

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



TESIS:

**“EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA CALIDAD
DEL AGUA EN LA CONFLUENCIA DE LOS RÍOS MASHCÓN Y SAN
LUCAS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2022”**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por el Bachiller:

MEYNER ORDOÑEZ CHÁVEZ

Asesor:

Dr. EDIN ALVA PLASENCIA

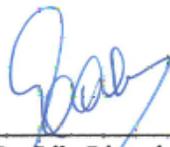
CAJAMARCA – PERÚ

-2025-

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador: MEYNER ORDOÑEZ GHÁVEZ
 2. DNI: 44668001
Escuela Profesional/Unidad UNC: Ingeniería Ambiental
 3. Asesor:
Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
 4. Facultad/Unidad UNC: Ciencias Agrarias
 5. Grado académico o título profesional:
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
 6. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
"EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CONFLUENCIA DE LOS RÍOS MASHCÓN Y SAN LUCAS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2022"
 7. Fecha de evaluación: 10/09/2025
 8. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
 9. Porcentaje de Informe de Similitud: 15%
 10. Código Documento: oid:3117:496247564
 11. Resultado de la Evaluación de Similitud: 15%
- PROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O
DESAPROBADO

Fecha Emisión: 11/09/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 <hr/>
Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia DNI: 26620894

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los veintisiete días del mes de agosto del año dos mil veinticinco, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 471-2025-FCA-UNC, de fecha 15 de agosto del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CONFLUENCIA DE LOS RÍOS MASHCÓN Y SAN LUCAS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2022"**, realizada por el Bachiller **MEYNER ORDOÑEZ CHÁVEZ** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las once horas y diez minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las doce horas y veinte minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Isidro Rimarachín Cabrera
PRESIDENTE

Dr. Wilfredo Poma Rojas
SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego
VOCAL

Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
ASESOR

DEDICATORIA

A:

Dios, quien hace que todas las cosas sean posibles, y el cumplimiento de este objetivo profesional, es una de sus bendiciones.

A mi madre Marina Chávez Rojas por ser el soporte fundamental en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial a Jhener Quispe Alcántara por su apoyo constante, sus palabras de aliento y la confianza depositada en mí durante el desarrollo de esta investigación.

Extiendo mi más sincero agradecimiento a mi asesor, cuya orientación, paciencia y valiosas recomendaciones fueron fundamentales para culminar satisfactoriamente este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ANEXOS.....	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Problema de la investigación.....	2
1.2 Formulación del problema	4
1.3 Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.3.3 Hipótesis de la investigación.....	4
CAPÍTULO II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Antecedentes	5
2.1.1 Internacionales	5
2.1.2 Nacionales	7
2.1.3 Locales	10

2.2	Bases teóricas.....	14
2.2.1	Calidad del agua.....	14
2.2.2	Comportamiento de parámetros físicos, químicos y microbiológicos	15
2.2.3	Estándares de calidad ambiental	16
2.2.4	Parámetros físico químicos	16
2.2.5	Caracterización bacteriológica de las aguas residuales	17
2.2.6	Temperatura	17
2.2.7	Turbidez	18
2.2.8	Potencial de Hidrógeno (pH)	18
2.2.9	Conductividad eléctrica.....	19
2.2.10	Oxígeno disuelto	19
2.2.11	Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO5)	20
2.2.12	Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	20
2.2.13	Relación entre factores físico químicos y macrofauna acuática	21
2.2.14	Parámetros microbiológicos.....	21
2.2.15	Coliformes termo tolerantes.....	22
2.2.16	Escherichia coli.....	23
2.2.17	Huevos de helmintos.....	24
2.2.18	Enfermedades por la contaminación del agua.....	25
2.3	Definición de términos básicos.....	26
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....		29
3.1	Ubicación del trabajo de Investigación.....	29
3.2	Materiales	32
3.2.1	Puntos de monitoreo - muestras	32

3.2.2	Equipos.....	32
3.2.3	Materiales de campo	32
3.2.4	Indumentaria de protección.....	33
3.2.5	Materiales de escritorio	33
3.3	Metodología	34
3.3.1	Selección de puntos de muestreo	34
3.3.2	Toma de muestras para laboratorio	34
3.3.3	Transporte de las muestras	35
3.3.4	Análisis en el laboratorio	35
3.3.5	Comparación con los ECAs	37
5.1.1	Validación y prueba de confiabilidad de los instrumentos.....	37
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		38
4.1	Resultados de los parámetros físico químicos	38
4.1.1	Concentración de pH.....	38
4.1.2	Concentración de Conductividad a 25 °C	40
4.1.3	Concentración de DBO5	42
4.1.4	Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	44
4.1.5	Oxígeno Disuelto	46
4.1.6	Coliformes Termotolerantes.....	48
4.1.7	Escherichia coli	50
4.1.8	Concentración de formas parasitarias	52
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		58
5.1	Conclusiones	58
5.2	Recomendaciones	60

CAPÍTULO VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Título	Página
<i>Tabla 1:</i>	<i>Enfermedades infecciosas más comunes ocasionadas por bacterias</i>	25
<i>Tabla 2</i>	<i>Ubicación de los puntos de muestreo</i>	30
<i>Tabla 3:</i>	<i>Análisis de muestras</i>	35
<i>Tabla 4</i>	<i>Valor de PH del agua en cada punto de muestreo (enero – agosto 2023)</i>	38
<i>Tabla 5</i>	<i>Valor de conductividad del agua en cada punto de muestreo (enero – agosto 2023)</i>	40
<i>Tabla 6:</i>	<i>Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) del agua en la zona de estudio (enero – agosto 2023).</i>	43
<i>Tabla 7:</i>	<i>Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua en cada punto de muestreo (enero – agosto 2023).</i>	45
<i>Tabla 8:</i>	<i>Valores de Oxígeno Disuelto (mg/L) en cada punto de muestreo (enero – agosto 2023).</i>	46
<i>Tabla 9:</i>	<i>Concentración de coliformes termotolerantes (NMP/100mL) en cada punto de muestreo (enero – agosto 2023).</i>	48
<i>Tabla 10:</i>	<i>Concentración de Escherichia coli (NMP/100 mL) en la zona de estudio (enero – agosto 2023).</i>	50
<i>Tabla 11:</i>	<i>Concentración de formas parasitarias (N° Org/L) en cada punto de muestreo (enero – agosto 2023).</i>	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
<i>Figura 1:</i>	<i>Ubicación de los puntos de muestreo en la zona de estudio</i>	31
<i>Figura 2:</i>	<i>Variación de pH del agua en cada punto de nuestros entre los meses de enero a agosto del 2023</i>	38
<i>Figura 3:</i>	<i>Comportamiento de la conductividad en la zona de estudio</i>	41
<i>Figura 4:</i>	<i>Comportamiento de la concentración de la DBO₅ en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas durante el monitoreo.</i>	43
<i>Figura 5:</i>	<i>Comportamiento de la concentración de la DQO en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas durante el monitoreo.</i>	45
<i>Figura 6:</i>	<i>Comportamiento de la concentración del oxígeno disuelto en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas durante el monitoreo.</i>	47
<i>Figura 7:</i>	<i>Comportamiento de la concentración de coliforme termotolerantes en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas durante el monitoreo.</i>	49
<i>Figura 8:</i>	<i>Comportamiento de la concentración de coliforme termotolerantes en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas durante el monitoreo.</i>	52
<i>Figura 9:</i>	<i>Comportamiento de la concentración de coliforme termotolerantes en la zona de estudio.</i>	54

ANEXOS

Anexo	Título	Página
<i>Anexo 1:</i>	<i>Registro fotográfico</i>	<i>68</i>
<i>Anexo 2:</i>	<i>Informes de Ensayo del Laboratorio Regional del Agua</i>	<i>73</i>

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general determinar el estado de las propiedades físico químicas y microbiológicas del agua en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas en Cajamarca, 2022. El tipo de investigación fue descriptiva comparativa (no experimental). Se analizaron cuatro puntos de monitoreo (PC-01 a PC-04) durante enero, marzo y agosto de 2023, midiendo pH, conductividad, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto (OD), coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y formas parasitarias. Los resultados mostraron que el pH (7.22, 7.15, 7.07, 7.26), conductividad (9.63.33, 8.52.00, 1074.17, 901.17 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y OD (2.97, 3.93, 2.40, 3.43 mg/L) cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas categoría 3 y 4. Sin embargo, la DBO5 (43.77, 13.33, 145.17, 50.53 mg/L) y DQO (87.13, 39.17, 278.33, 99.00 mg/L) superaron los límites permitidos, indicando contaminación orgánica significativa. Los coliformes termotolerantes (1.65E+06, 2.10E+05, 5.63E+06, 1.65E+06 NMP/100 mL) y *E. coli* (5.96E+06, 1.27E+05, 5.44E+06, 1.36E+06 NMP/100 mL) excedieron los ECA en categoría 3, evidenciando contaminación fecal. El punto PC-03 registró los niveles más altos de DBO5, DQO y formas parasitarias (140 organismos/L en agosto), superando los límites establecidos. Estos hallazgos reflejan una elevada carga microbiológica, asociada a descargas de efluentes no tratados. El estudio concluye que, aunque algunos parámetros físicoquímicos cumplen con las normativas, la presencia de contaminantes orgánicos y microbiológicos representa un riesgo para la salud pública en Cajamarca.

Palabras clave: Calidad del agua, parámetros físicoquímicos, contaminación microbiológica y estándares de calidad ambiental (ECA).

ABSTRACT

The overall objective of this research project was to determine the physical, chemical, and microbiological properties of the water at the confluence of the Mashcón and San Lucas rivers in Cajamarca in 2022. The research was descriptive and comparative (non-experimental). Four monitoring points (PC-01 to PC-04) were analyzed during January, March, and August 2023, measuring pH, conductivity, biochemical oxygen demand (BOD₅), chemical oxygen demand (COD), dissolved oxygen (DO), thermotolerant coliforms, *Escherichia coli* and parasitic forms. The results showed that pH (7.22, 7.15, 7.07, 7.26), conductivity (9.63.33, 8.52.00, 1074.17, 901.17 $\mu\text{S}/\text{cm}$) and DO (2.97, 3.93, 2.40, 3.43 mg/L) met the Environmental Quality Standards (EQS) for category 3 and 4 waters. However, BOD₅ (43.77, 13.33, 145.17, 50.53 mg/L) and COD (87.13, 39.17, 278.33, 99.00 mg/L) exceeded the allowable limits, indicating significant organic contamination. Thermotolerant coliforms (1.65E+06, 2.10E+05, 5.63E+06, 1.65E+06 NMP/100 mL) and *E. coli* (5.96E+06, 1.27E+05, 5.44E+06, 1.36E+06 NMP/100 mL) exceeded ECAs in category 3, evidencing fecal contamination. Point PC-03 recorded the highest levels of BOD₅, COD and parasitic forms (140 organisms/L in August), exceeding the established limits. These findings reflect a high microbiological load associated with untreated effluent discharges. The study concludes that, although some physicochemical parameters comply with regulations, the presence of organic and microbiological contaminants represents a risk to public health in Cajamarca.

Keywords: Water quality, physicochemical parameters, microbiological contamination, and environmental quality standards (ECA).

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Es clave analizar las distintas concentraciones y los cambios en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua en la unión de los ríos Mashcón y San Lucas. Esto nos ayudará a entender qué tan preservados están los ecosistemas acuáticos en esta zona y, al mismo tiempo, servirá como punto de referencia para futuros estudios sobre la salud ambiental de estos ríos. Un aspecto importante de esta investigación es que actualmente estas aguas se usan para regar pastos y cultivos de ciclo corto, lo que ha generado problemas de salud en la población de Cajamarca.

Por otro lado, este estudio midió los niveles de los parámetros físico-químicos y microbiológicos para evaluar el impacto ambiental en la confluencia de ambos ríos. También buscó entender cómo la contaminación por aguas residuales, vertidas a su paso por la ciudad de Cajamarca, afecta la calidad del agua. Los resultados obtenidos son cruciales, ya que crearán una base de datos para monitorear la calidad del agua en esta zona y servirán como guía para tomar decisiones que aseguren su protección y conservación.

El hecho de evaluar las características físicas, químicas y microbiológicas aguas abajo de la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas, generará información que será de acceso libre para que las autoridades competentes, tomen las medidas correspondientes e implementen medidas para minimizar los impactos negativos producto de la actividad humana y optimizar la gestión de las cuencas en la región de Cajamarca.

La importancia de esta investigación está en que permite conocer de manera clara el estado actual de la calidad del agua en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas. Para ello se evaluaron parámetros físico-químicos y microbiológicos, comparándolos con los Estándares de

Calidad Ambiental para Agua (categorías 3 y 4). Esta información es clave porque muestra los posibles riesgos de contaminación que pueden afectar tanto a los ecosistemas acuáticos como a la salud de la población que utiliza estas aguas en la agricultura y de forma indirecta en su consumo. Además, los resultados servirán como una base científica que permitirá dar seguimiento a la calidad del agua, ayudando a las autoridades en la toma de decisiones y en la creación de políticas de gestión que protejan las fuentes hídricas y promuevan un desarrollo sostenible en Cajamarca.

1.1 Problema de la investigación

El agua es un recurso vital para todos los seres vivos. Sin embargo, la cantidad de agua dulce disponible en el planeta es limitada, y su pureza se ve constantemente amenazada. Mantener su calidad es fundamental, ya que de ella dependen el agua que bebemos, los alimentos que cultivamos e incluso espacios naturales para el esparcimiento. Lamentablemente, esta calidad puede deteriorarse debido a contaminantes como bacterias, sustancias químicas peligrosas o radiación (ONU, 2015).

Según la ONU (2015), el 80% de las aguas residuales llega a ríos, mares y otros entornos naturales sin recibir ningún tratamiento. Además, la contaminación generada por actividades agrícolas y el uso del suelo afecta gravemente —y en gran medida de forma aún no medida— la calidad del agua dulce y marina. Esto no solo perjudica a las comunidades que dependen de estos recursos, sino también a los ecosistemas, encareciendo el acceso al agua y reduciendo su disponibilidad. Una problemática tan urgente que incluso fue destacada en la cumbre Río+20 como uno de los mayores desafíos ambientales de nuestro tiempo.

El río Mashcón tiene su origen en las zonas altas de Cajamarca y recibe el aporte de dos importantes afluentes: los ríos Porcón y Grande. En su recorrido de 21 kilómetros, que va de oeste a este, se une primero al río San Lucas y luego, junto al río Chonta, forma el Cajamarquino. Este

último, a su vez, da origen al río Crisnejas, que finalmente desemboca en el gran Marañón. Con una cuenca que abarca unos 270 km², el Mashcón es parte vital de esta red hidrográfica que nutre la región.

Romero (1999), refiere las aguas residuales pueden deteriorar la calidad de los ríos y otras fuentes de agua. Sin embargo, esto solo ocurre cuando los contaminantes alteran tanto el agua que la vuelven inadecuada para su uso normal. Preocupa especialmente el caso de los ríos que recorren el valle de Cajamarca, ya que reciben descargas constantes de aguas contaminadas provenientes de las actividades humanas en la ciudad y sus alrededores.

El río Mashcón es una fuente vital de agua para ocho canales de riego, entre ellos El Ingenio, Huacaríz y La Colpa, que cruzan el valle de Cajamarca. Sin embargo, es importante señalar que el canal La Colpa se alimenta exclusivamente de aguas residuales, las cuales son utilizadas para regar cultivos y pastizales. Los ríos que recorren el valle, como el San Lucas y el propio Mashcón, arrastran consigo una carga creciente de contaminantes debido a las actividades urbanas. El río San Lucas, por ejemplo, atraviesa la ciudad de Cajamarca desde el noroeste hacia el este y, al igual que el Mashcón, se ha convertido en un receptor de aguas residuales. Estas provienen de las pozas de oxidación ubicadas en Baños del Inca, así como de zonas como La Molina, Venecia y Santa Bárbara. Además, muchas viviendas de la parte baja de la ciudad descargan directamente sus aguas sin tratamiento, sumándose también los residuos que provienen de las lagunas de estabilización.

La gran preocupación se centra en que este tipo de efluentes no cuentan con ningún tratamiento previo, y en varias oportunidades, tras la época lluviosa éstas se colmatan, interfiriendo su funcionamiento y descargan los efluentes directamente al ambiente sin ningún tipo de control o autorización; lo que ha generado, que ciertos agricultores utilicen estos efluentes para el regadío

de pastos y hortalizas, vegetales que se expenden en el mercado local y son consumidos por los cajamarquinos, generando en su defecto, enfermedades y problemas en salud pública.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el estado de las propiedades físico químicos y microbiológicos del agua en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas en la ciudad de Cajamarca, 2022?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar el estado de las propiedades físico químicas y microbiológicas del agua en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas en Cajamarca, 2022.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones de los parámetros físico químicos aguas abajo de la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas.
- Determinar las concentraciones de los parámetros microbiológicos aguas abajo de la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas.
- Analizar y comparar las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según los ECA para Agua, Categorías 3 y 4 (DS. 004-2017-MINAM).

