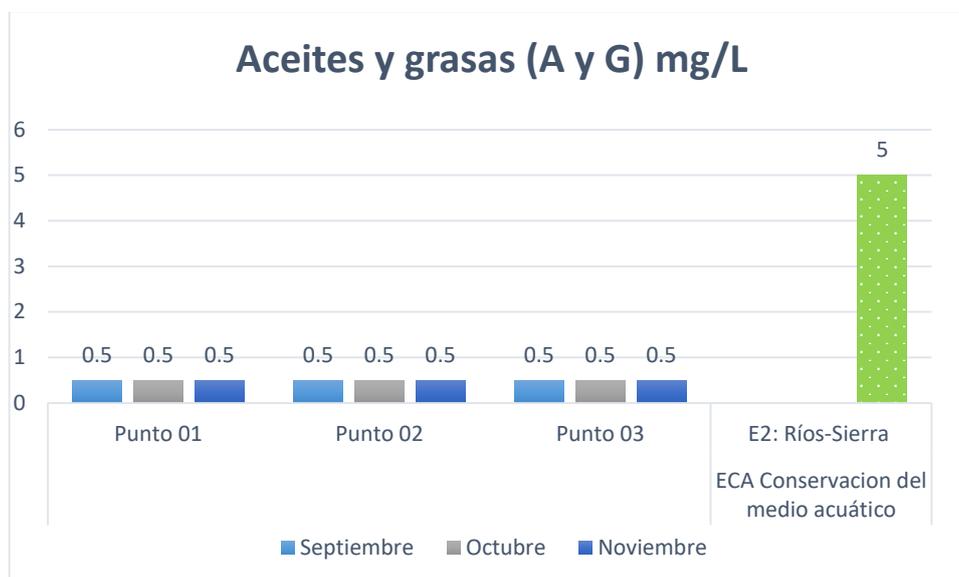
**Nota.** Resultados de aceites y grasas comparados los ECA para agua, categoría 3: bebida de animales y riego de plantas. Elaboración propia de gráfica.

### **Comparación de resultados de aceites y grasas con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, categoría 4: Conservación del medio acuático**

En la Figura 10, se presenta los resultados de los análisis de aceites y grasas comparados con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua en la categoría 4: Conservación del medio acuático. Según los datos obtenidos podemos apreciar que los aceites y grasas cumplen con los ECA, ya que la norma establece que para la conservación del medio acuático el ECA E2 (ríos-sierra) el valor es de 5 mg/L, mientras que los resultados de los análisis de aceites y grasas es de 0,5 mg/L. De acuerdo con los resultados, los aceites y grasas cumplen con los estándares de calidad ambiental en su categoría 4: Conservación del medio acuático.

**Figura 10**

*Análisis de aceites y grasas comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua*



**Nota.** Resultados de aceites y grasas comparados los ECA para agua, categoría 4: conservación del medio acuático. Elaboración propia de gráfica.

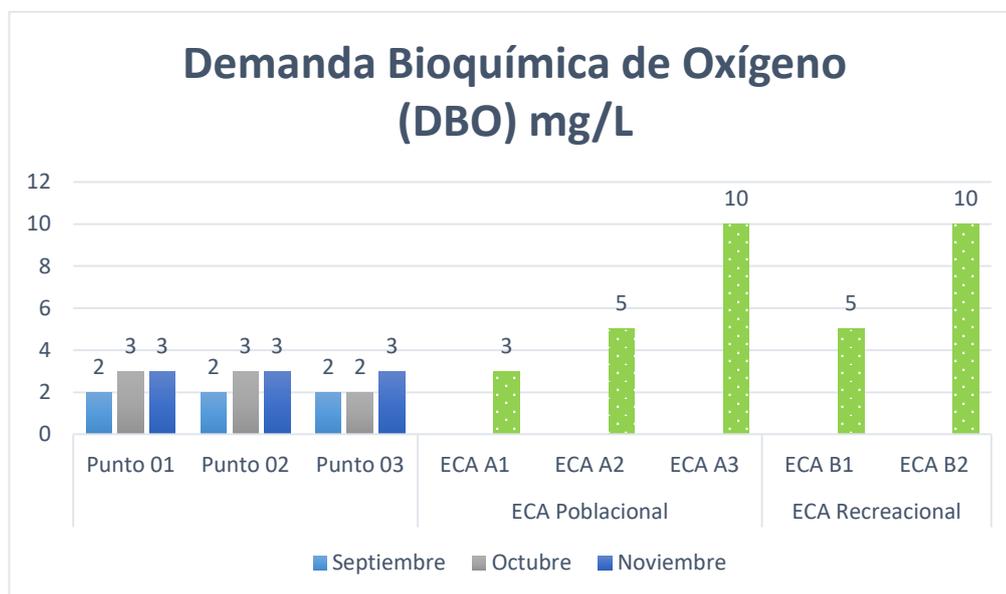
### 3.2.2. Demanda bioquímica de oxígeno

#### Comparación de resultados de la demanda bioquímica de oxígeno con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, categoría 1: Poblacional y recreacional

En la Figura 11, se presentan los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno en donde los resultados varían entre 2 a 3 mg/L tanto para el punto 01; 02 y 03 respectivamente; comparando estos resultados con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua en la subcategoría A (aguas destinadas para la producción de agua potable), los resultados de los análisis cumplen con los ECA A1 3 mg/L, ECA A2 5 mg/L y ECA A3 10 mg/L, respectivamente. Asimismo, comparando los resultados con la subcategoría B (aguas destinadas a la recreación) los tres puntos de monitoreo cumplen con los ECA B1 5 mg/L y B2 10 mg/L. De acuerdo a los resultados, la demanda bioquímica de oxígeno cumple con los ECA en la subcategoría A aguas destinadas a la producción de agua potable, así como también, cumple para la subcategoría B (aguas destinadas para la recreación).

**Figura 11**

*Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua*



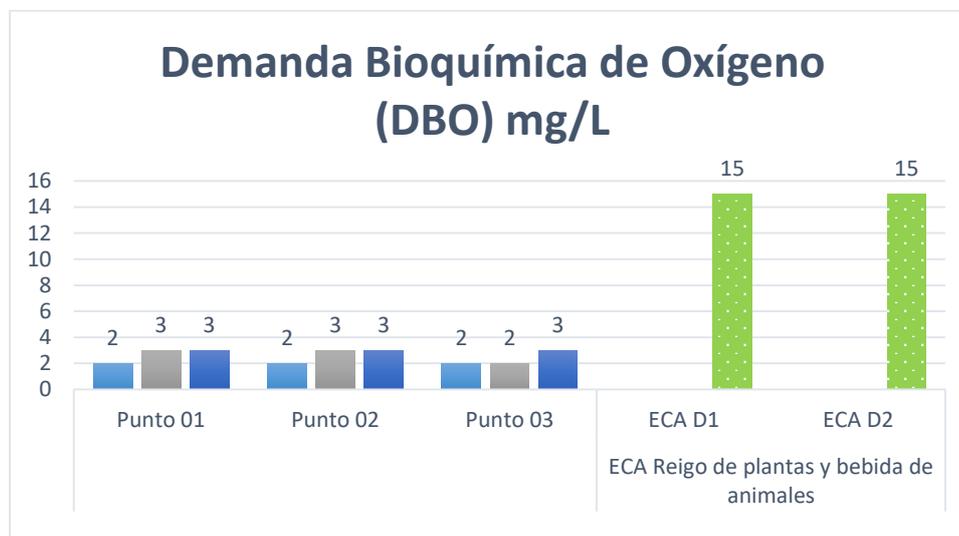
*Nota.* Resultados de DBO comparados los ECA para agua, categoría 1: uso poblacional y recreacional. Elaboración propia de gráfica.

### **Comparación de resultados de demanda bioquímica de oxígeno con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

En la Figura 12, se hace la comparación de los resultados de los análisis de la demanda bioquímica de oxígeno con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua categoría 3: D1 (riego de plantas) y D2 (bebidas de animales). Comparando los resultados, se observa que en los tres puntos de muestreo cumplen con los ECA D1 15 mg/L y ECA D2 15 mg/L, ya que los resultados presentan valores que van desde 2 mg/L hasta 3 mg/L.

### Figura 12

*Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua*



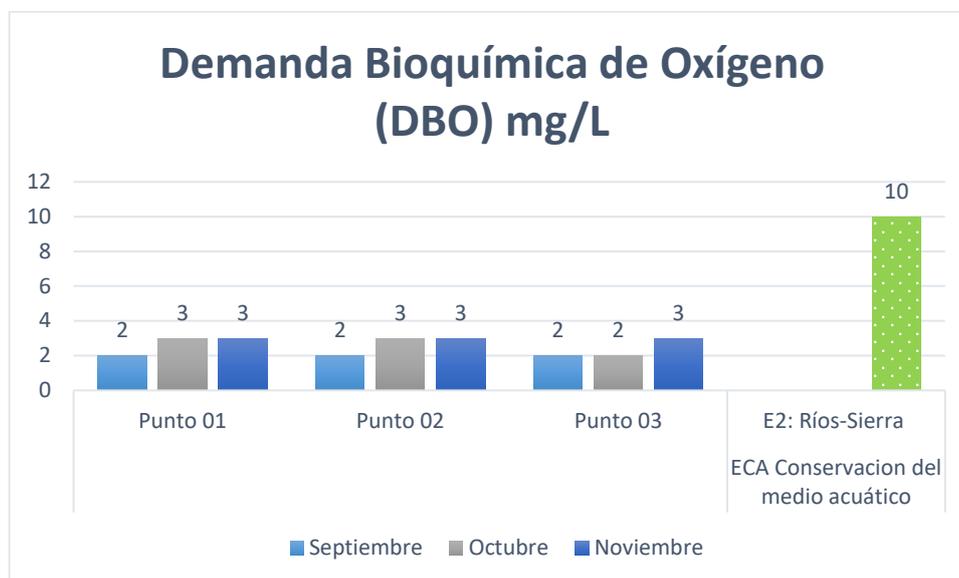
**Nota.** Resultados de DBO comparados los ECA para agua, categoría 3: bebida de animales y riego de plantas. Elaboración propia de gráfica.

### **Comparación de resultados de demanda bioquímica de oxígeno con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, categoría 4: Conservación del medio acuático**

En la Figura 13, se hace la comparación de la demanda bioquímica de oxígeno con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua categoría 4: Conservación del medio acuático, E2 (ríos-sierra). De acuerdo con los resultados, los valores de los puntos 01, 02, 03 van de 2 a 3 mg/L, estando por debajo del ECA E2 (ríos-sierra), la cual establece un estándar de 10 mg/L.

**Figura 13**

*Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua*



*Nota.* Resultados de DBO comparados los ECA para agua, categoría 4: conservación del medio acuático. Elaboración propia de gráfica.

