

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Recursos  
Naturales**



TESIS

**“Análisis de la Calidad del agua del río Lucre, mediante parámetros  
físicoquímicos y microbiológicos, del Distrito de Lucre, Provincia de  
Quispicanchi, Departamento de Cusco, 2023”**

Presentado por:

**MONTAÑEZ ABARCA, Emanuel Nezer**

**PERALTA SALAS, Alex Guido**

Para optar el título de:

**Ingeniero Ambiental**

**Cusco-Cusco-Perú**

**2024**

## **Tesis**

“Análisis de la Calidad del agua del río Lucre, mediante parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, del distrito de Lucre, Provincia de Quispicanchi, Departamento de Cusco, 2023”

### **Línea de Investigación:**

Calidad Ambiental

### **Asesor:**

Mag. Angela Fiorella Sota Cano



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y RECURSO**  
**NATURALES**

**“ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LUCRE, MEDIANTE  
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS, DEL DISTRITO DE  
LUCRE, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, DEPARTAMENTO DE CUSCO,  
2023”**

Presentado por los Bach. **EMANUEL NEZER MONTAÑEZ ABARCA** y **ALEX GUIDO PERALTA SALAS**, para optar el título profesional de: **INGENIERO AMBIENTAL.**

Sustentado y aprobado el **10 de abril del 2024**, ante el jurado:

**Presidente** : Econ. Wilfredo Baltazar Vega Villafuerte

**Primer miembro** : Ing. Jesús Aurelio Guzmán Gamarra

**Segundo miembro** : Mg. Fernando Díaz Ancco

**Asesor** : Mg. Angela Fiorella Sota Cano

# “Análisis de la Calidad del agua del río Lucre, mediante parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, del Distrito de Lucre, Provincia de Quispicanchi, Departamento de Cusco, 2023”

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.utea.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.uandina.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>www-wds.worldbank.org</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

## DEDICATORIA

A mis queridos padres, Valentina y René, con mucho cariño y amor por haberme apoyado incondicionalmente a concretar mi profesión. A mi hermana Astrid, a mis primos Sharon, Iveth y Vincent por ser alegría y motivación para cumplir mis metas.

Nezer

A mi familia, en especial a mis padres, Alejandro Peralta Laurente y Antonia Salas Contraras; a nuestra Pachamama a quien le debemos cada segundo de vida, razón y motivo por la que concebimos este trabajo con la finalidad de aportar en su conservación y recuperación.

Alex

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecimiento a nuestras familias, por su apoyo; a todos aquellos docentes que compartieron sus conocimientos y experiencias, para formarnos académicamente y lograr la meta de ser buenos profesionales. Agradecer muy especialmente a la Mag. Angela Fiorella Sota Cano por el asesoramiento y la supervisión brindada a lo largo de la presente investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
POST PORTADA.....	ii
PAGINA DE JURADOS.....	iii
PORCENTAJE DE SIMILITUD.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ACRÓNIMOS .....	xiii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	xvi
CAPÍTULO I .....	1
PLAN DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Descripción de la realidad Problemática .....	1
1.2. Identificación y Formulación del problema .....	3
1.2.1. Problema General.....	3
1.2.2. Problemas Específicos .....	3
1.3. Justificación de la Investigación.....	3
1.4. Objetivos de la Investigación .....	5

1.4.1. Objetivo General.....	5
1.4.2. Objetivos Específicos .....	5
1.5. Delimitaciones de la investigación .....	5
1.5.1. Espacial.....	5
1.5.2. Temporal .....	8
1.5.3. Social.....	8
1.5.4. Conceptual .....	8
1.6. Viabilidad de la investigación.....	8
1.7. Limitaciones de la Investigación .....	8
CAPÍTULO II .....	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Antecedentes de investigación .....	9
2.1.1. A nivel internacional .....	9
2.1.2. A nivel nacional .....	11
2.1.3. A nivel regional y local.....	14
2.2. Bases teóricas .....	15
2.2.1. Calidad de Agua:.....	15
2.2.3. Estándares de Calidad Ambiental para Agua:.....	16
2.2.4. Microbiología Ambiental: .....	17
2.3. Marco conceptual.....	17
CAPÍTULO III .....	20
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	20

3.1. Hipótesis .....	20
3.1.1. Hipótesis General.....	20
3.3.2. Hipótesis Específicas .....	20
3.2. Método .....	21
3.3. Tipo de investigación .....	24
3.4. Nivel o alcance de investigación .....	24
3.5. Diseño de investigación .....	24
3.6. Operacionalización de variables .....	25
3.7. Población, muestra y muestreo.....	27
3.8. Técnicas e instrumentos .....	27
3.9. Consideraciones éticas .....	28
3.10. Procesamiento estadístico .....	28
CAPÍTULO IV .....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. Resultados .....	30
4.1.1. Parámetros microbiológicos y fisicoquímicos en temporada de sequía .....	30
4.1.2. Parámetros microbiológicos y fisicoquímicos en temporada de lluvias .....	38
4.2. Discusión de Resultados.....	52
CONCLUSIONES.....	60
RECOMENDACIONES .....	62

ASPECTOS ADMINISTRATIVOS .....	63
Recursos.....	63
Recursos humanos: .....	63
Recursos Materiales:.....	63
Cronograma de actividades .....	64
Presupuesto y Financiamiento.....	65
Presupuesto .....	65
Financiamiento.....	65
BIBLIOGRAFÍA .....	66
ANEXOS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Enfermedades causadas por contaminación microbiológica (ANA, 2016). .....	16
<b>Tabla 2</b> Elementos y metodologías de análisis. ....	23
<b>Tabla 3</b> Cuadro de Operacionalización de Variables. ....	26
<b>Tabla 4</b> Resultado de parámetros en temporada de sequía y los ECA .....	30
<b>Tabla 5</b> Resultado de parámetros en temporada de lluvia y los ECA .....	38
<b>Tabla 6</b> Pruebas de normalidad .....	46
<b>Tabla 7</b> Resumen de Prueba de hipótesis .....	47
<b>Tabla 8</b> Rango de promedio de muestras de Localización .....	47
<b>Tabla 9</b> Pruebas de normalidad .....	49
<b>Tabla 10</b> Resumen de Prueba de hipótesis .....	50
<b>Tabla 11</b> Rango de Promedio de muestras de Parámetros Físicoquímicos .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Zona de estudio en el Río Lucre. ....	7
<b>Figura 2</b>	Diagrama de la evaluación de la Calidad de Agua del Río Lucre.....	21
<b>Figura 3</b>	Resultados de <i>Coliformes Fecales</i> .....	31
<b>Figura 4</b>	Resultados de <i>Escherichia coli</i> .....	32
<b>Figura 5</b>	Resultados de <i>Enterococcus faecalis</i> .....	32
<b>Figura 6</b>	Resultados de <i>Vibrio cholerae</i> .....	33
<b>Figura 7</b>	Resultados de pH.....	33
<b>Figura 8</b>	Resultados de oxígeno disuelto .....	34
<b>Figura 9</b>	Resultados de demanda biológica de oxígeno .....	35
<b>Figura 10</b>	Resultado de demanda química de oxígeno .....	35
<b>Figura 11</b>	Resultado de nitritos.....	36
<b>Figura 12</b>	Resultado de nitratos.....	37
<b>Figura 13</b>	Resultados de <i>Coliformes fecales</i> .....	39
<b>Figura 14</b>	Resultados de <i>Escherichia coli</i> .....	39
<b>Figura 15</b>	Resultados de <i>Enterococcus faecalis</i> .....	40
<b>Figura 16</b>	Resultados de <i>Vibrio cholerae</i> .....	40
<b>Figura 17</b>	Resultados de pH.....	41
<b>Figura 18</b>	Resultados de oxígeno disuelto .....	41
<b>Figura 19</b>	Resultados de demanda biológica de oxígeno .....	42
<b>Figura 20</b>	Resultados de demanda química de oxígeno .....	43
<b>Figura 21</b>	Resultados de nitritos.....	43
<b>Figura 22</b>	Resultados de nitratos.....	44
<b>Figura 23</b>	Comparaciones entre parejas de localización .....	48
<b>Figura 24</b>	Comparaciones entre parejas de Parámetros Fisicoquímicos .....	52

## ACRÓNIMOS

DBO	: Demanda biológica de oxígeno
DQO	: Demanda química de oxígeno
D.S.	: Decreto supremo
ECA	: Estándares de calidad ambiental
MINAM	: Ministerio del Ambiente
OD	: Oxígeno disuelto
pH	: Potencial de hidrogeno
RLP1	: Río Lucre punto 1 (primer punto de muestreo)
RLP2	: Río Lucre punto 2 (segundo punto de muestreo)
RLP3	: Río Lucre punto 3 (tercer punto de muestreo)

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo analizar la calidad del agua del río Lucre mediante parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, durante las temporadas de sequía y lluvias, en el año 2023; para señalar el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para agua.

La metodología comprendió la aplicación del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales para la recolección de muestras de agua; mientras que los resultados obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad para agua; de esta manera la investigación fue de tipo mixta, de nivel descriptivo, y de diseño no experimental. Se recolectaron muestras de agua en 3 puntos fijados a lo largo del río Lucre, consecuentemente se realizó el análisis de 04 parámetros microbiológicos y 06 fisicoquímicos.

En conclusión, se obtuvo los siguientes resultados, donde la concentración de los microorganismos patógenos como *Coliformes fecales*, *Escherichia coli* en los sectores RLP2 y RLP3, superan los niveles permisibles de los ECA-aguas para la categoría 3; sin embargo, no se detectó la presencia de *Vibrio cholerae*. Además, el análisis estadístico señala que la variación en la concentración de microorganismos se debe a la influencia de la concentración de Nitritos-OD, Nitritos-pH y Nitratos-pH. Así también cabe señalar que no hay una diferencia significativa entre temporadas de lluvia y sequía, sin embargo, se evidencia disparidad entre los puntos de muestreo RLP1 y RLP2. Finalmente se propone planificar estrategias de conservación y prevención para el río Lucre.

**Palabras clave:** Calidad del agua, parámetros microbiológicos, parámetros fisicoquímicos.

## ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the water quality of the Lucre River using physicochemical and microbiological parameters, during the dry and rainy seasons, in the year 2023; to indicate compliance with Environmental Quality Standards for water.

The methodology included the application of the National Protocol for Monitoring the Quality of Surface Water Resources for the collection of water samples; while the results obtained were compared with the Quality Standards for water; In this way, the research was mixed, descriptive level, and non-experimental in design. Water samples were collected at 3 fixed points along the Lucre River, consequently the analysis of 04 microbiological and 06 physicochemical parameters was carried out.

In conclusion, the following results were obtained, where the concentration of pathogenic microorganisms such as fecal coliforms, *Escherichia coli* in the RLP2 and RLP3 sectors, exceed the permissible levels of the ECA-waters for category 3; however, the presence of *Vibrio cholerae* was not detected. Furthermore, the statistical analysis indicates that the variation in the concentration of microorganisms is due to the influence of the concentration of Nitrites-OD, Nitrites-pH and Nitrates-pH. It should also be noted that there is no significant difference between rainy and dry seasons, however, a disparity is evident between the RLP1 and RLP2 sampling points. Finally, it is proposed to plan conservation and prevention strategies for the Lucre River.

**Keywords:** Water quality, microbiological parameters, physicochemical parameters.

## INTRODUCCIÓN

El Río Lucre está ubicado en la parte sur de la Ciudad de Cusco; se caracteriza por ser afluente del Humedal de Lucre, ecosistema que alberga variedades de flora y fauna silvestre, y reconocido por su valor paisajístico, cultural y ecológico. La calidad de ambos cuerpos acuáticos se ve afectado por las actividades humanas propias de la localidad, como la agricultura, ganadería, piscicultura, turismo y otras que se desarrollan.

El contacto permanente con las actividades diarias de la población, tanto de las actividades domésticas y productivas acarrear un peligro en la calidad de agua del cuerpo acuático y del humedal de Lucre; más aún, las actividades productivas que de un tiempo a otro se han intensificado, siendo la acuicultura una de ellas.

La importancia de monitorear los parámetros físicos, químicos y microbiológicos radica en que son indicadores cualitativos y cuantitativos para identificar la variación de la calidad de un cuerpo acuático y alertar de ciertos riesgos para la salud de la población y alteración de los ecosistemas; por lo que en este estudio se ha desarrollado un análisis de estos parámetros a través de procedimientos estandarizados y reconocidos a nivel nacional (Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales) (Autoridad Nacional del Agua, 2016), su respectivo análisis en laboratorios acreditados, la verificación del cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para aguas, además de su relación entre cada uno de ellos a través del programa Estadístico Statistical Package for Social Sciences. Se han estudiado los parámetros como el pH, Oxígeno Disuelto, Demanda Biológica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Nitritos, Nitratos (parámetros fisicoquímicos); y *Coliformes fecales*, *Enterococcus faecales*, *Escherichia coli* y *Vibrio cholerae* (parámetros

microbiológicos); las muestras de dichos parámetros fueron tomadas durante las épocas de sequía y de lluvias, en tres estaciones de monitoreo a lo largo del recorrido del río Lucre.

## **CAPÍTULO I**

### **PLAN DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Descripción de la realidad Problemática**

Para resguardar la biodiversidad, el agua es materia primordial, desde las cuencas de regiones montañosas hasta las zonas costeras y oceánicas (Organización de la Naciones Unidas, 2005). De manera que, este recurso debería ser aprovechado sosteniblemente; pero, en épocas de antaño no se tuvo en cuenta la calidad ni la conservación ecológica, es decir aprovecharon este recurso sin pensar en un futuro (Fernández, 2012).

El alarmante incremento de la contaminación de las aguas en el mundo es influenciado por: la expansión poblacional, el progreso económico e industrial, el intenso desarrollo agrícola y el deficiente tratamiento de aguas residuales drenadas en los ríos y lagos (ONU, 2016). Además, conviene mencionar que, el agua microbiológicamente contaminada destinada al consumo humano, logra transportar enfermedades y se deduce que provoca 485 000 defunciones al año (Organización Mundial de la Salud, 2022).

En el Perú, para el río del distrito de Molinopampa según Reyes (2020), el agua residual producida por las piscigranjas reveló un efecto adverso en los cuerpos de agua receptores, manifestando niveles elevados de fosfatos, nitritos y un aumento en la materia orgánica.

En el caso del río Lucre, se observó actividades humanas como: la presencia de piscigranjas, el contacto directo con la población, la práctica de la agricultura y pastoreo; que pueden generar la contaminación de este recurso. Así pues, Cárdenas (2023) indica que en la parte media y en la parte inferior del río Lucre hay una considerable perturbación en los macroinvertebrados acuáticos residentes.

Cabe mencionar que la contaminación del agua es la variación de las particularidades físicas, químicas y microbiológicas, obtenido por efecto de actividades humanas y/o procesos naturales (Gil, 2019). Y también es oportuno resaltar que los cuerpos de agua naturales poseen la facultad de auto-purificación limitada por el volumen, la cantidad de bacterias y las porciones de contaminantes presentes (JCA, 2003). Bajo esta idea, de continuar con estas prácticas antrópicas en el río Lucre sin un control adecuado, seguirá avanzando el proceso de eutrofización y también el incremento de microorganismos.

Por tanto, es importante señalar la calidad del agua del río Lucre, para prevenir la degradación de este recurso, por medio de esta investigación se pretende aportar a la solución de esta problemática, pues esta servirá para diseñar políticas de conservación para el río Lucre.

## 1.2. Identificación y Formulación del problema

### 1.2.1. Problema General

¿Cuál es la calidad de agua del río Lucre mediante los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos durante las temporadas de sequía y lluvias, respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para agua del distrito de Lucre, provincia de Quispicanchi – Cusco, 2023?