1.3.3 Hipótesis de la investigación

Las concentraciones de los parámetros físico químicos y microbiológicos. aguas abajo de la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas superan los Estándares de Calidad Ambiental para agua, Categorías 3 y 4 en la ciudad de Cajamarca 2022.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacionales

En América Latina y el Caribe, solo el 49% de la población cuenta con acceso a servicios de alcantarillado, lo que representa una seria limitación en términos de saneamiento básico. Se estima que diariamente se recolectan alrededor de 40 millones de metros cúbicos de aguas residuales, las cuales, en su mayoría, son vertidas directamente a ríos, lagos y mares sin ningún tipo de tratamiento previo. Según datos de la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2002), menos del 10% del volumen recolectado por los sistemas de alcantarillado recibe algún tipo de tratamiento antes de su descarga en cuerpos de agua superficial o antes de ser reutilizado en actividades agrícolas, lo cual implica un riesgo significativo para la salud pública y los ecosistemas acuáticos.

En un estudio realizado por Dapa (2018) sobre el caudal y la calidad del agua del río Pixquiác, ubicado en el centro de Veracruz, México, se identificó la presencia de potasio (K^+) en concentraciones asociadas a descargas de aguas residuales domésticas y a prácticas agrícolas. Asimismo, se detectó la presencia de coliformes, lo que refuerza la hipótesis de contaminación de origen antropogénico. A pesar de ello, las concentraciones de K^+ no superaron los límites establecidos por la norma mexicana para el agua destinada al consumo humano. Sin embargo, se observó que los niveles de amonio (NH_4^+) sí excedieron los valores permitidos, lo que representa un potencial riesgo sanitario. Este compuesto está estrechamente relacionado con la descomposición de materia orgánica y el uso intensivo de fertilizantes en las áreas agrícolas circundantes.

Gutiérrez (2018), en su estudio titulado “*Presencia de diatomeas y su relación con aspectos fisicoquímicos y bacteriológicos, como indicadores de la calidad de agua en tres zonas del río Amacuzac, Morelos, México*”, analizó diversos parámetros fisicoquímicos y biológicos para evaluar la calidad del agua en dicho cuerpo hídrico. Los resultados obtenidos evidenciaron una notable carga contaminante durante la temporada de lluvias, destacando particularmente los niveles de demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO_5), los cuales superaron los 30 mg/L. Este valor es indicativo de una alta concentración de materia orgánica biodegradable. La estación de muestreo N° 01 presentó los niveles más elevados de contaminación, situación que se atribuye principalmente a la descarga directa de aguas residuales sin tratamiento al cauce del río.

En contraste, durante la época de estiaje se observó una mayor diversidad de especies, fenómeno que estaría relacionado con condiciones fisicoquímicas más favorables como el incremento del oxígeno disuelto, la temperatura y la reducción de la turbidez, factores que facilitan el desarrollo de comunidades biológicas, en especial de diatomeas. El autor resalta que los nutrientes como el fósforo y los compuestos nitrogenados (principalmente nitritos y nitratos) desempeñan un papel clave en la estructura y diversidad de estas comunidades. De hecho, a mayores concentraciones de estos nutrientes, se registró una mayor riqueza de especies.

En cuanto al índice de Descy, utilizado como indicador biológico para estimar el grado de contaminación, los resultados muestran que en el 90% de los puntos de muestreo los valores superaron los 3.0, lo que sugiere que, si bien existe un impacto ambiental, este no alcanza niveles críticos de contaminación.

En el estudio realizado por Gime (2017), titulado “*Calidad de las aguas utilizadas para riego en el Valle de Yabú, Santa Clara*”, se evaluó el estado sanitario del recurso hídrico

destinado al riego agrícola. El análisis se centró en parámetros microbiológicos, cuyos resultados evidenciaron que las concentraciones de coliformes totales y termotolerantes (fecales) excedían los límites máximos permisibles establecidos por la normativa vigente. A partir de estos hallazgos, se concluyó que las aguas del Valle de Yabú no son aptas para actividades de riego, al menos desde el punto de vista microbiológico, lo que representa un riesgo tanto para la salud humana como para la inocuidad de los cultivos expuestos.

De manera complementaria, Illanes (2016), en su investigación *“Determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua del canal Latacunga-Salcedo-Ambato en el sector Santa Lucía, periodo 2014”*, desarrollada en Ecuador, evaluó de forma integral la calidad del agua del mencionado canal. Si bien los resultados indicaron un elevado grado de contaminación microbiológica, reflejado principalmente en la presencia de coliformes, los parámetros físico-químicos se mantuvieron dentro de los rangos permitidos por la normativa nacional. Este contraste sugiere que la contaminación del canal está asociada principalmente a fuentes biológicas, posiblemente por descargas domésticas o agrícolas, sin que se evidencien alteraciones significativas en los componentes fisicoquímicos del agua.

2.1.2 Nacionales

Pereda (2008), en su estudio titulado *“Caracterización físico-química de los ríos de las cuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama, La Libertad”*, llevó a cabo un análisis detallado de la calidad del agua en estas tres cuencas. Los resultados revelaron una alteración significativa en las propiedades físico-químicas de los ríos evaluados, reflejando un estado general de degradación del recurso hídrico.

En cuanto a los parámetros evaluados, se observó que el pH, los nitratos y la conductividad eléctrica se mantenían dentro de los rangos permitidos por el Decreto Supremo N.º 002-2008-

MINAM. Sin embargo, los niveles de nitritos, fósforo (en forma de fosfatos) y nitrógeno amoniacal estuvieron por encima de lo permitido, lo que evidencia una fuerte presencia de contaminación inorgánica. Esto se debe principalmente a las descargas de aguas residuales que arrastran restos de detergentes y fertilizantes. En el caso del nitrógeno amoniacal, su concentración fue mayor a los valores aceptables, lo que indica que recientemente se han vertido aguas servidas. Este compuesto es un indicador directo de contaminación orgánica reciente y suele encontrarse en lugares donde no existe un tratamiento adecuado de las aguas residuales. En general, el estudio muestra que la calidad físico-química de los ríos de estas cuencas se encuentra seriamente alterada por la acción humana. Las causas principales son las actividades extractivas, sobre todo la minería, la expansión de la ganadería y la agricultura, y la deficiente gestión de las aguas residuales en los poblados cercanos.

Medina et al. (2006) realizaron un estudio sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del río Chicama, ubicado en las regiones de La Libertad y Cajamarca, Perú. Sus resultados mostraron que los niveles de contaminación eran variables, predominando la de origen difuso, relacionada principalmente con las actividades agropecuarias de la zona. Uno de los aspectos identificados fue la variación de la temperatura del agua a lo largo del día, influenciada tanto por la altitud como por las condiciones estacionales al momento del muestreo. En cuanto a nutrientes, se hallaron concentraciones notables de nitrógeno en sus tres formas —nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-) y nitrógeno amoniacal (NH_4^+)— en la mayoría de estaciones y periodos evaluados. Este exceso de nitrógeno afecta directamente a las comunidades microbianas del ecosistema acuático, generando alteraciones en su equilibrio natural.

Los niveles más altos de nitritos y nitratos se encontraron en las zonas con mayor actividad agrícola, lo que demuestra la relación directa entre la agricultura y la calidad del agua. Además, la contaminación difusa fue más evidente en las estaciones de los ríos Membrillo y Cospán, donde se detectó una alta presencia de coliformes fecales y totales. Esto está relacionado tanto con la falta de sistemas de alcantarillado en los asentamientos cercanos como con la ganadería que se desarrolla en las riberas del río. En conjunto, estos resultados muestran cómo las actividades humanas sin un adecuado control afectan de manera negativa la calidad del agua, generando riesgos para el ecosistema acuático y para los usos posteriores del recurso, especialmente en el riego y el consumo humano.

En el estudio realizado por Auccahuasi (2015), titulado “*Calidad de agua y sedimentos en el río Madre de Dios, departamento Madre de Dios*”, se evaluó la calidad del agua y los sedimentos en cinco estaciones de muestreo durante la temporada de estiaje. Los resultados mostraron que los parámetros fisicoquímicos de campo presentaron cierta variabilidad entre estaciones, reflejando las características particulares de cada punto del río. Sin embargo, los parámetros microbiológicos se mantuvieron relativamente estables a lo largo del tramo evaluado. Es importante resaltar que tanto los parámetros fisicoquímicos como los microbiológicos se encontraron dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para cuerpos de agua, lo que sugiere una condición aceptable del recurso hídrico en ese periodo específico.

Por otro lado, Flores et al. (2019), en su investigación “*Evaluación física, química y microbiológica de las aguas del río Nanay a orillas de la comunidad de Nina Rumi*”, desarrollada en el departamento de Loreto, llevaron a cabo una evaluación integral de la calidad del agua en un sector representativo del ecosistema amazónico. Los resultados revelaron que, debido a las

condiciones climáticas propias de la selva, la temperatura del agua fue elevada, lo que tuvo una influencia directa sobre otros parámetros como el pH, la conductividad eléctrica y la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO_5). La conductividad eléctrica presentó valores entre 350 y 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que el pH se mantuvo entre 6.6 y 6.7. El oxígeno disuelto, por su parte, mostró concentraciones bajas, entre 1.8 y 3.8 mg/L, lo que puede limitar la vida acuática. Asimismo, los coliformes totales alcanzaron valores elevados, en el rango de 1200 a 1560 NMP/mL. A partir de estos resultados, los autores concluyen que los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentan variaciones a lo largo del curso del río, influenciados por factores tanto naturales como antrópicos. Sin embargo, los parámetros microbiológicos exceden los límites establecidos en los ECAs para cuerpos de agua de categoría 3, lo cual indica que la calidad del agua en ese sector del río Nanay es deficiente y no apta para ciertos usos, como el recreativo o el riego sin tratamiento previo.

2.1.3 Locales

Díaz et al. (2020), en su estudio titulado “*Caracterización y evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas de la quebrada Colpamayo, Chota*”, tuvieron como objetivo principal analizar la calidad del agua mediante la evaluación de diversos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a lo largo de esta fuente hídrica. El monitoreo se realizó en distintos puntos y momentos, permitiendo identificar una variabilidad tanto espacial como temporal en los resultados obtenidos. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, se observó que tanto el oxígeno disuelto (O_2) como la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO_5) superaron los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para cuerpos de agua de Categoría 3 en cinco de las seis estaciones evaluadas, lo que refleja una carga orgánica significativa y un deterioro en la calidad del recurso hídrico. Respecto a los parámetros

microbiológicos, los coliformes termotolerantes (indicadores clave de contaminación fecal) únicamente cumplieron con los valores normativos en la estación EM1. En el resto de las estaciones de muestreo, las concentraciones registradas superaron ampliamente los límites permitidos, evidenciando la presencia de fuentes contaminantes, probablemente vinculadas al vertimiento de aguas residuales sin tratamiento y otras actividades antrópicas en la zona. Estos hallazgos permiten concluir que la quebrada Colpamayo presenta niveles preocupantes de contaminación, especialmente en lo referido a la calidad microbiológica del agua, lo que representa un riesgo potencial para los ecosistemas acuáticos y los usos humanos asociados.

Castillo y Quispe (2019), en su estudio titulado *“Calidad físicoquímica y microbiológica del río Chonta impactado por vertimiento de aguas residuales urbanas e industriales en el distrito de Baños del Inca - Cajamarca, 2018”*, evaluaron la calidad del agua de este importante afluente a través del análisis de parámetros físicoquímicos y microbiológicos. El área de estudio abarcó el tramo comprendido entre las descargas urbanas del distrito de Baños del Inca y el punto de vertimiento de la planta industrial Nestlé, seleccionándose estaciones de muestreo estratégicas a lo largo de este recorrido. Los resultados obtenidos mostraron que el pH del agua presenta características alcalinas, mientras que otros parámetros clave como la conductividad eléctrica, la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO_5) y la concentración de coliformes termotolerantes se registraron en niveles significativamente elevados, superando los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas de Categoría 3. En base a estos hallazgos, los autores concluyeron que el río Chonta, en el tramo evaluado, presenta un alto grado de contaminación, tanto por parámetros físicoquímicos como microbiológicos. Este deterioro en la calidad del agua está directamente relacionado con el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento adecuado, procedentes de fuentes urbanas e industriales, lo cual

representa un riesgo para el ecosistema fluvial y limita su aprovechamiento en actividades como el riego, el uso recreativo o el abastecimiento de agua para otros fines.

En su tesis titulada “*Caracterización de las aguas del río Mashcón y San Lucas, y del efluente de las lagunas de estabilización de la ciudad de Cajamarca con fines de evaluación ambiental, marzo – agosto del 2007*”, Escalante (2018) analizó en detalle la calidad del agua en diferentes puntos de ambos ríos. En términos generales, la mayoría de los parámetros medidos estuvieron por debajo de los límites máximos que establecen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Sin embargo, algunos resultados fueron preocupantes, ya que mostraron valores muy elevados en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Entre los más críticos se encontraron las concentraciones de manganeso (0,22 mg/L), la demanda bioquímica de oxígeno – DBO₅ (102,32 mg/L) y la demanda química de oxígeno – DQO (204,09 mg/L), todos muy por encima de lo permitido, lo que evidencia una fuerte presencia de materia orgánica. En los análisis microbiológicos también se hallaron niveles alarmantes de coliformes totales (5 654 293,2 NMP/100 mL) y coliformes fecales termotolerantes (5 539 983,4 NMP/100 mL), superando ampliamente los valores aceptados para aguas de categoría 3. Estas cifras reflejan una contaminación orgánica y biológica severa, probablemente asociada al vertimiento de aguas residuales sin tratamiento, tanto de origen doméstico como provenientes de las lagunas de estabilización de Cajamarca. En conjunto, los hallazgos muestran un deterioro considerable de la calidad del agua, que implica riesgos serios tanto para los ecosistemas acuáticos como para los diferentes usos que la población hace de estos recursos hídricos.

En la investigación desarrollada por Palomino (2016), se evaluaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos del río Mashcón, obteniéndose resultados que evidencian una marcada alteración en la calidad del agua, especialmente en la estación de muestreo E1. En este punto, los

valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO) y coliformes totales superaron ampliamente los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), reflejando un alto nivel de contaminación. La estación E2 presentó también niveles elevados, aunque en menor magnitud. Estos resultados revelan un grado significativo de perturbación en el cuerpo de agua, atribuible principalmente a la influencia de actividades antrópicas. La cercanía de ambas estaciones a zonas urbanas sugiere que el deterioro en la calidad del agua está relacionado con el vertimiento de aguas residuales domésticas y otras fuentes de contaminación propias del entorno urbano. En consecuencia, se concluye que los tramos evaluados del río Mashcón presentan una calidad de agua deficiente, lo que representa un riesgo ambiental y sanitario para los ecosistemas y las poblaciones que interactúan con este recurso.

García (2015), en su estudio titulado *“Calidad y uso del agua de la subcuenca del San Lucas (Cajamarca) en función del índice de Brown”*, analizó la calidad del agua de esta subcuenca aplicando el Índice de Brown, una herramienta que permite identificar cambios en el tiempo y en el espacio para determinar el grado de contaminación. Los resultados mostraron que los ríos Ronquillo, Urubamba y San Lucas —los principales afluentes de la subcuenca— se ven afectados tanto por factores climáticos como por las actividades humanas que ocurren a lo largo de su curso. Para complementar el análisis, se evaluaron parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos con el fin de calcular el Índice de Calidad de Agua (ICA). Este proceso arrojó dos hallazgos principales: en primer lugar, se evidenció una diferencia notable entre los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), definidos por el Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM, y los resultados del ICA, ya que este último aplica ponderaciones más estrictas a cada parámetro. En este sentido, los coliformes termotolerantes (con un peso de 0,16) y el oxígeno disuelto (O_2 , con un peso de 0,17) tuvieron un papel decisivo en la calificación final del agua. En segundo lugar, el análisis permitió clasificar la

calidad del agua en distintos tramos: los ríos Tres Ríos, Ronquillo y la estación Barrio Urubamba II del río Urubamba se ubicaron en la categoría “regular” (ICA entre 50 y 56), mientras que la estación Barrio Urubamba I y las dos estaciones del río San Lucas presentaron una calidad “mala” (ICA entre 45 y 49). En general, los resultados ponen en evidencia la urgencia de fortalecer la gestión de las fuentes de contaminación y garantizar un monitoreo constante, sobre todo en las zonas más presionadas por la actividad humana.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Calidad del agua

El concepto de calidad del agua, aunque ampliamente utilizado, es en esencia relativo y adquiere verdadero significado solo cuando se vincula al uso específico que se le pretende dar. Como señala Fernández (2015), un cuerpo de agua puede ser lo suficientemente limpio para sostener vida acuática, pero no necesariamente apto para otras actividades más exigentes, como la producción de alimentos. Por ello, al hablar de “calidad del agua”, es imprescindible contextualizarla en función de su uso previsto, estableciendo parámetros específicos que permitan evaluar su idoneidad con base en requerimientos particulares.

En esta línea, Castro y Sáenz (1990) destacan que muchos países han implementado programas especiales de monitoreo y control de la calidad del agua como parte de sus estrategias de salud ambiental. Estas acciones responden a la necesidad de prevenir enfermedades de origen hídrico, especialmente aquellas asociadas a la contaminación microbiológica. Por tanto, el control y la vigilancia permanente de la calidad del agua no solo constituyen una medida técnica, sino también una prioridad en términos de salud pública y sostenibilidad ambiental.