### 3.2.3. Coliformes termotolerantes

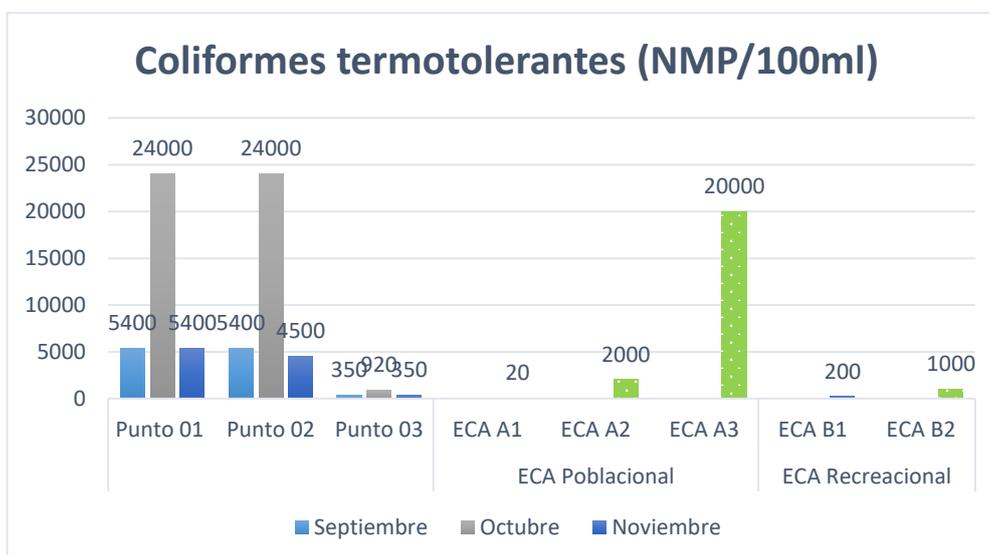
#### Comparación de los resultados de coliformes termotolerantes con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, categoría 1: Poblacional y recreacional

En la Figura 14, se presentan los resultados de los análisis de los coliformes termotolerantes para los tres puntos de monitoreo durante los meses de setiembre, octubre y noviembre 2020, comparando con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua en la categoría 1: Subcategoría A (aguas destinadas para uso poblacional) y subcategoría B (aguas destinadas para la recreación). Como se observa en la Figura 15, los resultados son variables, el punto 01 presenta valores que van desde 5 400 NMP/100 mL a 24 000 NMP/100 mL sobrepasando los estándares tanto para el ECA A1 que es de 20 mg/L, para el ECA A2 que es de 2 000 NMP/100 mL, mientras que para el ECA A3 que es de 20 000 NMP/100 mL; solo los valores analizados en el mes de octubre son los únicos que sobrepasa al ECA 3 con un valor de 24 000 NMP/100 mL, los mismos resultados se presentan en el punto 02. En el punto 03, los valores van desde 200 a 920 NMP/100 mL; comparado con los ECA sobrepasa únicamente al ECA A1, en tanto para el ECA A2 y ECA A3 se encuentra dentro de los estándares. Para

la subcategoría B (aguas destinadas a la recreación) se observa que para el ECA B1 es de 200 NMP/100 mL los tres puntos de monitoreo se encuentran por encima de los estándares, mientras que en el ECA B2 1 000 NMP/100 mL el único punto que cumple con los estándares es el punto 03, los resultados se encuentran entre 350 NMP/100 mL a 920 NMP/100 mL. De acuerdo con los resultados, el parámetro de coliformes termotolerantes en el punto 01 y 02 no cumplen con los ECA A, mientras que el punto 03 si cumple con los ECA A, del mismo modo para el ECA B los puntos 01 y 02 no cumplen con los ECA B, en tanto el punto 03 si cumple con los ECA B.

#### Figura 14

*Análisis de coliformes termotolerantes comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua*



*Nota.* Resultados de coliformes termotolerantes comparados los ECA para agua, categoría 1: uso poblacional y recreacional. Elaboración propia de gráfica.

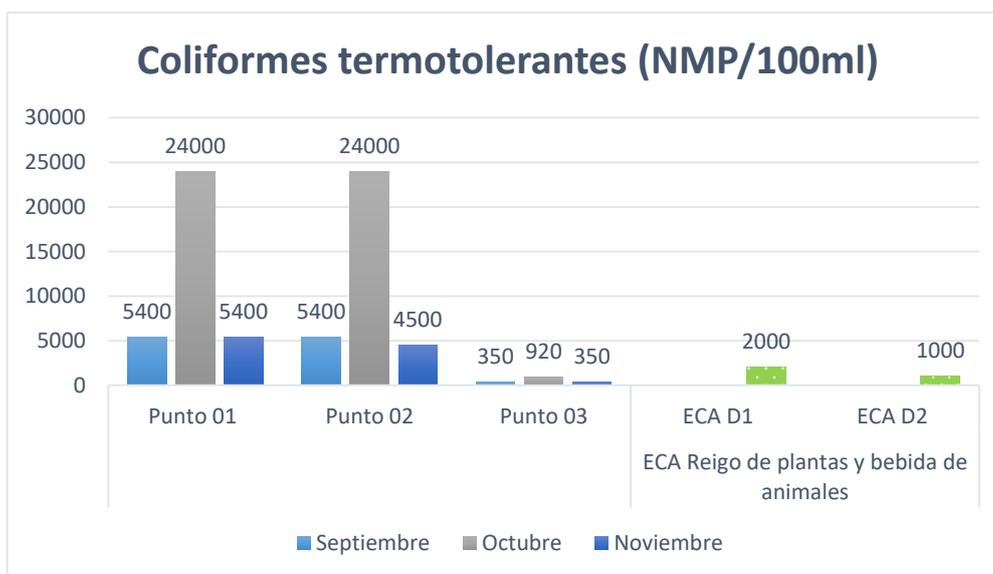
#### **Comparación de resultados de coliformes termotolerantes con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

En la Figura 15, se hace la comparación de los resultados de los análisis de los coliformes termotolerantes de los tres puntos de monitoreo con los estándares de calidad ambiental (ECA) categoría 3 (riego de vegetales y bebidas de animales). Los ECA establecen que para E1 (bebida de animales) un estándar de 2000 NMP/100 mL, mientras que para E2 (para riego de plantas) un estándar de 1000 NMP/100 mL. Comparando los resultados, el punto 01 y 02

se encuentran por encima de los estándares para ECA E1 y ECA E2, cuyos valores van desde 5 400 NMP/100 mL a 24 000 NMP/100 mL, en tanto el punto 03 es el único que cumple con los ECA E1 y E2 presenta valores de 350 a 920 NMP/100 mL.

### Figura 15

*Análisis de coliformes termotolerantes comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua*



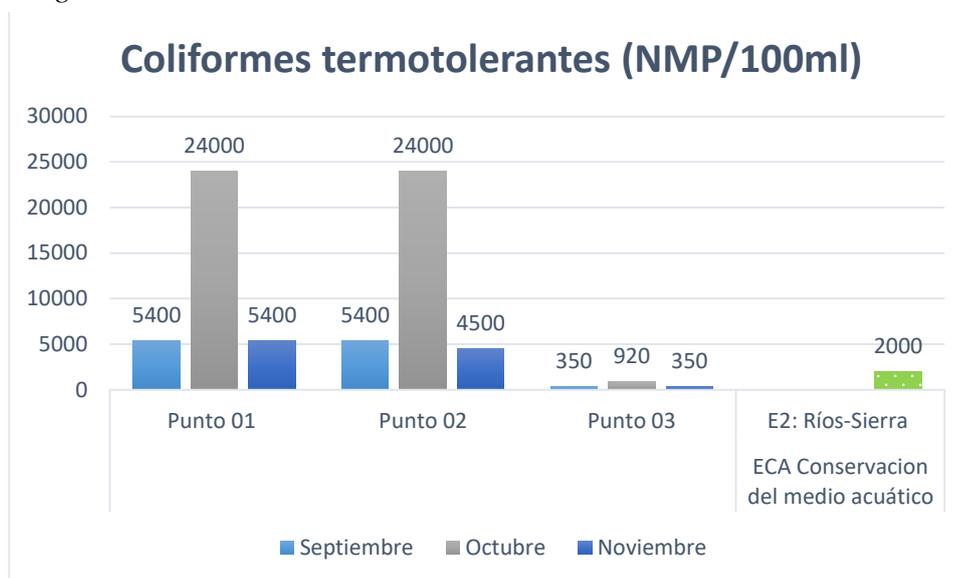
*Nota.* Resultados de coliformes termotolerantes comparados los ECA para agua, categoría 3: bebida de animales y riego de plantas. Elaboración propia de gráfica.

### **Comparación de resultados de Coliformes termotolerantes con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, categoría 4: Conservación del medio acuático**

En la Figura 16, se hace la comparación de los resultados de los análisis de los coliformes termotolerantes con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua categoría 4: conservación del medio acuático. Para la conservación del medio acuático E2 (ríos- sierra) los ECA establecen un estándar de calidad de 2000 NMP/100 mL, comparando los resultados, el punto 01 y 02 no cumplen con los ECA E2, ya que los valores van desde 5400 NMP/100 mL a 24 000 NMP/100 mL, mientras que en el punto 03 los resultados cumplen con los estándares los valores van desde 350 a 920 NMP/100 mL.

**Figura 16**

*Análisis de coliformes termotolerantes comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua*



**Nota.** Resultados de coliformes termotolerantes comparados los ECA para agua, categoría 4: conservación del medio acuático. Elaboración propia de gráfica.

### 3.3. Resultados de los impactos ambientales

Las aguas del río Huancabamba son afectadas por diversas actividades antropogénicas (ver Apéndice 7), entre ellas tenemos las descargas de aguas residuales domésticas, residuos sólidos, desmontes de material de construcción; así mismo, se realizan actividades de lavado de ropa, lavado de vehículos motorizados y actividades recreacionales. En la Tabla 25, se detalla la identificación de actividades del área de estudio.

**Tabla 25**

*Identificación de actividades del área de estudio*

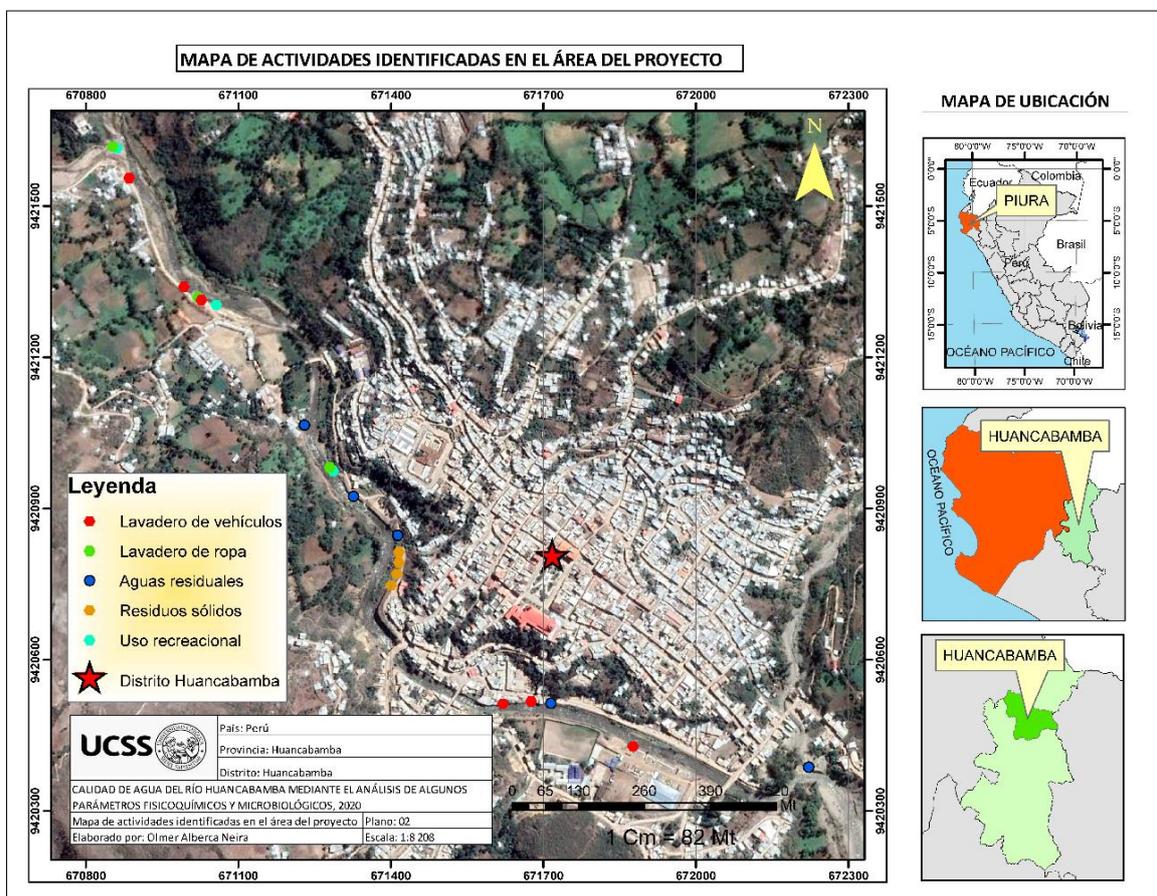
Actividades de origen antropogénico	Actividades de origen natural	Actividades complementarias
Arrojo de residuos sólidos	Deslizamiento de	Áreas de uso
Descargas de aguas residuales municipales	tierras	recreacional
Desmante de material de construcción	Lluvias	
Lavado de vehículos motorizados		
Lavado de ropa		

**Nota.** Elaboración propia.

En la Figura 17, se puede observar el mapa de actividades identificadas en el área de la investigación.

**Figura 17**

*Mapa de actividades identificadas en el área del proyecto*



*Nota.* Elaboración propia.