### 1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Qué nivel de concentración de *Coliformes fecales*, *Escherichia coli*, y *Enterococcus faecalis*, contiene el agua del río Lucre del distrito de Lucre, provincia de Quispicanchi – Cusco, 2023, e influye en la calidad del agua?
- ¿Se advertirá presencia o ausencia de *Vibrio cholerae* en el agua del río Lucre del distrito de Lucre, provincia de Quispicanchi – Cusco, 2023?
- ¿Qué nivel de concentración fisicoquímica de seis parámetros influye en la calidad del agua del río Lucre del distrito de Lucre, provincia de Quispicanchi - Cusco, 2023?

## 1.3. Justificación de la Investigación

La importancia de la presente investigación radica en el aporte con el conocimiento teórico y al llenado del vacío en relación a la calidad del agua del río Lucre, debido a la ausencia de estudios relacionados a la problemática local sobre la contaminación de este río; aporte que se hace a través del análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del Río Lucre, empleando instrumentos estandarizados a nivel nacional, como el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales

(ANA, 2016) y los Estándares de Calidad Ambiental (D. S. 004-2017-MINAM). Es a partir este análisis de los resultados obtenidos, que las autoridades encargadas de la gestión del recurso hídrico deberán promover la elaboración de planes o programas de manejo y/o tratamiento, con la finalidad de evitar y prevenir el riesgo de transmisión de enfermedades mediante este recurso hídrico y la degradación del ecosistema.

El río Lucre cumple un rol fundamental en el distrito con el mismo nombre, ya que se encarga del abastecimiento de agua para el desarrollo de las actividades productivas de la población. Según Sabater (2009), los ríos son importantes por brindar: disponibilidad de agua, producción de comida y madera, regular el clima, regular los gases de efecto invernadero, depurar el agua, turismo y cultura. Bajo esta perspectiva, el río Lucre desempeña un papel crucial al proveer agua necesaria para preservar los ecosistemas naturales con los que tiene contacto, siendo el principal afluente que desemboca en el humedal de Lucre, considerado como un área RAMSAR, reconocido y protegido por el Estado como patrimonio natural nacional. Cabe señalar, que todo cuerpo de agua puede ser alterada por distintos contaminantes y de esta forma afectar negativamente la biodiversidad y los ecosistemas. (Mateu, 2016); por ejemplo, la eutrofización es un proceso natural pero el aporte continuo de sustancias, sobre todo del nitrógeno y el fósforo tienen impacto en los ríos cuando sobrepasan el equilibrio ecosistémico, interrumpido generalmente por actividades humanas. (Mula, 2012).

## 1.4. Objetivos de la Investigación

### 1.4.1. Objetivo General

Evaluar la calidad de agua del río Lucre mediante los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos durante las temporadas de sequía y lluvias, respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para agua en el distrito de Lucre, provincia de Quispicanchi – Cusco, 2023

### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el nivel de concentración de *Coliformes fecales*, *Escherichia coli*, y *Enterococcus faecalis* que contiene el agua del río Lucre del distrito de Lucre, provincia de Quispicanchi – Cusco, 2023.
- Detectar la presencia o ausencia de *Vibrio cholerae* en el agua del río Lucre del distrito de Lucre, provincia de Quispicanchi – Cusco, 2023.
- Establecer el nivel de concentración fisicoquímica de seis parámetros en el agua del río Lucre del distrito de Lucre, provincia de Quispicanchi – Cusco, 2023.

## 1.5. Delimitaciones de la investigación

### 1.5.1. Espacial

#### UBICACIÓN:

Región : Cusco

Provincia : Quispicanchi

Distrito : Lucre

Río : Lucre

**DATOS TÉCNICOS:**

Longitud del Río: : 8.796 Km

**COORDENADAS**

Proyección horizontal: DATUM WGS84 ZONA 19

**Río Lucre:**

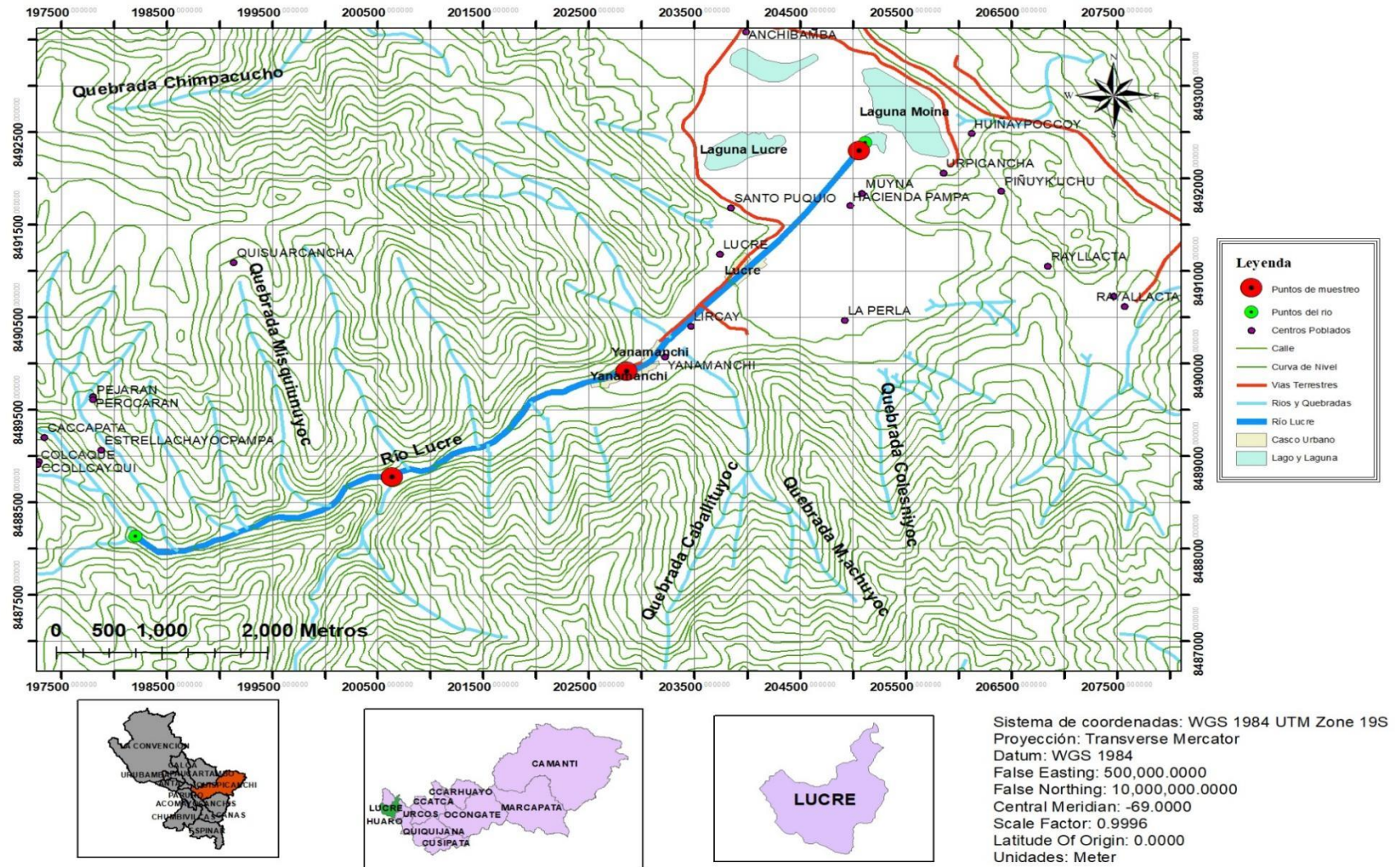
Zona de captación:

ESTE: 198205.82 NORTE: 8488130.38

Zona de descarga:

ESTE: 205117.99 NORTE: 8492385.99

**Figura 1**  
Zona de estudio en el Río Lucre



Fuente: Elaboración propia

### **1.5.2. Temporal**

El presente trabajo se desarrolló durante los meses de setiembre y diciembre del 2023.

### **1.5.3. Social**

La investigación tuvo incidencia en los pobladores que habitan cerca al río de Lucre, permitiendo un manejo adecuado de este recurso.

### **1.5.4. Conceptual**

Se tomó en cuenta determinados parámetros fisicoquímicos: Potencial de Hidrogeno (pH), Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Biologica de Oxigeno (DBO), Demanda Quimica de Oxigeno (DQO), Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y microbiológicos: *Coliformes fecales*, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Vibrio cholerae*.

## **1.6. Viabilidad de la investigación**

El presente estudio fue viable y de factible desarrollo. Las muestras fueron tomadas del río Lucre, utilizando el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” (ANA, 2016).

## **1.7. Limitaciones de la Investigación**

Los costos fueron una limitante para el requerimiento de instrumentos e insumos para realizar el análisis de los parámetros considerados en la presente investigación.

La restricción temporal para el análisis de las aguas del río, debido que la investigación se enfocó en el periodo de sequía entre los meses de mayo a noviembre y el periodo de incremento máximo del caudal del río objeto de estudio, durante los meses de noviembre a marzo.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de investigación

##### 2.1.1. A nivel internacional

Freire et al. (2020) realizaron una evaluación de la calidad del agua del río de Chambo en la época de estiaje utilizando el Índice de Calidad Ambiental del agua ICA-NSF (Riobamba, Ecuador), ubicando 5 puntos de muestro; para los puntos 1 y 5, se obtuvieron dos muestras de agua que se mezclaron para obtener un total de 2000 ml por punto; mientras que, para los puntos 2, 3 y 4, se recolectaron nueve muestras simples de 1000 ml cada una, que se combinaron para obtener muestras compuestas representativas de 4000 ml/día. La aplicación del método ICA-NSF permitió determinar que el parámetro de *Coliformes fecales* excedía el límite permitido de 1000 UFC/ml o 200 NMP/100ml para aguas dulces frías. Por lo tanto, se concluyó que el agua del río Chambo tenía una calidad deficiente con un índice de calidad del 45,40%.

Ortiz et al. (2019), en su estudio sobre los cambios físico y químicos de la calidad del agua en el río Carrizal en Manabí, Ecuador. Cuyo objetivo fue determinar alteraciones fisicoquímicas de la calidad de agua mediante la recolección de muestras siguiendo un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial, se llegó a la conclusión de que los niveles de turbidez, dureza, sólidos suspendidos, alcalinidad, potencial REDOX y sulfatos aumentaron de la cuenca alta a la cuenca baja del río Carrizal. Además, se observó que las variaciones estacionales solo tuvieron impacto en los niveles de oxígeno disuelto, alcalinidad, sólidos totales y sulfatos.

Dueñas (2020), realizó una investigación sobre la calidad del agua en el río Botello en Colombia, con el objetivo de medir los parámetros físico-químicos. Para ello, se llevaron a cabo mediciones in situ de pH y la conductividad eléctrica, y también se tomaron muestras para su análisis en laboratorio, que incluyeron la temperatura, el oxígeno disuelto, los sólidos suspendidos totales y la demanda química de oxígeno, tanto en la cuenca alta como en la media del río Botello. Los resultados revelaron que los parámetros fisicoquímicos se mantienen dentro de los límites permitidos según los Índices de Calidad de Agua (ICA). Además, se observó que el agua en la cuenca alta presenta una contaminación moderada, mientras que en la cuenca media la contaminación es considerablemente mayor.

Peñaranda et al. (2023), llevaron a cabo un estudio sobre el Índice de Calidad del Agua (ICA) en el río Jubones, Ecuador, con el propósito de evaluar la calidad del agua superficial en esa área. Para este

estudio, se seleccionaron cuatro puntos de muestreo y se aplicó una expresión matemática basada en el análisis de nueve parámetros fisicoquímicos definidos en la metodología ICA-NSF. Los hallazgos indicaron que la calidad del agua tiene un valor de clasificación medio, a su vez las concentraciones de Coliformes fecales y DBO presentaron concentraciones críticas.

Pauta et al. (2019) evaluaron la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca (Cuenca, Ecuador), enfocándose este estudio en la evaluación de la calidad del agua de los ríos Yanuncay, Machángara, Tarqui y Tomebamba, afluentes del río Paute. Cada río fue objeto de nueve campañas de monitoreo que abarcaban períodos hidrológicos diferentes. Los resultados del estudio demuestran que, en las áreas de captación, el agua es apta para casi todos los usos, pero la calidad disminuye a medida que fluye aguas abajo, específicamente, durante el período de sequía, se encontró que la calidad del agua era crítica debido a la reducción del oxígeno disuelto, el aumento de la temperatura, la salinidad, la materia orgánica y los *coliformes* bacterianos. Por otro lado, durante los períodos de lluvia, los parámetros que indicaban una disminución en la calidad del agua fueron el color, la turbidez y los niveles de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno.

### **2.1.2. A nivel nacional**

Ponce (2021) hizo un análisis físico, químico y microbiológico de la calidad del agua del río Higuera desde la bocatoma San José de Cozo, hasta la desembocadura en el Río Huallaga (Huánuco, Perú).

Para tal propósito se realizó el muestreo en la bocatoma de San José De Cozo y en la desembocadura del río Higueras. Se llevaron a cabo 5 repeticiones en diferentes días para cada punto de muestreo, con el fin de determinar si los parámetros físicos, químicos y biológicos cumplen con los estándares establecidos por la normativa. En el caso del punto de desembocadura, se sobrepasa el ECA para bacterias *coliformes totales* de 50 NMP/100 ml con un promedio de 87.7 NMP/100 ml y para bacterias *coliformes termotolerantes* de 20 NMP/100 ml con un promedio de 34.3 NMP/100 ml. En el caso de la bocatoma, se excede el ECA para bacterias *coliformes totales* de 50 NMP/100 ml con un promedio de 92.2 NMP/100 ml y para bacterias *coliformes termotolerantes* de 20 NMP/100 ml con un promedio de 36.6 NMP/100 ml.

Espinoza y Chavez (2021). Determinaron la calidad Físicoquímica y microbiológica del agua superficial del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (Huancavelica, Perú). En este estudio, se realizó una selección de muestra no probabilística, en la que se consideraron 6 zonas de muestreo del río Ichu. Para evaluar los *coliformes fecales* como parámetros microbiológicos, se empleó la técnica del Número Más Probable (NMP) mediante una serie de 9 tubos. Los estudios revelan que las concentraciones de *coliformes fecales* superan los criterios establecidos en los estándares nacionales de calidad ambiental para la categoría 1 (poblacional y recreacional). Además, se observa que estos valores aumentan progresivamente en cada punto de muestreo.

Ligarda (2021) dedujo la incidencia de las actividades agropecuarias en la concentración de pesticidas, propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del río Chumbao, en la provincia de Andahuaylas (Apurímac, Perú); donde se consideraron diez lugares para el estudio en el río Chumbao, durante la temporada de sequía y de creciente. Los resultados de los *coliformes fecales* (CF) variaron entre 0 y 5000 UFC/ml en diferentes lugares de muestreo a lo largo de la temporada de creciente, mientras que fluctuaron entre 0 y 20000 UFC/ml durante la temporada de sequía. Se observó un aumento de *coliformes fecales* durante la temporada de sequía.

Cornejo (2020) estudió la calidad microbiológica del agua del río Socabaya mediante el recuento de *Escherichia coli*, *Coliformes Totales* y *Mesófilos Aerobios Totales*, en los distritos de Socabaya y Jacobo Hunter (Arequipa, Perú). Para este estudio se recolectaron 8 muestras de agua en distintos puntos del río Socabaya, y se utilizaron tres tipos de bacterias (*Escherichia coli*, *Coliformes Totales* y *Mesófilos Aerobios Totales*) como indicadores de la calidad microbiológica del agua. Los datos adquiridos concluyen que, los organismos microbiológicos más prevalentes en el río Socabaya son los mesófilos aerobios.