La calidad del agua es un concepto multidimensional que se refiere a las características físicas, químicas y biológicas del agua, y su idoneidad para un uso particular (ANA, 2024; BCN, 2021).

La calidad del agua se evalúa comparando sus características con directrices o estándares establecidos para un uso determinado (ANA, 2024). Por ejemplo, las directrices para el agua potable se centran en la inocuidad para el consumo humano, mientras que las de la agricultura se enfocan en la protección de los cultivos y el suelo (OMS, 2017).

2.2.2 Comportamiento de parámetros físicos, químicos y microbiológicos

La evaluación de la calidad del agua se realiza siguiendo procedimientos estandarizados, los cuales permiten verificar si los distintos parámetros se mantienen dentro de los rangos establecidos por la normativa vigente, considerando factores como la ubicación geográfica, el tiempo y el uso proyectado del recurso. Este enfoque metodológico busca garantizar que el cuerpo de agua analizado cumpla con las condiciones necesarias para su aprovechamiento sostenible.

En este proceso, las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se contrastan con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), los cuales definen los valores permisibles según el tipo de uso asignado al agua —ya sea agrícola, recreativo, industrial o para consumo humano. No obstante, es importante reconocer que la calidad del agua puede verse afectada por múltiples factores. Tal como señala Betancor (2005), estas alteraciones pueden deberse tanto a procesos naturales como a actividades antrópicas, razón por la cual resulta fundamental analizar el comportamiento de los parámetros evaluados a fin de determinar el estado real del recurso y su aptitud para los diferentes usos.

2.2.3 Estándares de calidad ambiental

Según lo estipulado en el artículo 3 y el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley N.º 28611, Ley General del Ambiente, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) se definen como valores de referencia que establecen los niveles máximos permitidos de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos en los componentes del ambiente —como el aire, el agua o el suelo— cuando estos actúan como cuerpos receptores. Estos estándares tienen como finalidad garantizar que la presencia de tales elementos no represente un riesgo significativo para la salud humana ni para la integridad de los ecosistemas, sirviendo así como un instrumento técnico-normativo fundamental para la gestión ambiental en el país.

2.2.4 Parámetros físico químicos

Dentro del conjunto de variables fisicoquímicas comúnmente utilizadas en la evaluación de la calidad del agua, se incluyen parámetros como la temperatura, color, turbidez, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), presencia de nutrientes inorgánicos como nitratos, sulfatos y fosfatos, concentración de metales pesados, oxígeno disuelto, pH y conductividad eléctrica. No obstante, en el presente estudio se abordarán únicamente aquellas variables fisicoquímicas que han sido específicamente evaluadas durante el proceso de investigación. La importancia de estos parámetros radica en su capacidad para reflejar la composición y el comportamiento de los agentes contaminantes presentes en los cuerpos de agua. Como señalan Pérez y Restrepo (2008), el análisis de estas variables resulta fundamental para comprender la dinámica de los ecosistemas acuáticos, particularmente en sistemas lóticos, ya que proporcionan información clave sobre el estado de salud del ecosistema y permiten establecer criterios objetivos para la evaluación de la calidad del recurso hídrico.

2.2.5 Caracterización bacteriológica de las aguas residuales

Las condiciones ambientales desfavorables, como temperaturas por debajo de los 10 °C, no necesariamente comprometen la viabilidad de los huevos de *Ascaris* spp., los cuales pueden mantenerse infecciosos durante varios meses. Además, estos organismos presentan una notable resistencia frente a agentes desinfectantes convencionales, como el cloro, así como a ambientes con valores extremos de pH. Según Rhyner et al. (1995), es común encontrar concentraciones elevadas de huevos de *Ascaris* spp. en aguas residuales y en lodos, lo que representa un riesgo sanitario significativo, especialmente en contextos donde dichos residuos no reciben un tratamiento adecuado.

2.2.6 Temperatura

La temperatura del agua se entiende como una medida de la energía térmica asociada al movimiento de las partículas en una sustancia, independiente de la cantidad o tamaño del cuerpo analizado. Este parámetro es de vital importancia, ya que muchos organismos acuáticos dependen de rangos térmicos específicos para sobrevivir y desarrollarse. Además, la temperatura actúa como un regulador clave del comportamiento de otras variables fisicoquímicas relacionadas con la calidad del agua, como el pH, el déficit de oxígeno disuelto, la conductividad eléctrica, entre otros (Torres, 2009).

Considerado uno de los parámetros físicos más relevantes en el análisis de cuerpos de agua, la temperatura influye directamente en procesos biológicos y físico-químicos fundamentales. Entre ellos se encuentran la velocidad de las reacciones biológicas, la capacidad de absorción de oxígeno, la solubilidad y precipitación de compuestos, así como la eficiencia de procesos de tratamiento como la desinfección, floculación, sedimentación y filtración. Tal como señalan Vargas et al. (2004), la temperatura del agua puede fluctuar constantemente como consecuencia de múltiples

factores, principalmente de origen ambiental, tales como la radiación solar, el flujo hídrico, la cobertura vegetal o la descarga de efluentes.

2.2.7 *Turbidez*

La turbidez es un parámetro que actúa como indicador referencial del nivel de transparencia del agua, proporcionando información sobre la presencia de partículas en suspensión. Su medición se basa en el principio de dispersión de la luz: un haz luminoso es proyectado a través de la muestra, y el equipo detecta el grado de interferencia que las partículas presentes ejercen sobre el paso de la luz. Esta resistencia a la transmisión luminosa es registrada por el equipo en Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT), permitiendo cuantificar la opacidad del agua de manera estandarizada (IGME, 2012).

2.2.8 *Potencial de Hidrógeno (pH)*

El pH es un parámetro esencial en la caracterización de la calidad del agua, ya que indica su grado de acidez, neutralidad o alcalinidad. De acuerdo con Pérez y Restrepo (2008), este indicador refleja el equilibrio iónico del medio acuático y desempeña un papel determinante en la estabilidad de los ecosistemas. Su variación puede provocar cambios significativos en la composición de la biota, afectando tanto a la fauna como a la flora presentes en los cuerpos de agua.

Además, como señala Torres (2009), el pH influye directamente en la toxicidad de diversas sustancias químicas. Compuestos como el amoníaco, los metales pesados o el hidrógeno sulfurado pueden incrementar su toxicidad en función del nivel de pH, afectando negativamente a los organismos acuáticos y alterando los procesos bioquímicos del ecosistema. Por ello, el monitoreo de este parámetro es crucial para evaluar la calidad del agua y prevenir impactos ambientales adversos.

2.2.9 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica del agua es un parámetro que refleja la presencia de sales ionizadas disueltas, tales como cloruros, carbonatos, iones de sodio, entre otros compuestos. Según Sierra (2011), este indicador resulta fundamental para establecer relaciones directas con la concentración de sólidos disueltos presentes en cuerpos de agua o efluentes, lo que permite interpretar de manera más precisa el grado de mineralización del recurso hídrico. A medida que aumenta la concentración de estos sólidos disueltos, también lo hace la conductividad, lo cual puede tener implicancias negativas tanto para los ecosistemas acuáticos como para los usos agrícolas. En ambientes acuáticos, niveles elevados de conductividad pueden alterar el equilibrio osmótico de las especies sensibles, afectando su supervivencia. En el ámbito agrícola, el uso de aguas con alta salinidad puede obstaculizar la absorción de nutrientes por las plantas, limitar su desarrollo y reducir la fertilidad del suelo a largo plazo. Por ello, el monitoreo de este parámetro es esencial en evaluaciones de calidad del agua destinadas a la protección ambiental y al uso sostenible del recurso.

2.2.10 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (O_2) representa la cantidad de oxígeno disponible en el agua para ser utilizado por los organismos acuáticos. Este parámetro es esencial tanto para evaluar el grado de contaminación como para determinar la capacidad del ecosistema para sustentar la vida vegetal y animal. Niveles adecuados de oxígeno disuelto favorecen los procesos biológicos, siendo un indicador clave de la salud ecológica de un cuerpo de agua. Generalmente, concentraciones elevadas de oxígeno disuelto están asociadas a una alta actividad fotosintética, especialmente por parte de las plantas acuáticas. Factores como la intensidad de la luz solar y la turbulencia del agua producto del movimiento natural del caudal o del viento pueden favorecer el intercambio gaseoso

con la atmósfera, elevando así la concentración de oxígeno disponible. Como señala Valencia (2011).

2.2.11 Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO5)

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es un parámetro que permite estimar la carga contaminante generada por residuos orgánicos provenientes de fuentes domésticas e industriales, cuando estos son vertidos en cuerpos de agua con condiciones aeróbicas. Este indicador refleja la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para descomponer la materia orgánica presente en el agua.

Usualmente, la medición se realiza a los cinco días (DBO_5), periodo estándar que permite evaluar la mayor parte del consumo biológico de oxígeno. Sin embargo, a través de modelos de cinética bacteriana, es posible proyectar los resultados hasta 20 días, facilitando así una estimación más rápida del comportamiento a largo plazo del proceso de descomposición (Torres, 2009).

2.2.12 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO) se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte, por lo general dicromato de potasio, en un medio ácido y a alta temperatura. Para la oxidación de ciertos compuestos orgánicos resistentes se requiere la ayuda de un catalizador como el sulfato de plata. Compuestos inorgánicos que interfieren con el ensayo, como los cloruros, pueden causar resultados erróneos de DBO. La interferencia por cloruros se elimina agregando sulfato mercúrico ($HgSO_4$) para formar $HgCl_2$ y prevenir el consumo de dicromato por el ion cloruro (Romero, 2000).

2.2.13 Relación entre factores físico químicos y macrofauna acuática

De acuerdo con Gil (2014), la composición química del agua está estrechamente vinculada a su capacidad para mantener en solución diversos elementos y compuestos que resultan esenciales para el desarrollo de la microbiota acuática. En este contexto, los parámetros fisicoquímicos del agua, que están determinados en gran medida por las condiciones ambientales, inciden directamente en la diversidad y estructura de las comunidades de macroinvertebrados.

Factores como la profundidad del cuerpo de agua, el pH, la alcalinidad, la dureza, la concentración de iones de calcio, la presencia de materia orgánica y los contaminantes de origen industrial o doméstico, influyen en la abundancia relativa de estas comunidades biológicas. Asimismo, características como la turbidez, el color y la cantidad de sólidos suspendidos pueden afectar negativamente a los organismos que dependen de las plantas acuáticas para su alimentación, ya que estos factores limitan la penetración de la luz solar y, por ende, reducen la producción primaria.

Por otra parte, Paukert y Willis (2003) señalan que existen variables adicionales que condicionan la composición y distribución de los macroinvertebrados acuáticos, entre ellas la heterogeneidad de los hábitats, el tamaño del cuerpo de agua, el tipo de sustrato y la disponibilidad de fitoplancton. Estos elementos, en conjunto, conforman un entorno complejo en el que la calidad del agua juega un rol fundamental para la estabilidad ecológica del sistema.

2.2.14 Parámetros microbiológicos

Según Marchand (2002), los parámetros microbiológicos del agua constituyen un conjunto de características que, al estar alteradas, pueden desencadenar efectos perjudiciales tanto en los ecosistemas acuáticos como en la salud humana. Estos parámetros hacen referencia a la presencia de microorganismos como bacterias, virus y hongos, muchos de los cuales son patógenos capaces

de provocar diversas enfermedades. Su detección y control resulta esencial, dado que representan un riesgo sanitario directo para las poblaciones que dependen de estas fuentes hídricas.

En esa misma línea, Prasai (2013) enfatiza que la calidad microbiológica del agua es un aspecto crítico desde la perspectiva de la salud pública. La presencia de microorganismos patógenos en aguas utilizadas para riego puede contaminar los cultivos, especialmente los destinados al consumo humano, generando un potencial vector de transmisión de enfermedades. Esto pone en evidencia la necesidad de implementar mecanismos de control y tratamiento adecuados, especialmente en contextos donde el agua es reutilizada para fines agrícolas.

2.2.15 Coliformes termo tolerantes

Los coliformes fecales, también conocidos como coliformes termotolerantes debido a su capacidad para sobrevivir a temperaturas de hasta 45 °C, conforman un grupo específico de microorganismos utilizados como indicadores clave en la evaluación de la calidad sanitaria del agua. Su presencia señala una posible contaminación de origen fecal, lo que los convierte en un parámetro relevante para estimar riesgos microbiológicos.

Dentro de este grupo, la especie *Escherichia coli* es la más representativa, aunque también pueden encontrarse otras bacterias como *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*. Estas últimas, si bien forman parte de los coliformes termotolerantes, suelen tener un origen ambiental asociado a la vegetación, y solo ocasionalmente se encuentran en el tracto intestinal (Hayes, 1993).

Dado que estos microorganismos son habitantes naturales del sistema digestivo de los seres humanos y de animales de sangre caliente, su detección en cuerpos de agua se asocia directamente con la posible presencia de patógenos y, por ende, con un mayor riesgo para la salud pública. Por esta razón, son comúnmente empleados como indicadores de contaminación fecal en programas de monitoreo de calidad del agua.

2.2.16 *Escherichia coli*

Escherichia coli es una bacteria con morfología de bacilo, gram negativa y oxidasa negativa, perteneciente a la familia *Enterobacteriaceae*. Se caracteriza por su capacidad de crecimiento tanto en condiciones aerobias como anaerobias, con una temperatura óptima cercana a los 37 °C. Existen cepas móviles, provistas de flagelos, así como cepas inmóviles. Esta especie forma parte de la microbiota normal del tracto intestinal de los seres humanos y de otros animales de sangre caliente.

Si bien muchas de sus cepas son inofensivas bajo condiciones normales, algunas pueden comportarse como patógenos oportunistas e incluso provocar cuadros clínicos severos, incluyendo enfermedades gastrointestinales y, en casos extremos, la muerte (OMS, 1996).

En el contexto del monitoreo de calidad del agua, detectar patógenos específicos en aguas residuales o contaminadas resulta una tarea compleja, debido a que estos suelen encontrarse en bajas concentraciones y requieren métodos específicos de aislamiento e identificación. Por esta razón, se emplean los coliformes como organismos indicadores, ya que su presencia es más abundante y fácilmente detectable.

El intestino humano aloja una gran cantidad de bacterias en forma de bastón, clasificadas como coliformes. Se estima que cada persona puede eliminar entre 100 000 y 400 000 millones de estos organismos diariamente (MetCalf & Eddy, 1995), lo que convierte a su presencia en cuerpos de agua en un fuerte indicio de contaminación fecal. En este sentido, su detección permite inferir indirectamente la posible presencia de patógenos, mientras que su ausencia sugiere una baja probabilidad de riesgo microbiológico para la salud humana.

2.2.17 Huevos de helmintos

Los helmintos constituyen un grupo de parásitos obligatorios que, aunque no conforman una categoría taxonómica formal, se agrupan por su similitud morfológica y funcional. Afectan principalmente al tracto intestinal y a órganos asociados de humanos y otros vertebrados, y dentro de ellos destacan los nemátodos como una de las clases más comunes. En el caso humano, las infecciones intestinales por helmintos representan algunas de las parasitosis más extendidas a nivel mundial.

La diseminación de estos parásitos ocurre principalmente a través de la contaminación ambiental con heces de individuos infectados, las cuales contienen formas infectivas o de resistencia —ya sean huevos o larvas— que requieren condiciones específicas de humedad, ya sea en agua o en suelo, para continuar su desarrollo. Estas formas pueden ingresar a nuevos hospedadores a través de diversas vías, incluyendo la ingesta de agua o alimentos contaminados, o el contacto con suelos infectados (Mehlhorn et al., 1988).

Los huevos de helmintos, en particular, representan la principal forma infecciosa. Estos son eliminados junto con las excretas y pueden alcanzar cuerpos de agua, suelos o incluso contaminar productos agrícolas. Es relevante señalar que estas estructuras son altamente resistentes frente a condiciones ambientales adversas y a procesos convencionales de desinfección, como la cloración en plantas de tratamiento de aguas residuales (Bitton, 1994).

Las infecciones producidas por parásitos intestinales, como los helmintos y los protozoarios, están entre las más comunes en el mundo. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016), más de 2 000 millones de personas sufren de helmintiasis transmitidas por el suelo. Dentro de ellas, **Ascaris lumbricoides** afecta a unos 1 221 millones de personas, **Trichuris trichiura** a 795 millones, y los anquilostomas (**Ancylostoma duodenale** y **Necator**

americanus) a alrededor de 740 millones. A esto se suman otras infecciones como la **giardiasis**, causada por *Giardia lamblia*, que también es muy frecuente, con cerca de 200 millones de casos en todo el mundo.

2.2.18 Enfermedades por la contaminación del agua

De acuerdo con Bofill et al. (2005), la contaminación del agua puede dar origen a una amplia gama de enfermedades, muchas de ellas de carácter infeccioso. Entre las patologías más comunes asociadas a este tipo de contaminación se encuentran la meningitis, miocarditis, afecciones respiratorias, parálisis, cuadros diarreicos, vómitos, hepatitis e infecciones oculares, entre otras. Estas enfermedades son provocadas por bacterias y otros microorganismos patógenos, cuya presencia en el agua contaminada está directamente vinculada con residuos fecales humanos, especialmente cuando provienen de personas infectadas. En contraste, en individuos sanos, la concentración de estos agentes en las heces suele ser mínima.

