

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE LOS
RÍOS TULUMAYO, TARMA Y CHANCHAMAYO ALEDAÑO A LA ZONA URBANA
DEL DISTRITO DE SAN RAMÓN, DEPARTAMENTO JUNÍN; SETIEMBRE 2023 -
ENERO 2024**

TESIS

Para optar título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por:

JAIME RENATO QUINTANILLA CHAVEZ

Asesor:

Dr. Luis Eduardo Ore Cierito

Tingo María – Perú

2025



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 023-2025-FRNR-UNAS


Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 29 de enero 2025, a horas 8: a.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE LOS RÍOS TULUMAYO, TARMA Y CHANCHAMAYO ALEDAÑO A LA ZONA URBANA DEL DISTRITO DE SAN RAMÓN, DEPARTAMENTO JUNIN; SETIEMBRE 2023- ENERO 2024”

Presentado por el Bachiller: **QUINTANILLA CHAVEZ, JAIME RENATO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.


Tingo María, 21 de febrero de 2025


Mtblgo. MSc. **LUIS A. SANCHEZ ROMERO**
PRESIDENTE


Ing. MSc. **CESAR AUGUSTO GOZME SULCA**
MIEMBRO




Ing. MSc. **ABBY SOLANGE DA CRUZ RODRIGUEZ**
MIEMBRO


Dr. **LUIS EDUARDO ORE CIERTO**
ASESOR



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 117 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería Ambiental

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE LOS RÍOS TULUMAYO, TARMA Y CHANCHAMAYO ALEDAÑO A LA ZONA URBANA DEL DISTRITO DE SAN RAMÓN, DEPARTAMENTO JUNÍN; SETIEMBRE 2023 - ENERO 2024	JAIME RENATO QUINTANILLA CHAVEZ	20 % Veinte

Tingo María, 25 de abril de 2025


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE LOS
RÍOS TULUMAYO, TARMA Y CHANCHAMAYO ALEDAÑO A LA ZONA URBANA
DEL DISTRITO DE SAN RAMÓN, DEPARTAMENTO JUNÍN; SETIEMBRE 2023 -
ENERO 2024**

Área de investigación	: Gestión ambiental - PICSDS
Grupo de investigación	: Gestión ambiental
Línea de investigación	: Gestión de la contaminación
Autor	: Jaime Renato Quintanilla Chávez
Asesor(es)	: Dr. Luis Eduardo Ore Cierto
Lugar de ejecución	: San Ramón
Duración del trabajo	: 6 meses
Financiamiento	: S/. 4000.00
Propio	: Sí

Tingo María – Perú

2024

DEDICATORIA

A nuestro Señor Dios por brindarme la convicción y la sabiduría en cada paso que di para la consecución de este estudio de investigación.

A mis padres, Antonio y Maribel, quienes con su apoyo incondicional me dieron sus ánimos y subsidios económicos necesarios para concretar este proyecto.

A todas esas personas, amigos y familiares que me ayudaron en algún momento del proceso de este proyecto con sus buenas vibras y su mano amiga.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, mi alma mater, por proporcionarme las herramientas necesarias durante mi formación académica y en la elaboración de la tesis.

Al Dr. Luis Eduardo Ore Cierto, asesor de mi tesis, por su valioso conocimiento, tiempo y paciencia durante el desarrollo de este estudio.

Al Dr. César Samuel López López, jefe del laboratorio de Microbiología, por permitirme utilizar sus instalaciones e instrumentos en mis análisis microbiológicos.

Al Ing. Richard Sías Rodríguez, encargado del laboratorio de Microbiología, por abrirme las puertas del laboratorio y enseñarme de manera detallada cada metodología.

A la Ing. Abby Solange Da Cruz, jefa del laboratorio de Calidad de Agua, por brindarme acceso a sus instalaciones, equipos e instrumentos para realizar los análisis fisicoquímicos e inorgánicos.

A los practicantes del Laboratorio de Calidad de Agua por su disposición y ayuda en la medición de los parámetros fisicoquímicos.

A mi padre, Antonio Quintanilla Capcha, mi madre, Maribel Chávez Carhuamaca, y mi hermano, Mateo Quintanilla Chávez, por su apoyo durante todo el proceso de muestreo de los cuerpos de agua.