Cajahuaman y Vasquez (2022). Determinaron la calidad del agua del río Shanay Timpishka del distrito de Honoría. (Huánuco, Perú); para lo cual, se tomaron muestras de agua en tres puntos diferentes del río Pachitea (la naciente, el cauce medio y la desembocadura), en conformidad con el protocolo de monitoreo de la calidad del agua. Los

resultados señalan que los parámetros físico-químicos se sitúan dentro de los valores permitidos según el decreto supremo N° 031-2010-SA "Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano" y el decreto supremo N° 004-2017-MINAM, "Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua". No obstante, los parámetros microbiológicos superan los parámetros reglamentados en las normas especificadas anteriormente, lo que indica que las aguas del río no son aptas para el consumo humano.

### **2.1.3. A nivel regional y local**

Gil et al. (2022) determinaron la pérdida de la calidad de un río urbano en Cusco: Caso Saphy. (Cusco, Perú). La presente investigación tuvo la intención de determinar la pérdida de calidad del agua de Saphy un río urbano, utilizando parámetros físico-químicos y biológicos. Los resultados obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental-agua; mediante tal comparación se determinó que el oxígeno disuelto está por debajo de lo ideal y que la demanda biológica de oxígeno supera al ECA-agua en 8,6 veces además que la turbidez y los *coliformes termotolerantes* muestran concentraciones altas respecto del ECA-agua.

Quispe y Pérez (2022) evaluaron la calidad del río Vilcanota utilizando macroinvertebrados (Cusco, Perú). Para fines de este estudio se emplearon macroinvertebrados, utilizando índices biológicos reconocidos por su sensibilidad a la contaminación. Este análisis se realizó mediante del método de conteo y cálculo en 4 puntos en temporadas de estiaje y avenida, en donde los resultados obtenidos

muestran; el valor promedio del índice BMWP para los macroinvertebrados dieron: aguas de generación dudosa (Avenida) y generación crítica (Estiaje), el valor promedio del Índice Biótico Andino para los macroinvertebrados, dieron: aguas de generación dudosa (Avenida) y de generación mala (Estiaje), para el Índice ETP con generación de calidad mala. De esta forma concluyendo por medio de los índices biológicos que la calidad de agua es mala.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Calidad de Agua:**

Son dimensiones de la condición del agua en relación con el efecto producido en el ecosistema acuático o en usos antrópicos (Rock, 2014), vale decir; también, que la calidad de agua está determinada por los componentes físicos, químicos y microbiológicos presentes en el agua, producidas naturalmente o alterada por los humanos (BCN, 2016). Estas características pueden determinar los usos particulares que se pueden dar al agua proveniente de una determinada fuente, como por ejemplo para el consumo humano, riego, uso recreativo, industrial, etc.

### **2.2.2. Enfermedades por consumo de agua contaminada:**

La contaminación de los ríos al mismo tiempo que logra alterar el ecosistema puede provocar déficit en la salud de las personas (ANA, 2016). Teniendo esto en cuenta, a continuación, se muestra en la **Tabla 1**. Una lista de algunas enfermedades que pueden impactar en la salud humana, provocadas por contaminación microbiológica.

**Tabla 1***Enfermedades causadas por contaminación microbiológica.*

GRUPO	ORGANISMO PATÓGENO	ENFERMEDAD CAUSADA
Bacteria	<i>Salmonella</i>	Fiebre tifoidea
	<i>Shigella</i>	Shigelosis (disentería bacilar)
	<i>Escherichia Coli</i>	Gastroenteritis y septicemia
	<i>Campylobacter</i>	Gastroenteritis
	<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera
Protozoarios	<i>Entamoeba histolytica</i>	Disentería amebiana, amebiasis.
	<i>Giardia lamblia</i>	Giardiasis
	<i>Cryptosporidium</i>	Criptosporidiosis, diarrea, fiebre
Helmintos (Nemátodos)	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascariosis
	<i>Ancylostoma duodenale</i>	Larva migrans cutáneo
	<i>Taenia saginata</i>	Teniasis

*Fuente.* Autoridad Nacional del agua (2016).

### 2.2.3. Estándares de Calidad Ambiental para Agua:

Valores que fijan los niveles de concentración de componentes presentes en el agua, como cuerpo receptor, que mediante el (D. S. N° 004-2017-MINAM), contempla las diferentes categorías de los ECA para agua como son:

- Categoría 1: De uso poblacional y recreacional.
- Categoría 2: Para extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.
- Categoría 3: Para el riego de vegetales y bebida de animales.
- Categoría 4: Para conservación del ambiente acuático.

#### 2.2.4. Microbiología Ambiental:

Estudia la relación entre los microorganismos y el ambiente, determinando algunas leyes que cumplen, estas interacciones, que son importantes para determinar el deterioro que pueden producir al ecosistema (Frioni, 2006); pues es en base a esta ciencia que la presente investigación, analiza a bacterias como el *Coliformes Fecales*, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* y por último la *Vibrio cholerae*.

### 2.3. Marco conceptual

**Coliformes fecales:** También conocidos como *Coliformes termotolerantes*, por ser un conjunto de organismos capaces de tolerar y desarrollarse a 44-45°C. (SUNASS, 2004). Posee similar forma a la bacteria *Escherichia coli* y se generan, usualmente la flora intestinal de humanos y animales. Pueden ser inofensivos y también letales (Calvo, 2010).

**Ecosistemas:** Son un grupo de sistemas múltiples compuestos por cuantiosos elementos; biológicos (seres vivos) y fisicoquímicos (biotopo); que intercambian la energía y la materia en distintos tiempos y espacios, consecuentemente establecen estructuras y funciones en el entorno que los rodea (Badii, 2007).

**Escherichia coli (E. coli):** Es la especie enterobacteriana más común del intestino humano; no obstante, la presencia de *enterotoxinas* puede provocar EDA. Últimamente cepas de *E. coli*, desarrollaron una *enterotoxina termolábil y/o termoestable*; a la par evolucionaron *serogrupos* provocando infecciones similares a los *Shigellas* (Alvia et al., 2019).

**Estándares de calidad ambiental:** Son herramientas de gestión ambiental utilizadas para establecer la situación de la calidad ambiental en el terreno patrio; los ECA fijan la magnitud de elementos o sustancias concentradas en los ecosistemas que no presentan peligros de salubridad ni ambientales (MINAM, 2019).

**Eutrofización:** Generalmente el nitrógeno, fósforo, y carbono, enriquecen el ecosistema acuático; aumentando la población de productores primarios, interfiriendo con el intercambio de oxígeno y el flujo del agua, por tanto, el líquido se enturbia y se ocasiona cambios en la biodiversidad (Balcorta, 2019).

**Parámetros de Calidad:** Son elementos físicos, químicos y biológicos de un valor determinado que señalan el límite para determinar la calidad del agua (MINAM, 2017).

**Ríos:** Los ríos son ecosistemas acuáticos de carácter unidireccional que fluyen sobre los diversos espacios geográficos. Se suministran de agua producto de las precipitaciones pluviales, las escorrentías, los niveles freáticos y el derretimiento de glaciares (CONABIO, 2022).

**Vibrio cholerae:** Son especies oxidasa positiva y móviles por un flagelo polar, prefieren ecosistemas acuáticos, posee gran capacidad frente a cambios de la temperatura y la salinidad, variación de nutrientes, soporta la existencia de tóxicos tanto antropogénicos como biogénicos (Rosas, 2004).

**Zona de captación:** Son áreas colindantes al *divortium aquarum* en la parte más elevada de la cuenca; rodeada de montañas y colinas; donde nacen los

primeros escurrimientos y consecuentemente las corrientes hidráulicas.  
(SEMARNAT, 2013)

**Zona de almacenamiento:** Es la fracción de la cuenca donde se recauda el agua, que se transporta proveniente de la zona de cabecera. Además, en ella se adjuntan diversos cuerpos de agua con distintas características físico-químicas y biológicas (Ordoñez, 2011).

**Zona de descarga:** Lugar donde el río desemboca; caracterizado por ser una zona crucial para ecosistemas como los humedales, además de ser el lugar que acapara los impactos de la cuenca (SEMARNAT, 2013).

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Hipótesis

##### 3.1.1. Hipótesis General

La calidad del agua del río Lucre mediante los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos durante las temporadas de sequía y lluvias no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental para agua; distrito de Lucre, provincia de Quispicanchi – Cusco, 2023.

##### 3.3.2. Hipótesis Específicas

- El nivel de concentración de *Coliformes fecales*, *Escherichia coli*, y *Enterococcus faecalis* que contiene el agua del río Lucre del distrito de Lucre, provincia de Quispicanchi – Cusco, 2023, exceden los ECA para agua.
- Se encontró presencia de *Vibrio cholerae*, en el agua del río Lucre del distrito de Lucre, provincia de Quispicanchi - Cusco, 2023.

- El nivel de concentración fisicoquímica de seis parámetros en el agua del río Lucre del distrito de Lucre, provincia de Quispicanchi – Cusco, 2023; sobrepasan los ECA para agua.

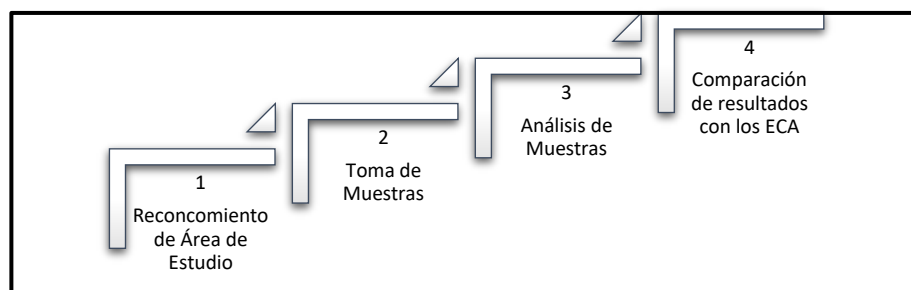
### 3.2. Método

Según Abreu (2014), es a través de este método que se puede analizar cuestiones genéricas que se proyectan en un conjunto de realidades para construir una teoría de índole general; en otras palabras, propone un análisis ascendente que empieza de lo particular y/o individual hasta lo general. Por lo que establecimos que el presente trabajo se basa en el método Inductivo, toda vez que el presente estudio abarca el análisis de las muestras de agua recolectada del río Lucre, en distintas temporadas, considerando 3 puntos referenciales, para poder determinar la calidad de agua de todo el torrente acuático del río Lucre.

### Procedimiento

**Figura 2**

*Diagrama de la evaluación de la Calidad de Agua del río Lucre*



*Fuente:* Elaboración propia

En la figura 2, se muestra el proceso general empleado para analizar los parámetros que se consideraron para evaluar la calidad del agua del Río Lucre.

**ETAPA 1. Reconocimiento de Área de Estudio:** Para el establecimiento del área de estudio o red de puntos de monitoreo se recurrió al “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” (ANA, 2016), esta

etapa se contempla en la fase de pre monitoreo de dicho protocolo. Por lo que el área de estudio comprendió el río Lucre donde se ubicaron tres puntos de monitoreo en los sectores de Pacramayo, Yanamanchi, y Lucre.

**ETAPA 2. Toma de Muestras:** Se realizó la toma de muestras de tipo simple o puntual en frascos de polietileno, en 3 puntos distintos, durante los periodos de lluvia y sequía, tomando en consideración el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” (ANA, 2016).

**ETAPA 3. Análisis de Muestras:** Las muestras recolectadas fueron derivadas para ser examinadas por el Laboratorio Louis Pasteur S. R. L., laboratorio acreditado por el INACAL (Instituto Nacional de Calidad), para lo cual se aplicaron los siguientes procesos:

**Tabla 2**  
*Elementos y metodologías de análisis*

<b>Muestras de:</b>	<b>Método</b>
<i>Coliformes Fecales</i>	SMEWW-APHA-AWWA.WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed.
<i>Escherichia coli</i>	SMEWW-APHA-AWWA.WEF Part 9221 7, Escherichia coli Procedure using fluorogenicsybastrate, 23rd.
<i>Enterococcus faecalis</i>	SMEWW 9230B 23rd Ed.
<i>Vibrio cholerae</i>	SMEWW 9260H.2.d,3. d. 23rd Ed.
ph	SMEWW-APHA-AWWA.WEF Part 4500-H*B, 23rd Ed.
Oxígeno Disuelto	Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23rd EDITION. Part 4500- O Oxigen (Dissolved) C.
Demanda Biológica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA.WEF Part 5210 B, 23rd Ed.
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA.WEF Part 5220 C, 23rd Ed.
Nitritos	SMEWW 4110 B Ed 23.
Nitratos	SMEWW 4110 B Ed 23.

*Fuente:* Elaboración propia, mencionando tipos de ensayo del Laboratorio Louis Pasteur.

**ETAPA 4. Comparación de Resultados de las muestras:** Se contrastaron los resultados obtenidos con los estándares de calidad ambiental para aguas establecidos en el D. S. N° 004-2017-MINAM, a fin de concluir si se cumplen o no con dichos estándares (MINAM, 2017); así mismo se realizó el análisis estadístico para determinar la distribución de los resultados obtenidos, así como las implicancias que generan este fenómeno.

### **3.3. Tipo de investigación**

Este trabajo es de tipo de investigación mixta, ya que permitirá obtener información numérica sobre los parámetros relacionados con la calidad del agua del Río Lucre, y su interpretación describirá las cualidades del río que se compararán con los Estándares de Calidad Ambiental para agua; además los valores obtenidos serán útiles para tomar medidas que permitan una gestión y manejo adecuado del recurso hídrico en la cuenca hidrográfica del Río Lucre. Dicha clasificación se ampara en el artículo de investigación de Hernández y Mendoza (2020) quienes indican que la ruta mixta de investigación requiere de evidencia numérica, visual, textual y entre otras, para poder entender algún fenómeno y proponer posibles soluciones.

### **3.4. Nivel o alcance de investigación**

Nieto (2018) refiere que, si una investigación se enfoca en recolectar información sobre las características de algún fenómeno para corroborar la validez de sus hipótesis, esa investigación es de alcance descriptivo. Es así que el presente estudio precisa aspectos fisicoquímicos y biológicos respecto a la calidad de agua del río Lucre; en consecuencia, su alcance es de nivel descriptivo, ya que se hace una descripción de la medición de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, otorgándoles valores numéricos. Es decir, se describe cuáles son los parámetros y en que cantidades se encuentran en el agua del río Lucre.

### **3.5. Diseño de investigación**

Es de diseño no experimental, ya que no se intervino directamente en la muestra ni se alteraron las variables de investigación, debido a que se estudiaron tal y como existían en su medio natural; y transeccional, porque se recolectaron los datos en un tiempo determinado; según Ponce O. (2018) este diseño de investigación

describe un fenómeno a través de datos y de manera imparcial, tal y cual se da en su contexto natural.

### **3.6. Operacionalización de variables**

Oyola (2021) indica que hay una relación entre las variables de investigación puesto que la variable independiente causa la presencia o manifestación de la variable dependiente. Para lo cual en el presente estudio se establecieron las siguientes variables de investigación:

- **Independiente:** La concentración fisicoquímica y microbiológica presente en el río Lucre.
- **Dependiente:** La calidad de agua del río Lucre.

**Tabla 3**  
Cuadro de Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DIMENSIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
EL NIVEL DE CONCENTRACIÓN FISICOQUÍMICA Y MICROBIÓLOGICA DEL RÍO LUCRE	Se refiere a la presencia y nivel de acumulación de componentes fisicoquímicos y microbiológicos en el agua del Río Lucre	Evaluación fisicoquímica	Se recolectó el agua del río Lucre en frascos de polietileno, para posteriormente ser derivados al laboratorio Louis Pasteur	❖ pH
				❖ OD
LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO LUCRE	Son las características fisicoquímicas y microbiológicas delimitadas por el D.S. 004-2017-MINAM	Calidad del agua	Se determinó mediante la comparación entre los resultados obtenidos (fisicoquímicos y microbiológicos), con los Estándares de Calidad Ambiental para agua	❖ DBO
				❖ DQO
				❖ Nitritos
				❖ Nitratos
				❖ <i>Coliformes Fecales</i>
❖ <i>Escherichia coli</i>				
❖ <i>Enterococcus faecalis</i>				
❖ <i>Vibrio cholerae</i>				
				❖ ECA, categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales
				❖ ECA, categoría 4, conservación del ambiente acuático

Fuente. Elaboración propia.