En general, estos microorganismos patógenos se encuentran con frecuencia en aguas residuales urbanas y otros contaminantes ambientales de origen humano. Cuando estos desechos ingresan a fuentes superficiales de agua sin un tratamiento adecuado, representan un riesgo sanitario significativo para las comunidades que consumen o utilizan este recurso, ya sea de manera directa (para bebida) o indirecta (para riego, recreación o higiene).

Tabla 1:

Enfermedades infecciosas más comunes ocasionadas por bacterias

Microorganismo	Enfermedad
E. coli enterotoxigénica	Diarrea del viajero
E. coli enteropatogénica	Episodio diarreico y destrucción de las microvellosidades
E. coli enteroinvasiva	Diarrea disenteriforme y muerte celular

E. coli enterohemorrágica	Síndrome urémico hemolítico e insuficiencia renal aguda.
E. coli enteroagregativa	Septicemia, meningitis neonatal y gastroenteritis aguda.
Klebsiella sp	Artritis reactiva
Enterobacter sp	Gastroenteritis aguda, infecciones hospitalarias e infecciones de las vías urinarias por heridas.
Citrobacter sp	Abscesos, meningitis y bacteriemia.

2.3 Definición de términos básicos

El agua: ocupa un papel central en el desarrollo sostenible y constituye un recurso esencial para la vida humana, los ecosistemas y el progreso socioeconómico. Su disponibilidad y gestión están estrechamente relacionadas con sectores clave como la producción de alimentos, la generación de energía y el bienestar de las poblaciones. Además, el agua representa un componente estratégico en las estrategias de adaptación frente al cambio climático, ya que actúa como un nexo fundamental entre el ambiente y la sociedad (ONU, 2021).

La contaminación del agua: Se refiere a la alteración negativa de sus características naturales, generalmente como consecuencia de actividades humanas, hasta el punto de volverla inadecuada o peligrosa para distintos usos. Esta degradación puede afectar su consumo directo, así como su aplicación en la agricultura, la industria, la pesca, las actividades recreativas, e incluso poner en riesgo la salud de los animales y la biodiversidad acuática (Consejo de Europa, 2018).

Contaminante: se define como cualquier sustancia o agente físico, químico o biológico que, al ingresar en un entorno, compromete la calidad natural de sus componentes, generando riesgos para el ambiente y la salud pública (MINAM, 2012).

Indicadores generales de contaminación hídrica: El análisis de la calidad del agua puede abordarse mediante el estudio de distintos factores indicadores, los cuales se clasifican en función de la naturaleza de las propiedades evaluadas o del tipo de sustancia presente. De esta forma, los indicadores pueden agruparse en tres grandes categorías:

- **Indicadores físicos**, que incluyen aspectos perceptibles como las características organolépticas (olor, color y sabor), la turbidez, la presencia de materia en suspensión, la temperatura del agua y la conductividad eléctrica.
- **Indicadores químicos**, que abarcan parámetros como la salinidad, dureza, pH, acidez, alcalinidad, oxígeno disuelto, y aquellos que reflejan la carga orgánica (como la Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO₅ – y la Demanda Química de Oxígeno – DQO), así como la presencia de compuestos inorgánicos (cationes, aniones y metales).
- **Indicadores microbiológicos**, que comprenden la detección de organismos como bacterias, virus, hongos y algas, asociados generalmente a contaminación fecal o actividad biológica.

Dentro de esta clasificación, algunos parámetros tienen una función representativa de condiciones más amplias. Por ejemplo, la concentración de oxígeno disuelto refleja el estado general del ecosistema acuático, mientras que la DBO₅ y la DQO actúan como indicadores sustitutos del nivel de materia orgánica biodegradable o total presente en el agua (Orozco et al., 2011).

Monitoreo ambiental: El monitoreo ambiental consiste en la medición sistemática de contaminantes o variables ambientales, con el objetivo de evaluar el estado de los recursos

naturales y el nivel de alteración generado por actividades humanas. Esta actividad es clave para la gestión ambiental y la toma de decisiones (OEFA, 2022).

Muestra de agua: Una muestra de agua se define como una porción representativa del recurso, tomada de forma específica para la evaluación de uno o más parámetros de interés, permitiendo su análisis físico, químico o biológico (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2016).

Parámetro: Un parámetro es una variable cuantificable que permite, a través de su medición, evaluar la condición o calidad de un cuerpo hídrico. Su interpretación es fundamental para determinar el estado del agua y orientar acciones de control y gestión ambiental (Pérez y Gardey, 2012).

Importancia de la calidad del agua: El agua es un recurso esencial para la vida y el funcionamiento de los ecosistemas. Su calidad no solo determina la salud humana, sino también el equilibrio de los procesos ecológicos y productivos. Junto con el aire, la tierra y la energía, el agua forma parte de los pilares fundamentales del desarrollo sostenible, siendo un recurso estratégico en la planificación del territorio y la conservación ambiental (Banús, 2010).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del trabajo de Investigación

El estudio fue desarrollado aguas abajo de la confluencia de los ríos San Lucas y Mashcón en la ciudad de Cajamarca. Dicho tramo se delimitó alcanzando una longitud total de 3.60 Km, cuyo punto de inicial comienza en la confluencia de ambos ríos. El tramo cuenta con altitud máxima de 2658 m.s.n.m. y una altura mínima de 2628 m.s.n.m. El tramo se inicia en la confluencia de los ríos San Lucas y Mashcón a la altura de la carretera Cajamarca – Baños del Inca y culmina antes de la confluencia con el río Chonta. En dicho trayecto, se establecieron cuatro puntos de muestreo (PC-01 al PC-04) sobre los que se determinarán las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad del agua.

El río Mashcón se ubica en el norte del Perú, específicamente en la región y provincia de Cajamarca, y forma parte de la vertiente hidrográfica del Atlántico. Su cuenca limita al norte con la del río Llaucano, al sur con la del río Chusgón, al sureste con la subcuenca del río San Miguelino y al suroeste con la subcuenca del río Chonta. Este río es alimentado por diversos afluentes, entre los que destacan los ríos Porcón, Grande, Sambar, Shultín, Yanayaco, Paccha y San Lucas. Su cuenca hidrográfica abarca una superficie aproximada de 270,07 km² y su cauce principal se extiende a lo largo de 21,05 km, siguiendo una dirección general de oeste a este.

El río San Lucas atraviesa la ciudad de Cajamarca de oeste a este hasta unirse con el río Mashcón. Sus principales afluentes son los ríos Tres Ríos, Ronquillo y Urubamba. La subcuenca del San Lucas abarca cerca de 67,18 km² y su cauce principal tiene una longitud aproximada de 16,4 km. Una parte de su recorrido ha sido canalizada, desde la avenida 13 de Julio (cerca del Arco

del Triunfo) y el jirón Del Comercio, hasta la avenida Evitamiento Norte, a la altura del jirón El Inca, donde desemboca la quebrada Romero, en las cercanías del conocido “puente amarillo”.

El San Lucas es además una de las fuentes de agua potable de Cajamarca, con su punto de captación ubicado en el sector de El Ronquillo, a 2 830 m s. n. m. Durante la temporada de lluvias, el aumento de caudal por la escorrentía superficial provoca riesgo de inundaciones, sobre todo en las zonas bajas de la ciudad, donde el cauce se ve obstruido por sedimentos y residuos sólidos. En cambio, en época seca, el río presenta un caudal bajo y no representa peligro de desbordes.

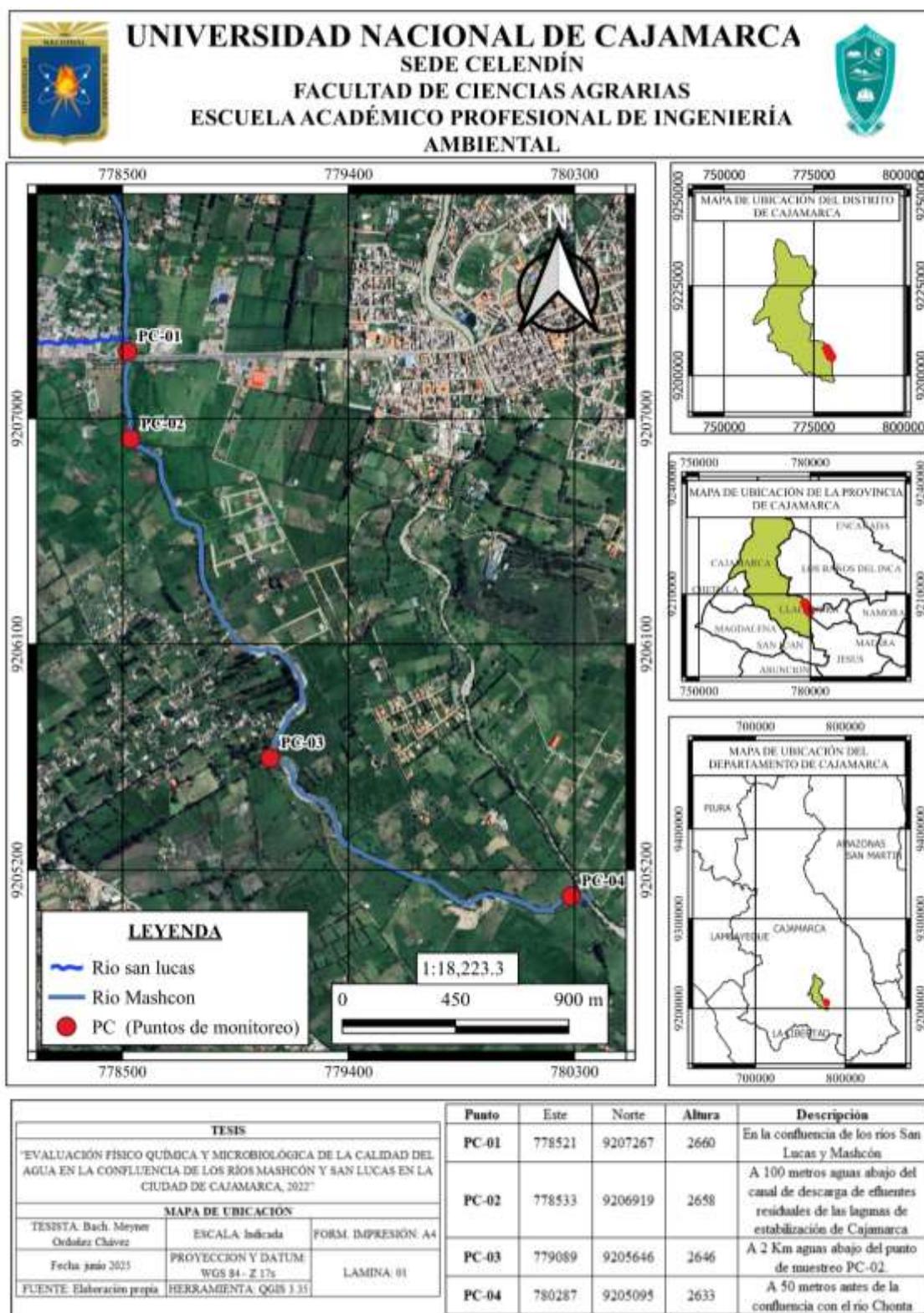
Tabla 2

Ubicación de los puntos de muestreo

Punto	Coordenadas		Altitud	Descripción
	Sur (m)	Este (m)	(m.s.n.m.)	
PC-01	9207267	778521	2660	En la confluencia de los ríos San Lucas y Mashcón Este punto se encuentra sobre el cauce del río Mashcon,
PC-02	9206919	778533	2658	exactamente a 100 metros después del efluente proveniente de las lagunas de tratamiento de Cajamarca
PC-03	9205646	779089	2646	A 2 Km aguas abajo del punto de muestreo PC-02.
PC-04	9205095	780287	2633	A 50 metros antes de la confluencia con el río Chonta

Figura 1:

Ubicación geográfica de los puntos de muestreo en la zona de estudio



3.2 Materiales

3.2.1 Puntos de monitoreo - muestras

- **PC - 01:** En la confluencia de los ríos San Lucas y Mashcón, se tomaron 05 muestras.
- **PC - 02:** Este punto se encuentra sobre el cauce del río Mashcon, exactamente a 100 metros después del efluente proveniente de las lagunas de tratamiento de Cajamarca, se tomaron 05 muestras.
- **PC - 03:** A 2 Km aguas abajo del punto de muestreo PC-02, se tomaron 05 muestras.
- **PC - 04:** A 50 metros antes de la confluencia con el río Chonta, se tomaron 05 muestras.

3.2.2 Equipos

- GPS Garmin Map 64S marca CivilTEC.
- Cámara fotográfica Marca: Canon Elph 160 8X.

3.2.3 Materiales de campo

- Ficha de registro de campo.
- Cadena de custodia.
- Papel secante.
- Cinta adhesiva.
- Plumón indeleble.
- Cooler.
- Frascos de Polietileno (estéril).
- Frascos de vidrio (estéril).

- Termómetro -50 °C – 70 °C marca Control Company.
- Etiquetas (rotular muestras).
- Lápices.
- Gel pack refrigerante.
- Bolsas de poliburbujas u otro material de embalaje adecuado.
- Preservante químico (solución buffer Rx1 y Rx2) para la preservación de las muestras para la determinación de DBO₅.
- Preservante químico (H₂SO₄) para la preservación de las muestras para la determinación de pH y conductividad eléctrica.
- Pipeta.
- Cronómetro digital marca Max Electronics.
- Reloj manual marca Omega.
- Cinta métrica.
- Vaso o probeta graduado de 1L.

3.2.4 *Indumentaria de protección*

- Botines de seguridad
- Gafas de seguridad
- Guantes de jebe antideslizantes con cubierta de antebrazo
- Guantes de látex descartables
- Casco
- Mascarilla descartable.

3.2.5 *Materiales de escritorio*

- Papel bond A4.

- Folders manila A4.
- Lapiceros.
- Copias fotostáticas.
- Resaltadores.
- Laptop (marca Acer Corel i5) e internet.
- Impresora marca Canon E402.
- Memoria portátil USB 4 Gb marca Kingston.

3.3 Metodología

Para la recolección de muestras de agua se siguió el siguiente procedimiento:

3.3.1 Selección de puntos de muestreo

Como se indica en la tabla 2, a lo largo del tramo en estudio que inicia en la confluencia de los ríos San Lucas y Mashcón, se seleccionaron cuatro estaciones de muestreo: PC-01, PC-02, PC-03 y PC-04., en las que se tomaron una muestra de agua por cada estación durante el periodo enero a agosto del 2023.

3.3.2 Toma de muestras para laboratorio

Por cada fecha de muestreo se tomaron cinco muestras de agua en cada estación de muestreo, haciéndose uso de recipientes de plástico para la determinación DBO5, DQO, pH y conductividad eléctrica, y para los parámetros microbiológicos (coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y formas parasitarias) se utilizarán recipientes de vidrio, cuyo procedimiento fue el siguiente:

- Ubicación en el punto medio de la corriente principal.
- Retirar la tapa y contratapa del recipiente de plástico sin tocar la superficie interna de éste.

- Enjuagar el recipiente de plástico dos veces.
- Sumergir el recipiente en dirección opuesta al flujo de agua.
- Seguir el mismo procedimiento con los recipientes de vidrio, a excepción del tercer paso.
- Se rotularon las muestras tomadas (20 en total por cada monitoreo).
- Realizar el llenado de la cadena de custodia.
- Cabe mencionar que, para estas muestras de agua fue necesario utilizar preservantes para la conservación de la muestra, según el anexo VII del protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales.

3.3.3 *Transporte de las muestras*

Las muestras fueron acondicionadas en un cooler bajo un adecuado sistema de enfriamiento por refrigeración (ice pack).

3.3.4 *Análisis en el laboratorio*

Tal como se muestra en la tabla 3, el análisis de las muestras se realizó a través de los métodos de ensayos que se encuentran acreditados, tal como se describe a continuación:

Tabla 3:

Análisis de muestras

Parámetros Físicoquímicos	Método De Ensayo
Oxígeno disuelto (O ₂)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23 rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved). Azide Modification

Potencial de Hidrógeno (pH) a 25° C en Laboratorio	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23 rd Ed. 2017: pH Value. Electrometric Method
Conductividad a 25°C en laboratorio	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23 rd Ed. 2017: Conductivity. Laboratory Method
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand 5- Day BOD Test
Demanda química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
<i>Escherichia coli</i>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G 23rd Ed. 2017: Other Escherichia coli Procedures
Formas parasitarias (Huevos de Helmintos)	Concentración por centrifugación – Flotación: Método de Faust. Evaluación de riesgos para la salud por el uso de aguas residuales en agricultura. Manual de metodologías para la Identificación y Cuantificación de Enteroparásitos en Aguas Residuales. OPS/CEPIS. Margarita Aurazo. Lima, Perú. 1993.

Coliformes termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23 rd Ed. 2017: Fecal Coliform Procedure
-----------------------------------	---

La frecuencia de monitoreo fue mensual durante el primer trimestre de enero a marzo del 2023, estableciéndose cuatro estaciones de muestreo, en los cuales se tomaron cinco muestras por cada punto establecido.