Para poder identificar el impacto negativo más relevante fue necesario realizar una evaluación de Cálculo de Índice de Importancia del Impacto (ver Apéndice 4), posteriormente se elaboró una matriz de valoración de impactos ambientales (ver Apéndice 5), permitiendo identificar qué impacto ambiental presenta mayor alteración en la calidad de las aguas del río Huancabamba. Evaluando la matriz presentada en la Tabla 26, se identificó que el impacto ambiental negativo más relevante son las descargas de aguas residuales domésticas, presentando un nivel de impacto negativo severo (Tabla 27).

Tabla 26

Matriz de valoración de impactos ambientales

ACTIVIDADES			CALIDAD DE AGUA DEL RÍO HUANCABAMBA								
			Actividades de origen antropogénico					Actividades de origen natural		Actividades complementarias	
			Arrojo de residuos sólidos	Descargas de aguas residuales municipales	Desmante de material de construcción	Lavado de vehículos motorizados	Lavado de ropa	Deslizamientos de tierras	Lluvias	Áreas para uso recreacional	
FACTORES AMBIENTALES											
FÍSICO	SUELOS	Calidad de suelos	N. Moderado	N. Severo	N. Moderado						
	AGUA	Calidad del agua	N. Severo	N. Severo	N. Moderado	N. Moderado	N. Moderado	N.	N.	N. Irrelevante	
	AIRE Y RUIDO	Calidad de aire Nivel de ruido ambiental	N. Moderado	N. Severo	N. Moderado					N. irrelevante	
PERC BIOLÓGICO	FLORA	Flora Asociada al lugar	N. Moderado	N. Severo	N. Moderado	N. Moderado	N. Moderado	P. Irrelevante	P. Irrelevante	N. Irrelevante	
	FAUNA	Fauna Asociada al lugar	N. Moderado	N. Severo	N. Moderado	N. Moderado	N. Moderado	P. Irrelevante	P. Irrelevante	N. Irrelevante	
PERC EPTUAL	PAISAJE	Calidad escénica	N. Severo	N. Severo	N. Moderado			N. Moderado	P. Moderado		
ECONOMÍA Y CULTURAL	POBLACIÓN	Tranquilidad Pública	N. Moderado	N. Moderado							
		Salud y Seguridad Vivienda	N. Moderado	N. Severo		N. Moderado	N. Moderado			N. Irrelevante	
	TRANSPORTE	Transito vial									
ECONOMÍA	Empleo				P. Moderado	P. Moderado			P. Moderado		

Nota. Elaboración propia a partir de matrices de Vicente Conesa (2010).

**Tabla 27***Matriz de categorías para la valorización de impactos ambientales*

Negativos (-)	Positivos(+)	Valor
Irrelevante	Irrelevante	13 a 24
Moderado	Moderado	25 a 50
Severo	Severo	51 a 75
Critico	Critico	76 a 100

*Nota.* Elaboración propia a partir de Vicente Conesa (2010).

### 3.4. Resultados de alternativa de solución

Los resultados del análisis de los impactos ambientales indican que las aguas superficiales del río Huancabamba son afectadas por actividades de origen antropogénico, las descargas de aguas residuales domésticas provenientes de la ciudad de Huancabamba son las que causan mayor contaminación y afectan la calidad del agua del río Huancabamba.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) requieren grandes extensiones de terreno, costos elevados, personal capacitado, operación y mantenimiento permanente; por lo cual en algunas zonas del país especialmente en las regiones de la sierra son difíciles de construir considerando los factores, aspectos y características del área a construir. Por ello en la presente investigación y de acuerdo con las investigaciones realizadas, teniendo en cuenta la población y la geografía se propone una alternativa de solución más económica y viable. Se propone elaborar un proyecto para la construcción de una planta de desagüe y disposición (lagunas de oxidación), la cual incluya un pre tratamiento, una laguna anaerobia, una laguna facultativa y una laguna de maduración. De manera que el agua residual pueda ser tratada y cumpla con los límites máximos permisibles (LMP) para ser vertida al cuerpo receptor (río). En la Figura 18 y 19 se muestra el esquema del dimensionamiento de las lagunas de oxidación.

### 3.4.1. Diseño de lagunas de oxidación

El cálculo de diseño se realizó tomando como referencia a Martínez *et al* (2011), la cual hizo uso del método de Marais para la laguna anaerobia; para la laguna facultativa y de maduración mediante el método de Yáñez (Flujo disperso).

#### Diseño de laguna anaerobia

$$Q_i = P(A_p)/86\,400$$

$$Q_i = 9118 * 120/86\,400 = 12,66 \text{ L/s} = 1\,093,82 \text{ m}^3/\text{día}$$

Donde:

$Q_i$  = Gasto medio de aguas residuales en (L/s)

P = Población número de habitantes

$A_p$  = Aportación de aguas negras (L/s)

1.- Carga orgánica

$$C.O. = Q_i (DBO_i) / 1\,000 = 1\,093,82 * 220 / 1\,000 = 240,64 \text{ kg/día}$$

$DBO_i$  = Contribución de material orgánica en (g/hab./día)

$Q_i$  = Gasto en el efluente en  $\text{m}^3/\text{día}$

2.- Carga orgánica volumétrica de diseño

$$C_v = 20 (T) - 100 = 20 (14) - 100 = 180 \text{ gDBO}_5/\text{m}^3 * \text{día}$$

T = Temperatura mínima mensual del mes más frío

3.- Remoción de la  $DBO_5$

$$\% \text{ DBO}_{\text{removido}} = 2 (T) + 20 = 2 (14) + 20 = 48 \%$$

4.- Volumen de la laguna

$$V_a = L_i (Q_i) / C_v = 220 * 1\,093,82 / 180 = 1\,336,89 \text{ m}^3$$

$L_i$  = Concentración de la materia orgánica en la entrada del estanque en (mg/L)

5.- Área de la laguna. Profundidad de la laguna (Z) de 2 a 4 metros

$$A_a = V_a / Z = 1\,336,89 / 4,0 = 334,22 \text{ m}^2$$

## 6.- Tiempo de retención hidráulico

$$O_a = v_a / Q_i = 1\,336,89 / 1\,093,82 = 1,22 \text{ días}$$

7.- Concentración de la DBO<sub>5</sub> en el efluente de la laguna

$$DBO_e = (100 - \%DBO_{\text{removido}}/100) * DBO_i = (100 - 48 / 100) 220 = 114,4 \text{ mg/L}$$

## 8.- Gasto en el afluente corregido por evaporación

$$Q_e = Q_i - 0,001 A_a ev = 1\,093,82 - (0,001 * 334,22 * 5,8) = 1\,091,88 \text{ m}^3 / \text{día}$$

ev = Evaporación en (mm/día)

## 9.- Remoción de coliformes fecales

$$K_t (d^{-1}) = 2,6(1,19)^{T-20} = 2,6(1,19)^{14-20} = 0,92 d^{-1}$$

K<sub>t</sub>(d-1) Constante global de decaimiento en (d-1)

## Coliformes fecales en el afluente de la laguna

$$N_e = N_i / 1 + K_t O_a = (1 * 10^7) / 1 + (0,92 * 1,22) = 471\,164,19 \text{ MNP/100 mL}$$

N<sub>i</sub> = Coliformes fecales en la entrada del estanque en (NMP/100 mL)

10.- DBO<sub>5</sub> corregida por evaporación

$$DBO_{\text{corr}} = DBO_e * Q_i / Q_e = 114,4 * 1\,093,82 / 1\,091,88 = 114,60 \text{ mg/L}$$

## 11.- Coliformes fecales corregidos por evaporación

$$N_{\text{ecorr}} = N_e Q_i / Q_e = 471\,164,19 * 1\,093,82 / 1\,091,88 = 471\,138,75 \text{ MNP/100 mL}$$

12.- Dimensionamiento: relación larga – ancho x=2. Se incluye un talud 0:1 y, para calcular el ancho y longitud promedio, se tiene:

$$B_{\text{prom}} = \sqrt{A_a / x} = \sqrt{334,22 / 2} = 12,93 \text{ m}$$

$$L_{\text{prom}} = A_{\text{prom}} / B_{\text{prom}} = 334,22 / 12,93 = 25,85 \text{ m}$$

Considerando un talud 0:1

$$B_{\text{sup}} = B_{\text{prom}} + Z (\text{talud}) = 12,93 + (0) = 12,93 \text{ m}$$

$$L_{\text{sup}} = L_{\text{prom}} + Z (\text{talud}) = 25,85 + (0) = 25,85 \text{ m}$$

$$A_{\text{sup}} = B_{\text{sup}} * L_{\text{sup}} = 12,93 * 25,85 = 334,24 \text{ m}^2$$

Para el ancho y largo inferior se tiene:

$$B_{\text{inf}} = B_{\text{prom}} - Z (\text{talud}) = 12,93 - (0) = 12,93 \text{ m}$$

$$L_{\text{inf}} = L_{\text{prom}} - Z (\text{talud}) = 25,85 - (0) = 25,85 \text{ m}$$

### **Diseño de laguna facultativa (método de flujo disperso)**

Para el cálculo se consideran los resultados obtenidos de la laguna anaerobia:  $Q_e$ =Gasto en el efluente: 1 091,88 m<sup>3</sup>/día,  $DBO_{\text{corregido}} = DBO_s$  en el afluente: 114,60 mg/L,  $N_e$ = Coliformes fecales 4 711 647,19 MNP/100 mL, Temperatura: 14 °C y Evaporación: 5,8 mm/día.

#### 1.- Carga orgánica

$$C.O. = Q_e * DBO_i / 1\,000 = 1\,091,88 * 114,60 / 1\,000 = 12,13 \text{ kg/día}$$

#### 2.- Carga superficial de diseño

$$C_s = 250(1,085)^{T-20} = 250(1,085)^{14-20} = 153,24 \text{ kg DBO}_5/\text{ha*día}$$

#### 3.- Área de la laguna facultativa (área promedio)

$$A_f = 10 L_i * Q_{\text{med}} / C_s = 10 * 114,60 * 1\,091,88 / 153,24 = 8\,165,59 \text{ m}^2$$

#### 4.- Volumen de la laguna con $Z = 1,5$ metros

$$V = A_f * Z = 8\,165,59 * 1,5 = 12\,248,39 \text{ m}^3$$

#### 5.- Tiempo de retención hidráulico

$$O_f = V / Q_i = 12\,248,39 / 1\,091,88 = 11,22 \text{ días}$$

6.- Dimensionamiento. Relación largo- ancho  $X = 3$  para minimizar cortocircuitos; para los bordos se considera un talud 2:1

$$B_{\text{prom}} = \sqrt{A_f / X} = \sqrt{8\,165,59 / 3} = 52,17 \text{ m}$$

$$L_{\text{prom}} = A_{\text{prom}} / B_{\text{prom}} = 8\,165,59 / 52,17 = 156,52 \text{ m}$$

Considerando un talud 2:1

$$B_{\text{sup}} = B_{\text{prom}} + Z (\text{talud}) = 52,17 + (1,5 * 2) = 55,17 \text{ m}$$

$$L_{\text{sup}} = L_{\text{prom}} + Z (\text{talud}) = 156,52 + (1,5 * 2) = 159,52 \text{ m}$$

Calculo del área superficial; ancho y largo inferior

$$A_{\text{sup}} = B_{\text{sup}} L_{\text{sup}} = 52,17 * 156,52 = 8 165,65 \text{ m}^2$$

$$B_{\text{inf}} = B_{\text{prom}} - Z (\text{talud}) = 52,17 - (1,5 * 2) = 49,17 \text{ m}$$

$$L_{\text{inf}} = L_{\text{prom}} - Z (\text{talud}) = 156,52 - (1,5 * 2) = 153,52 \text{ m}$$

7.- Gasto en el efluente corregido por evaporación

$$Q_e = Q_i - (0,001 * A_{\text{sup}} * e_v) = 1 091,88 - (0,001 * 8 165,65 * 5,8) = 1 044,52 \text{ m}^3/\text{día}$$

8.- Remoción de coliformes fecales. Coeficiente de dispersión: la ecuación incluye la relación largo ancho (x)

$$X = L_{\text{prom}} / B_{\text{prom}} = 156,52 / 52,17 = 3 \text{ m}$$

Coeficiente de dispersión

$$d = x / -0,26118 + 0,25392x + 1,0136 x^2 = 3 / -0,26118 + 0,25392(3) + 1,0136(3)^2 = 0,3118 \text{ sin dimensiones}$$

9.- Coeficiente de reducción bacteriana

$$K_b = 0,841(1,075)^{T - 20} = 0,841(1,075)^{14 - 20} = 0,5449 \text{ d}^{-1}$$

10.- Constante "a".