ÍNDICE

Página

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Objetivos	2
1.1.1.	Objetivo general	2
1.1.2.	Objetivos específicos	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	Estado del arte	3
2.1.1.	Internacionales	3
2.1.2.	Nacionales	3
2.2.	Marco teórico	6
2.2.1.	Calidad de agua	6
2.2.2.	Contaminación del agua	6
2.2.3.	Fuentes de contaminación del agua	7
2.2.4.	Caracterización del agua	9
2.2.5.	Parámetros fisicoquímicos	10
2.2.6.	Parámetros microbiológicos	12
2.2.7.	Resolución Jefatural N° O56 -2018-ANA	13
2.2.8.	Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua	13
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1.	Lugar de ejecución	15
3.1.1.	Ubicación política	15
3.1.2.	Ubicación geográfica	15
3.1.3.	Clima	18
3.1.4.	Temperatura	18
3.1.5.	Precipitación	18
3.1.6.	Zona de vida	18
3.1.7.	Población	18
3.2.	Materiales y equipos	19
3.2.1.	Materiales	19
3.2.2.	Equipos	19
3.2.3.	Insumos	20
3.2.4.	Programas de computador	20
3.3.	Metodología	20
3.3.1.	Recopilación de información base del área de estudio	20
3.3.2.	Determinación de los puntos de muestreo	20

3.3.3.	Recolección de muestras de agua en el área de estudio	22
3.3.4.	Análisis de los parámetros físicos y químicos.....	23
3.3.5.	Análisis de los parámetros microbiológicos.....	28
3.4.	Criterio y análisis del estudio.....	29
3.4.1.	Nivel de investigación	29
3.4.2.	Tipo de investigación	29
3.4.3.	Método de investigación.....	29
3.4.4.	Operacionalización de variables.....	30
3.4.5.	Diseño de investigación.....	31
3.4.6.	Población y muestra	31
3.4.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	32
3.4.8.	Análisis de datos.....	32
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1.	Condiciones medioambientales	33
4.1.1.	Temperatura ambiental	33
4.1.2.	Humedad ambiental.....	34
4.1.3.	Caudal.....	36
4.2.	Parámetros fisicoquímicos.....	37
4.2.1.	Temperatura.....	37
4.2.2.	Potencial de hidrogeno	40
4.2.3.	Conductividad eléctrica	43
4.2.4.	Potencial de oxido-reducción	46
4.2.5.	Oxígeno disuelto.....	48
4.2.6.	Demanda bioquímica de oxígeno	51
4.2.7.	Sólidos disueltos totales	54
4.2.8.	Sólidos suspendidos totales	56
4.2.9.	Turbidez.....	58
4.2.10.	Color	60
4.2.11.	Sulfato (SO ₄ ²⁻)	63
4.2.12.	N-nitrato (N-NO ₃).....	66
4.2.13.	Hierro (Fe)	68
4.3.	Parámetros microbiológicos	71
4.3.1.	Coliformes totales.....	71
4.3.2.	Escherichia Coli.....	74
V.	CONCLUSIONES	78
VI.	PROPUESTAS A FUTURO.....	78
VII.	REFERENCIAS.....	80

VII.	ANEXO.....	88
------	------------	----

ÍNDICE DE TABLA

Tabla	Página
1.	Fuentes contaminantes identificadas en la cuenca Perené 8
2.	Vertimientos Autorizados en la cuenca Perené..... 8
3.	Ubicación geográfica de los puntos de muestreo en el área de estudio. 16
4.	Número de habitantes del distrito de San Ramón. 19
5.	Relación entre DQO con DBO ₅ 27
6.	Operacionalización de variables..... 30
7.	Estándar de calidad (ECA) para agua, categoría 3..... 32
8.	Temperatura ambiental (°C) en los puntos de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024)..... 33
9.	Estadísticos descriptivos de la temperatura ambiental 34
10.	Humedad (%) del medio ambiente en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024)..... 34
11.	Estadísticos descriptivos de la humedad ambiental 35
12.	Caudal (m ³) de los cuerpos de agua en el área de estudio..... 36
13.	Temperatura (°C) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024)..... 37
14.	Estadísticos descriptivos de la temperatura..... 38
15.	Potencial de hidrógeno del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024)..... 40
16.	Estadístico descriptivo del potencial de hidrógeno en el agua..... 41
17.	Conductividad eléctrica (uS/cm) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024)..... 43
18.	Estadísticos descriptivos de la conductividad eléctrica del agua 44
19.	Potencial de oxido-reducción (mV) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024) 46
20.	Estadísticos descriptivos del potencial de oxido-reducción del agua 47
21.	Oxígeno disuelto (mg/L) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024)..... 48
22.	Estadístico descriptivo del oxígeno disuelto del agua..... 49
23.	Demanda bioquímica de oxígeno (mg O ₂ /L) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024) 51
24.	Estadístico descriptivo de la demanda bioquímica de oxígeno del agua 52
25.	Sólidos disueltos totales (mg/L) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024)..... 54
26.	Estadísticos descriptivos de los sólidos disueltos totales del agua..... 54
27.	Sólidos suspendidos totales (mg/L) del agua en cada punto de muestreo