3.3.5 Comparación con los ECAs

Con los resultados de la concentración de los parámetros de campo y los que fueron analizados en laboratorio, se compararon con los ECAs para aguas de Categorías 3 y 4, a fin de determinarse si son de buena o mala calidad para el uso establecido y señalado en el marco normativo competente.

5.1.1 Validación y prueba de confiabilidad de los instrumentos

Los resultados finales de la investigación tras obtenerse las concentraciones de los parámetros de las muestras de agua en campo y a nivel de laboratorio, y su repercusión en la salud pública de la ciudad de Cajamarca, recopilando el registro de casos presentados por EDAs en la zona de estudio, fueron procesadas haciéndose uso de ilustraciones, tablas y figuras generados por el Microsoft Excel y tablas estadísticas descriptivas.

Los datos de los parámetros físico químicos y microbiológicos obtenidos, fueron comparados con los ECAs (DS. N° 004-2017-MINAM), categorías 3 y 4.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos y la interpretación respectiva:

4.1 Resultados de los parámetros físico químicos

4.1.1 Concentración de pH

Tabla 4

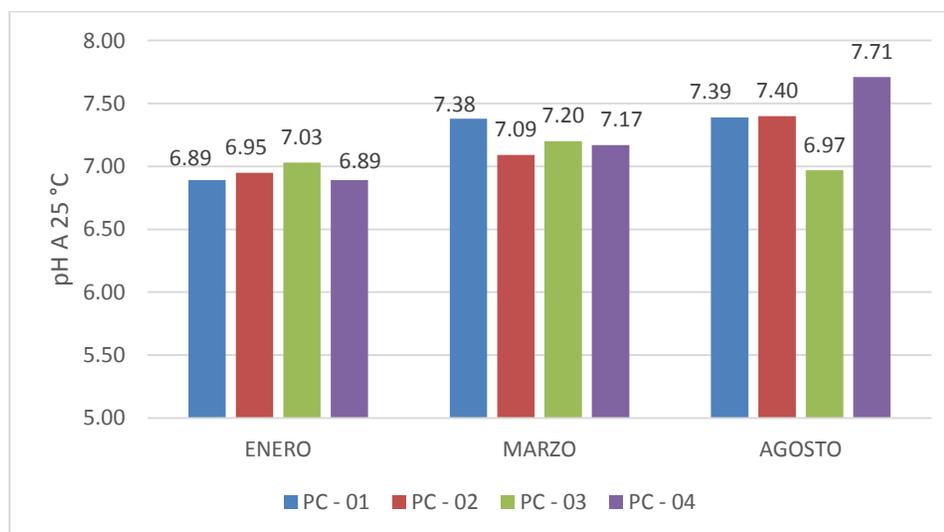
Valor de PH del agua en cada punto de muestreo (enero – agosto 2023)

Punto de Muestreo	Enero 24.01.23	Marzo 03.03.23	Agosto 30.08.23	Promedio
PC - 01	6.89	7.38	7.39	7.22
PC - 02	6.95	7.09	7.40	7.15
PC - 03	7.03	7.20	6.97	7.07
PC - 04	6.89	7.17	7.71	7.26

Nota: Elaboración propia

Figura2:

Variación de pH del agua en cada punto de nuestros entre los meses de enero a agosto del 2023



En cuanto al promedio del pH, los valores registrados oscilaron entre 6.89 en la estación PC-01 y 7.71 en la PC-04. Estos resultados se encuentran dentro de los rangos permitidos por el Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Agua (D.S. N.° 004-2017-MINAM): entre 6.5 y 8.5 para la Categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales) y entre 6.5 y 9.0 para la Categoría 4 (conservación del ambiente acuático). Esto indica que las aguas de los ríos Mashcón y San Lucas presentan una variación reducida y con una ligera tendencia a la alcalinidad, como se muestra en la tabla 4 y la figura 2.

El punto de muestreo PC-04 presentó el valor promedio de pH más alto (7.26). Esto se explica por los procesos que ocurren en las lagunas de estabilización de aguas residuales. Cuando el agua pasa de las lagunas de aireación a las facultativas, se concentra una gran cantidad de algas verdes y euglenoideas. Durante la noche, estas algas respiran y liberan mucho CO_2 , lo que incrementa la formación de carbonatos e hidróxidos en el agua. Según Kevern (1989), el bicarbonato es la forma química que más contribuye a la alcalinidad, y junto con el ion hidróxido adquiere gran importancia cuando hay intensa actividad fotosintética de algas o descargas industriales hacia cuerpos de agua superficiales. La alcalinidad no solo funciona como el principal sistema regulador del pH en aguas dulces, sino que también es clave para la productividad de los ecosistemas acuáticos, ya que constituye una reserva que favorece la fotosíntesis. Por ello, se considera un indicador de productividad: niveles altos de alcalinidad reflejan una mayor capacidad productiva de los cuerpos de agua, mientras que niveles bajos muestran lo contrario.

Por otro lado, en línea con lo anterior, Jiménez (2001) sostuvo que los cuerpos de agua naturales que reciben aguas residuales suelen tener un pH ligeramente alcalino equivalente a 7.2 unidades, debido a los bicarbonatos y metales como contaminantes, Teves (2016) señaló que Un alto grado de descomposición de la materia orgánica en las aguas residuales produce ácido húmico,

que normalmente acidifica el agua. Así, la actividad humana incide en los cambios en la concentración de pH en las aguas de los ríos Mashcón y San Lucas. Vale la pena señalar que los resultados confirman la relación entre las unidades de pH y la temperatura y la conductividad, dado que un aumento en ambas disminuye la concentración de pH en el agua de fuente. (Rubio et al., 2014). Por lo tanto, esta es otra razón para explicar por qué el valor de pH en el sitio de muestreo PC-01 fue menor.

4.1.2 Concentración de Conductividad a 25 °C

Tabla 5

Valor de conductividad del agua en cada punto de muestreo (enero – agosto 2023)

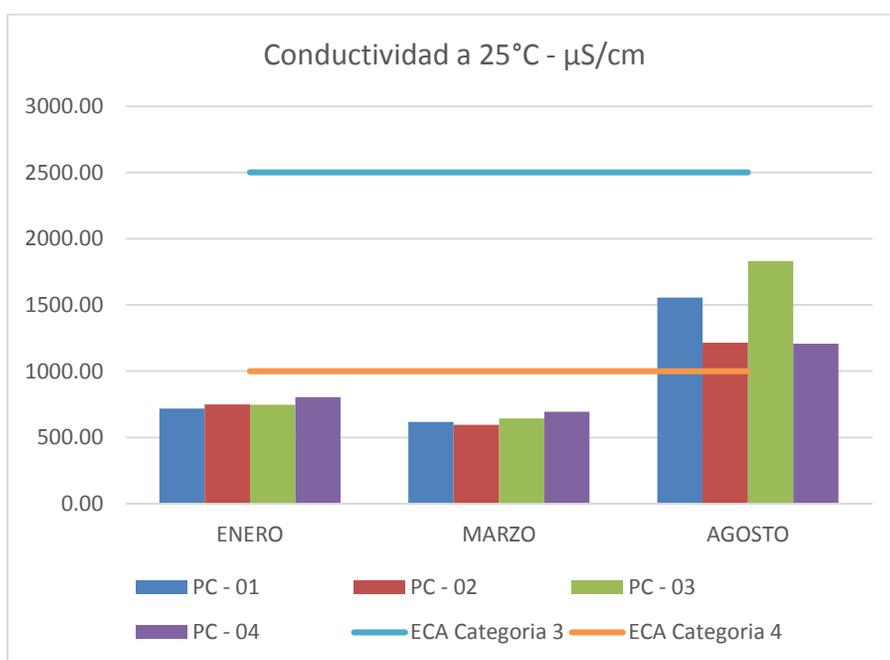
Punto de Muestreo	Enero 24.01.23	Marzo 03.03.23	Agosto 30.08.23	Max.	Min.	Promedio
PC - 01	718.50	616.50	1555.00	1555.00	616.50	963.33
PC - 02	747.50	595.00	1213.50	1213.50	595.00	852.00
PC - 03	746.50	643.50	1832.50	1832.50	643.50	1074.17
PC - 04	803.50	692.50	1207.50	1207.50	692.50	901.17

La figura 3, permite observar que los valores de conductividad varían en cada punto de muestreo, los 747.50 $\mu\text{S/cm}$, 595.00 $\mu\text{S/cm}$ y 1213.50 $\mu\text{S/cm}$, evidenciaron que el punto PC-02 registró las concentraciones más bajas, no obstante, en el punto PC-03 se registró una concentración promedio de 1074.17 $\mu\text{S/cm}$ constituyéndose como la más alta de todos los puntos de muestreo en todos los meses de muestreo. Los resultados han permitido confirmar que el presente parámetro posee un comportamiento descendente, dado que la conductividad eléctrica tiende a aumentar a medida que avanzan las aguas hacia los puntos de muestreo PC-01 y PC-03, debido a que en estas zonas la concentración de pH es menor y existe una mayor descarga de efluentes de aguas residuales, incrementándose a su vez la concentración de materia orgánica,

como señala Marín (2006), a lo que Bolaños et al. (2015) afirmando que la conductividad eléctrica aumenta de una estación a otra, por lo tanto durante esta trayectoria se integran más sales disueltas al cuerpo de agua debido a la descomposición orgánica y disminución del pH; Por otro lado, Díaz et al. (2020) concluyen que la conductividad eléctrica aumenta bajo la influencia de fuentes de contaminación a lo largo del recorrido de las fuentes de agua, es importante señalar que la concentración de este parámetro suele ser mayor en las partes inferiores del cuerpo de agua debido a las zonas por donde eligen los contaminantes estabilizarse.

Figura3:

Comportamiento de la conductividad en la zona de estudio



Por otro lado, los resultados obtenidos permiten determinar la existencia de una relación de la conductividad eléctrica con el caudal de los ríos estudiados, similares a los que fueron reportados por Teves (2016), quien en su estudio concluyó que en el mes de mayo la conductividad promedio registró un valor de 3337.83 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en julio fue 408.17 $\mu\text{S}/\text{cm}$, fue considerada alta debido a que es el mes donde disminuyó el caudal y la temperatura fue alta por la estación, mientras

que, durante el mes de mayo, el caudal fue superior, por lo tanto, la velocidad de la corriente del cuerpo de agua suspende los contaminantes. En la presente investigación, durante los meses de enero y marzo el caudal fue mayor, por ende, los registros de conductividad fueron inferiores a los registrados durante el mes de agosto, mes donde los registros de temperatura fueron mayores, por ende, la concentración de conductividad fue más alta en dicho mes; resultados que son validados por lo que Zela (2000) argumenta, indicando que por cada incremento de 1°C de temperatura la conductividad tiende a aumentar en un 2% a 3%.

Tal como se observa en la figura 3, las concentraciones de conductividad en los meses de enero y marzo están dentro de los Estándares de Calidad de Agua Categoría 3 y 4, excepto, en el mes de agosto, donde los registros de conductividad se incrementaron considerablemente dado a la disminución del caudal, encontrándose fuera del límite establecido en el caso del ECA Categoría 4.

4.1.3 Concentración de DBO₅

De acuerdo al gráfico de la figura 4, se observa que los registros más altos que alcanzó la DBO₅ fueron en el punto PC-03 y los mínimos fueron en el punto PC-02; dichos resultados se explican dado que en las zonas bajas de los cursos de agua la descomposición de materia orgánica fue mayor, concordante con lo que Mejía et al. (2006) citado por Díaz et al. (2020), él señala que una elevada concentración de DBO₅ es un indicador de alta concentración de materia orgánica proveniente de aguas residuales, por consiguiente, en los cuerpos de agua donde existen este tipo de contaminantes los valores tienden a ser mayores de 8 mg/L; de igual manera, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2014) argumenta que dicho parámetro está relacionado con la concentración y contenido de materia orgánica, el cual al incrementarse genera la disminución del contenido de oxígeno disuelto en el agua. Al respecto, en el punto de muestreo

PC-02 los valores de DBO₅ son inferiores en relación a los valores de los puntos de muestreo PC-03 y PC-04, dado que existe una mayor concentración de oxígeno disuelto y escaso vertimiento de efluentes de aguas residuales.

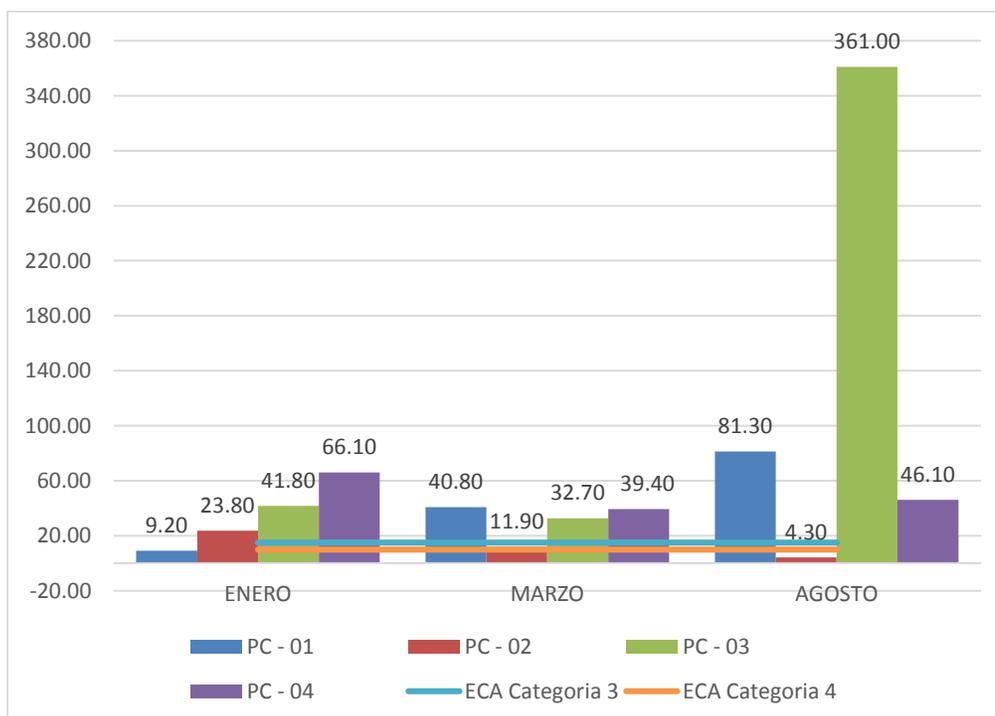
Tabla 6:

Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) del agua en la zona de estudio (enero – agosto 2023).

Punto de Muestreo	Enero 24.01.23	Marzo 03.03.23	Agosto 30.08.23	Max.	Min.	Promedio
PC - 01	9.20	40.80	81.30	81.30	9.20	43.77
PC - 02	23.80	11.90	4.30	23.80	4.30	13.33
PC - 03	41.80	32.70	361.00	361.00	32.70	145.17
PC - 04	66.10	39.40	46.10	66.10	39.40	50.53

Figura 4:

Comportamiento de la concentración de la DBO₅ en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas durante el monitoreo.



Rigola (1999) explica que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mide la cantidad de oxígeno que se consume para degradar la materia orgánica presente en el agua mediante procesos biológicos aerobios. En particular, la DBO_5 se refiere al oxígeno consumido durante cinco días y se expresa en ppm de O_2 . Según el autor, en las aguas residuales domésticas este valor suele variar entre 100 y 350 ppm. En el presente estudio, los puntos de muestreo PC-03 y PC-04, ubicados en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas, registraron las concentraciones más altas de materia orgánica biodegradable. Esto se debe a que en sus cercanías se descargan los efluentes de la empresa Gloria S.A.A., de la Universidad Nacional de Cajamarca y de las lagunas de estabilización de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad. Dado que este parámetro refleja la cantidad de oxígeno que se requiere para descomponer la materia orgánica, los resultados confirman que estos cuerpos de agua superficial se encuentran sometidos a una contaminación constante.

En la figura 4 se ha determinado la comparación de los resultados obtenidos con los ECA Agua para las Categorías 3 y 4, encontrándose la mayoría de los registros fuera del límite establecido durante los tres meses monitoreados, observándose claramente que la diferencia es significativa durante el mes de agosto del 2023, superando exponencialmente los estándares de calidad respectivos para las categorías 3 y 4.

4.1.4 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

En cuanto a los valores promedio de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), se encontró que en el punto PC-02, durante marzo y agosto, los niveles fueron menores a 40 mg/L, lo que indica que cumplen con lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-Agua, Categoría 3). Sin embargo, en los puntos PC-01, PC-03 y PC-04, los resultados de enero, marzo y

agosto superaron ese límite. En particular, el punto PC-03 en agosto alcanzó un valor muy alto de 654.80 mg/L. Estos resultados evidencian una fuerte presencia de materia orgánica no biodegradable en esas zonas, sobrepasando los límites fijados por el ECA para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (D.S. 004-2017-MINAM).