### 3.7. Población, muestra y muestreo

La población de estudio del presente trabajo de investigación es el río Lucre, ubicado en distrito Lucre, Provincia de Quispicanchi-Cusco, con un recorrido total de 8.796 Km. La muestra comprende tres puntos de monitoreo descritos a continuación:

- Parte alta o Sector Pacramayo (RLP1)  
Coordenadas UTM 19L: ESTE: 200634 NORTE: 8488659
- Parte media o Sector Yanamanchi (RLP2)  
Coordenadas UTM 19L: ESTE: 0202857 NORTE: 8489914
- Zona de descarga o Sector Lucre (RLP3)  
Coordenadas UTM 19L: ESTE: 0204813 NORTE: 8492443

El muestreo considera los parámetros fisicoquímicos (ph, OD, DBO, DQO, nitritos y nitratos) y microbiológicos (*Coliformes fecales*, *Escherichia coli* y *Enterococcus faecalis* y *Vibrio cholerae*.)

### 3.8. Técnicas e instrumentos

#### Toma de muestras de agua:

Se procedió de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (ANA, 2016), para lo cual se tomaron en cuenta las fases de pre monitoreo, monitoreo y post monitoreo.

Las muestras recolectadas se derivaron al laboratorio privado Louis Pasteur donde se analizaron siguiendo las metodologías presentadas en la tabla 2, por lo que se necesitó los siguientes instrumentos:

- Fichas de muestreo y de cadena de custodia.

- Reactivos.
- Frascos de polietileno con etiquetas de muestreo.
- Caja cooler.
- GPS.
- Guantes desechables.

### **Análisis de Resultados:**

Para lo cual se hizo la comparación de los resultados con los Estándares de calidad Ambiental para agua aprobados en el D. S. 004-2017-MINAM, para determinar el cumplimiento de estos. Además, se empleó el programa Statistical Package for Social Sciences (International Business Machines Corporation, 2021), para analizar la distribución de los resultados obtenidos mediante el Test de Shapiro-Wilks y prueba de Kruskal-Wallis.

### **3.9. Consideraciones éticas**

Las muestras tomadas se analizaron siguiendo los protocolos y con total responsabilidad.

### **3.10. Procesamiento estadístico**

Se realizó el procesamiento estadístico utilizando el programa Statistical Package for Social Sciences (SPSS), para los siguientes datos:

Para los parámetros microbiológicos: El análisis de normalidad se realizó mediante el test de *Shapiro-Wilks*, estableciéndose la siguiente hipótesis:

**$H_0$ :** Los datos siguen una distribución Normal

**$H_1$ :** Los datos no siguen una distribución Normal

teniendo en cuenta las siguientes formulas:

$$H_0: X \sim N(\mu, \sigma^2)$$

$$H_0: X \neq N(\mu, \sigma^2)$$

Si los datos no pertenecen a una distribución normal, se procederá a usar la prueba de Kruskal-Wallis, planteando las siguientes hipótesis:

$H_0$ : El nivel concentración de microorganismos es el mismo para todos los sectores del rio Lucre.

$H_1$ : El nivel concentración de microorganismos no es el mismo para todos los sectores del rio Lucre.

Para los parámetros fisicoquímicos relacionados con la concentración de microorganismos: esta prueba de normalidad considero el test de *Shapiro-Wilks* sugiriendo las siguientes hipótesis:

**$H_0$ : Los datos siguen una distribución Normal**

**$H_1$ : Los datos no siguen una distribución Normal**

con las siguientes formulas:

$$H_0: X \sim N(\mu, \sigma^2)$$

$$H_0: X \neq N(\mu, \sigma^2)$$

Al no ser parte de una distribución normal se utiliza la prueba de Kruskal-Wallis, implantando las siguientes hipótesis:

$H_0$ : El nivel concentración de microorganismos es el mismo para todos los parámetros fisicoquímicos.

$H_1$ : El nivel concentración de microorganismos no es el mismo para todos los parámetros fisicoquímicos.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Parámetros microbiológicos y fisicoquímicos en temporada de sequía

**Tabla 4**  
*Resultado de parámetros en temporada de sequía y los Estándares de Calidad Ambiental para agua*

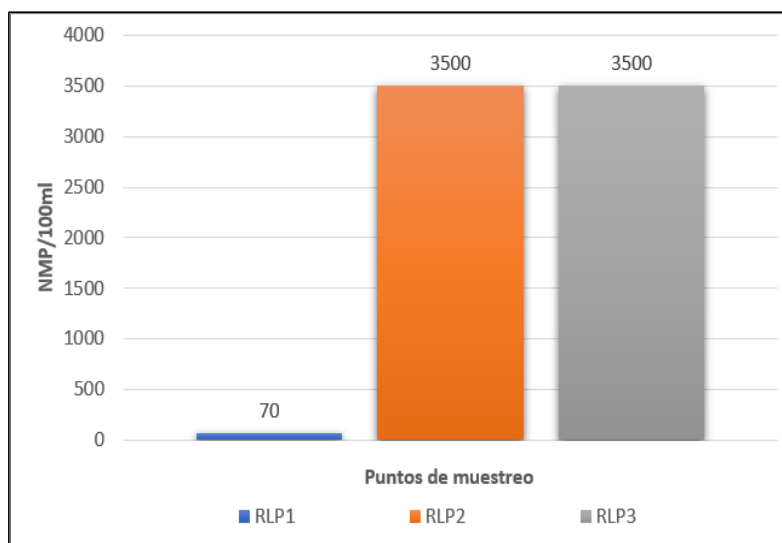
Análisis de la calidad del agua del Rio Lucre						
Temporada de Sequía		RESULTADOS			Estándares de Calidad Ambiental	
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS	UNIDAD	Sector:			Categoría 4: Conservación del ambiente acuático	Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales
		Pacramayo	Yanamanchi	Lucre		
		RLP1	RLP2	RLP3		
<i>Coliformes fecales</i>	NMP/100ml	70	3 500	3 500		1 000 NMP/100ml
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	70	3 500	3 500		1 000 NMP/100ml
<i>Enterococcus faecalis</i>	NMP/100ml	130	350	170		
<i>Vibrio cholerae</i>	detección	Ausencia	Ausencia	Ausencia		
PARAMETROS FÍSICOQUÍMICOS	UNIDAD	RLP1	RLP2	RLP3		
ph	unidades de pH	8,25	7,34	8,00	6,5 a 9,0 pH	
OD	mg/L	7,00	7,00	8,2	≥ 5 mg/L	
DBO	mg/L	2,98	4,11	7,31	10 mg/L	
DQO	mg/L	0,00	0,00	9,54		40 mg/L
Nitritos	mg/L	0,037	0,040	0,043		10 mg/L
Nitratos	mg/L	0,46	0,59	0,68	13 mg/L	

*Fuente.* Elaboración propia.

En la tabla 4 se muestra una compilación de los resultados obtenidos de la evaluación de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos durante la temporada de sequía; así como los ECA para agua.

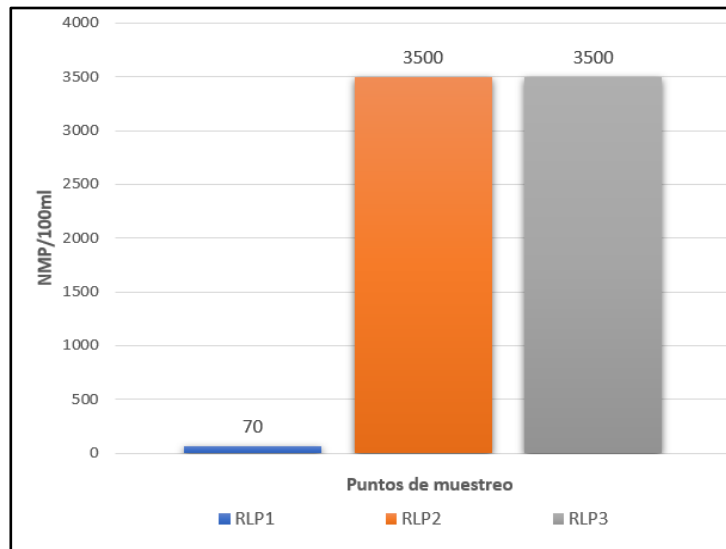
### a. *Coliformes Fecales*

**Figura 3**  
*Resultados de Coliformes fecales*



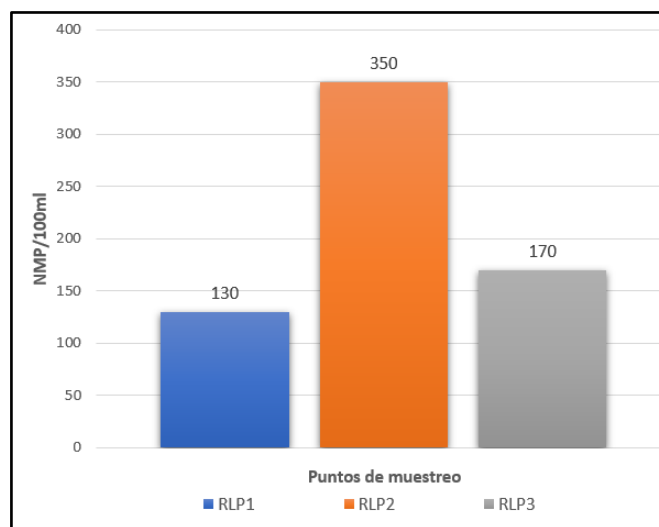
*Fuente.* Elaboración propia.

La Fig. 3, nos muestra los resultados de *Coliformes fecales* en los 3 puntos de muestreo donde podemos observar una diferencia entre el primer punto con 70 NMP/100ml y el segundo punto con una concentración de 3500 NMP/100ml, así mismo se logra verificar una similitud entre el segundo y tercer sector de muestreo.

**b. *Escherichia coli*****Figura 4**  
*Resultados de Escherichia coli*

Fuente. Elaboración propia

Se observa en la Fig. 4 los resultados obtenidos para *Escherichia coli*, variando del primer al segundo punto de 70 NMP/100ml a 3500 NMP/100ml, respectivamente. Consecuentemente se evidencia que los puntos (RLP2 y RLP3) son de igual magnitud.

**c. *Enterococcus faecalis*****Figura 5**  
*Resultados de Enterococcus faecalis*

Fuente. Elaboración propia

La Fig. 5., reporta la concentración de *Enterococcus faecalis*, siendo estas dispares desde el primer punto con 130NMP/100ml, el segundo con 350 NMP/100ml y el tercero cambiando a 170NMP/100ml. Por ende, cabe señalar que el segundo punto (RLP2), es el de mayor concentración de *Enterococcus faecalis*.

#### d. *Vibrio cholerae*

**Figura 6**

Resultados de *Vibrio cholerae*

UNIDAD	RLP1	RLP2	RLP3
<i>Vibrio cholerae</i> /2L	Ausencia	Ausencia	Ausencia

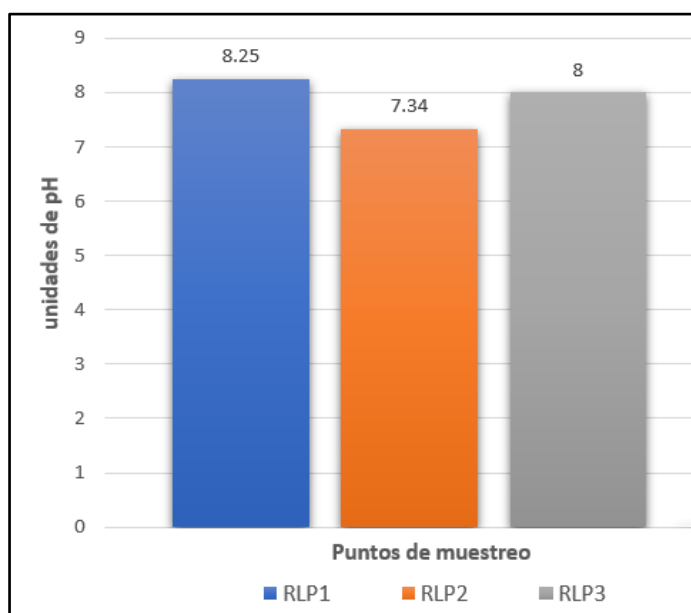
Fuente. Elaboración propia

Se puede observar en la Fig. 6., indica una ausencia de este microorganismo en los tres sectores de muestreo.

#### e. pH

**Figura 7**

Resultados de pH



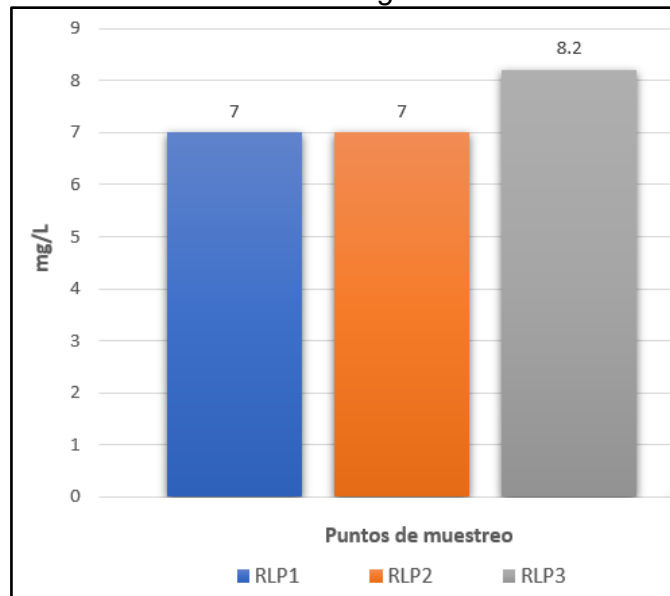
Fuente. Elaboración propia

Los datos obtenidos para las unidades de pH, mostrados en la Fig.7, revelan cambios en los tres sectores siendo estos 8.25 pH; 7.34 pH; y 8 pH, para los tres puntos de muestreo respectivamente.

#### f. Oxígeno Disuelto

**Figura 8**

*Resultados de oxígeno disuelto*



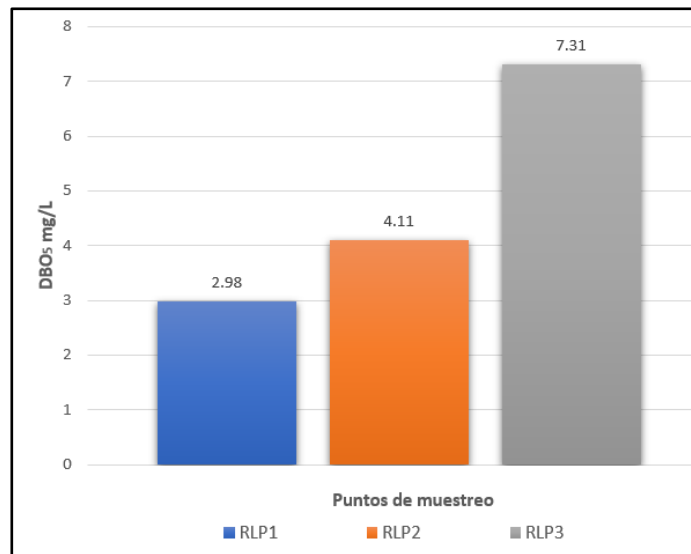
*Fuente. Elaboración propia*

Para este valor se muestra una semejanza en los primeros sectores de muestreo con un contenido de 7 mg/L, y cambiando para el tercer sector a 8.2 mg/L.