	(noviembre 2023 y enero 2024)	56
28.	Estadísticos descriptivos de los sólidos suspendidos totales.....	57
29.	Turbidez (NTU) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024).....	58
30.	Estadísticos descriptivos de la turbidez (NTU) del agua	59
31.	Color (Escala Pt Co) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024).....	60
32.	Estadísticos descriptivos del color del agua.....	61
33.	Sulfato (mg/L) en el agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024).....	63
34.	Estadísticos descriptivos de sulfatos en el agua.	63
35.	N-nitrato (mg/L) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024).....	66
36.	Estadísticos descriptivos del N-nitrato en el agua.....	66
37.	Hierro (mg/L) en el agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024).....	68
38.	Estadísticos descriptivos del hierro en el agua.....	69
39.	Coliformes totales (NMP/100 ml) en el agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024).	71
40.	Estadísticos descriptivos de coliformes totales en el agua.....	71
41.	Escherichia coli (NMP/100 ml) en el agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024).....	74
42.	Estadísticos descriptivos de Escherichia coli en el agua.....	74
43.	Matriz de consistencia del problema general	89
44.	Matriz de consistencia del problema específico 01.....	90
45.	Matriz de consistencia del problema específico 02.....	91
46.	Estadísticos descriptivos del estudio piloto.....	92
47.	Temperatura registrada por la Autoridad Nacional del Agua	92
48.	Número más probable (NMP) para 1g de muestra cuando se usan 3 tubos de 0,1; 0,01 y 0,001.	93
49.	Resultados del muestreo piloto en el agua en cada punto de muestreo (septiembre 2023).....	108
50.	Resultados del primer muestreo en el agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023).....	110
51.	Resultados del segundo muestreo en el agua en cada punto de muestreo (enero 2024).....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.	14
2.	Esquema de la trayectoria de los flotadores.	23
3.	Variación de la temperatura ambiental (°C) por espacio y tiempo.....	34
4.	Variación de la humedad ambiental (%) por espacio y tiempo.....	36
5.	Caudal (m ³) de los cuerpos de agua estudiados	37
6.	Variación de la temperatura del agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.	39
7.	Variación del pH del agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.	42
8.	Variación de la conductividad eléctrica del agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.	45
9.	Variación del potencial de oxido-reducción del agua de los ríos por espacio y tiempo.....	48
10.	Variación del oxígeno disuelto del agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.	50
11.	Variación de la demanda bioquímica de oxígeno del agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.....	53
12.	Variación de solidos disueltos totales del agua de los ríos por espacio y tiempo..	56
13.	Variación de solidos suspendidos totales del agua de los ríos por espacio y tiempo.	58
14.	Variación de la turbidez del agua de los ríos por espacio y tiempo.....	60
15.	Variación del color del agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.....	62
16.	Variación del sulfato en el agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.....	65
17.	Variación del N-nitrato en el agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.....	67
18.	Variación del hierro en el agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.....	70
19.	Variación de coliformes totales en el agua de los ríos por espacio y tiempo.....	73
20.	Variación de Escherichia coli en el agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.....	76
21.	Cálculo del caudal del rio Tarma	94
22.	Cálculo del caudal del rio Tulumayo	95
23.	Regresión lineal entre SST vs turbidez	96
24.	Recolección de muestras de agua del río Tarma como parte del estudio piloto	97
25.	Medición de los parámetros de campo del estudio piloto	97