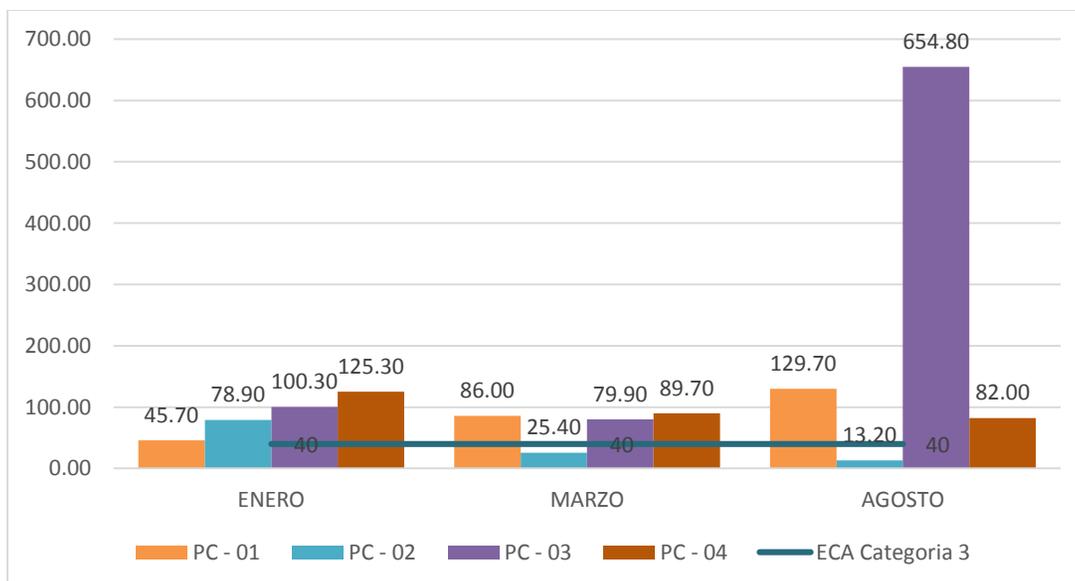
Tabla 7:

Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua en cada punto de muestreo (enero – agosto 2023).

Punto de Muestreo	Enero 24.01.23	Marzo 03.03.23	Agosto 30.08.23	Max.	Min.	Promedio
PC - 01	45.70	86.00	129.70	129.70	45.70	87.13
PC - 02	78.90	25.40	13.20	78.90	13.20	39.17
PC - 03	100.30	79.90	654.80	654.80	79.90	278.33
PC - 04	125.30	89.70	82.00	125.30	82.00	99.00

Figura 5:

Comportamiento de la concentración de la DQO en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas durante el monitoreo.



Dos parámetros importantes, la demanda bioquímica de oxígeno en cinco días (DBO₅), indican la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para oxidar la materia presente

en el agua, y la demanda química de oxígeno (DQO), indica la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para oxidar la materia existente en el agua. Los valores de calidad total (DQO) están relacionados con la concentración de DBO_5 y varían según los componentes asociados con la materia orgánica en descomposición.

La relación entre DBO_5 y DQO es un indicador clave para entender el nivel de contaminación del agua. En aguas residuales domésticas e industriales, esta relación suele variar entre 0.4 y 0.8, mientras que en aguas ya estabilizadas biológicamente es menor a 0.12 (Romero, 1999). Según Singh (1971), un valor de 0.5 refleja una buena biodegradabilidad. En esta investigación, los resultados obtenidos fueron de 0.50, 0.34, 0.52 y 0.51 en los puntos de monitoreo, lo que muestra que existe una marcada degradación biológica. Esto se relaciona con la descarga de efluentes de la empresa Gloria SAA, la Universidad Nacional de Cajamarca y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la ciudad, además de la presencia de materia orgánica que favorece el crecimiento microbiano.

4.1.5 Oxígeno Disuelto

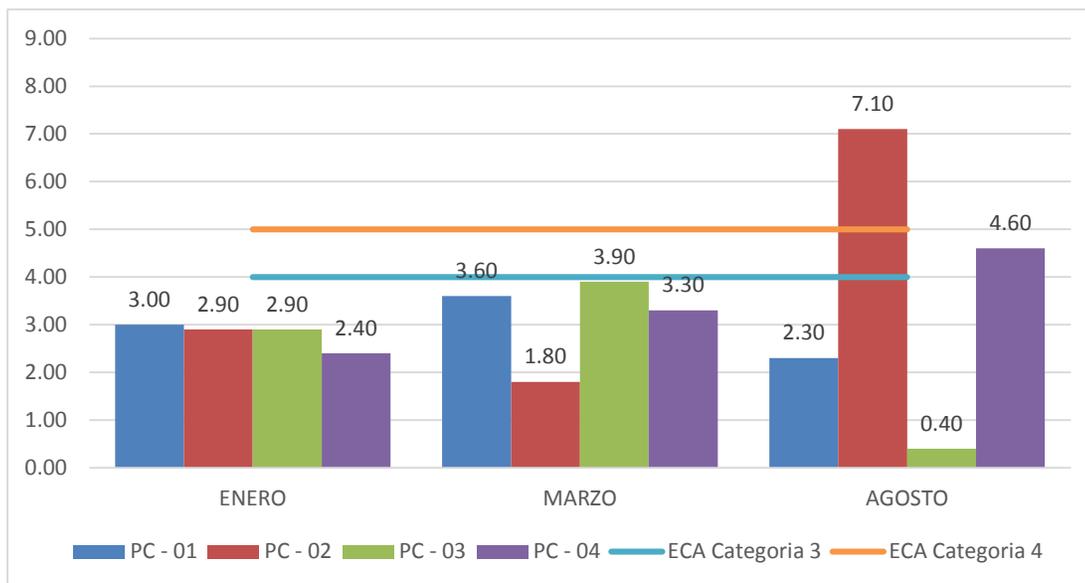
Tabla 8:

Valores de Oxígeno Disuelto (mg/L) en cada punto de muestreo (enero – agosto 2023).

Punto De Muestreo	Enero 24.01.23	Marzo 03.03.23	Agosto 30.08.23	Max.	Min.	Promedio
Pc - 01	3.00	3.60	2.30	3.60	2.30	2.97
Pc - 02	2.90	1.80	7.10	7.10	1.80	3.93
Pc - 03	2.90	3.90	0.40	3.90	0.40	2.40
Pc - 04	2.40	3.30	4.60	4.60	2.40	3.43

Figura 6:

Comportamiento de la concentración del oxígeno disuelto en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas durante el monitoreo.



Los resultados sistematizados en la figura 6, señalan que el oxígeno disuelto varía de una estación a otra en los tres monitoreos respectivos, en el punto PC-01 se obtuvieron concentraciones que varían de 2.30 mg/L a 3.60 mg/L, en el punto PC-02 se los registros varían de 1.80 mg/L a 7.10 mg/L, cuyo registro se encuentra fuera de los límites establecidos en el ECA-Agua Categorías 3 y 4, en el punto PC-03 los valores oscilan de 0.40 mg/L a 3.90 mg/L, y en el punto PC-04 estas concentraciones fueron de 3.2 mg/L a 3.60 mg/L.

Considerando los resultados obtenidos se observó que el punto PC-02 registró valores más altos, sin embargo, en el punto PC-03 en el mes de marzo los valores fueron más bajos, dichos registros son similares a los datos reportados por Frías y Montilla (2016), cuyas concentraciones más altas de oxígeno disuelto se registraron aguas arriba con 2.32 mg/L, asimismo, el valor más bajo registrado fue en el centro del río ascendente a 1.8 mg/L. Por consiguiente, los valores obtenidos han evidenciado que en el punto PC-03 los valores son bajos (0.40 mg/L), esto debido

a que en este punto de muestreo confluyen efluentes de aguas residuales por ende existe una mayor cantidad de agentes contaminantes; por lo tanto, se genera un acopio de materia orgánica, tal como lo refiere Rabalais et al. (2007) citado por Ampuero (2018) quien señala que a medida de que la materia orgánica se acumula en el agua, produce que se potencialice el proceso de descomposición microbiana, por ende, los microorganismos van a consumir mayor oxígeno.

4.1.6 *Coliformes Termotolerantes*

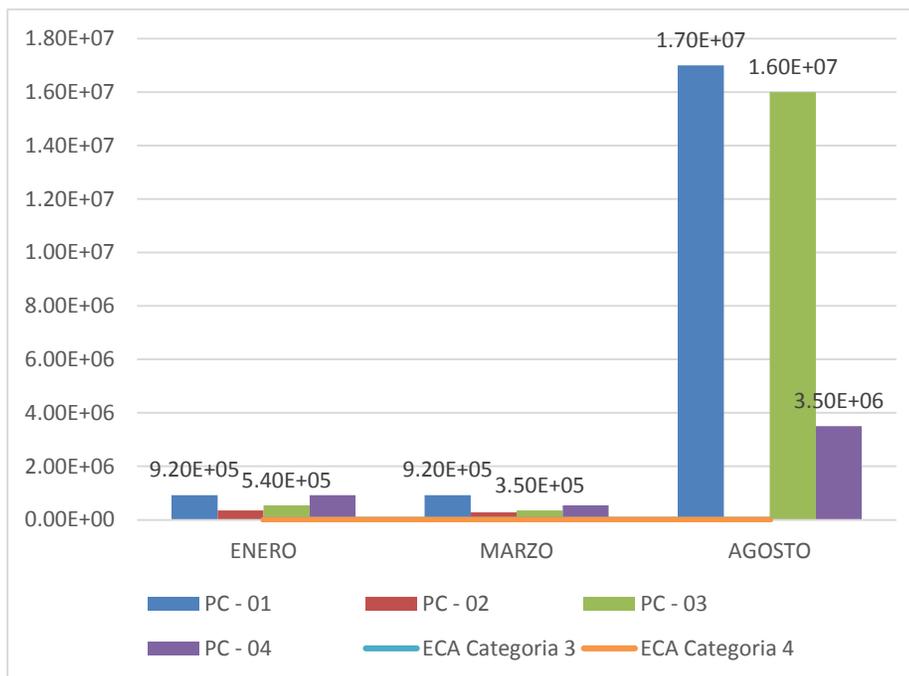
Tabla 9:

Concentración de coliformes termotolerantes (NMP/100mL) en cada punto de muestreo (enero – agosto 2023).

Punto De Muestreo	Enero 24.01.23	Marzo 03.03.23	Agosto 30.08.23	Max.	Min.	Promedio
PC - 01	9.20E+05	9.20E+05	1.70E+07	1.70E+07	9.20E+05	6.28E+06
PC - 02	3.50E+05	2.80E+05	7.00E+02	3.50E+05	7.00E+02	2.10E+05
PC - 03	5.40E+05	3.50E+05	1.60E+07	1.60E+07	3.50E+05	5.63E+06
PC - 04	9.20E+05	5.40E+05	3.50E+06	3.50E+06	5.40E+05	1.65E+06

Figura 7:

Comportamiento de la concentración de coliforme termotolerantes en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas durante el monitoreo.



Los resultados muestran que la cantidad de coliformes termotolerantes varió entre $2.10E+05$ NMP/100 mL en el punto PC-04 y $6.28E+06$ NMP/100 mL en el punto PC-01. En todos los lugares evaluados, los valores superaron ampliamente los límites permitidos de 1 000 NMP/100 mL, establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-Agua) para la categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales) y la categoría 4 (conservación del ambiente acuático), según el D.S. 004-2017-MINAM. Mientras que los ECA fijan como máximos 1 000 y 2 000 NMP/100 mL para estas categorías, los valores registrados los sobrepasan de manera significativa, siendo el mes de marzo cuando se alcanzaron los niveles más críticos. Cabe señalar que la bacteria *Escherichia coli*, de origen fecal, puede desarrollarse y multiplicarse a temperaturas de hasta 45 °C, razón por la cual se le denomina “termotolerante”, diferenciándola de otras bacterias fecales.

Los puntos de monitoreo PC-01 ($1.70E+07$ NMP/100 mL) y PC-03 ($1.60E+07$ NMP/100 mL) registraron los valores más altos de coliformes termotolerantes. Esto se debe a que en esas zonas llegan aguas y efluentes provenientes de las lagunas de estabilización de la ciudad de Cajamarca, que contienen altas concentraciones de estas bacterias. A ello se suma que, a lo largo del recorrido del río San Lucas, también se descargan aguas residuales domésticas de la ciudad, lo que incrementa aún más la contaminación.

Según Rigola (1999), la **Escherichia coli** y el grupo de bacterias coliformes en general son los principales indicadores de contaminación fecal en el agua. Estos microorganismos, de forma cilíndrica, tienen la capacidad de fermentar glucosa y lactosa. Para detectarlos se aplica el **método de tubos múltiples**, que permite calcular el “número más probable” (NMP) de bacterias en 100 mililitros de agua. Cuando el NMP es menor a 1, el agua se considera apta para el consumo humano.

Es importante señalar que, en los sistemas de potabilización y depuración del agua, el control de los parámetros físico-químicos y microbiológicos es crucial. No obstante, el problema es relevante en lugares donde el agua está destinada para el consumo humano o para reutilización. En este caso, la exposición a agentes biológicos, como bacterias patógenas, helmintos, protozoos y virus entéricos, es el factor de riesgo más importante (Asano y Levine, 1998).

4.1.7 *Escherichia coli*

Tabla 10:

Concentración de Escherichia coli (NMP/100 mL) en la zona de estudio (enero – agosto 2023).

Punto De Muestreo	Enero 24.01.23	Marzo 03.03.23	Agosto 30.08.23	Max.	Min.	Promedio
PC - 01	3.50E+05	5.40E+05	1.70E+07	1.70E+07	3.50E+05	5.96E+06
PC - 02	1.60E+05	2.20E+05	4.60E+02	2.20E+05	4.60E+02	1.27E+05

PC - 03	1.70E+05	1.60E+05	1.60E+07	1.60E+07	1.60E+05	5.44E+06
PC - 04	2.20E+05	3.50E+05	3.50E+06	3.50E+06	2.20E+05	1.36E+06

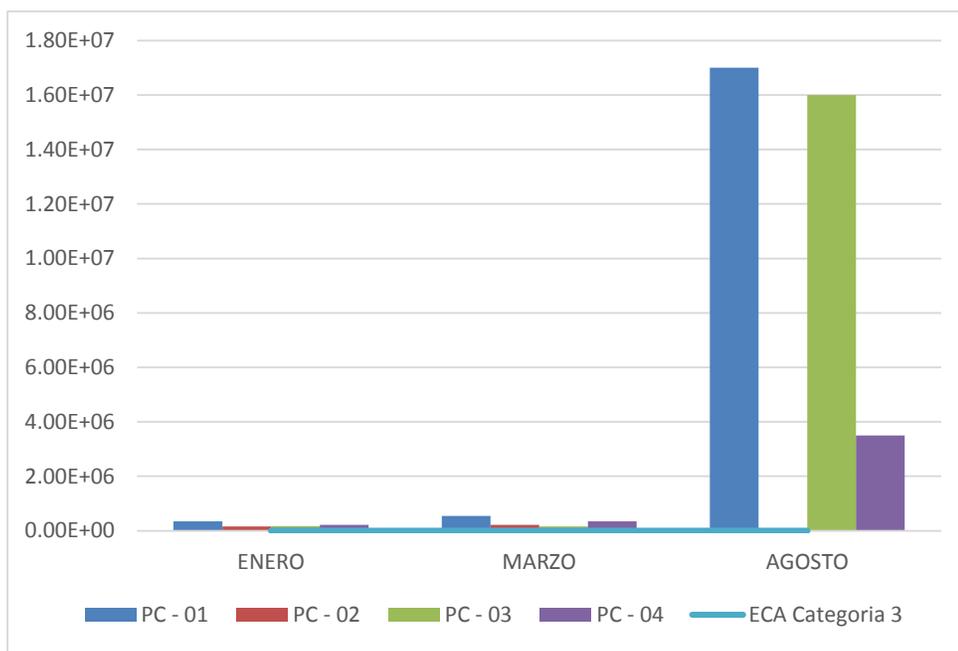
De acuerdo con los estudios de Arcos (2005), la bacteria *Escherichia coli* es el parámetro bacteriológico más crucial para determinar dada su condición, ya que es el principal indicador bacteriano en agua y el indicador de contaminación fecal más preciso. Cada persona evacua entre 1011 y 1013 bacterias *E. coli* en las aguas residuales.

En este estudio, la mayor concentración de *E. coli* se encontró en el punto PC-01, con un promedio de 5.96E+06 NMP/100 mL, mientras que el valor más bajo se registró en PC-02, con 1.27E+05 NMP/100 mL.

Tal como se aprecia en la Figura 8, los ríos Mashcón y San Lucas presentan una fuerte contaminación fecal, ya que en todos los puntos de muestreo los resultados superaron ampliamente el límite de 1.00E+03 NMP/100 mL. Los valores más críticos se dieron en agosto de 2023, con picos de 1.60E+07 NMP/100 mL, 1.70E+07 NMP/100 mL y 3.50E+06 NMP/100 mL en distintos puntos. En general, todos los registros de enero, marzo y agosto estuvieron por encima de lo permitido por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-Agua, Categoría 3), con la única excepción de PC-02 en agosto, que alcanzó 4.60E+02 NMP/100 mL, dentro de lo aceptado para esta categoría. Estos resultados reflejan el fuerte impacto de la descarga de efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Cajamarca, los cuales llegan a la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas sin lograr una remoción adecuada de la carga bacteriológica, incumpliendo los Límites Máximos Permisibles (LMP) para aguas residuales municipales.