### g. Demanda Biológica De Oxígeno

**Figura 9**

*Resultados de demanda biológica de oxígeno*



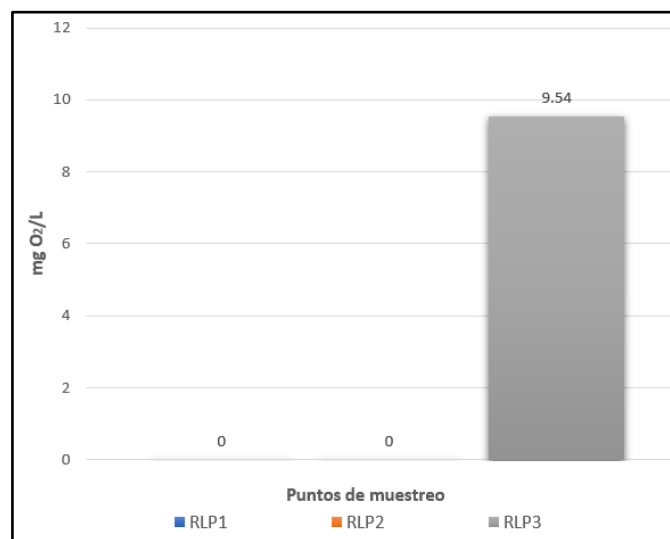
*Fuente. Elaboración propia*

Se diferencia claramente una disparidad en los 3 puntos de muestreo, de esta manera registrando un 2.58 DBO<sub>5</sub> mg/L para RLP1; cambiando a 4.11 DBO<sub>5</sub> mg/L en el sector RLP2; y finalmente adquiriendo un valor de 7.31 DBO<sub>5</sub> mg/L en RLP3.

### h. Demanda Química de Oxígeno

**Figura 10**

*Resultado de demanda química de oxígeno*

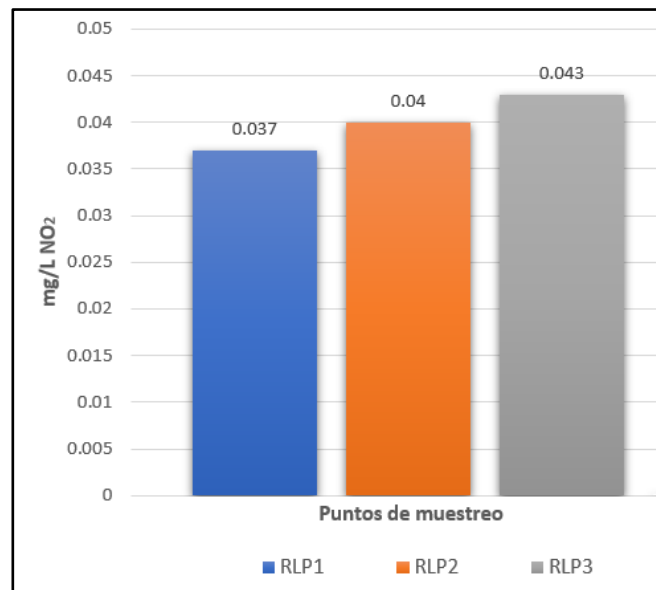


*Fuente. Elaboración propia*

En la Fig. 10, se pudo notar una concentración de 0 mg O<sub>2</sub>/L para los puntos de muestreo RLP1 Y RLP2; no obstante, se muestra una modificación en el punto RLP3 con una concentración de 9.54 mg O<sub>2</sub>/L.

### i. Nitritos

**Figura 11**  
*Resultado de nitritos*

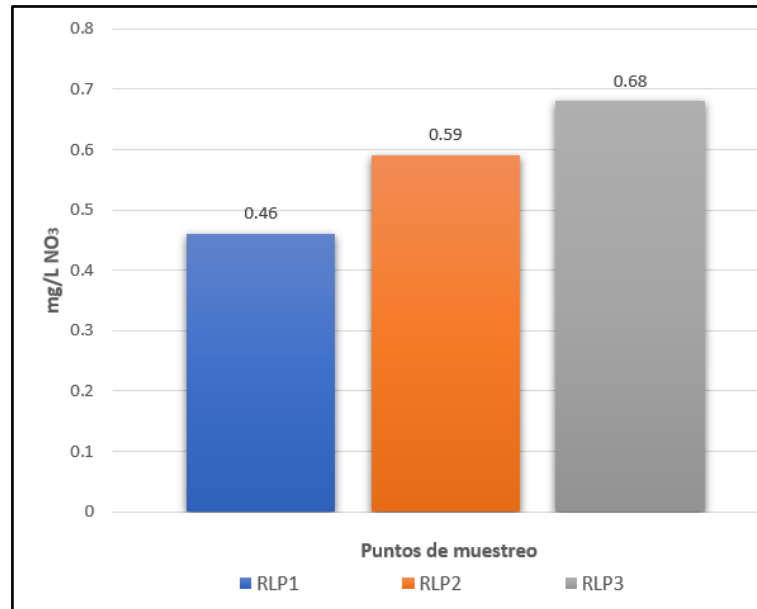


*Fuente.* Elaboración propia

La Fig. 11, indica que el punto más alto contiene un valor de 0.043 mg/L NO<sub>2</sub>; seguido del punto RLP2 con 0.04 mg/L NO<sub>2</sub>; y teniendo el punto RLP1 como el más bajo con una concentración de 0.037 mg/L NO<sub>2</sub>.

## j. Nitratos

**Figura 12**  
*Resultado de nitratos*



*Fuente.* Elaboración propia

Se puede notar que la Fig. 12, presenta cambios en los tres sectores, obteniendo así una cantidad de 0.46 mg/L NO<sub>3</sub> para el primer punto; luego siendo 0.59 mg/L NO<sub>3</sub> en el segundo punto; y con 0.68 mg/L NO<sub>3</sub> en el tercer punto de muestreo.

#### 4.1.2. Parámetros microbiológicos y fisicoquímicos en temporada de lluvias

**Tabla 5**

Resultado de parámetros en temporada de lluvias y los Estándares de Calidad Ambiental para agua

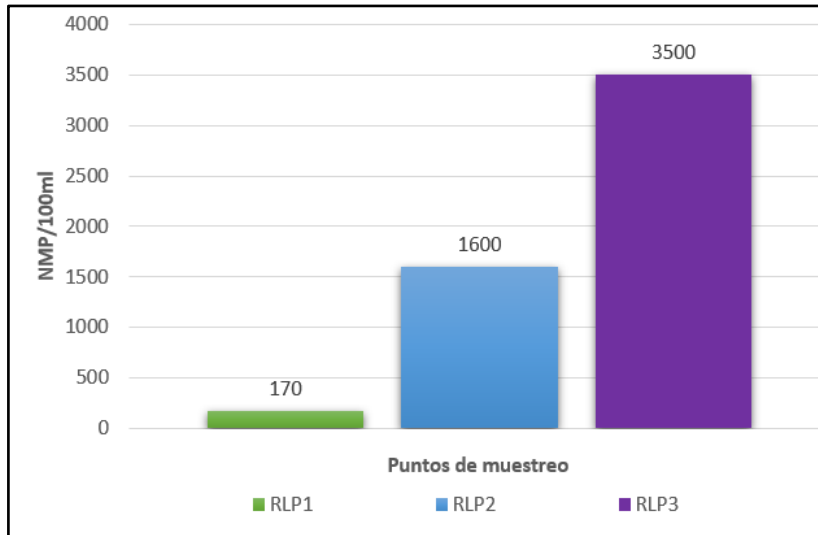
Análisis de la calidad del agua del Rio Lucre						
Temporada de Lluvias		RESULTADOS			Estándares de Calidad Ambiental	
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS	UNIDAD	Sector:			Categoría 4: Conservación del ambiente acuático	Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales
		Pacramayo	Yanamanchi	Lucre		
		RLP1	RLP2	RLP3		
<i>Coliformes Fecales</i>	NMP/100ml	170	1 600	3 500		1 000 NMP/100ml
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	130	1 600	170		1 000 NMP/100ml
<i>Enterococcus faecalis</i>	NMP/100ml	7,8	110	79		
<i>Vibrio cholerae</i>	detección	Ausencia	Ausencia	Ausencia		
PARAMETROS FISICOQUÍMICOS	UNIDAD	RLP1	RLP2	RLP3		
ph	unidades de pH	7,6	7,33	7,82	6,5 a 9,0 pH	
OD	mg/L	6,70	6,50	6,51	≥ 5 mg/L	
DBO	mg O <sub>2</sub> /L	4,37	1,52	5,03	10 mg/L	
DQO	DBO5 mg/L	6,40	3,20	9,60		40 mg/L
Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub>	0,118	0,114	0,120		10 mg/L
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>	0,57	0,93	1,2	13 mg/L	

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 5 se muestra una compilación de los resultados obtenidos de la evaluación de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos durante la temporada de lluvias; así como los ECA para agua.

### a. Coliformes Fecales

**Figura 13**  
*Resultados de coliformes fecales*

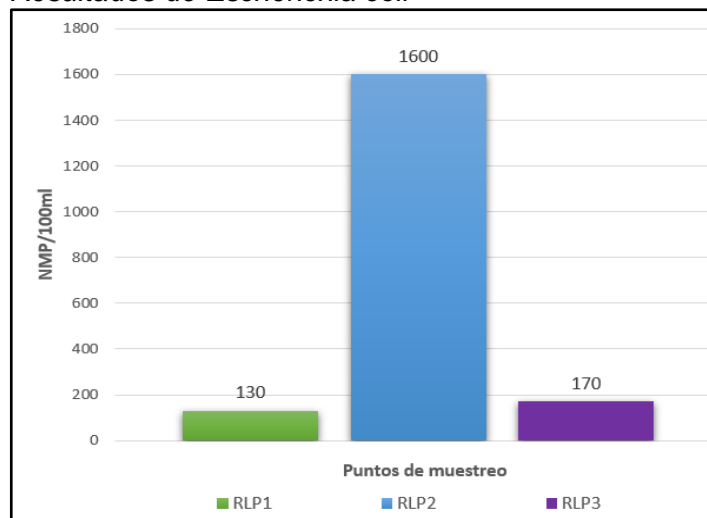


Fuente. Elaboración propia

En la Fig. 13, tenemos las proporciones de *coliformes fecales* en la temporada de lluvias, que son como siguen: 170 NMP/100ml en el primer punto; 1600 NMP/100ml para el segundo punto de muestreo; e incrementando en el tercer punto a 3500 NMP/100ml.

### b. Escherichia coli

**Figura 14**  
*Resultados de Escherichia coli*



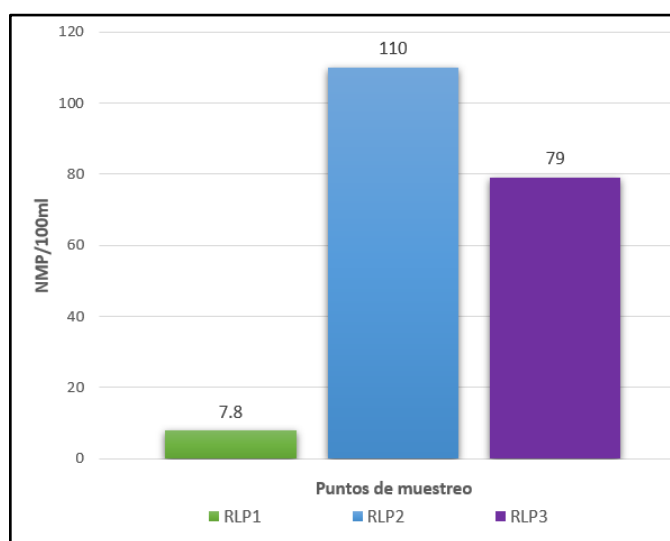
Fuente. Elaboración propia

El contenido de *Escherichia coli* son mostrados en la figura 14, donde se tiene los valores de 130 NMP/100ml, 1600 NMP/100ml y 170 NMP/100ml; para los tres sectores de muestreo respectivamente, percatándose de esta forma un mayor grado de concentración en el segundo punto.

### c. *Enterococcus faecalis*

**Figura 15**

*Resultados de enterococcus faecalis*



Fuente. Elaboración propia

Se observa en el primer punto de monitoreo una concentración de 7.8 NMP/100ml, mientras que el máximo valor se da en el segundo sector con una concentración de 110 NMP/100ml; seguido del tercer punto con 79 NMP/100ml.

### d. *Vibrio Cholerae*

**Figura 16**

*Resultados de vibrio cholerae*

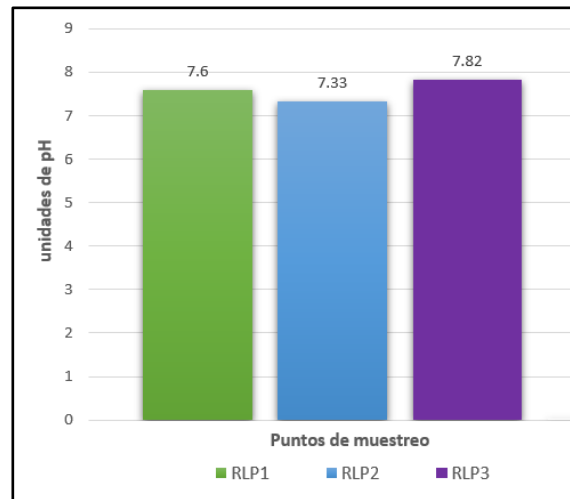
UNIDAD	RLP1	RLP2	RLP3
<i>Vibrio cholerae</i> /2L	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente. Elaboración propia

Mediante la figura 16, se determina la ausencia de *Vibrio cholerae* en los tres puntos.

#### e. pH

**Figura 17**  
*Resultados de pH*

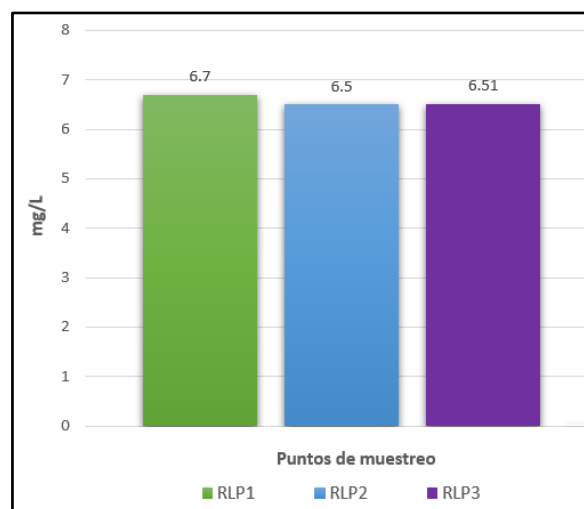


Fuente. Elaboración propia

Se visualiza en la figura 17, la cantidad de pH, valores diferentes siendo estos de: 7.6 pH para RLP1; con 7.33 pH en el punto RLP2 y para RLP3 con 7.82 pH.

#### f. Oxígeno Disuelto

**Figura 18**  
*Resultados de oxígeno disuelto*



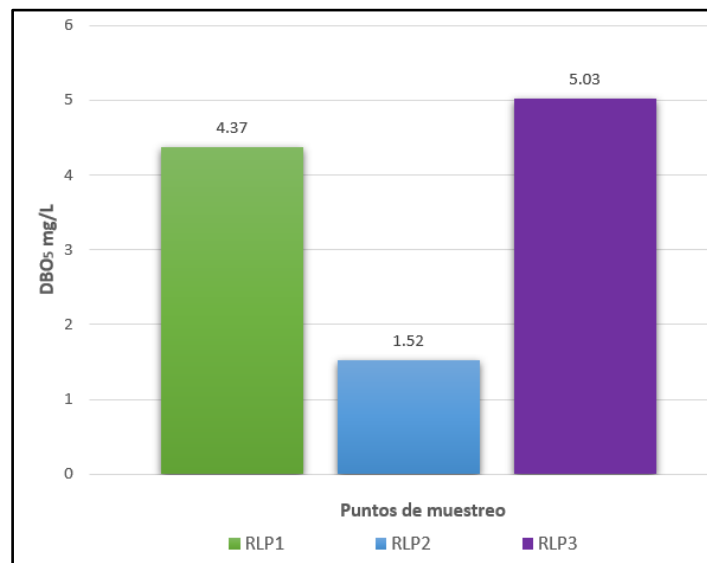
Fuente. Elaboración propia

La figura 18 evidencia un cambio mínimo en los tres puntos de forma descendente, así pues, tenemos una concentración de 6.7 mg/L en el sector uno, otra de 6.5 mg/L en el sector dos y finalmente 6.51 mg/L para el sector tres.