26.	Identificación de las fuentes de contaminación en el área de estudio.....	98
27.	Medición de la turbidez y SST, de las muestras de agua recolectadas en el estudio piloto.....	98
28.	Medición del oxígeno disuelto inicial para la DBO ₅ de las muestras del estudio piloto.....	99
29.	Recolección de muestras de agua del río Tarma como parte del primer muestreo	99
30.	Medición de los parámetros de campo de muestras de agua del río Tarma como parte del primer muestreo.....	100
31.	Medición de las secciones del río Tulumayo para la determinación del caudal en el primer muestreo.....	100
32.	Medición de las profundidades del río Tarma para la determinación del caudal en el primer muestreo.....	101
33.	Medición la turbidez, color y SST de las muestras de agua obtenidas en el primer muestreo.	101
34.	Medición de nitratos, sulfatos y hierro de las muestras de agua obtenidas en el primer muestreo.....	102
35.	Medición de oxígeno disuelto inicial para la determinación de DBO ₅ de las muestras del primer muestreo.....	102
36.	Preparación de tubos de ensayo con caldo Brilla y E. coli	103
37.	Tubos de ensayo en proporción 10 ⁻¹ , 10 ⁻² , 10 ⁻³ con caldo E. coli puestos a incubar	103
38.	Recolección de muestras de agua del río Chanchamayo como parte del segundo muestreo.	104
39.	Medición de los parámetros de campo de las aguas del río Tulumayo como parte del segundo muestreo.	104
40.	Toma de datos de las mediciones de campo en la cadena de custodia como parte del segundo muestreo	105
41.	Medición nitratos, sulfatos y hierro de las muestras de agua del segundo muestreo.	105
42.	Medición de la turbidez, SST, color de las muestras de agua del segundo muestreo	106
43.	Colocación de caldo Brilla y E. coli en tubos de ensayo para las muestras del segundo muestreo.....	106
44.	Siembra de las muestras de agua en los tubos con caldo Brilla y E. coli para determinar coliformes totales y Escherichia coli	107
45.	Incubación de los tubos con caldo Brilla durante 24 horas.....	107

RESUMEN

El presente estudio tiene como propósito evaluar las características fisicoquímicas y microbiológicas de los cuerpos de agua que integran el polígono delimitado por los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo, ubicados en las proximidades de la zona urbana del distrito de San Ramón. Se analizaron trece (13) parámetros fisicoquímicos: temperatura, pH, conductividad eléctrica, potencial redox, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, turbidez, color, sulfato, N-nitrato y hierro; y dos (2) parámetros microbiológicos: coliformes totales y *Escherichia coli*.

La metodología incluyó un diseño probabilístico, precedido por un muestreo piloto que permitió estimar la varianza y definir diecisiete (17) puntos de muestreo: siete en el río Tarma, siete en el río Tulumayo y tres en el río Chanchamayo. Las campañas de monitoreo se realizaron en septiembre y noviembre de 2023, y enero de 2024. Los datos recolectados fueron procesados estadísticamente para calcular la media, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación y error tipo I. Posteriormente, se contrastaron con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua establecidos por los Decretos Supremos N.º 004-2017-MINAM y N.º 002-2008-MINAM, así como con las categorías asignadas a cada río según la Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA.

Los resultados evidencian un pH alcalino en los tres cuerpos de agua, con valores que superan el límite permitido para la Categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales) en los puntos P9 (8,57) y P11 (8,54). Las temperaturas fueron ligeramente frías, sin sobrepasar los valores establecidos por el ECA. La carga orgánica fue baja; sin embargo, se detectaron altos niveles de sólidos suspendidos (899 mg/L) y turbidez (876 NTU) en P6 durante noviembre. La presencia de coliformes totales se registró en catorce puntos, excluyendo P14, RTarm y Tulu. Asimismo, *Escherichia coli* fue identificada en diez puntos, sin exceder los límites del ECA-Agua para la Categoría 3.

Palabras clave: *Cuerpo de agua, parámetros fisicoquímicos, parámetros microbiológicos, Estándar de Calidad Ambiental para Agua.*

ABSTRACT

The purpose of the present study was to evaluate the physicochemical and microbiological characteristics of the bodies of water that make up the polygon that is delimited by the Tulumayo, Tarma and Chanchamayo rivers, located around the urban zone of the San Ramon district [of Peru]. Thirteen physicochemical parameters were analyzed: temperature, pH, electrical conductivity, redox potential, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, total dissolved solids, total suspended solids, turbidity, color, sulfate, N-nitrate, and iron; and two microbiological parameters: total coliforms and *Escherichia coli*.

The methodology included a probabilistic design, preceded by a pilot sample that allowed for an estimation of the variance and the definition of seventeen sampling points: seven from the Tarma river, seven from the Tulumayo river and three from the Chanchamayo river. The monitoring campaigns were done in September and November of 2023, and in January of 2024. The data that was collected was processed statistically in order to calculate the mean, variance, standard deviation, coefficient of variation, and type I errors. Later, it was compared with the environmental quality standards (EQS; ECA in Spanish) for water that are established by supreme decrees N.º 004-2017-MINAM and N.º 002-2008-MINAM; as well as with the categories assigned to each river according to chief resolution N.º 056-2018-ANA.

The results evidenced an alkaline pH for the three bodies of water with values that surpassed the limit allowed for category 3 (watering vegetables and drinking water for animals) at the P9 (8.57) and P11 (8.54) [sampling] points. The temperatures were slightly cold, without surpassing the values established by the EQS. The organic charge was low; however, high levels of suspended solids (899 mg/L) and turbidity (876 NTU) were detected at P6 during November. The presence of total coliforms was recorded at fourteen points, eluding P14, RTarm and Tulu. At the same time, *Escherichia coli* was identified at ten points, without exceeding EQS-water limits for category 3.