Figura 8:

Comportamiento de la concentración de coliforme termotolerantes en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas durante el monitoreo.



Considerando la alta carga de contaminantes bacteriológicos y parasitológicos presentes en las aguas residuales y su alto potencial para afectar la salud de la población en un contexto local donde las aguas residuales tratadas son reutilizadas para el riego de vegetales de tallo bajo, pastos, forrajes y otros cultivos en parcelas cercanas a la PTAR y aguas abajo, por lo tanto, es esencial conocer la evaluación física, química y microbiológica de la calidad del agua en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas, ya que el agua puede ser contaminada por el riego con bacterias patógenas, parásitos, virus, protozoarios y helmintos que provienen de las heces fecales de humanos y animales vertidas en las aguas residuales. (WHO, 2003).

4.1.8 Concentración de formas parasitarias

La presencia de microorganismos parasitarios en las aguas residuales representa un serio riesgo para la salud pública. Los helmintos, por ejemplo, se eliminan a través de las heces y sus

huevos, en su etapa contagiosa, pueden llegar al agua, al suelo o incluso a los alimentos. Según Bitton (1994), estos huevos son altamente resistentes, tanto a las variaciones del ambiente como a los procesos de desinfección con cloro que se aplican en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Los huevos y larvas con tamaños de 10 μ m a 100 μ m resisten condiciones ambientales desfavorables y pueden sobrevivir a los tratamientos convencionales de desinfección de aguas residuales, aunque algunos huevos pueden eliminarse mediante procesos de tratamiento convencionales como sedimentación, filtración y lagunas de estabilización (Bitton 1994).

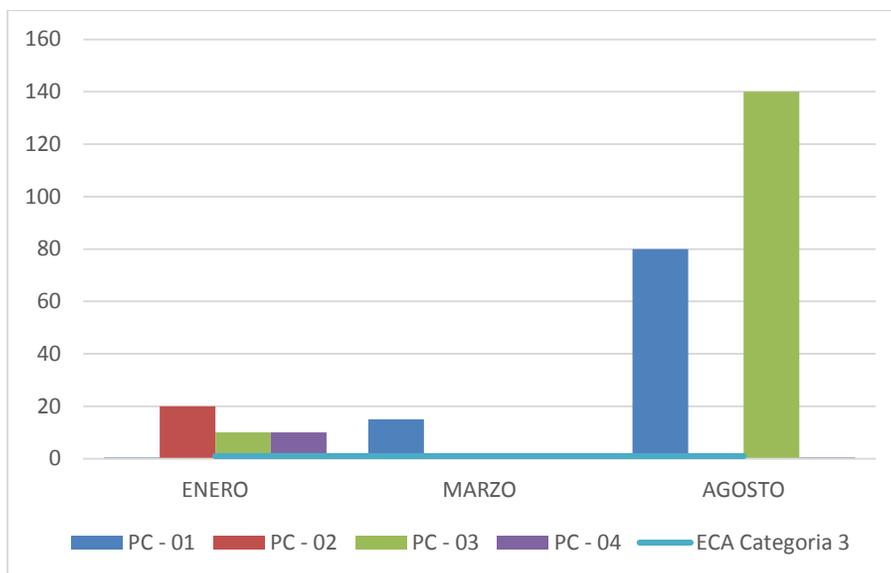
Tabla 11:

Concentración de formas parasitarias (N° Org/L) en cada punto de muestreo (enero – agosto 2023).

Punto de Muestreo	Enero 24.01.23	Marzo 03.03.23	Agosto 30.08.23	Max.	Min.
PC - 01	<1	15	80	80	<1
PC - 02	20	<1	<1	20	<1
PC - 03	10	<1	140	140	<1
PC - 04	10	<1	<1	10	<1

Figura 9:

Comportamiento de la concentración de coliforme termotolerantes en la zona de estudio.



En este estudio, durante los tres meses de monitoreo se observó una variación notable en la presencia de formas parasitarias, tal como se muestra en la figura 9. En enero y agosto de 2023 se registraron los valores más altos en los puntos de muestreo PC-01, PC-02 y PC-03, con concentraciones de 10, 15, 20, 80 y hasta 140 organismos por litro, cifras que superan los límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA), Categoría 3. En contraste, en marzo de 2023 se detectó la menor concentración en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas, con valores inferiores a 1 organismo por litro. Estos resultados coinciden con lo señalado por Bitton (1994), quien indica que los huevos de helmintos y otras formas parasitarias son altamente resistentes al proceso de desinfección con cloro.

El marco legal que regula los Límites Máximos Permisibles (LMP) para las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales no establece valores específicos para la concentración de formas parasitarias en los efluentes. Esto se debe a la preocupación sanitaria por la alta resistencia que presentan estos organismos frente a los procesos de desinfección. Esta situación

representa un riesgo importante para la salud de la población cajamarquina, que recibe agua de la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas.

Tal como se muestra en la Figura 9, los resultados evidencian la descarga de aguas residuales y excretas con formas parasitarias tanto aguas arriba como aguas abajo de la confluencia, lo que constituye un serio problema sanitario. Estas formas parasitarias tienen la capacidad de sobrevivir durante largos periodos, ya que son altamente resistentes a los tratamientos convencionales de desinfección del agua. Dicha resistencia se debe a la composición química de sus capas externas, formadas principalmente por lípidos y proteínas (Escobar, 2014).

En marzo de 2023, los registros fueron menores a 1 N° Org/L. Esto se explica por el aumento del caudal de los ríos a causa de las lluvias, lo que favoreció la dilución y el arrastre de la carga contaminante.

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016) advierte que el principal riesgo de usar aguas residuales en la agricultura es la propagación de parásitos. En el Instituto Nacional de Salud Pública de México se comprobó que los helmintos (lombrices parasitarias) son los principales organismos presentes en las aguas residuales. Esta situación llevó a varios países a modificar sus normativas, ajustando los estándares de calidad para enfocarse en el control de microorganismos patógenos. Actualmente, la normativa internacional establece que el agua residual tratada puede reutilizarse en riego de cualquier tipo de cultivo siempre que no supere los 1000 NMP/100 mL de coliformes fecales y 1 N° Org/L de formas parasitarias.

En la mayoría de países, el control de patógenos en aguas residuales y cuerpos receptores suele basarse únicamente en el análisis de bacterias coliformes fecales. Sin embargo, diversas investigaciones han demostrado que no siempre existe una relación entre la presencia de estas bacterias y la de formas parasitarias. Esto significa que el riesgo de contraer enfermedades por

parásitos intestinales humanos puede ser incluso mayor que por bacterias, ya que estas últimas tienden a desactivarse de manera gradual en los sistemas de tratamiento.

La relevancia de eliminar formas parasitarias queda clara en el estudio de Cifuentes y colaboradores (1992), quienes demostraron que el uso de aguas residuales sin tratar en el riego es una de las principales causas de enfermedades diarreicas provocadas por helmintos y otros parásitos. En cuanto a la eficiencia de los sistemas de tratamiento, lo más preocupante no es cuántos patógenos mueren, sino cuántos sobreviven. Una remoción del 99% o incluso del 99,9% puede parecer muy efectiva, pero en realidad significa que aún queda un 1% o 0,1% de organismos vivos. Y considerando que las aguas residuales pueden contener concentraciones muy altas de patógenos, ese pequeño porcentaje representa todavía un riesgo significativo.

Diversos estudios sobre la reducción de parásitos en lagunas de estabilización señalan que el principal mecanismo de eliminación es la sedimentación. Se sabe que los huevos de protozoarios y helmintos suelen asentarse en periodos de 3 a 6 días. Sin embargo, los huevos de *Ancylostoma*, *Duodenale* y *Schistosoma* pueden llegar a desarrollar larvas móviles, lo que hace posible que aparezcan en el efluente. En el caso del *Schistosoma*, se ha reportado que su larva (miracidio) no sobrevive más de 10 horas en movimiento (Shuval, 1988). Con base en esta evidencia, la OMS (1988) recomienda un tiempo mínimo de retención de 8 a 10 días en las lagunas, para garantizar una eliminación más efectiva de huevos de helmintos.

Por otro lado, la presencia de formas parasitarias sigue siendo uno de los principales riesgos para la salud pública cuando se reutiliza agua contaminada con descargas de aguas residuales. Los resultados de este estudio muestran que las muestras analizadas contenían altas concentraciones de formas parasitarias. A esto se suman factores como la ligereza de los huevos de *Ancylostomidae*, que dificulta su sedimentación, lo que explica por qué en ocasiones se detecta una mayor cantidad

de estos organismos en la salida que en la entrada de los sistemas de tratamiento. Además, los huevos de helmintos y otras formas parasitarias pueden sobrevivir en el ambiente entre 1 y 3 meses, un tiempo mucho mayor al de su retención en las lagunas de estabilización, lo que incrementa el riesgo sanitario.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El comportamiento de los parámetros físico químicos y microbiológicos evaluados es diferente en cada punto de monitoreo y estas aguas se encuentran contaminadas por efluentes, dado a que en los cuatro puntos de monitoreo los parámetros microbiológicos (bacterias termotolerantes y E. coli) no cumplen con lo establecido en los ECA Agua, categorías 3 y 4.
- La concentración promedio de pH registrado por punto de monitoreo (PC-01, PC-02, PC-03, PC-04) aguas debajo de la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas es de 7.22, 7.15, 7.07, 7.26 unidades respectivamente. Respecto a la conductividad, el valor promedio encontrado fue de 963.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 852.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 1074.17 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 901.17 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente. El oxígeno disuelto registró concentraciones promedio de 2.97 mgO_2/L , 3.93 mgO_2/L , 2.40 $\text{mg O}_2/\text{L}$ y 3.43 mgO_2/L respectivamente, siendo el menor promedio de 2.40 mgO_2/L en el PC – 03 sobre el cual se vierten los efluentes tratados. Referente a la DBO₅ las concentraciones (promedio) fueron de 43.77 mgO_2/L , 13.33 $\text{mg O}_2/\text{L}$, 145.17 $\text{mg O}_2/\text{L}$ y 50.53 mgO_2/L , indicando de que la estación PC-03 (145.17 mgO_2/L) es la más afectada por requerir de mayor oxígeno para degradar la materia orgánica. Por último, la DQO registró concentraciones de 87.13 mgO_2/L , 39.17 mgO_2/L , 278.33 mgO_2/L y 99 mgO_2/L respectivamente.
- Las concentraciones (promedio) de los parámetros microbiológicos se determinaron mediante coliformes termotolerantes, cuyo parámetro registró

concentraciones que van desde $2.10E+05$ NMP/100mL a $6.28E+06$ NMP/100mL; por otro lado, las concentraciones de *Escherichia coli* en los cuatro puntos de monitoreo fueron de $5.96E+06$ NMP/100mL, $1.27E+05$ NMP/100mL, $5.44E+06$ NMP/100mL y $1.36E+06$ NMP/100mL respectivamente. Por otro lado, en todos los puntos de monitoreo las concentraciones fueron < 1 N° Org/L, siendo estos tres parámetros indicadores de que las aguas en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas están contaminadas con excremento de animales y seres humanos, generando potenciales enfermedades para la población de la ciudad de Cajamarca tales como las EDA.

- En todos los puntos de monitoreo, los parámetros fisicoquímicos de pH, conductividad y oxígeno disuelto están dentro de lo establecido en los ECAs Agua categoría 3 y 4, sin embargo, los parámetros de DBO_5 y DQO sobrepasan considerablemente los ECAs Agua para dichas categorías. Asimismo, los coliformes termotolerantes sobrepasaron considerablemente los ECA para las categorías 3 y 4, del mismo modo, las concentraciones de *Escherichia coli* en los cuatro puntos de monitoreo superaron significativamente los ECA Agua en la categoría 3. Referente a las formas parasitarias registradas, en el punto PC-03 se registraron concentraciones de 10 (mes de enero) y 140 (mes de agosto) superando lo establecido según los ECA Agua, categoría 3, siendo indicador de la elevada carga microbiológica contaminante de las aguas en la confluencia de los ríos evaluados.

5.2 Recomendaciones

- La Municipalidad Provincial de Cajamarca necesita dar prioridad, con carácter urgente, a la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Esto permitirá asegurar que el agua tratada cumpla con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-Agua) y con los Límites Máximos Permisibles (LMP) antes de ser vertida al río Mashcón.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. (2013). *Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú (ICA - PE)*. Autoridad Nacional del Agua. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/propuesta_metodologia_ica-pe.pdf.
- ANA. (2024). *Diagnósticos de la Calidad de los Recursos Hídricos*. Autoridad Nacional del Agua. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/lineamientos%20diagnosticos%20de%20calidad_0.pdf.
- Asano, T; Levine, D. 1998. “Wastewater reclamation, recycling and reuse: an introduction. In wastewater reclamation and reuse”. Takashi Asano (editor). Technomic Publishing. Lancaster. 1528 págs.
- Auccahuasi, W. (2015). *Calidad de agua y sedimentos en el rio Madre de Dios, departamento Madre de Dios, Perú* [Tesis de grado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios].
- Autoridad Nacional de Agua, Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, revisado el 06 de Enero de 2022, disponible: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf.
- Baddi, Z., Garza, C., & Landero, F. (2005). Los indicadores biológicos en evaluación de la contaminación por agroquímicos en ecosistemas acuáticos asociados. *Cultura Científica y Tecnológica*, 2(6), 4–20.

- Balmaceda, J; Zelada, W; Medina, C; Peláez, F. (2009). Estudio del potencial hidrobiológico del río Huancabamba sector presa Limón. Estudio Preparado para el Proyecto Olmos-Tinajones. Lambayeque.
- Banús, F (2010). H2O elixir de la vida. Elementalwatson “la” revista, I (1).
- Betancor, A. (2005). Determinación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de calidad de las aguas. *Revista Interdisciplinaria de Gestión Ambiental*, 2 (23), 12-19.
- Bofill, S., Casares, P., Albiñaña, N., Maluquer, C., Hundesa, A. y Girones, R. (2005). Efectos sobre la salud de la contaminación de agua y alimentos por virus emergentes humanos. *Revista Española de Salud Pública*, 79(2), 1135-5727.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17079214&idp=1&cid=2797666>
- Castro, M; Sáenz, R. (1990). Evaluación de los riesgos para la salud por el uso de las aguas residuales en agricultura. Lima, Perú. CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y ciencias del Ambiente), Lima. Perú. 10 p.
- Chávez, G. (2014). Probables efectos de las aguas residuales de la ciudad de Cajamarca en el sistema agua-suelo-planta de los caseríos de La Victoria, Yanamarca y La Colpa. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Cajamarca. Consultado 04 jun. 2022. Disponible en <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1948>.
- Consejo de Europa. 2018. Contaminación del Agua. (en línea). Consultado 03 jun. 2022. Disponible en <https://agua.org.mx/contaminacion-del-agua/>.
- Dapa, J. (2018). Estudio comparativo de caudales y análisis de la calidad del agua del río Pixquiac, centro de Veracruz, México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consultado 14 may 2022. Disponible en <http://132.248.9.195/ptd2018/febrero/0770267/0770267.pdf>.

- Díaz, L., Tarrillo, R. y Campos, A. (2020). Caracterización y evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas de la quebrada Colpamayo, Chota. *Revista Ciencia Norandina*, 3(1), 12-20. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v3n1p12>
- Escalante, J. (2018). Caracterización de las aguas del río Mashcón y San Lucas, y del efluente de las lagunas de estabilización de la ciudad de Cajamarca con fines de evaluación ambiental, marzo – agosto del 2007. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. Consultado 16 jun. 2022. Disponible en <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2182>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2012. El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. Consultado 07 feb 2022. Disponible en <https://www.fao.org/3/i1688s/i1688s.pdf>.
- Fernández, A. (2015). Aguas residuales en el Perú, problemática y uso en la agricultura. Perú. Informe técnico. Consultado 12 jun. 2022. <http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4516/ANA0003016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Flores, H., León, F., García, V. y Sánchez, G. (2019). Evaluación física, química y microbiológica de las aguas del río Nanay a orillas de la comunidad de Nina Rumi. *Revista Ciencia y Tecnología*, 15(1), pp. 113-122. <http://www.revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2341>
- Frías, T. y Montilla, L. (2016). Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sector Puerto de Productores río Itaya, Loreto – Perú [Tesis de grado, Universidad Científica del Perú]. Repositorio Institucional Universidad Científica del Perú.

- García, F. (2014). Calidad y uso del agua de la subcuenca del San Lucas (Cajamarca) en función del índice de Brown. Tesis para optar el Grado de Doctor en Ciencias. Universidad Nacional de Cajamarca. Consultado 09 jun. 2022. Disponible en <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1952>.
- Gil, J (2014). Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa. Universidad de Manizales, Manizales.
- Gime, E. (2017). Calidad de las aguas utilizadas para regadío en el Valle de Yabú Santa Clara (Tesis de grado, Universidad Central Marta Abreu de las Villas). Repositorio Institucional- Universidad Central Marta Abreu de las Villas.
- Gutiérrez, R. (2018). Presencia de diatomeas y su relación con aspectos fisicoquímicos y bacteriológicos, como indicadores de la calidad de agua en tres zonas del río Amacuzac, Morelos, México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consultado 20 may 2022. Disponible en <http://132.248.9.195/ptd2018/junio/0775911/0775911.pdf>.
- Hayes, R. 1993. Microbiología e Higiene de los Alimentos. Zaragoza, España. ACRIBIA. 376 p.
- Illanes, S. B. (2016). Determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua del canal Latacunga-Salcedo-Ambato en el sector Santa Lucia, periodo 2014 (Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi). Repositorio Institucional- Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Instituto Geológico y Minero de España - IGME. (2012). Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España. Madrid España: IGME.
- Jiménez, B. E. (2001). La Contaminación Ambiental en México. Limusa Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2006). Conductividad eléctrica en aguas por el

método electrométrico [Archivo PDF].