$$a = \sqrt{1 + (4 K_b O_f d)} = \sqrt{1 + (4 * 0,5449 * 11,22 * 0,3118)} = 2,9369$$

11.- Coliformes fecales en el efluente de la laguna facultativa

$$N_f / N_o = 4 a e^{(1 - a / 2 d)} / (1 + a)^2 = 4 * 2,9369 * e^{(1 - 2,9369 / 2 * 0,3118)} / (1 + 2,9369)^2 = 0,0340$$

Al multiplicar por los coliformes fecales en el influente ( $N_i$ ), se tiene:

$$N_e = 0,0340 * 4\ 711\ 647,19 = 169\ 196,00\ \text{NMP}/100\ \text{mL}$$

12.- Coliformes fecales corregidos por evaporación

$$N_{\text{corr}} = N_e Q_i / Q_e = 169\ 196,00 * 1\ 091,88 / 1\ 044,52 = 176\ 863,40\ \text{NMP} / 100\ \text{mL}$$

13.- Concentración de la  $\text{DBO}_s$  en el afluente de la laguna y constante para lagunas facultativas

$$K_f = K_{f35} / (1,085)^{35-T} = 1,2 / (1,085)^{35-14} = 0,2163\text{d}^{-1}$$

Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno en el afluente de la laguna

$$\text{DBO}_e = \text{DBO}_i / K_f O_f + 1 = 114,60 / (0,2163 * 11,22) + 1 = 33,44\ \text{mg/L}$$

14.- Eficiencia de remoción de la DBO

$$\% = (\text{DBO}_i - \text{DBO}_e) / \text{DBO}_i * 100 = 114,60 - 33,44 / 114,60 * 100 = 70,82\ \%$$

15.-  $\text{DBO}_s$  corregida por evaporación

$$\text{DBO}_{\text{corr}} = Q_i \text{DBO}_e / Q_e = 1\ 091,88 * 33,44 / 1\ 044,52 = 34,96\ \text{mg/L}$$

### **Diseño de la laguna de maduración (Método de flujo disperso)**

El tiempo de retención hidráulico ( $O_{ml}$ ) propuesto fue de diez días. Para el cálculo se toma los resultados de la laguna facultativa corregidos por evaporación:  $Q_e = 1\ 044,52\ \text{m}^3/\text{día}$ ,  $N_e = 169\ 196,00\ \text{NMP}/100\ \text{mL}$ ,  $\text{DBO}_{\text{corr}} = 34,96\ \text{mg/L}$ .

1.- Volumen de la laguna

El tiempo de retención hidráulico ( $O_{ml}$ ) propuesto fue de 10 días

$$V = Q_i O_{ml} = 1\ 044,52 * 10 = 10\ 445,2\ \text{m}^3$$

2.- Área de la laguna con  $Z = 1,0$  metro

$$A_{m1} = V/Z = 10\,445,2 / 1,0 = 10\,445,2 \text{ m}^2$$

3.- Dimensionamiento. Se considera un ancho promedio ( $B_{prom}$ ), igual que el estanque facultativo para ahorrar costos de construcción

$$B_{prom} = 52,17 \text{ m}$$

$$L_{prom} = A_{prom} / B_{prom} = 10\,445,2 / 52,17 = 200,21 \text{ m}$$

Considerando un talud 2:1

$$B_{sup} = B_{prom} + Z (\text{talud}) = 52,17 + (1*2) = 54,17 \text{ m}$$

$$L_{sup} = L_{prom} + Z (\text{talud}) = 200,21 + (1*2) = 202,21 \text{ m}$$

4.- Calculo del área superficial, ancho y largo inferior

$$A_{sup} = B_{sup} L_{sup} = 54,17 * 202,21 = 10\,961,80 \text{ m}^2$$

$$B_{inf} = B_{prom} - Z (\text{talud}) = 52,17 - (1*2) = 50,17 \text{ m}$$

$$L_{inf} = L_{prom} - Z (\text{talud}) = 200,21 - (1*2) = 198,21 \text{ m}$$

5.- Gasto en el afluente corregido por evaporación

$$Q_e = Q_i - 0,001 A_{sup} ev = 1\,044,52 - (0,001 * 10\,961,80 * 5,8) = 980,94 \text{ m}^3/\text{día}$$

6.- Remoción de coliformes fecales. Coeficiente de dispersión: la ecuación incluye la relación largo ancho (x)

$$X = L_{prom} / B_{prom} = 200,21 / 52,17 = 3,99 \text{ m}$$

Coeficiente de dispersión

$$D = x / -0,26118 + 0,25392 x + 1,0136 x^2 = 3,99 / -0,26118 + 0,25392 (3,99) + 1,0136 (3,99)^2 = 0,2363 \text{ adimensional}$$

7.- Coeficiente de reducción bacteriana

$$K_b = 0,841(1,075)^{T-20} = 0,841(1,075)^{14-20} = 0,5449 \text{ d}^{-1}$$

8.- Constante "a"

$$a = \sqrt{1 + (4 * K_b O_{m1} d)} = \sqrt{1 + (4 * 0,5449 * 10 * 0,2363)} = 2,4799 \text{ adimensional}$$

9.- Coliformes fecales en el afluente de la laguna de maduración

$$N_f / N_o = 4 a e^{(1-a/2d)} / (1+a)^2 = 4 * 2,4799 * e^{(1-2,4799/2 * 0,2363)} / (1 + 2,4799)^2 = 0,0358$$

Al multiplicar por los coliformes fecales en el influente (Ni), se tiene:

$$N_e = 0,0358 * 176\ 863,40 = 6\ 331,71 \text{ NMP/100 mL}$$

10.- Coliformes fecales corregidos por evaporación

$$N_{\text{corr}} = N_e Q_i / Q_e = 6\ 331,71 * 1\ 044,52 / 980,94 = 67\ 402,10 \text{ NMP / 100 mL}$$

11.- Concentración de la DBO en el afluente de la laguna y constante para lagunas  $K_f$

$$K_f = K_{f35} / (1,085)^{35-T} = 1,2 / (1,085)^{35-14} = 0,2163 \text{ d}^{-1}$$

Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno en el afluente de la laguna

$$DBO_e = DBO_i / K_f O_{m1} + 1 = 34,96 / (0,2163 * 10) + 1 = 11,05 \text{ mg/L}$$

12.- Eficiencia de remoción de la DBO<sub>5</sub>

$$\% = (DBO_i - DBO_e) / DBO_i * 100 = (34,96 - 11,05) / 34,96 * 100 = 68,39 \%$$

13.- DBO<sub>5</sub> corregida por evaporación

$$DBO_{\text{corr}} = Q_i DBO_e / Q_e = 1044,52 * 11,05 / 980,94 = 11,78 \text{ mg/L}$$

En la Tabla 28, se presenta un resumen del dimensionamiento de las lagunas de oxidación (Laguna anaerobia, facultativa y de maduración).

**Tabla 28**

*Resumen de cálculo de dimensionamiento del sistema de tratamiento de lagunas de oxidación*

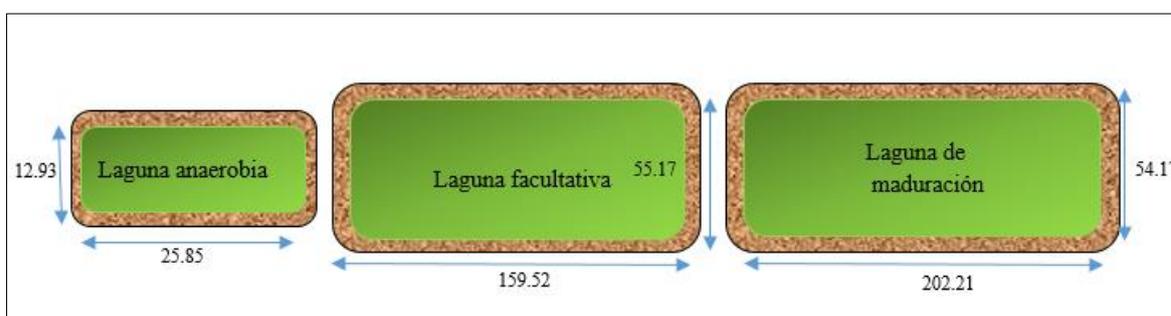
Tipo de laguna	Población (hab.)	Gasto de diseño (m <sup>3</sup> /día)	Carga orgánica (kg/día)	Volumen de la laguna(m <sup>3</sup> )	Tiempo de retención (días)	% de remoción de DBO
Anaerobia	9 118	1 093,82	240,64	1 336,89	1,22	48
Facultativa	9 118	1 091,88	125,13	1 2248,39	11,22	70,82
Maduración	9 118	1 044,52	-	1 0445,20	10	68,39

Área promedio (m <sup>2</sup> )	Talud	Ancho promedio (m)	Largo promedio (m)	Ancho superior (m)	Largo superior (m)	Área superficial (m <sup>2</sup> )	Ancho inferior (m)	Largo inferior (m)
334.22	0:1	12,93	25,85	12,93	25,85	334,24	12,93	25,85
8 165.59	2:1	52,17	156,52	55,17	159,52	8 165,65	49,17	153,52
10 445.2	2:1	52,17	200,21	54,17	202,21	10 961,80	52,17	198,21

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 18**

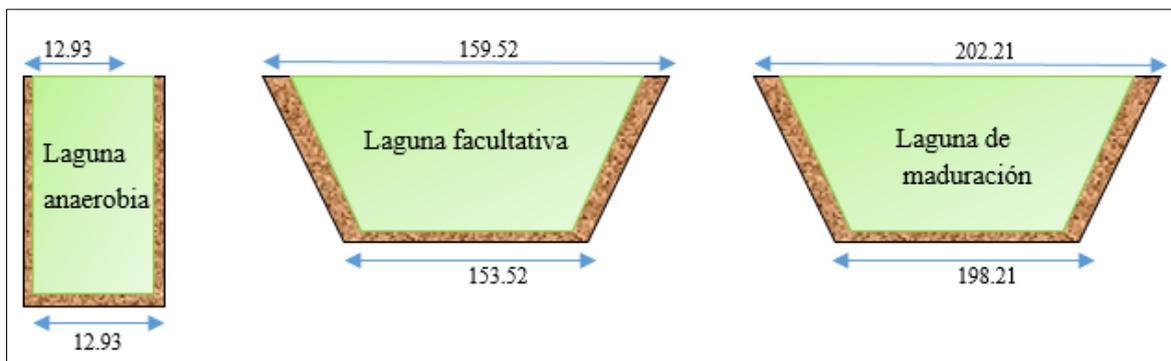
*Corte longitudinal del sistema de tratamiento de lagunas de oxidación*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 19**

*Dimensiones del sistema de tratamiento de lagunas de oxidación*



*Nota.* Elaboración propia.

### 3.4.2. Beneficios y costos del proyecto

#### Estimación de costos

Para la estimación de costos del sistema de tratamiento de las lagunas de oxidación se tomó como referencia a Martínez *et al* (2011), la cual emplea diversas de herramientas y técnicas para el cálculo de estimación de costos. Para la propuesta planteada en la presente investigación se realizó utilizando la estimación análoga, la cual consiste en utilizar costos reales de proyectos similares anteriores para la estimación del proyecto actual. La estimación de costo en la presente propuesta se utilizó tomando como referencia un proyecto elaborado por Sedapar S.A. (2018). En la Tabla 29, se presenta la tabla resumen de los costos de construcción, operación y mantenimiento. En la Tabla 30, se presenta una comparación descriptiva de costos y benéficos de la propuesta de alternativa de solución.

**Tabla 29**

*Estimación de costos de construcción, operación y mantenimiento para la propuesta presentada*

Lagunas de oxidación	Costo de construcción			Total	Costo de operación y mantenimiento (S/ /año)
	Costo directo (S/)	Costo indirecto (S/)	Costo de adquisición de terrenos (S/)		
Laguna anaerobia	95 453	15 098	10 130	120 681	
Laguna facultativa	667 954	122 843	45 012	835 809	

Laguna de maduración	856 321	143 764	50 540	1 050 625	
Total de inversión	1 619 728	281 705	105 689	<b>S/ 2 007 115</b>	<b>S/ 39 879</b>

*Nota.* Elaboración propia.