### g. Demanda Biológica de Oxígeno

**Figura 19**

*Resultados de demanda biológica de oxígeno*



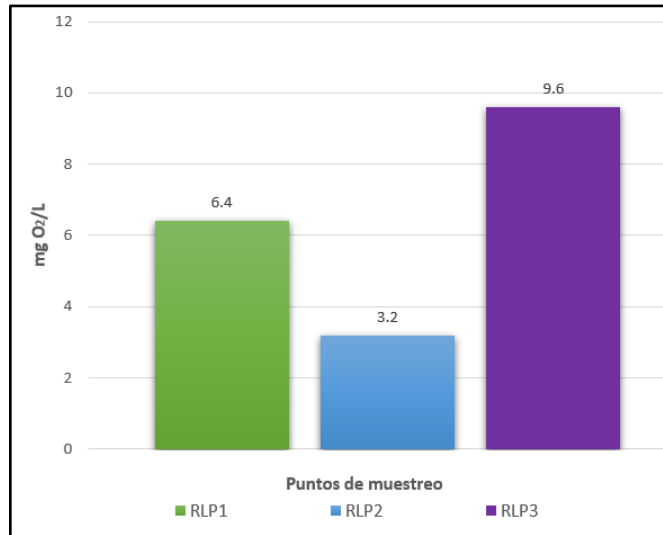
*Fuente.* Elaboración propia

Es notable la diferencia de la DBO en el segundo sector por ser esta 1.52 DBO<sub>5</sub> mg/L, a comparación del primer sector con 4.37 DBO<sub>5</sub> mg/L y de igual forma del tercer sector que contiene 5.03 DBO<sub>5</sub> mg/L.

## h. Demanda Química de Oxígeno

**Figura 20**

*Resultados de demanda química de oxígeno*



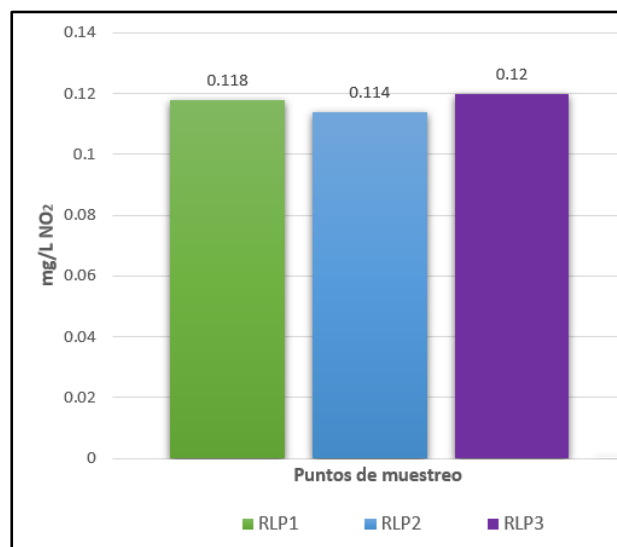
*Fuente. Elaboración propia*

Mediante la figura 20, se presentan las concentraciones de DQO: para el primer punto con 6.4 mg O<sub>2</sub>/L, distintamente del segundo punto con 3.2 mg O<sub>2</sub>/L, y el tercer punto cambiando a un valor de 9.6 mg O<sub>2</sub>/L.

## i. Nitritos

**Figura 21**

*Resultados de nitritos*

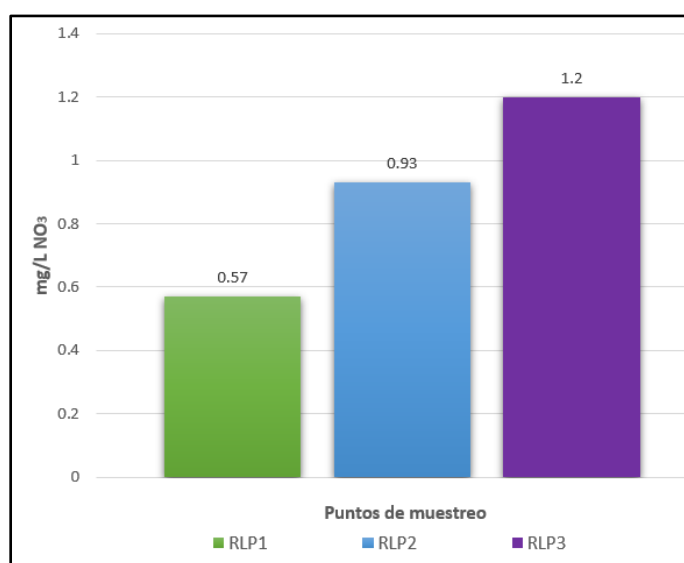


*Fuente. Elaboración propia*

Los resultados de nitritos señalados en la figura 21, no muestran mucha desigualdad siendo estos 0.118 mg/L NO<sub>2</sub> en el punto RLP1, 0.114 mg/L NO<sub>2</sub> en el punto RLP2 y 0.120 mg/L NO<sub>2</sub> en el último punto RLP3.

## j. Nitratos

**Figura 22**  
*Resultados de nitratos*



*Fuente.* Elaboración propia

Los resultados de nitratos expuestos en la figura 22, se dan de forma progresiva teniendo así en el primer punto un nivel de 0.57 mg/L NO<sub>3</sub>, el segundo punto con 0.93 mg/L NO<sub>3</sub>, y aumentando en el tercer punto a 1.2 mg/L NO<sub>3</sub>.

### 4.1.3. Resultados estadísticos

Se analizó la diferencia significativa entre los puntos de toma de muestra (3ptos), esto debido a la falta de diferencia relevante entre las temporadas de lluvias y secas. De esta manera se obtuvo los siguientes resultados:

## Parámetros microbiológicos

El propósito de este análisis es evaluar la diferencia significativa en la concentración de microorganismos (*coliformes fecales*, *Escherichia coli*, y *Enterococcus faecalis*) en diferentes sectores del río Lucre (Pacramayo, Yanamanchi y Lucre).

Empezaremos verificando si los datos obtenidos siguen una distribución normal, para lo cual utilizaremos el programa **SPSS**, teniendo así los siguientes resultados.

### Prueba de Shapiro-Wilks

Este test se aplica para comprobar normalidad cuando el tamaño de la muestra es menor de 50.

El test de *Shapiro-Wilks* plantea la hipótesis nula que una muestra proviene de una distribución normal. Elegimos un nivel de significancia, por ejemplo 0,05, y tenemos una hipótesis alternativa que sostiene que la distribución no es normal.

Tenemos:

$H_0$ : Los datos siguen una distribución Normal

$H_1$ : Los datos no siguen una distribución Normal

o más formalmente aún:

$$H_0: X \sim N(\mu, \sigma^2)$$

$$H_0: X \neq N(\mu, \sigma^2)$$

A seguir se muestran los siguientes resultados obtenidos del **SPSS**:

**Tabla 6**  
*Pruebas de normalidad*

	Kolmogórov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Microorganismos	,330	18	,000	,697	18	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 6, se nota que el valor del p-valor es inferior a 0.05. Por lo tanto, podemos concluir que se rechaza la Hipótesis Nula, indicando que los datos recolectados no se ajustan a una distribución normal.

En tal sentido, para poder saber si existen diferencias significativas utilizaremos pruebas no paramétricas, para este caso utilizaremos la prueba la prueba Kruskal-Wallis para verificar si existen diferencias entre los sectores del río Lucre (Pacramayo, Yanamanchi y Lucre).

### **Prueba Kruskal-Wallis**

La prueba de Kruskal-Wallis es un método no paramétrico para probar si un grupo de datos proviene de la misma población (Wallis., 1952). Ya que es una prueba no paramétrica, la prueba de Kruskal-Wallis no asume normalidad en los datos. Es una extensión de la prueba de la U de Mann-Whitney para 3 o más grupos. Por tanto, se plantea las hipótesis:

- $H_0$ : El nivel concentración de microorganismos es el mismo para todos los sectores del río Lucre.
- $H_1$ : El nivel concentración de microorganismos no es el mismo para todos los sectores del río Lucre.

En este caso verificaremos si existe diferencias significativas para los diferentes sectores del río Lucre que fueros considerandos en el estudio teniendo así los siguientes resultados mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 7**  
*Resumen de prueba de hipótesis*

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Microorganismos es la misma entre las categorías de localización	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,022	Rechazar la hipótesis nula.
	Se muestran significaciones asintóticas.	El nivel de significación es de ,05.		

En la tabla 7 se demuestra que el valor del p-valor es inferior a 0.05. Por ende, podemos concluir que se descarta la Hipótesis Nula, indicando que el nivel concentración de microorganismos no es el mismo para todos los sectores del río Lucre.

Ahora verificaremos en que sectores del rio Lucre existe esa diferencia significativa, teniendo así la siguiente tabla:

**Tabla 8**  
*Rango promedio de muestras de localización*

Muestra 1 -Muestra2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Pacramayo-Lucre	-7,000	3,039	-2,303	,021	,064
Pacramayo-Yanamanchi	-7,500	3,039	-2,468	,014	,041
Lucre-Yanamanchi	,500	3,039	,165	,869	1,000

*Nota.* Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.

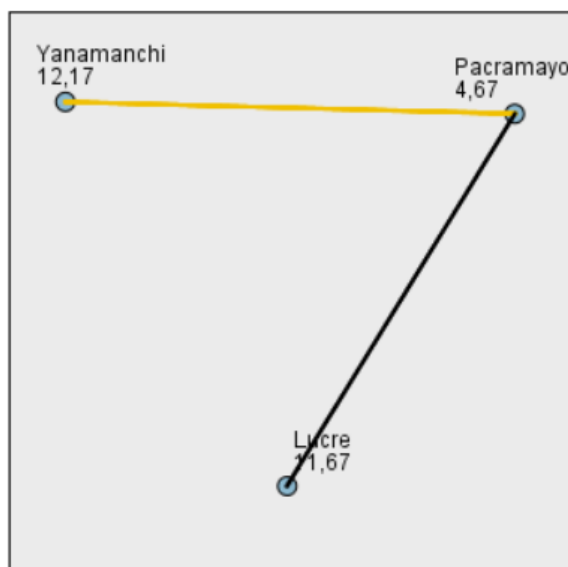
Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es ,05.

Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

En la tabla 8, se presentan las comparaciones entre los microorganismos en diferentes sectores del río Lucre. Dado que el p-valor es menor a 0.05, concluyendo que, hay una diferencia significativa en la concentración de microorganismos entre los sectores de Pacramayo - Yanamanchi. Sin embargo, cabe destacar que no se observa una diferencia significativa en la concentración de microorganismos al comparar los sectores Pacramayo - Lucre y Lucre - Yanamanchi. A continuación, se incluye una figura que ilustra estas diferencias según el sector.

**Figura 23**

*Comparaciones entre parejas de localización*



### **Parámetros fisicoquímicos relacionados con la concentración de microorganismos**

El propósito de este análisis es evaluar la presencia de diferencias significativas en concentración de microorganismos (*coliformes fecales*, *Escherichia coli*, y *Enterococcus faecalis*) para los diferentes parámetros fisicoquímicos (*ph*, *OD*, *DBO*, *DQO*, *nitritos* y *nitratos*).

Empezaremos verificando si los datos obtenidos siguen una distribución normal, para lo cual utilizaremos el programa **SPSS** (Statistical Package for Social Sciences), teniendo así los siguientes resultados.

### Prueba de Shapiro-Wilks

Este test se emplea para contrastar normalidad cuando el tamaño de la muestra es menor de 50.

El test de *Shapiro-Wilks* plantea la hipótesis nula que una muestra proviene de una distribución normal. Elegimos un nivel de significancia, por ejemplo 0,05, y tenemos una hipótesis alternativa que sostiene que la distribución no es normal.

Tenemos:

$H_0$ : Los datos siguen una distribución Normal

$H_1$ : Los datos no siguen una distribución Normal

o más formalmente aún:

$$H_0: X \sim N(\mu, \sigma^2)$$

$$H_1: X \neq N(\mu, \sigma^2)$$

A continuación, se muestran los siguientes resultados obtenidos del **SPSS**:

**Tabla 9**

*Pruebas de normalidad*

	Kolmogórov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
características	,193	36	,002	,854	36	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 9 se nota que el valor del p-valor es inferior a 0.05. Por lo tanto, podemos concluir que se rechaza la Hipótesis Nula, indicando que los datos recolectados no se ajustan a una distribución normal.

En tal sentido para poder saber si existen diferencias significativas utilizaremos pruebas no paramétricas, para este caso utilizaremos la prueba la prueba Kruskal-Wallis para verificar si existen diferencias entre parámetros fisicoquímicos (*ph, OD, DBO, DQO, NITRITOS Y NITRATOS*).

### Prueba Kruskal-Wallis

La prueba de Kruskal-Wallis es un método no paramétrico para comprobar si un grupo de datos proviene de la misma población. Ya que es una prueba no paramétrica, la prueba de Kruskal-Wallis no asume normalidad en los datos. Es una extensión de la prueba de la U de Mann-Whitney para 3 o más grupos. Por tanto, se plantea las hipótesis:

- $H_0$ : El nivel concentración de microorganismos es el mismo para todos los parámetros fisicoquímicos.
- $H_1$ : El nivel concentración de microorganismos no es el mismo para todos los parámetros fisicoquímicos.

En este caso verificaremos si existe diferencias significativas para los diferentes parámetros fisicoquímicos que fueros considerandos en el estudio teniendo así los siguientes resultados mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 10**  
*Resumen de prueba de hipótesis*

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de características es la misma entre las categorías de PF.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.
	Se muestran significaciones asintóticas.	El nivel de significación es de ,05.		

En la tabla 10 se observa que el valor del p-valor es inferior a 0.05. Por lo tanto, podemos concluir que se rechaza la Hipótesis Nula, indicando que el nivel concentración de microorganismos no es el mismo para todos los parámetros fisicoquímicos.

Ahora verificaremos en que parámetros fisicoquímicos existe esa diferencia significativa, teniendo así la siguiente tabla:

**Tabla 11**  
*Rango de promedio de muestras de parámetros fisicoquímicos*

<b>Muestra 1 - Muestra2</b>	<b>Estadístico de contraste</b>	<b>Error Error</b>	<b>Desv. Estadístico de contraste</b>	<b>Sig.</b>	<b>Sig. ajust.</b>
<b>Nitritos- Nitratos</b>	-6,000	6,082	-,987	,324	1,000
<b>Nitritos-DQO</b>	11,250	6,082	1,850	,064	,965
<b>Nitritos-DQO</b>	17,167	6,082	2,823	,005	,071
<b>Nitritos-OD</b>	18,417	6,082	3,028	,002	,037
<b>Nitritos-pH</b>	25,167	6,082	4,138	,000	,001
<b>Nitratos-DQO</b>	5,250	6,082	,863	,388	1,000
<b>Nitratos-DQO</b>	11,167	6,082	1,836	,066	,995
<b>Nitratos-OD</b>	12,417	6,082	2,042	,041	,618
<b>Nitratos-pH</b>	19,167	6,082	3,151	,002	,024
<b>DQO-DQO</b>	-5,917	6,082	-,973	,331	1,000
<b>DQO-OD</b>	7,167	6,082	1,178	,239	1,000
<b>DQO-pH</b>	13,917	6,082	2,288	,022	,332
<b>DQO-OD</b>	1,250	6,082	,206	,837	1,000
<b>DQO-pH</b>	8,000	6,082	1,315	,188	1,000
<b>OD-pH</b>	6,750	6,082	1,110	,267	1,000

*Nota.* Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.