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+El%C3%A9ctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4>

Jimenez, J; Llico, M. (2020). Evaluación de la calidad del agua en el río Muyoc, aplicando el índice de calidad ambiental para agua, Cajamarca 2019 (Tesis de licenciatura). Universidad Peruana del Norte. Cajamarca, Perú. Consultado 05 jun. 2022. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23984>.

Medina, C; Balmaceda, J; Puhe, J. (2006). Caracterización físico-química y microbiológica del río Chicama. Regiones La Libertad y Cajamarca. Perú. Revista Sciendo, 10(2): 41-52.

MetCalf y Eddy. 1995. Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización. 3 ed. Madrid, España. Editorial MacGraw Hill Interamericana. p. 126 – 138.

OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental). 2017. Monitoreo ambiental. Consultado 20 ene 2022. Disponible en <https://www.oefa.gob.pe/monitoreo-ambiental-2/ocac02/>.

ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2015. Conferencia Anual 2015 de la ONU-Agua en Zaragoza. Agua y Desarrollo Sostenible: De la visión. 15-17 de enero de 2015. Consultado 07 ene. 2022. Disponible en https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterandsustainabledevelopment2015/water_quality.shtml.

ONU. (2021). Desafíos Globales: Agua. (en línea). Consultado 18 jun. 2022. Disponible en <https://www.un.org/es/global-issues/water>.

Orozco, B; Pérez, S; González, D; Rodríguez, V; Alfayate, B. (2005). Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química. Madrid, España, Thomson. 97-100.

- Orozco, C; Gonzáles, M; Pérez, A. (2011). Contaminación ambiental: Una visión desde la química. 2da ed. Madrid, Paraninfo, pp 31-86.
- Pacheco Ávila, J; Pat Canul, R; Cabrera Sansores, A. 2002. Análisis del ciclo de nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos. México. Ingeniería Revista Académica 6(3): 73-81.
- Palomino, D. (2016). Evaluación de la calidad del agua en el río Mashcón, Cajamarca, 2016. (en línea). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Consultado 17 jun. 2022. Disponible en [file:///C:/Users/orteg/Downloads/marilynbuendia,+Anales-Cientificos-79.2.-2018final-298-307%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/orteg/Downloads/marilynbuendia,+Anales-Cientificos-79.2.-2018final-298-307%20(1).pdf).
- Paukert, C; Willis, D. (2003). Aquatic invertebrate assemblages in shallow prairie lakes: fish and environmental influences. *Journal of Freshwater Ecology*, 18(4), pp. 523-536.
- Pereda Hora, M; Ascencio Gabriel, I. 2008. Caracterización físico-química de los ríos de las cuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. *La Libertad Revista Sciendo*. Vol. 15, núm. 2 (2012). Consultado 15 mar. 2022. Disponible <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/493>.
- Pérez, G; Restrepo, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Universidad de Antioquia. 2a ed. Medellín, Colombia. Universidad de Antioquía.
- Rigola Lapeña, M. 1999. *Tratamiento de aguas industriales aguas de proceso y residuales*. Editorial Alfaomega. Colombia. Pág.157.
- Romero Rojas, JA. 1999. *Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Alfaomega. Tercera edición.
- Romero, J. (2000). *Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Alfaomega. Tercera edición.

- Sierra, C. (2011). Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico. (en línea). Consultado el 12 jun. 2022. Disponible en <https://repository.udem.edu.co/handle/11407/2568>.
- Teves, B. (2016). Estudio fisicoquímico de la calidad del agua del río Caca, región Lima [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Torres, F. (2009). Desarrollo y aplicación de un índice de calidad de agua para ríos en Puerto Rico. Available from ProQuest Dissertations & Theses Global. (305071499). Tesis de Maestría. Consultado el día 15 de may. 2022. Disponible en <http://search.proquest.com/docview/305071499?accountid=37045>.
- Valencia (2011). Características químicas de las masas de aguas costeras ecuatorianas en estaciones fijas Península de Santa Elena y Puerto de Manta Ecuador. 1990-1995. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 8 (1): 29-38.
- Vargas, L; Maldonado, V; Barrenechea, A; Aurazo, M. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida. Manual I: Teoría tomo 1. CEPIS. Lima. Perú.
- Zela, G. (2000). La Conductividad Eléctrica del agua y del suelo [Archivo PDF]. <https://cropaia.com/es/blog/conductividad-electrica-del-agua-y-suelo/>

ANEXOS

Anexo 1: Registro fotográfico

Fotografía 1: Identificación del primer punto de muestreo PC – 01 en la confluencia de los ríos Mashcón y San Lucas.



Fotografía 2: Toma de muestra de agua en el punto PC-01 - Río Mashcón



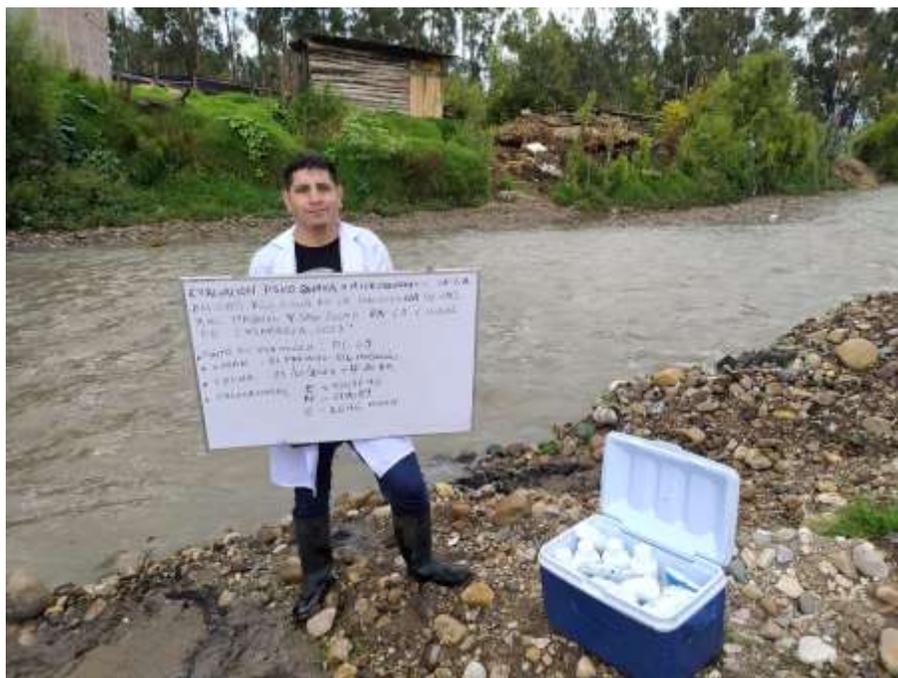
Fotografía 3: Identificación del segundo punto de muestreo PC – 02 en el río Mashcón



Fotografía 4: Toma de muestra en el punto PC-02 - Río Mashcón



Fotografía 5. Identificación del punto de muestreo PC-03 Río Mashcón



Fotografía 6. Adición de preservante a la muestra para determinar pH y conductividad eléctrica



Fotografía 7: Preparación de la muestra de agua para determinar oxígeno disuelto.



Fotografía 8: Materiales para la toma de muestras de agua superficial



Fotografía 9: Identificación del punto de monitoreo PC-04 Río Mashcón



Fotografía 10: Toma de muestra en el punto PC-04 (Río Mashcón), para determinar parámetros bacteriológicos y parasitológicos



Anexo 2: Informes de Ensayo del Laboratorio Regional del Agua



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 01230026

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **MEYNER ORDOÑEZ MUÑOZ**
Dirección -
Persona de contacto **MEYNER ORDOÑEZ MUÑOZ** Correo electrónico mordonezc@unc.edu.pe

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **24.01.23** Hora de Muestreo **11:30 a 13:30**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
Procedimiento de Muestreo -
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **04**
Ensayos solicitados **Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos- Microbiológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
Referencia de la Muestra: **Proyecto de Tests: Evaluación fisicoquímica y microbiológica de la calidad del agua en la confluencia de los Ríos Mashcón y San Lucas, en la ciudad de Cajamarca 2023.**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-040** Cadena de Custodia **CC - 0026 - 23**
Fecha y Hora de Recepción **25.01.23 09:20** Inicio de Ensayo **25.01.23 09:30**
Reporte Resultado **03.02.23 16:15**



Firmado digitalmente por NEYRA JAICO
Edder Miguel PAU 20453744189 asñ
Móvil: Soy el autor del documento
Fecha: 03/02/2023 05:46 p.m.

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 03 de Febrero de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 01230026

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			PC-01	PC-02	PC-03	PC-04	-	-
Código Laboratorio			01230026-01	01230026-02	01230026-03	01230026-04	-	-
Matriz			Natural	Natural	Natural	Natural	-	-
Descripción			Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	-	-
Localización de la Muestra			Río Mashcón, Dist. Baños del Inca	-	-			
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	6.89	6.95	7.03	6.89	-	-
Conductividad a 25°C	µS/cm	NA	718.5	747.5	746.5	803.5	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6000	9.2	23.8	41.8	66.1	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.3000	45.7	78.9	100.3	125.3	-	-
Oxígeno Disuelto	mg O2/L	0.5000	3.0	2.9	2.9	2.4	-	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Formado digitalmente por
LDPEZ LUCIA Pinedo Huambos
PAU 20452744168 aut

Motivo: Voo en señal de
confirmación
Fecha: 02/02/2023 09:29 p. m.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 03 de Febrero de 2023

INFORME DE ENSAYO N° IE 01230026

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			PC-01	PC-02	PC-03	PC-04	-	-
Código Laboratorio			01230026-01	01230026-02	01230026-03	01230026-04	-	-
Matriz			Natural	Natural	Natural	Natural	-	-
Descripción			Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	-	-
Localización de la Muestra			Río Mashcón, Dist. Baños del Inca	-	-			
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	92 x 10 ⁴	35 x 10 ⁴	54 x 10 ⁴	92 x 10 ⁴	-	-
Escherichia coli	NMP/ 100mL	1.8	35 x 10 ⁴	16 x 10 ⁴	17 x 10 ⁴	22 x 10 ⁴	-	-
(*) Formas Parasitarias	N° Org/L	1.0	<1	20	10	10	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado



Firmado digitalmente por
COLINA VÁSQUEZ Juan José
PAU 20453744158 asd

Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 03/02/2023 09:25 p. m.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 03 de Febrero de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03230107

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **MEYNER ORDOÑEZ CHAVEZ**

Dirección **-**

Persona de contacto **MEYNER ORDOÑEZ CHAVEZ** Correo electrónico mordonezc@unc.edu.pe

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **03.03.23** Hora de Muestreo **11:30 a 13:30**

Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**

Procedimiento de Muestreo **-**

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de puntos de muestreo **04**

Ensayos solicitados **Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos- Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**

Referencia de la Muestra: **Cajamarca**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-151** Cadena de Custodia **CC - 0107 - 23**

Fecha y Hora de Recepción **03.03.23 15:48** Inicio de Ensayo **03.03.23 16:00**

Reporte Resultado **15.03.23 15:00**



Firmado digitalmente por MEYRA JAICO
 Edder Miguel PAU 20453744168.caf
 Motivo: Soy el autor del documento
 Fecha: 15/03/2023 05:57 p.m.

Edder Neyra Jaico
 Responsable de Laboratorio
 CIP: 147028

Cajamarca, 15 de Marzo de 2023

INFORME DE ENSAYO N° IE 03230107

ENSAYOS			Químicos Instrumentales					
Código de la Muestra			PC-04	PC-03	PC-02	PC-01	-	-
Código Laboratorio			03230107-01	03230107-02	03230107-03	03230107-04	-	-
Matriz			Natural	Natural	Natural	Natural	-	-
Descripción			Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	-	-
Localización de la Muestra			N:9205095;E:7602 57	N:9205046;E:7790 009	N:9206919;E:7700 33	N:9207267;E:7705 21	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
pH a 25°C	pH	NA	7.17	7.20	7.09	7.38	-	-
Conductividad a 25°C	µS/cm	NA	692.5	643.5	595.0	616.5	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	39.4	32.7	11.9	40.8	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.3	89.7	79.9	25.4	86.0	-	-
Oxígeno Disuelto	mg O2/L	0.5	3.3	3.9	1.8	3.6	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744108 soft

Motivo: Visó en señal de conformidad
Fecha: 15/03/2023 06:45 p. m.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 15 de Marzo de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03230107

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra	PC-04		PC-03	PC-02	PC-01	-	-	
Código Laboratorio	03230107-01		03230107-02	03230107-03	03230107-04	-	-	
Matriz	Natural		Natural	Natural	Natural	-	-	
Descripción	Superficial- Río		Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	-	-	
Localización de la Muestra	N:9205085,E:7802 57		N:9205646,E:7790 089	N:9206919,E:7785 33	N:9207267,E:7785 21	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	54 x 10 ⁴	35 x 10 ⁴	28 x 10 ⁴	92 x 10 ⁴	-	-
Escherichia coli	NMP/ 100mL	1.8	35 x 10 ⁴	16 x 10 ⁴	22 x 10 ⁴	54 x 10 ⁴	-	-
(*) Formas Parasitarias	N° Org/L	1.0	<1	<1	<1	15	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado



Firmado digitalmente por
ZULUETA SANTA CRUZ Erwin
PAU 20453744-105.pdf

Motivo: Visto en señal de conformidad
Fecha: 15/03/2023 03:59 p.m.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 15 de Marzo de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 08231058

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **ORDÓÑEZ CHAVEZ MEYNER**

Dirección -

Persona de contacto **ORDÓÑEZ CHAVEZ MEYNER** Correo electrónico mordonezc@unc.edu.pe

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **30.08.23** Hora de Muestreo **12:00 a 13:30**

Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -

Procedimiento de Muestreo -

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de puntos de muestreo **04**

Ensayos solicitados **Químicos Instrumentales- Físicoquímicos- Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**

Referencia de la Muestra: **Cajamarca**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-1201** Cadena de Custodia **CC - 1058 - 23**

Fecha y Hora de Recepción **31.08.23 09:40** Inicio de Ensayo **31.08.23 09:50**

Reporte Resultado **11.09.23 16:25**



Firmado digitalmente por NEYRA JAICO
 Edder Miguel PAU 20453744166.pdf
 Motivo: Soy el autor del documento
 Fecha: 11/09/2023 09:21 p.m.

Edder Neyra Jaico
 Responsable de Laboratorio
 CIP: 147028

Cajamarca, 11 de Setiembre de 2023



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 08231058

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			PC-01	PC-02	PC-03	PC-04	-	-
Código Laboratorio			08231058-01	08231058-02	08231058-03	08231058-04	-	-
Matriz			Natural	Natural	Natural	Natural	-	-
Descripción			Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	-	-
Localización de la Muestra			Río Mashcón	Río Mashcón	Río Mashcón	Río Mashcón	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
pH a 25°C	pH	NA	7.39	7.40	6.97	7.71	-	-
Conductividad a 25°C	µS/cm	NA	1555.0	1213.5	1832.5	1207.5	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	81.3	4.3	361.0	46.1	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.3	129.7	13.2	654.8	82.0	-	-
Oxígeno Disuelto	mg O2/L	0.5	2.3	7.1	<LCM	4.6	-	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Firmado digitalmente por
 LOPEZ LEON Freddy Humberto
 PAU 20453744109.pdf
 Motivo: Visto en señal de
 conformidad
 Fecha: 11.09.2023 05:13 p.m.

**LABORATORIO REGIONAL
 DEL AGUA**

Cajamarca, 11 de Setiembre de 2023

INFORME DE ENSAYO N° IE 08231058

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra	PC-01		PC-02	PC-03	PC-04	-	-	
Código Laboratorio	08231058-01		08231058-02	08231058-03	08231058-04	-	-	
Matriz	Natural		Natural	Natural	Natural	-	-	
Descripción	Superficial- Río		Superficial- Río	Superficial- Río	Superficial- Río	-	-	
Localización de la Muestra	Río Mashcón		Río Mashcón	Río Mashcón	Río Mashcón	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	17 x 10 ⁵	700	16 x 10 ⁵	35 x 10 ⁵	-	-
Escherichia coli	NMP/ 100mL	1.8	17 x 10 ⁵	460	16 x 10 ⁵	35 x 10 ⁵	-	-
(*) Formas Parasitarias	N° Org/L	1.0	80	<1	140	<1	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1 significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado



Firmado digitalmente por
ZULUETA SANTA CRUZ Eder
PAJ 20453744108 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 11/09/2023 05:06 p.m.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 11 de Setiembre de 2023