### **Tabla 30**

#### *Cuadro comparativo de costos y beneficios*

<b>Costos</b>	<b>Beneficios</b>
Costo de construcción de la planta de tratamiento	Reducción de la contaminación ambiental
Costo de operación y mantenimiento de la planta a largo plazo	Mejora de la calidad de vida de la población
Costo de suministro eléctrico y agua	Recuperación de agua para uso en actividades como riego
Costo de adquisición de terrenos	Cumplimiento de normativas ambientales y sanitarias
Costos de financiamiento	Potencial ahorro de costos de tratamiento de agua potable

*Nota.* Elaboración propia.

#### **3.4.3. Viabilidad técnica y ambiental de la propuesta de solución**

Para determinar la viabilidad de construir una planta de tratamiento de aguas residuales, es importante considerar diversos factores, incluyendo la capacidad de diseño, la calidad de las aguas residuales, la ubicación y el costo.

#### **Viabilidad técnica**

En cuanto al factor técnico, la capacidad de las lagunas de tratamiento de aguas residuales es suficiente para tratar el volumen de agua residual generado por la población proyectada de 9 114 habitantes, el porcentaje de remoción de contaminantes que se espera alcanzar en cada etapa del proceso de tratamiento es adecuado. Según los cálculos, para la primera laguna el porcentaje de remoción de DBO DE 48 %, para la segunda laguna de 70,82 % y para la tercera laguna de 68,39 %.

De la misma forma, es importante considerar el tamaño del área de la laguna, para asegurar que el agua tenga suficiente tiempo de residencia para que los procesos biológicos puedan tener lugar y se logre una adecuada eliminación de contaminantes. En la propuesta planteada el tiempo de retención para la primera laguna es de 1,2 días, para la segunda laguna es de 11,22 días y para tercera laguna es de 10 días.

### **Viabilidad ambiental**

La construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales para la población proyectada es una inversión importante y viable para mejorar la calidad de vida de la población, este permitirá la reducción de la contaminación, las lagunas de oxidación son efectivas en la reducción de la carga orgánica y los contaminantes en el agua residual, lo que significa una mejora en la calidad del agua que se vierte al cuerpo receptor, del mismo modo, la protección de la salud pública, al mejorar la calidad del agua residual tratada, se reduce el riesgo de enfermedades asociadas con la exposición a contaminantes presentes en el agua, fomento del desarrollo sostenible, la construcción de lagunas de oxidación es una práctica que fomenta el desarrollo sostenible, ya que se trata de una solución ambientalmente responsable para el tratamiento de las aguas residuales.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIONES

En la investigación realizada a las aguas superficiales del río Huancabamba se determinó que presenta una alta concentración de coliformes termotolerantes. La presencia de esta contaminación microbiológica se debe a la existencia de descargas de aguas residuales que son vertidas al río sin tener previo tratamiento, así como también, debido a otras actividades como residuos sólidos, lavado de vehículos motorizados, lavado de ropa, etc; la cual provocan una alteración en la calidad natural del agua del río Huancabamba.

Para el desarrollo de la investigación se identificaron 3 puntos de muestreo, en donde se tomaron muestras para el análisis de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológico que posteriormente fueron comparados con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, con la finalidad de evaluar la calidad de las aguas del río Huancabamba. Los parámetros evaluados fueron los siguientes: temperatura, pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, aceites y grasas y coliformes termotolerantes, que a continuación se exponen.

### **4.1. Discusión sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológico**

La temperatura, uno de los parámetros evaluados en el presente estudio, los valores obtenidos fueron los siguientes: en el punto 01 fue de 20,05 °C, en punto 02 fue de 18,73 °C y en punto 03 fue de 17,5 °C en promedio. Según estos resultados se observa que la temperatura disminuye gradualmente en relación al punto 01, 02 y 03, esto se produce debido a la diferencia de altura en la cual fue tomada cada muestra. Según Álvarez *et al.* (2012) señala que existe una relación inversamente proporcional entre la temperatura y la altura sobre el nivel del mar del sitio de muestreo, es decir que, a mayor altura menor temperatura tendrá el agua.

Los resultados obtenidos en el estudio son similares a los reportados por Campaña *et al.* (2017) en la investigación que realizaron a los ríos Machángara y Monjas, Quito-Ecuador, en la cual tomaron mediciones de la temperatura cuyos valores fueron de 21,5 °C para el río Machángara, mientras que en el río Monjas la temperatura fue de 22,5 °C en promedio. En el río Monjas el sitio de muestreo se encuentra en un clima cálido seco, presenta ausencia de vegetación, el lecho no es rocoso, es poco profundo y el volumen de agua es bajo; mientras que en el río Machángara el sitio de muestreo se encuentra en una zona de clima templado, con abundante vegetación, el lecho del río es profundo, rocoso y el caudal es mayor que el del río las Monjas. El autor señala que diferencia de temperaturas entre ambos ríos se debe a la diferencia de alturas y a las condiciones físicas del área de muestreo.

La variable de pH en la presente investigación presentó valores que van desde 7,71 a 8,5 unidades de pH durante las evaluaciones realizadas en los meses de setiembre, octubre y noviembre del 2020. Los valores son similares para los tres puntos de muestreo, pero hay una variación de estos según los meses de muestreo, esto se debe a que la concentración de iones de hidrógeno aumenta o baja. Importante señalar que la presencia de ácidos en el agua hace que el pH baje y la presencia de sustancias alcalinas (hidróxidos) hace que el pH aumente.

Los valores obtenidos en la investigación fueron similares a los reportados por Atencio (2018) en su evaluación sobre la calidad del agua para consumo humano en la región Pasco, en donde analizó el parámetro de pH en dos puntos específicos; el primer punto en la llegada de agua al reservorio el cual fue de 7,22 unidades de pH, en el segundo punto en la pileta domiciliaria obteniendo un valor de 7,81 unidades de pH. El autor señala que, por tratarse de agua para consumo humano el pH es controlado usando hidróxido de sodio, permitiendo mantener un pH aceptable.

En cuanto al oxígeno disuelto, el punto 03 en el mes de noviembre presentó el valor más bajo con 7,6 mg/L, mientras que el valor más alto fue en el mes de setiembre en el punto 02 con 10,3 mg/L, cumpliendo con los estándares de calidad ambiental para agua. Los valores obtenidos se deben a las características naturales del río Huancabamba, este presentó un

clima cálido, el lecho del río rocoso y el caudal elevado; de mismo modo, las aguas del río Huancabamba se clasifican como cuerpos loticos generando aireación, permitiendo el aumento de oxígeno. Pinedo (2017) indica que la concentración de oxígeno disuelto en el agua depende de varios factores tales como: la difusión en el agua del oxígeno proveniente de la atmósfera, la aireación del agua al ser agitada, entre otros factores que aumentan la presencia de oxígeno disuelto en el agua.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son similares a los reportados por Flores *et al.* (2017) en la investigación que realizaron al agua y sedimento superficial de la laguna de las Ilusiones-México, en donde evaluaron la concentración de oxígeno disuelto cuyos resultados oscilaron entre 7 a 11 mg/L. Los autores señalan que la cantidad de oxígeno disuelto se debe a la aireación que se genera a través de la superficie, así como también, debido al oxígeno proveniente de la atmósfera.

Los valores de aceites y grasas fueron constantes en los tres puntos de muestreo durante los tres meses que duró la evaluación de la calidad del agua del río Huancabamba. El valor fue de 0,5 mg/L, durante la investigación se observó que el volumen de descarga de las aguas residuales fue similar para los tres meses de monitoreo, debido a ello los aceites y grasas se mantiene en una concentración similar. Vergara (2018) señala que los aceites y grasas interfieren en el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera, impidiendo el paso del oxígeno hacia el agua y la salida de CO<sub>2</sub> del agua a la atmósfera.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son similares a los reportados por Pinedo (2017) en su investigación sobre la calidad de agua para uso recreacional en la quebrada Simuy, Yurimaguas, en donde realizó la evaluación de aceites y grasas considerando dos puntos de muestreo, los valores que obtuvo fue de 0,69 mg/L en el punto 01, mientras que en el punto 02 fue de 0,52 mg/L. El autor señala que la presencia de aceites y grasas en la quebrada Simuy se debe a las descargas de aguas residuales encontrados en ambos puntos, la cual reducen la oxigenación del agua, poniendo en riesgo a las especies presentes en el agua.

La demanda bioquímica de oxígeno presentó valores que van desde 2 a 3 mg/L en los tres puntos de muestreo durante los meses de setiembre, octubre y noviembre 2020, estos resultados indican que las aguas presentan niveles bajos de contaminación, debido a que la cantidad oxígeno que necesitan las bacterias es mínimo. Según Triveño (2016) la DBO es un parámetro muy significativo cuando se trata de determinar la carga contaminante que generan los desechos domésticos e industriales de carácter orgánico al ser descargados en los ríos, en los que persisten condiciones aeróbicas. Mendoza (2018) menciona que la DBO es usado como un indicador para determinar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua, es decir, la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en un agua.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son diferentes a los presentados por Pinedo (2017) en su evaluación de la calidad de agua para uso recreacional en la quebrada Simuy-Yurimaguas, en donde analizó la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno en dos puntos de muestreo, los valores que obtuvo fue de 7,29 mg/L para el primer punto, mientras que en el punto 02 fue de 7,43 mg/L. El autor afirma que el alto contenido de DBO se debe a que las aguas presentan altas concentraciones de carga orgánica.

La calidad del agua del río Huancabamba es afectada por las descargas de aguas residuales provenientes de la ciudad, debido a que los resultados de los análisis de coliformes termotolerantes aguas abajo, presenta concentraciones que van desde 5 400 NMP/100 mL hasta 24 000 NMP/100 mL, presentado el valor más alto en el mes de octubre, la cual no cumplen con los estándares de calidad ambiental, mientras que; aguas arriba antes de la ciudad las concentraciones van desde 350 NMP/100 mL hasta 920 NMP/100 mL, esto indica que el agua cumple con los ECA en sus tres categorías comparadas, pero que, para uso poblacional se requiere de un tratamiento previo. Importante resaltar que los valores altos que se presentan en el mes de octubre se deben a que el caudal de río Huancabamba disminuyó considerablemente debido a la sequía que se presentó en el mencionado mes.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son diferentes a los reportados por Díaz (2018) en su evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de la quebrada Chupishiña,

en donde determinó la calidad microbiológica en época de avenida y estiaje, obteniendo los siguientes resultados promedio: en época de avenida los coliformes termotolerantes fueron de 40 333 NMP/100 mL en promedio, mientras que en época de estiaje los coliformes termotolerantes fueron de 8 300 NMP/100 mL. El autor indica que la alta concentración de coliformes se debe a la contaminación por fuentes antropogénicas; vertimientos de aguas residuales domésticas, aguas donde proliferan los coliformes termotolerantes.

#### **4.2. Discusión sobre la comparación de los análisis con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua**

El Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM que aprueba los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, establece una serie de parámetros mediante la cual permite controlar la calidad del agua de los cuerpos receptores de manera que estas aguas sean aptas para el uso de las diferentes actividades. En la investigación se realizó un análisis de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológico la cual permitió conocer la calidad del agua natural de las aguas del río Huancabamba. Los parámetros fisicoquímicos analizados fueron los siguientes: temperatura, pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y aceites y grasas; estos cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. Por otro lado, el parámetro microbiológico: coliformes termotolerantes sobrepasaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. Esto indica que, el agua presentó contaminación microbiológica; por lo tanto, estas aguas no pueden ser aptas para uso poblacional, recreacional, bebida de animales, riego de plantas y conservación del medio acuático sin antes realizarle un tratamiento previo para ser usadas.

#### **4.3. Discusión sobre los impactos ambientales**

Las acciones del hombre en el ambiente, siempre provocarán efectos colaterales sobre el medio natural o social en el cual actúan, generando lo que se conoce como impacto ambiental. En la investigación desarrollada en las aguas de río Huancabamba se realizó la evaluación de los impactos ambientales dentro del área de investigación (Tabla 23), la cual permitió identificar y comprender que el vertimiento de aguas residuales domésticas es la actividad que en gran proporción causa la alteración de la calidad de las aguas del río Huancabamba, esto debido a que se identificó una alta contaminación biológica (presencia

de coliformes termotolerantes); microorganismos que se desarrollan cuando el agua natural es contaminada con descargas de aguas residuales.