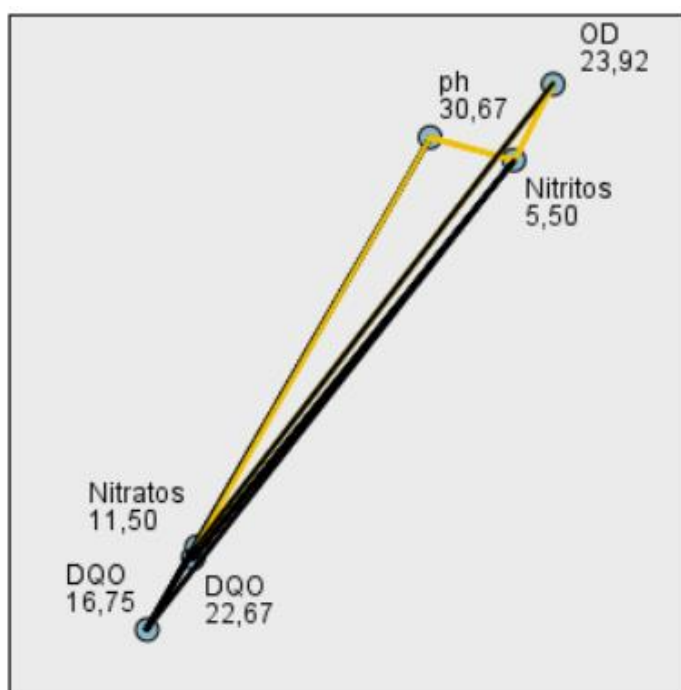
Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es ,05.

Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

En la tabla 11, se presentan las comparaciones de la concentración de microorganismos entre los diferentes parámetros fisicoquímicos. Dado que el p-valor es menor a 0.05, podemos concluir que solamente hay una diferencia significativa en la concentración de microorganismos entre los parámetros fisicoquímicos **Nitritos – OD**, **Nitritos, ph** y **Nitratos - ph**. A continuación, se incluye una figura que ilustra estas diferencias según el sector.

**Figura 24**

*Comparaciones entre parejas de Parámetros Fisicoquímicos*



## 4.2. Discusión de Resultados

### 4.2.1. Parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y los ECA en temporada de sequía.

En la tabla 4, se evidencia que la mayoría de datos en temporadas de sequía están bajo el nivel permitido de los Estándares de Calidad Ambiental para agua; sin embargo en los puntos RLP2 Y RLP3 dos parámetros microbiológicos exceden los ECA para agua, mostrados estos a continuación: los *Coliformes fecales*:

microorganismos que tienen la habilidad de desarrollarse a temperaturas cercanas a los 45°C (Torres, 2008), generadas por contaminación fecal provenientes de la microbiota intestinal de humanos y animales (Larrea, 2013), producen usualmente problemas estomacales (Chhatarpal & et.al, 2016); y la *Escherichia coli*: es una bacteria gran-negativa (Yi et. al, 2004), que presenta diversas cepas con la capacidad de modificar las funciones corporales provocando efectos perjudiciales de forma permanente e incluso llevando al deceso (Microbiology, 2011). Según lo señalado, el incremento de estas bacterias en los puntos RLP2 Y RLP3 se debería a contaminación por heces o cercanía a aguas residuales según Rodríguez et al. (2017). Así mismo; para este sector del río Lucre, la concentración bacteriana se debería a las actividades económicas principalmente a las piscigranjas de trucha que emiten sus efluentes directamente al cuerpo del río (sector RLP2) y a los efluentes no tratados provenientes de las viviendas cercanas al sector RLP3, esto podría representar una amenaza para la salud no solo de los visitantes que consumen truchas, sino también para los residentes de la zona.

#### **4.2.2. Parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y los ECA en temporada de lluvias.**

Se observa en la tabla 5 que los resultados durante la temporada de lluvia mostrados en la tabla 11, también evidencian un incumplimiento de los ECA para agua en los puntos RLP2: donde se pudo notar principalmente la presencia de piscigranjas que vierten fluidos sin ningún pre-tratamiento directamente al río y por lo tanto es muy probable que sea esta la causa de que las cantidades de *Coliformes fecales* y *Escherichia coli* quebranten los ECA en este sector, además de estar en contacto directo con la población. Por otra parte, en el punto RLP3: hay una disparidad con los ECA para *Coliformes fecales* teniendo como influencias notorias,

la crianza de ganadería y así mismo el avistamiento de patos silvestres en la desembocadura del río hacia el humedal que se contempla en dicho sector. Según Rodríguez et al. (2017), la concentración de estos microorganismos que sobrepasan los ECA, tienen el potencial de modificar el cuerpo de agua, en una fuente de enfermedades.

En este estudio, para ambas épocas del año, no se detecta una elevada concentración de *Enterococcus faecalis* por lo que se sugiere contaminación fecal no periódica y de corto tiempo, debido a que este microorganismo no se multiplica en el entorno natural (Ávila et al., 2018 como se citó en Sota et al., 2023).

#### **4.2.3. Comparación de resultados**

*Coliformes fecales*: (Zhang, 2021) indicó que los resultados de análisis de *Coliformes fecales* tienen una considerable variación en el espacio y tiempo en una cuenca, en su estudio los niveles altos de *Coliformes fecales* se produjeron en verano y otoño; además enfatizó en que la urbanización se caracteriza por ser la principal causa de contaminación de agua por *Coliformes fecales*. Por lo que, podemos afirmar que existe una similitud con esta investigación; ya que en la comparación resultados obtenidos en las temporadas de sequía (Fig. N°03) y lluvias (Fig. N°13), en relación a cada punto de muestreo; se demostró que en la temporada de sequía hay más concentración de *Coliformes fecales* que en la temporada de lluvias. Por otro lado, el recorrido del Río Lucre aguas arriba se caracteriza por ser una zona periférica a la población (RLP1) y no hay presencia significativa de *Coliformes fecales*; a su vez la población de Lucre es atravesada por el río en el punto RLP2, cuya calidad de agua está expuesta a las actividades humanas; mientras que aguas más abajo en la desembocadura del río (RLP3) hay

presencia de actividad ganadera y agrícola; factores que incrementaron progresivamente la concentración de *Coliformes fecales*.

*Escherichia coli*: Se percibe una correlación entre los resultados del pH en temporada de sequía que oscila entre 7.34 y 8.25 (Fig. N°07), y la influencia de la actividad antrópica en los puntos de muestreo RLP2 y RLP3, ya que las concentraciones de *E. coli* en estos dos puntos es de 1500 NMP/100 ml siendo significativas a comparación del punto RLP1 con una concentración mínima de 70 NMP/100 ml debido a la no influencia directa de actividades humanas. Desmarchelier y Fegan (2003), refieren que la *E. coli* se desarrolla en un pH de entre 4,4 a 10,0; siendo los valores de pH de 6 y 7 óptimos para su crecimiento; por lo que se corrobora que el vertimiento de aguas residuales al río y el pH en los puntos RLP2 y RLP3 favorecen el crecimiento de la *E. coli*.

*Enterococcus faecalis*: Se evidencia una diferencia considerable entre los puntos de muestreo RPL1 Y RLP2 durante la temporada de sequía (Fig. N° 05); con una concentración de 130 NMP/100 ml y 350 NMP/100 respectivamente; así mismo, en la temporada de lluvias (Fig. N° 15) con una concentración de 7.8 NMP/100 ml 110 NMP/100 ml en los puntos RLP1 y RLP2. Por lo que se puede precisar que se debe a que el punto RLP2 se ubica dentro de la población donde se vierten aguas residuales. En relación a la disminución de los valores de concentración de *Enterococcus faecalis* entre la Temporada de Sequía a Lluvias puede deberse a la variación en el flujo del caudal del río, ya que según Quispe et al. (2016) en su estudio de dispersión de contaminantes en el agua, concluye en que mientras mínima sea la velocidad del caudal se evidenciará mayor concentración de contaminantes; sin embargo, si la velocidad del caudal es mayor, la identificación de contaminantes no será significativa. Así mismo, Chang (2011)

afirma que existen variables que afectan la concentración de contaminantes, como el flujo másico inicial del contaminante, el caudal, la longitud del río y el tiempo transcurrido desde la descarga del contaminante; lo que demuestra el descenso repentino en las concentraciones de *Enterococcus faecales* en los puntos RLP3 durante las estaciones de sequía y lluvias; ya que la longitud recorrida desde el punto RLP2 es considerable, ocasionando la dispersión de este parámetro.

*Vibrio cholerae*; Las figuras 6 y 16 muestran coincidentemente una ausencia de *Vibrio cholerae*.

pH: Se contempla una variación mínima del pH durante la época de sequía, valores que oscilan entre 7.34 y 8.25 (Fig. N° 07); así mismo, durante la época de lluvias se repite el fenómeno, con valores que oscilan entre 7.33 y 7.82 (Fig. N° 17); lo que propicia el crecimiento de algas y plantas macrófitas, ya que según Lane y Burris (1981) el pH del agua influye en la fotosíntesis, el crecimiento y aprovechamiento de nutrientes en algas; sin embargo, la proliferación de vegetación acuática y su descomposición se relaciona directamente con el aumento considerable de la DBO en el punto de muestreo RLP3 durante la temporada de sequía y temporada de lluvias (Fig. N°07 y Fig. N°17), lo que describe un posible escenario de eutroficación; situación agravada por la disminución en el flujo del caudal del río.

OD: En el parámetro de oxígeno disuelto se observa una variación mínima entre los puntos RLP1, RLP2 y RLP3 durante la temporada de lluvias (Fig. N°18 ); sin embargo en la temporada de sequía se muestra un aumento de 7 mg/L a 8.2 ml/L (Fig. N° 18); situación que puede deberse a que la muestra fue tomada durante horas de la mañana, en presencia considerable de luz solar; Bernot y Wilson (2012)

señala que las altas concentraciones de oxígeno en el agua son producidas por capas bacterianas autótrofas durante la luz, por el resultado de acción fotosintética adaptada y más eficiente en los breves períodos de luz directa que recibe este hábitat.

DBO: De la figura N° 09 se evidencia una variación progresiva en la DBO en los 3 puntos de muestreo; esto se debe a que cuanto mayor es el contenido de material orgánico en el agua más microorganismos aeróbicos están presentes; por lo tanto, consumen todo el oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica; en consecuencia, la síntesis celular y la oxidación celular aumentarán y el valor de la DBO aumentará (Prambudy et al., 2019). Esta variación se debe a la proliferación de plantas hidrófitas y algas río abajo; siendo el punto RLP3 donde más abundan ya que se presenta un débil flujo en la corriente del agua del río Lucre.

DQO: En la figura N°10 la DQO en los puntos RLP1 y RLP2 son similares; mientras que con en el punto RLP3 existe una variación repentina, ya que este punto se caracteriza por altas concentraciones de material orgánico e inorgánico proveniente de las actividades antrópicas como la ganadería, agricultura, acuicultura y otras; cuyas aguas residuales se descargan en el río Lucre.

Nitritos: En las figuras 11 y 09, se evidencian una variación proporcional en el aumento progresivo entre la concentración de nitritos y la DBO registrados durante la temporada de sequía; sin embargo, existe una desproporción en la variación en la concentración en los nitritos y DBO durante la temporada de lluvias (Fig. 21 y 19) ya que en el punto RLP2 (donde se descargan aguas residuales de uso piscícola) hay una disminución de concentración de ambos, siendo en la DBO la que disminuye considerablemente a diferencia del nitrito que disminuye

mínimamente, fenómeno que puede deberse a la dispersión de contaminantes en el agua por aumento del caudal del río puesto que Quispe et al. (2016) refiere que, si la velocidad del caudal es mayor, la identificación de contaminantes no será significativa. En relación a la variación temporal de concentración de nitritos entre las temporadas de sequía y de lluvias dado que esta última supera a la anterior; Ferat (2016) afirma que la escorrentía superficial es un factor que incrementa la concentración de nitratos en forma de nitritos en aguas superficiales y subterráneas; ya que estos provienen de suelos agrícolas donde se emplean abonos con estos compuestos.

Nitratos: En la figura N° 12 se evidencia un aumento progresivo en la concentración de nitratos desde la primera hasta la tercera estación de muestreo durante la temporada de sequía; en la figura N° 22 se observa una variación considerable en la presencia de nitratos en el agua en las 3 estaciones de muestreo; con 0.57 mg/L en la primera estación, 0.93 57 mg/L y 1.2 mg/L en la segunda y tercera estación respectivamente; de lo que se puede estimar que dicha variación se debe a la descarga de aguas previamente usadas para la crianza intensiva de peces en las dos últimas estaciones, ya que según Burbano (2018) a través de su estudio sobre los efectos de la Piscicultura en la Calidad del Agua, los organismos acuáticos como los peces excretan nitrógeno en forma de amoníaco y otras sustancias al entorno acuático, hallándose más concentración de estos en los puntos donde el cultivo piscícola se practicaba intensivamente; llegándose a formar los nitratos a través de la descomposición de estos residuos. Se aprecia una diferencia en los niveles de concentración entre los nitritos y nitratos, siendo los nitratos quienes superan en concentración durante la temporada de sequía y temporada de lluvias (Fig. 11 y Fig. 12; Fig. 21 y Fig. 22). Según Rovira (2020) el

nitrito y el nitrato son productos del proceso desnitrificación en el agua, en el que las bacterias quimio-autótrofa aeróbicas oxidan el amoníaco y la diferencia de concentración entre estos dos se debe a que el nitrito suele oxidarse en nitrato.

## CONCLUSIONES

- La evaluación de la calidad del agua del río Lucre determinó que la concentración de *Coliformes fecales* y *Escherichia coli* no cumplen con los ECA para agua establecidos en el D.S. N°004-2017; así mismo, se evidenció que no hay una diferencia significativa entre los niveles de concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos durante las temporadas de sequía y lluvias.
- Se determinó que la concentración de *Coliformes fecales* y *Escherichia coli* en las aguas del río Lucre superan las medidas fijadas en la categoría 3 riego de vegetales y bebida de animales de los ECA para agua; ya que durante la temporada de lluvias, en los puntos RLP2 y RLP3 la concentración de *Coliformes fecales* y *Escherichia coli* fue de 3500 NMP/100 ml; así también, durante la temporada de lluvias, los *Coliformes fecales* alcanzaron una concentración de 1600 NMP/100 ml y 3500 NMP/100 ml en los puntos RLP2 y RLP3 respectivamente; mientras que la *Escherichia coli* con 1600 NMP/100 ml en el punto RLP2.
- No se encontró presencia de *Vibrio cholerae* en el agua del río Lucre; rechazando así la segunda hipótesis específica planteada anteriormente, descartando la posible contracción de la enfermedad del cólera en la población por medio del agua.
- Las características fisicoquímicas indican que los factores (pH, OD, DBO y nitratos) son inferiores a los valores de la categoría 4 conservación del ambiente acuático, de igual manera el (DQO y nitritos) resultaron de baja magnitud frente a la categoría 3 riego de vegetales y bebida de animales, por lo que se concluye que los parámetros fisicoquímicos cumplen con los

ECA para agua. No obstante, cabe señalar que la variación en la concentración de microorganismos se debe a la influencia directa de los niveles de concentración de Nitritos-OD, Nitritos-pH y Nitratos-pH.

## RECOMENDACIONES

- Los resultados de los parámetros evaluados son motivo para que las autoridades cuya competencia es la gestión de los recursos hídricos deban elaborar planes de monitoreo y control a fin de mantener en óptimas condiciones las aguas del Río Lucre.
- Teniendo en cuenta la concentración elevada de *Coliformes fecales* y *Escherichia coli*, se hace indispensable identificar la fuente de contaminación, y de esta manera realizar un tratamiento previo a la descarga directa al río.
- Debido a la presencia de microorganismos patógenos como la *Escherichia coli* y *Coliformes fecales*, las instituciones competentes deben promover medidas de prevención de transmisión de enfermedades digestivas por el consumo del agua o de alimentos crudos que tuvieron contacto con el agua del río Lucre.
- Se debe promover investigaciones relacionadas a la contaminación del río Lucre, debido a que el factor humano y sus múltiples actividades productivas son las que impactan en su calidad; de esta forma realizar una gestión integrada de este recurso.

## ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

### Recursos

#### Recursos humanos:

Responsables del Proyecto: Los que suscribimos el proyecto Bach. Alex Guido Peralta Salas y Bach. Emanuel Nezer Montañez Abarca; cuya responsabilidad recae en la dirección, ejecución y conclusiones de la investigación.

Asesor Interno: Mag. Ángela Fiorela Sota Cano, docente a tiempo completo de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales, de Profesión Bióloga.

#### Recursos Materiales:

- Materiales de Escritorio (papel, lapicero, plumón indeleble)
- Computadoras
- Impresiones
- Cámara Fotográfica.
- Viáticos (artículos de alimentación e higiene personal)
- Movilidad/Transporte.

### Cronograma de actividades

N°	Actividad	2023					
		Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov
1	Elección tema de tesis	X					
2	Búsqueda de referencias	X					
3	Elaboración de Marco Teórico y Metodología		X	X			
4	Toma y Análisis de muestras				X	X	
5	Análisis de resultados, conclusiones					X	X
6	Elaboración de Informe					X	X
7	Presentación final y sustentación						X

Las actividades de: toma y análisis de muestras, análisis de resultados y conclusiones, elaboración del informe y presentación final, trascurrieron hasta el mes de febrero del 2024. Esto debido a que las muestras se recolectaron en dos temporadas distintas, así pues, se tomaron las muestras de lluvias en el mes de diciembre-2023.

## Presupuesto y Financiamiento

### Presupuesto

RUBRO	Sub Rubro	PARCIAL	TOTAL
<b>Recursos</b>	Estadístico	S/ 800.00	S/ 1800
<b>Humanos</b>	Especialista en muestreo	S/ 1000.00	
<b>Bienes</b>	Material de Escritorio	S/ 50.00	S/ 100.00
	USB/Memoria externa	S/ 50.00	
<b>Servicios</b>	Servicio de Internet	S/ 100.00	4983.40
	Viáticos y Pasajes	S/ 200.00	
	Análisis de Muestras y envío	S/ 4283.40	
	Tipeo, impresiones y empastado	S/ 300.00	
	Imprevistos	S/ 100.00	
<b>TOTAL</b>			S/ 6883.4

### Financiamiento

Se financió completamente la investigación con recursos propios debido al interés en recolectar datos que sirvan como base para la implementación de medidas correctivas para la gestión y manejo adecuado del río Lucre, y también para cumplir con el requisito necesario para obtener el título de Ingeniero Ambiental.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, J. L. (2014). *El método de la investigación Research Method*. Daena: International journal of good conscience.  
[http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9\(3\)195-204.pdf](http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9(3)195-204.pdf)
- Al-Afify, D. y. O., Amal A. y Fawzy Ramadan, Mohamed. (2018). *Caracterización de la calidad química y microbiológica del río Nilo agua superficial en El Cairo*.  
<https://www.researchgate.net/publication/325772623> *Characterization of chemical and microbiological quality of Nile River surface water at Cairo Egypt*
- Alvia M., A., Mera Villamar, L. A., Espinoza Lucas, M. R., Vite Solórzano, F. A., Vallejo Valdivieso, P. A., Mendoza Mendoza, L. M., Cedeño Holguín, D. M., Casanova Intriago, M. L., Medina Pinoargote, F. R., Pigüave Reyes, J. M. V. C., María Felicidad; Cevallos Jácome, Bolívar Augusto; Ubillús Saltos, Sonia Patricia; Ipiales Vásconez, J. P., Arteaga Espinoza, S. X., & Vivas Arteaga, C. L. E. S., Carlos Antonio; Vera Marquez, María Cecibel; Terán Bejarano, María José. (2019). *Microbiología y Salud*.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos hídricos Superficiales*.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA), (2016). *Manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas*.
- Badii H., M. y. L., Jerónimo y Cerna, Ernesto. (2007). *Papel de los ecosistemas en la sustentabilidad*.  
<https://www.studocu.com/co/document/inem-motta-julian-salas/marketing/dialnet-papel-de-los-ecosistemas-en-la-sustentabilidad-7299047/28184725>

- Bernot, M. y Wilson, K. (2012). *Spatial and temporal variation of dissolved oxygen and ecosystem energetics in Devils Hole, Nevada*. Western North American Naturalist.
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, B. d. C. N. d. C. (BCN). (2016). *Calidad del Agua*.  
<https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>
- Burbano E. (2018). *Influencia de cultivos piscícolas en la calidad del agua y comunidades bacterianas en el sedimento del lago Guamuez* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia].  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69066>
- Cajahuaman Huaman, A. M. V. R., Tania. (2022). *Determinación de la calidad del agua del río Shanay- Timpishka del distrito de Honoria, departamento de Huánuco* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ucayali].  
[http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5216/B02\\_2022\\_UNU\\_AMBIENTAL\\_2022\\_T\\_ANGIE-CAJAHUAMAN\\_TANIA-VASQUEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5216/B02_2022_UNU_AMBIENTAL_2022_T_ANGIE-CAJAHUAMAN_TANIA-VASQUEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Calvo, J. M. G. (2010). *Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa*.  
[https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/56](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/56)
- Cárdenas Enriquez, W. N. (2023). *Influencia de la perturbación en los macroinvertebrados en el río Lucre Quispicanchi Cusco*.
- Chang (2011), *Simulación de la Dispersión de Contaminantes en un Río*.
- Balcorta C., C. G. A., Rosalía. (2019). *Eutrofización: abundancia que mata*.  
<https://bibliotecas.umar.mx/publicaciones/Eutrofizacion.pdf>

- Chhatarpal & et.al, S., Pankaj Chowdhary, Jay Shankar Singh & Ram Chandra (2016). *Pulp and paper mill wastewater and coliform as health hazards*.  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Pulp-and-paper-mill-wastewater-and-coliform-as-A-Singh-Chowdhary/be47a7dc0d98ccc9e8b688ac9a763ff9bafbcfa3>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2022). *Ríos y Lagos*.  
<https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/ecosismex/rios-y-lagos>
- Cornejo Gutiérrez, J. A. (2020). *Calidad microbiológica del agua del río Socabaya mediante el recuento de Escherichia coli, Coliformes Totales y Mesófilos Aerobios Totales, en los distritos de Socabaya y Jacobo Hunter, Arequipa* [Tesis de grado, Universidad Católica de Santa María].  
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/ae82cfef-78a8-4bd0-b05c-410bf06a1a99>
- Comision Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), *Ríos y lagos*. Recuperado de <https://goo.su/RsvT>
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. 07 de junio del 2017. Diario el Peruano.
- Desmarchelier, P., Fegan, N., 2003. *Enteropathogenic Escherichia coli*. Foodborne Microorganisms of Public Health Significance.
- Dueñas Rodriguez, T. A. (2020). Análisis de la calidad del agua en el rio Botello del municipio de Facatativá, Cundinamarca Colombia.  
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/39048>

- Espinoza Salvatierra, J. C. L., Emerson Miguel. (2021). *Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua superficial del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica* [Tesis de grado, Universidad de Huancavelica]  
<https://repositorio.unh.edu.pe/items/a048a529-a007-4b36-99dc-f7b1bea2411f>
- Ferat M. (2016). *Efecto de las Escorrentías Agropecuarias en la calidad del agua del río Usumacinta, Tabasco*. Education, 2018.
- Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Revista Química Viva*.  
Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
- Freire del P., R., Pino-Vallejo, M., Andrade, P., & Mejía, A. (2020). *Evaluación de la calidad del agua del río Chambo en época de estiaje utilizando el índice de calidad del agua ICA-NSF*.  
<https://perfiles.esPOCH.edu.ec/index.php/perfiles/article/view/248/186>
- Frioni, L. (2006). *Microbiología: Básica, ambiental y agrícola*.  
[https://www.ciaorganico.net/documypublic/382\\_infoagronomo.net\\_-\\_Microbiologa\\_basica\\_ambiental\\_y\\_agricola\\_lilian\\_friomi\\_2006.pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/382_infoagronomo.net_-_Microbiologa_basica_ambiental_y_agricola_lilian_friomi_2006.pdf)
- Gil Mora, J. E. (2019). *Contaminación del agua: Evaluación y control*.
- Gil Mora, J. E. F. B., Álvaro Horacio; Ochoa Ramos, Kely Jhoset & Valencia Oviedo, Natali Anadeida. (2022). *Determinación de la pérdida de la calidad de un río urbano en Cusco: Caso Saphy*.
- Hernández R. & Mendoza C. (2020). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.
- International Business Machines Corporation (2021). IBM Corp. Released 2021.  
IBM SPSS Statistics for Windows, Version 28.0. Armonk, NY: IBM Corp

- Junta e Calidad Ambiental (2003). *Contaminación del agua*. Recuperado de <https://goo.su/5JbcD>
- Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). *Use of ranks in one-criterion variance analysis*. Journal of the American statistical Association.
- Lane A. & Burris J. (1981). *Effects of environmental pH on the internal pH of Chlorella pyrenoidosa, Scenedesmus quadricauda, and Euglena mutabilis*. Plant physiology.
- Larrea, M. J. A. M. M., Rojas Badía & Beatriz, Romeu Álvarez & Nidia Mercedes, Rojas Hernández & Mayra, Heydrich Pérez. (2013). *Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura*.  
<https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>
- Ligarda Samanez, C. A. (2021). *Incidencia de las actividades agropecuarias en la concentración de pesticidas, propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del río Chumbao, en la provincia de Andahuaylas, Apurímac* [Tesis de grado Universidad Andina del Cusco].  
<https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/4545>
- Mateu Cuenca, A. (2016). *Los problemas de eutrofización de las aguas superficiales en relación con la agricultura*.
- Microbiology, A. A. o. (2011). *E. Coli: Good, Bad, & Deadly*.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562895/>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2019). *Estándar de Calidad Ambiental*.  
<https://goo.su/1QLsm>
- Mula, J. A. (2012). *Eutrofización y el abuso de fertilizantes en el ecosistema*. Recuperado de [www.agromatica.es](http://www.agromatica.es)

- Nieto E. (2018). *Tipos de investigación*. Universidad Santo Domingo de Guzmán.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2022). *Agua para consumo humano*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2005). *El agua, fuente de vida*.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2016). *PNUMA advierte sobre el incremento de la contaminación de las aguas en Asia, África y América Latina*. <https://news.un.org/es/story/2016/08/1363511>
- Ordoñez G., J. J. (2011). Cartilla técnica: Aguas Subterráneas - Acuíferos.
- Ortiz, A. M. A., Noles, P., Cruz, A. D. L., Peñarrieta, F., & Alcantara, F. (2019). *Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí*. Enfoque UTE. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v10n3/1390-6542-enfoqueute-10-03-00030.pdf>
- Oyola-García, A. E. (2021). La variable. Revista del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rcmhnaaa/v14n1/2227-4731-rcmhnaaa-14-01-90.pdf>
- Pauta, G. V., María; Gutiérrez, Daniela; Vázquez, Gabriela; Rivera, Santiago; Morales, Oscar & Abril, Andrea. (2019). *Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador*. <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/2670>
- Peñaranda, C. D. P., Carrasco, V. H. G., Pucha, H. D. Á., Celi, B. A. M., Pérez, C. A. D. G., & Acosta, A. R. F. (2023). Aplicación del índice de calidad del agua

(ICA) caso de estudio: río Jubones, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*,

<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/6953/10570>

Ponce F. W. (2021). *Análisis físico químico y microbiológico de la calidad de agua del río Higuera desde la bocatoma San José de Cozo hasta la desembocadura en el río Huallaga, Huanuco, 2019*. [Tesis de grado, Universidad de Huánuco].

<http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2660;jsessionid=7437CC614F1799510C4F6D8B71ADBB9A>

Ponce O. A., Maldonado, N. P., & Galán, J. G. (2018). *Investigación no experimental y generalización: Bases epistemológicas de las corrientes actuales*. In *IV Congreso Virtual Internacional sobre Innovación Pedagógica y Praxis Educativa INNOVAGOGÍA 2018: libro de actas. 20, 21 y 22 de marzo 2018*. AFOE. Asociación para la Formación, el Ocio y el Empleo.

[https://scholar.google.es/scholar?start=10&q=investigaci%C3%B3n+no+experimental&hl=es&as\\_sdt=0,5#d=gs\\_cit&t=1712888003971&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3ARD4eU6ZbcvAJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D14%26hl%3Des](https://scholar.google.es/scholar?start=10&q=investigaci%C3%B3n+no+experimental&hl=es&as_sdt=0,5#d=gs_cit&t=1712888003971&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3ARD4eU6ZbcvAJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D14%26hl%3Des)

Prambudy, H., Supriyatin, T., & Setiawan, F. (2019). *The testing of chemical oxygen demand (COD) and biological oxygen demand (BOD) of river water in Cipager Cirebon*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1360, No. 1, p. 012010). IOP Publishing.

Quispe Illa, V. P. A., Clarence René. (2022). *Evaluación de la calidad de agua del río Vilcanota utilizando macroinvertebrados*

- Quispe Prado, W., Herrera, L. A., Sichez Muñoz, J., Parodi, M. Á., Matar, M., Gómez Insausti, J., & Luccini, E. (2016). *Dispersión de contaminantes en cursos de agua: estudios en el río Chumbao, Perú.*
- Reyes Farje, J. F. (2020). *Influencia de la calidad del agua para la crianza de trucha (Oncorhynchus mykiss) con fines de mejora de la calidad de carne, Distrito de Molinopampa, Provincia de Chachapoyas, 2020.*
- Rock, C. R., Berenise (2014). La Calidad del Agua, E. coli y su salud. <https://extension.arizona.edu/pubs/la-calidad-del-agua-e-coli-y-su-salud>
- Rodríguez, R. & Retamozo Chávez, R. (2017). *Evaluación microbiológica de un cuerpo de agua del ACR Humedales de Ventanilla (Callao, Perú) y su importancia para la salud pública local.*
- Rosario, d. P. F. R. y. P. V., Marco y Andrade, Patricia y Mejía López, Ana. (2020). *Evaluación de la calidad del agua del río chambo en época de estiaje utilizando el índice de calidad del agua ICA.NSF.* <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14581>
- Rosas, I. C., Alejandro y Ezcurra, Exequiel (2004). *Microbiología Ambiental.* <https://search.worldcat.org/es/title/microbiologia-ambiental-irma-rosas-alejandro-cravioto-y-exequiel-ezcurra-compiladores/oclc/760405075>
- Rovira, M. D., de López, N. A., Sempere, J., & Nomen, R. (2020). *Impact of low stocking densities shrimp farm effluents in water quality of a tropical coastal wetland.* *Afinidad*, 77(589).
- Sergi Sabater, A.E. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial.*
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión.*

Shapiro, S.S. and Wilk, M.B. (1965). *An Analysis of Variance Test for Normality* (Complete Samples). *Biometrika*, Vol. 52, No. 3/4.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). (2004). *La Calidad del agua potable en el Perú*.

Torres, Á. E. C. (2008). *Temas de higiene y de los alimentos*.  
<https://sceqa.files.wordpress.com/2012/05/libro-higiene-de-alimentos.pdf>

Wallis, W. H. K. y. W. A. (1952). *Use of ranks in one-criterion variance analysis*.  
*Journal of the American Statistical Association* 47 (260): 583–621, December 1952.

Yi X. et. al, K. J. K., Kwang Sik Kim. (2004). *Current concepts on Escherichia coli K1 translocation of the blood–brain barrier*.  
<https://academic.oup.com/femspd/article/42/3/271/581747>

Zhang X., C. L., Shen Z. (2021). *Impacts of rapid urbanization on characteristics, sources and variation of fecal coliform at watershed scale*. *Journal of Environmental Management*.  
<https://europemc.org/article/med/33631515>