De acuerdo con Larrea-Murrell *et al.* (2012) indica que las aguas residuales son el hábitat para el desarrollo de coliformes termotolerantes, debido a la presencia de materia orgánica de origen antropogénico. Salazar (2020) señala que la falta de interés del gobierno agudiza la contaminación ambiental por no incluir las zonas vulnerables por contaminación dentro de sus planes de desarrollo local, así mismo, en su investigación concluye que las descargas de las aguas residuales industriales y domésticas, así como los vertimientos de los residuos sólidos, generan mayor impacto negativo tanto en los ríos como en la vida de los pobladores.

#### **4.4. Discusión sobre la alternativa de solución**

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) deben de garantizar el cumplimiento de la normativa vigente. El Decreto Supremo N° 022-2009-VIVIENDA, que modifica la Norma Técnica Peruana OS.090 (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales) señala que, el requisito para proceder con un diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, es haber realizado el estudio del cuerpo receptor, lo cual se deberá tener en cuenta las condiciones más desfavorables. Asimismo, el grado de tratamiento se determinará de acuerdo con las normas de calidad del cuerpo receptor. Sin embargo, una gran cantidad de requerimientos no se llegan a cumplir, debido a la ineficiente conceptualización del diseño inicial de estos proyectos y las deficiencias para lograr el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) que el estado peruano exige. Existen diversas alternativas viables para dar solución al problema de la contaminación de los recursos hídricos, que son generados por descargas de aguas residuales domésticas e industriales, entre otros factores que deterioran la calidad natural del agua.

La propuesta planteada en la presente investigación es la construcción de una planta de desagüé y disposición (lagunas de oxidación) teniendo en cuenta una serie de criterios de selección que a continuación se describen: infraestructura del sistema de agua potable, infraestructura del sistema de alcantarillado, número de habitantes de la población, características del agua residual, características del suelo, características del terreno,

eficiencia de remoción de la tecnología, impacto ambiental sobre el entorno, eficiencia de operación, mantenimiento y costos. Manotupa y Muriel (2018) indican que la tecnología para el tratamiento de las aguas residuales dependerá directamente de la calidad de agua que se está buscando o la que se pretende lograr, la cual puede ser para reutilizar o verterla a un cuerpo receptor (río, laguna o mar).

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES**

1. La evaluación de la calidad del agua del río Huancabamba fue fundamental para determinar su aptitud para los distintos usos, los resultados obtenidos demuestran presencia de contaminación microbiológica la cual genera alteración en la calidad de las aguas del río Huancabamba. Así mismo, la identificación de actividades que afectan la calidad del agua y la evaluación de los impactos ambientales generados por estos permitieron proponer una alternativa de solución adecuada para el tratamiento de las aguas residuales domésticas.
2. La evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológico en las aguas superficiales del río Huancabamba fue esencial para conocer la calidad del agua y su aptitud para distintos usos. Los parámetros fisicoquímicos pH, temperatura, demanda bioquímica de oxígeno y aceites y grasas evaluados en las aguas del río Huancabamba presentaron concentraciones por debajo de los estándares de calidad ambiental (ECA), mientras que, el parámetro microbiológico coliformes termotolerantes presentó resultados por encima de los estándares de calidad ambiental (ECA).
3. La comparación de los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológico de las aguas superficiales del río Huancabamba con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua permitió conocer el grado de cumplimiento y evaluar la calidad del agua. De los tres puntos de monitoreo establecidas aguas abajo, frente de la ciudad y aguas arriba se pudo determinar qué; aguas abajo después de la ciudad el agua no es apta para uso poblacional y recreacional, del mismo modo no cumple para riego de plantas y bebida de animales, también está por encima de los estándares para la conservación del medio acuático debido a que presenta altas concentraciones

de coliformes termotolerantes. Mientras que, aguas arriba antes de la ciudad el agua puede ser utilizada para uso poblacional realizando un tratamiento previo, es apta para uso recreacional, y se puede utilizar para riego de plantas y bebida de animales, así como también, cumple para la conservación del medio acuático.

4. En el área de estudio se identificó el desarrollo de actividades que afectan el ambiente y la calidad del agua del río Huancabamba, tales como descargas de aguas residuales, arrojamiento de residuos sólidos, desmonte de material de construcción, lavado de vehículos motorizados, lavado de ropa y actividades recreacionales provocando la degradación de la calidad del agua. Para identificar el grado de contaminación que genera la presencia de estas actividades, se llevó a cabo una evaluación de los impactos ambientales que alteran la calidad del agua del río Huancabamba mediante el uso de la matriz de Conesa, en donde se evaluó y se identificó que las descargas de aguas residuales generan mayor impacto negativo provocando la degradación a las aguas del río Huancabamba.
  
5. Teniendo en cuenta los resultados de la identificación de los impactos ambientales y los análisis de la evaluación de las aguas superficiales del río Huancabamba, se planteó como propuesta una alternativa de solución para la disminución de la contaminación de las aguas del río Huancabamba, la cual consiste en elaborar un proyecto para la construcción de una planta de desagüe y disposición (lagunas de oxidación), la cual proporcionará un tratamiento efectivo y económico, de manera que, las aguas no sean vertidas directamente al río sin antes tener un previo tratamiento.

## **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda hacer un estudio amplio y detallado en el tiempo sobre la calidad del agua superficial de río Huancabamba, de modo que, los parámetros analizados brinden una mayor información sobre el estado situacional del agua del río Huancabamba.
2. El proceso de tratamiento de las aguas residuales municipales que se aplique deberá cumplir con las normas para su ejecución y construcción considerando los criterios que se toman en cuenta para construir una planta de tratamiento de aguas residuales y que logre reducir los niveles de contaminación permitiendo cumplir con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua para ser vertida a las aguas del río Huancabamba.
3. La presente investigación debe servir como base para investigaciones posteriores en temas sobre la calidad del agua del río Huancabamba o relacionados, de manera que, con futuras investigaciones se profundicen estudios sobre el río Huancabamba.
4. Mediante las autoridades competentes realizar actividades de educación ambiental, de manera que, se logre concientizar a la población involucrada al manejo y cuidado de las riberas de río Huancabamba, mejorando el paisaje y la salud de la población.

## REFERENCIAS

- Álvarez, J. P. A., Panta, J. E. R., Ayala, C. R. y Acosta, E. H. (2012). Calidad integral del agua superficial en la cuenca hidrológica del río Amajac. *Información Tecnológica*, 19(6), 21-32. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642008000600004>
- Atencio, S. H. (2018). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, del distrito de Simón Bolívar, provincia y región Pasco- 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad nacional Alcides Carrión]. Repositorio Institucional UNDAC. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/428>
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>
- Avendaño, V. G. (2015). Calidad de agua. En Urteaga, P., Verona, A. (Eds.). *Cinco años de la ley de recursos hídricos en el Perú. Segundas jornadas de derecho de aguas* (pp. 101-115). Gráfica Delvi S. R. L. <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/175354>
- Campaña, A., Gualoto, E. y Chiluisa-Utreras, V. (2017). Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de los ríos Machángara y Monjas de la red hídrica del distrito Metropolitano de Quito. *Bionatura*, 2(2), 305-310. <https://www.revistabionatura.com/files/2017.02.02.6.pdf>
- Constitución Política del Perú [Const]. Art. 2. 30 de diciembre de 1993 (Perú)
- Decreto Supremo N° 004 de 2017. [Ministerio del Ambiente]. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. 7 de junio de 2017. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- Decreto Supremo N° 022 de 2009. [Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento]. Modifican Norma Técnica OS.090. Plantas de Tratamiento de aguas Residuales del Reglamento Nacional de Edificaciones. <https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/normatividad/DS022-2009-VIVIENDA.pdf>

- Díaz, A. P. (2018). *Determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de la quebrada Chupishiña, distrito de Rumisapa, provincia de Lamas y región San Martín*. [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio de tesis Universidad Peruana Unión. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/1532>
- Dueñas, P. A. (2018). Matriz de Conesa. *Scribd*. <https://es.scribd.com/document/374005455/Matriz-CONESA-docx>
- Fernández, C. A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 3(11), 147-170. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
- Flores, C. M., Del Ángel, E., Frías, D. M. y Gómez, A. L. (2017). Evaluación de parámetros fisicoquímicos y metales pesados en agua y sedimento superficial de la laguna de las Ilusiones, Tabasco, México. *Ciencia y Tecnología del Agua*, 11(5), 39-57. <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/1670>
- Flores, J. S. F. (2017). *Análisis de una red de monitoreo de calidad de agua en la cuenca del río Jequetepeque mediante análisis multivariado*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9381>
- Gil, M. J., Soto, A. M., Usma, J. I. y Gutiérrez, O. D. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción más Limpia*, 7(2), 52-73. <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>
- Gonzales, G. F., Zevallos, A., Gonzales-Castañeda, C., Nuñez, D., Gastañaga, C., Cabezas, C., Luke Naehar, L., Karen Levy, K. y Steenland, K. (2014). Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana. *Rev Peru Med Exp Salud Pública*, 31(3), 547-556. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v31n3/a21v31n3.pdf>
- Hernández, S. R., Fernández, C. C. y Baptista, L. P. (2014). Metodología de la investigación (6ta edición). McGRAW-HILL. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Censos nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas*. <http://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-los-censos-nacionales-2017/>
- Larrea-Murrell, J. A., Rojas-Badia, M. M., Romeu-Álvarez, B., Rojas-Hernández, N. M. y Heydrich-Pérez. (2012). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la

evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 44(3), 24-34.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181229302004>

Ley 29338 de 2009. Por la cual se expide la ley de recursos hídricos. (31 de marzo de 2009).  
<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/228>

Ley 26842 de 1997. Por la cual se expide la ley general de salud. (20 de julio de 1997).  
<https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/256661-26842>

Ley 28611 de 2005. Por la cual se expide la ley general del ambiente. (15 de octubre de 2005).  
<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>

López, R. P. y Fachelli, S. (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa*. Creative Commons.  
[https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/185163/metinvsocua\\_cap2-4a2017.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/185163/metinvsocua_cap2-4a2017.pdf)

Martínez, C. F., Rojas, L. A., Rojas, L. R., Sifuentes, U., César, A., Garza, A., Mayela, C., Barrios, G. y Luis, J. (2011). Diseño de Lagunas de Estabilización en Serie con Diferentes Configuraciones. (Caso Comarca Lagunera Estado de Durango, México). *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 5(3).  
<https://www.redalyc.org/pdf/1939/19392137701.pdf>

Manotupa, D. L. F. y Muriel, O. J. Y. (2018). *Propuesta elaboración de una guía para el proceso de diseño en proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales en el Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio académico UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/623193>

Mendoza, F. M. A. (2018). *Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial en el centro poblado de Sacsamarca, región Ayacucho, Perú*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/12256>

Minga, P. C. A. (2019). *Evaluación de la calidad y caudal de agua para riego en épocas de estiaje, en la quebrada San Antonio, distrito de San Miguel del Faique-Huancabamba entre los meses de agosto a noviembre del 2018*. [Tesis de grado, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. Repositorio Institucional Digital UCSS. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/688>

- Ministerio del Ambiente. (2018). *Guía para la identificación y caracterización de los impactos ambientales*. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/10/Guia-Impactos.pdf>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2015). *Instrumentos básicos para la fiscalización ambiental*. [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=13978.8](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978.8)
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. <https://www.gob.pe/institucion/oefa/noticias/20794-el-oefa-advierte-problematika-ambiental-por-deficit-de-tratamiento-de-las-aguas-residuales-a-nivel-nacional>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2020). *Informe mundial de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2020: agua y cambio climático*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373611.locale=es>
- Pérez, J. L., Nardin, A. G. y Galindo, A. A. (2018). Análisis comparativo de índices de calidad del agua aplicados al río Ranchería, La Guajira-Colombia. *Información Tecnológica*, 29(3), 47-58. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000300047>
- Pinedo, G. K. J. (2017). *Evaluación de la calidad de agua para uso recreacional en la quebrada Simuy -Yurimaguas, 2017*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio de tesis Universidad Peruana Unión. [https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1766/Jocelyn\\_Tesis\\_Licenciatura\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1766/Jocelyn_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2019). *GEO 6perspectivas del medio ambiente mundial*. <https://www.unenvironment.org/es/resources/perspectivas-del-medio-ambiente-mundial-6>
- Raffo, L. E. y Ruiz, L. E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industria Data*, 17(1), 71-80. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81640855010>
- Ramos, V. V. K. (2016). *Análisis de los parámetros fisicoquímicos de las aguas superficiales contaminadas en el estuario del río Chillón – AAHH Márquez Callao 2016*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio de la Universidad César. Vallejo <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40774>

- Resolución Jefatural N° 010 de 2016. [Ministerio de Agricultura y Riego]. Aprobar el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. 11 de enero de 2016. <http://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-no-010-2016-ana-0>
- Roca, B. E. J. (2018). *Variación de oxígeno disuelto y su influencia como indicador de calidad de agua en la bahía de paracas (2013 – 2015) – Pisco*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio UNJFSC. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/3670>
- Salazar, H. J. E. (2020). *Evaluación del impacto de las aguas residuales sobre la calidad del agua del río Tarma en el período 2015-2019*. [Tesis de grado, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/7893>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales, indicadores de clave y desempeño ambiental*. [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_12/pdf/Informe\\_2012.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf)
- Sedapar S.A. (2018). *Memoria calculo: planta de tratamiento de aguas residuales*. <https://www.sedapar.com.pe/wp-content/uploads/2018/02/Dimensionamiento-PTAR>
- Teves, A. B. M. (2016). *Estudio fisicoquímico de la calidad del agua del río Caca, región Lima*. (Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú). Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6797>
- Tocto, S. Y. (2019) *Concentración de coliformes totales, termotolerantes y Escherichia coli Escherich, en el río Quiroz, caserío Puente Quiroz-Suyo-Ayabaca-abril-julio 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. Repositorio Institucional Digital UCSS. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/666>
- Triveño, S. D. (2016). *Influencia del agua del río Mariño en la calidad del agua del río Pachachaca, Abancay 2016*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes]. Repositorio Digital Institucional de la Universidad Tecnológica de los Andes. <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/66>
- Unión Internacional para la Conservación. (2012). *Módulo 3. Gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH)*. [https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/modulo\\_3\\_girh.pdf](https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/modulo_3_girh.pdf)

- Vásquez, F. (2016). Lagunas de estabilización. *Revistas UNNE*, 3(20), 148-163. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/eitt/article/download/3004/2672>
- Vergara, P. k. A. (2018). *Efecto de la temperatura y concentración microbiana de Bacillus sp. en la degradación de grasas de agua residual de curtiembre Quimipiel S.A.C.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Universidad Nacional de Trujillo. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11461>
- Vidales, O. A., Leos, M. M. Y. y Campos, S. M. G. (2010). Extracción de grasas y aceites en los efluentes de una industria automotriz. *Conciencia Tecnológica*, 1(40), 29-34. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94415759007>
- Villena, C. J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304-8. <http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3>
- Conesa V. F. V. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ediciones Mundi-prensa. <https://books.google.com.co/books?id=wa4saqaaqbaj&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=fa>

## TERMINOLOGÍA

**Acuífero.** - Es un área subterránea de naturaleza rocosa que permite el almacenamiento de grandes volúmenes de agua (Unión Internacional para la conservación [UICN], 2012).

**Agua residual.** - “Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado” (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental” [OEFA], 2014, p. 2).

**Ambiente.** - Es un conjunto de componentes físicos, químicos y biológicos de origen natural como antropogénico, de manera que, se forma un ambiente ideal para el desarrollo de la vida [MINAM], 2018).

**Cadena de custodia.** - Es un documento fundamental en los monitoreos ambientales ya que permite garantizar el control y seguimiento de los resultados de los análisis del laboratorio (Resolución Jefatural N° 010-ANA, 2016).

**Categoría ECA agua.** - Estándar de calidad ambiental asignado por la autoridad nacional del agua (ANA) a un cuerpo de agua respecto a su calidad (Resolución Jefatural N° 010-ANA, 2016).

**Contaminantes emergentes.** - El término de contaminantes emergentes se utiliza para referirse a distintos compuestos de naturaleza y origen químico que, su presencia en el medio ambiente no se considera significativo pero que en la actualidad están siendo estudiados ya que tienen el potencial de generar impactos ambientales negativos como generar problemas en la salud humana (Gil, *et al.*, 2012).

**Impacto ambiental.** - Se define como la alteración positiva o negativa de uno o más componentes en el ambiente, estos efectos que se pueden producir por una determinada acción humana o natural (MINAM, 2018).

**Lagunas de oxidación.** - Es una excavación en el suelo en donde el agua residual se almacena para su tratamiento por medio de la actividad bacteriana. El término “Lagunas de Oxidación”, se utilizó por la importancia que tiene el oxígeno en el proceso estabilizador de la materia orgánica, y por la gran cantidad de este gas que se produce a través del proceso de fotosíntesis de las algas (Vásquez, 2016, p.150).

**Material de referencia.** En monitoreo ambiental el material de referencia son las soluciones que se utilizan para calibrar las sondas de los equipos multiparámetros (Resolución Jefatural N° 010-ANA, 2016).

**Monitoreo.** - El monitoreo es una de las herramientas importantes para la fiscalización ambiental. Se realiza para evaluar y medir la concentración de contaminantes en el ambiente en un determinado periodo de tiempo (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2015).

**Muestreo ambiental.** - El muestreo ambiental consiste en tomar muestras que permitan caracterizar el componente ambiental en un determinado estudio. Las muestras tomadas son enviadas a un laboratorio acreditado mientras que otras se realizan *in situ* (OEFA, 2015).

**Recurso hídrico.** - Los recursos hídricos son fuentes de agua que están conformados por aguas superficiales, subterráneas, continentales y los bienes asociados a esta (Resolución Jefatural N° 010-ANA, 2016).

## APÉNDICES

### Apéndice 1

*Conservación y preservación de muestra de agua en función del parámetro evaluado*

<b>Parámetro</b>	<b>Tipo de recipiente</b>	<b>Condiciones de preservación y almacenamiento</b>	<b>Tiempo de almacenamiento</b>
Oxígeno disuelto	Plástico o vidrio Botellas de vidrio winkler	Analizar preferentemente in situ Fijar el oxígeno. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras	Inmediatamente 4 días
pH	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente in situ	24 horas
Temperatura	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente in situ	Inmediatamente
Aceites y grasas	Vidrio, boca ancha	Acidificar a pH 1-2 con HCL, HNO <sub>3</sub> o H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 mes
Demanda bioquímica de oxígeno	Plástico o vidrio  Plástico	Llenar recipiente y sellar sin burbujas. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras  Congelar por debajo de -18 °C. almacenar a oscuras o usar botellas oscuras	24 horas  1 mes (6 meses si 50 mg/L).
Coliformes termotolerantes	Vidrio estéril	Dejar un espacio para aireación y mezcla de  Almacenar a 6 °C y en oscuridad	24 horas

*Nota.* Elaboración propia con datos de Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA.

## Apéndice 2

### Actividades impactantes en la evaluación del proyecto de la calidad del agua del río Huancabamba

MATRIZ CAUSA- EFECTO		FACTORES AMBIENTALES										
		MEDIO FÍSICO				MEDIO BIOLÓGICO		MEDIO CONCEPTUAL	MEDIO SOCIO ECONÓMICO Y CULTURAL			
		SUELO	AGUA	AIRE Y RUIDO		FLORA	FAUNA	PAISAJE	POBLACIÓN			ECONOMÍA
		Calidad de suelos	Calidad de agua	Calidad del aire	Nivel de ruido	Flora asociada del lugar	Fauna asociada del lugar	Calidad escénica	Tranquilidad pública	Salud y seguridad	Vivienda	Transito vial
ACTIVIDADES IMPACTANTES EN LA EVALUACION DEL PROYECTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO HUANCABAMBA	<b>A. Actividades de origen antropogenico</b>											
	Arrojo de residuos sólidos	Degradación de la calidad del suelo (N)	Contaminación del agua(N)	Generación a los olores (N)		Afectación de flora (N)	Afectación de la fauna (N)	Alterción de la calidad del paisaje (N)	Malos olores(N)	Emfermedades (N)		
	Descargas de aguas residuales municipales	Degradación de la calidad del suelo (N)	Contaminación del agua (N)	Generación a los olores (N)		Afectación de flora (N)	Afectación de la fauna (N)	Alterción de la calidad del paisaje (N)	Malos olores(N)	Emfermedades (N)		
	Desmote de material de construcción	Degradación de la calidad del suelo (N)	Contaminación del agua (N)	Incremento de material particulado (N)		Afectación de flora (N)	Afectación de la fauna (N)	Alterción de la calidad del paisaje (N)				
	Lavado de vehículos motorizados		Contaminación del agua (N)			Afectación de flora (N)	Afectación de la fauna (N)			Emfermedades (N)		Generación de empleo(P)
	Lavado de ropa		Contaminación del agua (N)			Afectación de flora (N)	Afectación de la fauna (N)			Emfermedades (N)		Generación de empleo(P)
	<b>B. Actividades de origen natural</b>											
	Deslizamientos de tierras		Incremento de turbiedad en el agua (N)			Afectación de flora (N)	Afectación de la fauna (N)	Alteración en el aspecto paisajístico (N)				
	Lluvias		Incremento de turbiedad en del agua (N)		Incremento de los niveles de ruido (N)	Mejora en el desarrollo de la flora (P)	Mejora en el desarrollo de la fauna (P)	Mejora del aspecto urbanístico y paisajístico (P)				
	<b>C. Actividades complementarias</b>											
Áreas para uso recreacional		Contaminación del agua (N)			Afectación de flora (N)	Afectación de la fauna (N)			Posibles accidentes (N)			Generación de empleo(P)

*Nota.* Elaboración propia con matrices de Vicente Conesa (2010).

### Apéndice 3

Matriz de identificación e interacción de impactos ambientales directos e indirectos

ACTIVIDADES			CALIDAD DE AGUA DEL RÍO HUANCABAMBA								
			Actividades de origen antropogénico				Actividades de origen natural		Actividades complementarias		
			Arrojo de residuos sólidos	Descargas de aguas residuales municipales	Desmonte de material de construcción	Lavado de vehículos	lavado de ropa	Deslizamiento de tierras	Lluvias	Áreas para uso recreacional	
FACTORES AMBIENTALES											
FÍSICO	SUELOS	Calidad de suelos	ND	ND	ND						
	AGUA	Calidad del Agua	ND	ND	ND	ND	ND	NI	NI	ND	
	AIRE Y RUIDO	Calidad de aire	ND	ND	NI						
		Nivel de ruido ambiental							NI		
PERC BIOLÓGICO	FLORA	Flora Asociada al lugar	ND	ND	NI	ND	NI	PI	PI	NI	
	FAUNA	Fauna Asociada al lugar	ND	ND	NI	ND	NI	PI	PI	NI	
	PAISAJE	calidad escénica	ND	ND	ND			NI	PD		
ECONOMÍA Y CULTURAL	POBLACIÓN	Tranquilidad Publica	ND	ND							
		Salud y Seguridad	ND	ND		NI	NI			NI	
	TRANSPORTE	Vivienda									
ECONOMIA	Transito vial										
	Empleo				PD	PD			PD		

Nota. Elaboración propia con matrices de Vicente Conesa (2010).

## Apéndice 4

### Cálculo del índice de importancia del impacto

CALCULO DEL INDICE DE IMPRTANCIA DEL IMPACTO (I)															
$I = \pm (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$															
Factores		Actividades	Tipo de Impacto	Intensidad (IN)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Sinergia (SI)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Perdiciencia (PR)	Recuperabilidad (MC)	Índice de Impacto (I)	
Medio Físico	Suelo	Calidad de	Arrojo de residuos sólidos	N	4	4	4	2	2	4	4	4	4	-48	
			Descargas de aguas residuales municipales	N	6	4	4	2	2	4	4	4	4	4	-54
			Desmonte de material de construcción	N	4	4	2	2	2	1	4	4	2	2	-39
	Agua	Calidad de agua	Arrojo de residuos sólidos	N	6	4	4	4	2	2	4	4	4	4	-54
			Descargas de aguas residuales municipales	N	8	8	4	4	2	2	4	4	4	4	-68
			Desmonte de material de construcción	N	4	2	2	2	2	1	4	4	2	2	-35
			Deslizamiento de tierras	N	2	2	2	2	1	2	1	1	2	2	-23
			Lluvia	N	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	-19
			Lavado de vehículos motorizados	N	4	2	2	4	2	1	4	4	2	2	-37
			Lavado de ropa	N	4	2	2	4	2	1	1	4	2	2	-34
Áreas para uso recreacional	N	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	-20			
Medio Físico	Aire y Ruido	Calidad de aire	Arrojo de residuos sólidos	N	4	4	4	2	2	4	4	4	4	-48	
			Descargas de aguas residuales municipales	N	6	4	4	2	2	4	4	4	4	4	-54
	Nivel de	Lluvia	Desmonte de material de construcción	N	2	2	2	2	1	1	4	2	2	-26	
			Lluvia	N	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-23
Flora asociada al lugar			Arrojo de residuos sólidos	N	4	2	4	4	2	2	4	4	4	4	-44
			Descargas de aguas residuales municipales	N	6	4	4	4	2	2	4	4	4	4	-54
			Desmonte de material de construcción	N	4	2	2	2	2	1	4	4	2	2	-35
			Deslizamiento de tierras	P	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	22
			Lluvia	P	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1

Nota. Elaboración propia con matrices de Vicente Conesa (2010).

## Apéndice 5

### Matriz de valoración de impactos ambientales

ACTIVIDADES			CALIDAD DE AGUA DEL RÍO HUANCABAMBA							
			Actividades de origen antropogénico				Actividades de origen natural		Actividades complementarias	
			Arrojo de residuos sólidos	Descarga de aguas residuales municipales	Desmonte de material de construcción	Lavado de vehículos motorizados	Lavado de ropa	Deslizamiento de tierras	Lluvias	Áreas para uso recreacional
FACTORES AMBIENTALES										
FÍSICO	SUELOS	Calidad de suelos	-48	-54	-39					
	AGUA	Calidad del agua	-54	-68	-35	-37	-34	-23	-19	-20
	AIRE Y RUIDO	Calidad de aire	-48	-54	-26					
		Nivel de ruido ambiental							-23	
PERCEPCIÓN BIOLÓGICA	FLORA	Flora Asociada al lugar	-44	-54	-35	-32	-32	22	15	-16
	FAUNA	Fauna Asociada al lugar	-40	-54	-29	-33	-33	22	18	-19
	PAISAJE	calidad escénica	-54	-60	-37			-25	31	
ECONOMÍA Y CULTURAL		Tranquilidad Pública	-32	-36						
	POBLACIÓN	Salud y Seguridad	-44	-52		-35	-35			-15
		Vivienda								
	TRANSPORTE	Transito vial								
	ECONOMÍA	Empleo				44	36			34

Nota. Elaboración propia con matrices de Vicente Conesa (2010).

## Apéndice 6

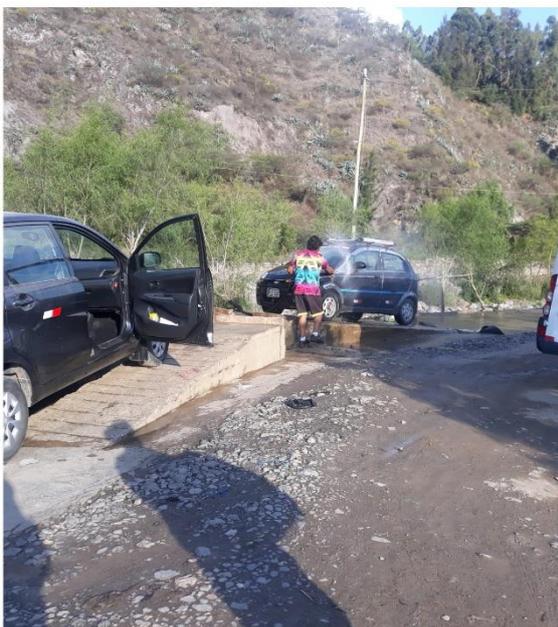
Fotografías tomadas durante la ejecución del proyecto de tesis





## Apéndice 7

### Actividades realizadas en la ribera del río Huancabamba



## Apéndice 8

### Informe de resultados de los parámetros analizados en el laboratorio Environmental Quality Analytical S.A



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

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



#### INFORME DE ENSAYO N° A1190/20

**Solicitante** : OLMER ALBERCA NEIRA  
**Dirección** : Huancabamba, Huancabamba - Piura - Av. Centenario S/N

**Procedencia** : CALIDAD DE AGUA DEL RÍO HUANCABAMBA  
Distrito: Huancabamba - Provincia: Huancabamba –  
Departamento: Piura

**Matriz de la Muestra** : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 29 - Septiembre - 2020  
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 30 - Septiembre - 2 020 / 08:30 h  
Fecha de Ejecución del Ensayo : 30 - Septiembre al 08 - Octubre - 2 020

Código Interno: L1190/20

PARÁMETROS	1190 - 1 <sup>(a)</sup>	1190 - 2 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	Pto - 01 <sup>(b)</sup> (17:20 h) N 9 420 341 - E 672 224 <sup>(c)</sup>	Pto - 02 <sup>(b)</sup> (17:30 h) N 9 420 762 - E 617 408 <sup>(c)</sup>		
Aceites y Grasas	< 0,5	< 0,5	mg/L	APHA 5520 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	< 2	< 2	mg DBO/L	APHA 5210 B
<b>Microbiológicos</b>				
Coliformes Termotolerantes (NMP)	54 x 10 <sup>2</sup>	54 x 10 <sup>2</sup>	NMP/100 mL	APHA 9221 E (Ítem 1)

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

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

<sup>(c)</sup> Ubicación en coordenadas UTM WGS 84

#### REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS. -

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

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

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 08 de Octubre de 2020.

**EQUAS S.A.**

Ing. Eusebio Víctor Cóndor 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: F01-P.DIR.04  
Revisión: 00  
Fecha: 17-10-2019

Dirección de Laboratorio: Mz. I 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 2



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

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



## INFORME DE ENSAYO N° A1190/20

**Solicitante** : OLMER ALBERCA NEIRA  
**Dirección** : Huancabamba, Huancabamba - Piura - Av. Centenario S/N

**Procedencia** : CALIDAD DE AGUA DEL RÍO HUANCABAMBA  
Distrito: Huancabamba - Provincia: Huancabamba -  
Departamento: Piura

**Matriz de la Muestra** : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 29 - Septiembre - 2020  
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 30 - Septiembre - 2 020 / 08:30 h  
Fecha de Ejecución del Ensayo : 30 - Septiembre al 08 - Octubre - 2 020

Código Interno: L1190/20

PARÁMETROS	1190 - 3 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	Pto - 03 <sup>(b)</sup> (17:40 h) N 9 421 620 - E 670 802 <sup>(c)</sup>		
Aceites y Grasas	< 0,5	mg/L	APHA 5520 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	< 2	mg DBO/L	APHA 5210 B
<b>Microbiológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes (NMP)	350	NMP/100 mL	APHA 9221 E (Item 1)

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

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

<sup>(c)</sup> Ubicación en coordenadas UTM WGS 84

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.**

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.**

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 08 de Octubre de 2020.

**EQUAS S.A.**

Ing. Eusebio Víctor 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 dimmencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F01-P.DIR.04  
Revisión: 00  
Fecha: 17-10-2 019

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 2 de 2



**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



### INFORME DE ENSAYO N° A1417/20

**Solicitante** : OLMER ALBERCA NEIRA  
**Dirección** : Huancabamba, Huancabamba - Piura - Av. Centenario S/N

**Procedencia** : CALIDAD DE AGUA DEL RÍO HUANCABAMBA  
Distrito: Huancabamba - Provincia: Huancabamba –  
Departamento: Piura

**Matriz de la Muestra** : Agua Superficial

**Fecha de Muestreo** : 27 - Octubre - 2020  
**Responsable del Muestreo** : Personal Técnico - Empresa Solicitante

**Fecha y Hora de Recepción** : 28 - Octubre - 2 020 / 09:00 h  
**Fecha de Ejecución del Ensayo** : 28 - Octubre al 05 - Noviembre - 2 020

Código Interno: L1417/20

PARÁMETROS	1417 - 1 <sup>(a)</sup>	1417 - 2 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	Pto - 01 <sup>(b)</sup> (15:20 h) N 9 420 341 - E 672 224 <sup>(c)</sup>	Pto - 02 <sup>(b)</sup> (15:40 h) N 9 420 702 - E 671 408 <sup>(c)</sup>		
Aceites y Grasas	< 0,5	< 0,5	mg/L	APHA 5520 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	3	3	mg DBO/L	APHA 5210 B
<b>Microbiológicos</b>				
Coliformes Termotolerantes (NMP)	24 x 10 <sup>3</sup>	24 x 10 <sup>3</sup>	NMP/100 mL	APHA 9221 E (Item 1)

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

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

<sup>(c)</sup> Ubicación en coordenadas UTM WGS 84

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.**

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.**

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 05 de Noviembre de 2020.

**EQUAS S.A.**

Ing. Eusebio Víctor Cóndor 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 hábiles antes de su vencimiento.

Código: F01-P DIR.04

Revisión: 00

Fecha: 17-10-2 019

Dirección de Laboratorio: Mz. I 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 2



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

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



### INFORME DE ENSAYO N° A1417/20

**Solicitante** : OLMER ALBERCA NEIRA  
**Dirección** : Huancabamba, Huancabamba - Piura - Av. Centenario S/N

**Procedencia** : CALIDAD DE AGUA DEL RÍO HUANCABAMBA  
Distrito: Huancabamba - Provincia: Huancabamba –  
Departamento: Piura

**Matriz de la Muestra** : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 27 - Octubre - 2020  
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 28 - Octubre - 2 020 / 09:00 h  
Fecha de Ejecución del Ensayo : 28 - Octubre al 05 - Noviembre - 2 020

Código Interno: L1417/20

PARÁMETROS	1417 - 3 <sup>(*)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	Pto - 03 <sup>(*)</sup> (16:00 h) N 9 421 620 - E 670 802 <sup>(*)</sup>		
Aceites y Grasas	< 0,5	mg/L	APHA 5520 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	mg DBO/L	APHA 5210 B
<b>Microbiológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes (NMP)	920	NMP/100 mL	APHA 9221 E (ítem 1)

(\*) Código de Laboratorio

(\*) Código del Solicitante y hora de muestreo

(\*) Ubicación en coordenadas UTM WGS 84

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.** -

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

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

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 05 de Noviembre de 2020.

**EQUAS S.A.**

Ing. Eusebio Víctor Córdor Evanisto  
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: F01-P.DIR.04

Revisión: 00

Fecha: 17-10-2019

Dirección de Laboratorio: Mz. I 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 2 de 2

# Apéndice 9

## Cadena de custodia de toma de muestra de agua



### CADENA DE CUSTODIA DE TOMA DE MUESTRA DE AGUA

Lima, Perú, S.L.U. Urb. Naranjo - Puente Piedra  
 Of. Perú - Brasil S.A. (UR) - Matucana - Perú  
 Teléfono: +51 (0)11 474 4000 - email: peru@equas.com.pe

Cliente: **Olivier Alberca Nieto**  
 Procedencia: **Calle de agua del río Huancabamba**  
 Distrito: **Huancabamba**  
 Contacto: **Olivier Alberca Nieto**  
 Provincia: **Huancabamba**  
 Teléfono: **98444669**  
 Departamento: **Perú**  
 Correo: **olivialberca@gmail.com**

P.T.E. N°: **EG-1001** - 05/31/2020

ORDEN DE TRABAJO N°: \_\_\_\_\_

CÓDIGO INTERNO N°: \_\_\_\_\_

\* Adicionar la abreviatura del tipo de muestra y el nombre del proyecto.

Código de Laboratorio	Código de campo	Fecha	Hora	Matriz (*)	Tipo de muestra	Nº de Envases		MÉTODOS SOLICITADOS	
						P	NP	MÉTODOS SOLICITADOS	MÉTODOS SOLICITADOS
	P10-01	26/11/20	16:00	AN-02	S	1	2	Color	Heteroátomos
	P10-02	26/11/20	16:20	AN-02	S	1	2	Color	Heteroátomos
	P10-03	26/11/20	16:40	AN-02	S	1	2	Color	Heteroátomos
	DM -								
	BV -			AP-05	S				
	BC -			AP-05	S				
	BE -			AP-05	S				

Procedimiento de muestreo: **F, MDTM**

Observaciones:

Cliente / Laboratorio: **Olivier Alberca Nieto**  
 Muestreado por: **Olivier Alberca Nieto**  
 Cliente / Campo: **Olivier Alberca Nieto**  
 Recepción en Laboratorio:

Firma: *[Firma]* Fecha y Hora: **26/11/2020**

Firma: *[Firma]* Fecha y Hora: **26/11/2020**

Verificación de la recepción de muestra

SI  NO  N/A  F  E