Keywords: *body of water, physicochemical parameters, microbiological parameters, environmental quality standards for water*

I. INTRODUCCIÓN

Los ríos en el mundo constituyen los principales recursos hídricos utilizados por el hombre. Suministran grandes cantidades de agua a ciudades, campos agrícolas y fábricas, y son esenciales para la navegación, la producción de alimentos y la generación de energía hidroeléctrica (National Geographic, 2023). La trascendencia de este recurso para el ser humano hace que su escasez o sus características alteradas desencadenen perjuicios para el desarrollo socioeconómico.

Cada cuerpo de agua posee características intrínsecas únicas, es decir, los ríos pueden ser parecidos, pero no iguales. El estudio de estas características a partir de la medición de sus parámetros nos proporciona una visión sobre la naturaleza del cuerpo de agua y las presiones a las que está expuesto. Es esencial obtener información sobre sus parámetros tanto físicoquímicos como microbiológicos para prevenir y controlar su contaminación.

La población de la ciudad de San Ramón se abastece de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo, los cuales son utilizados para el riego, abrevadero para animales y el abastecimiento de agua y alimentos (peces). Irónicamente, estos ríos también se utilizan como lugares de disposición de residuos sólidos y líquidos. La relevancia de estos cuerpos de agua sugiere la necesidad de conocer las características de sus parámetros físicoquímicos y microbiológicos. Sin embargo, es imperativo primero identificar las características de los cuerpos de agua que reciben mayor influencia de la actividad antrópica, especialmente en la zona urbana.

La zona urbana de San Ramón es la que mayor población posee y, por ende, la que mayor impacto ocasiona sobre los cuerpos de agua. Este sector padece de la discontinuidad del servicio de agua potable y alcantarillado, lo que refleja la falta de capacidad para abastecer la demanda de toda la población. Esta situación no solo genera un problema sanitario, sino también ambiental, como la contaminación de las aguas superficiales. Además, la ausencia de una infraestructura de depuración de aguas residuales en el distrito conlleva a la descarga de una gran cantidad de carga orgánica al río Chanchamayo y a sus tributarios, el Tarma y el Tulumayo. Por esta razón, surge la interrogante: ¿Cuáles son las características de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaños a la zona urbana del distrito de San Ramón?

Se plantea como hipótesis que el 50 % de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos considerados no cumplen con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), categoría 3, en los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo, aledaños a la zona urbana del distrito de San Ramón, departamento de Junín, durante el periodo comprendido entre septiembre de 2023 y enero de 2024.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaños a la zona urbana del distrito de San Ramón, departamento de Junín; entre setiembre de 2023 y enero de 2024.

1.1.2. Objetivos específicos

- Analizar los parámetros fisicoquímicos: temperatura, potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica, potencial de oxido reducción, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, solidos disueltos totales, solidos suspendidos totales, turbidez, color, sulfatos (SO_4^{2-}), N-nitratos (N-NO_3) y hierro del agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaño a la zona urbana del distrito de San Ramón departamento Junín, entre setiembre de 2023 y enero de 2024.
- Analizar los parámetros microbiológicos: coliformes totales y *Escherichia coli* del agua los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaño a la zona urbana del distrito de San Ramón, departamento Junín, entre setiembre de 2023 y enero de 2024.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Estado del arte

2.1.1. Internacionales

Guadrón Durán (2016) realizó la caracterización de diversos ríos de Colombia, determinando parámetros físicos, químicos y el índice de calidad del agua. Para el análisis de los datos se empleó estadística descriptiva utilizando el software SPSS. Los resultados evidenciaron elevados niveles de turbidez y sólidos disueltos totales, lo cual sugiere condiciones poco favorables para la vida acuática. Asimismo, se encontraron elevados niveles de coliformes fecales, lo que indica una alta carga orgánica proveniente de efluentes de aguas residuales, evidenciando que en la mayoría de los ríos de Colombia no se garantiza la salubridad necesaria para el consumo humano. El índice biológico sugiere que las aguas superficiales están ligeramente contaminadas, mientras que el índice de calidad del agua indica que los ríos del país constituyen un recurso hídrico altamente contaminado. En conclusión, se identifica una leve discrepancia entre los dos índices anteriormente mencionados. Además, se compararon los resultados obtenidos con la normatividad colombiana para aguas, encontrándose que los valores medidos exceden los límites permisibles establecidos por la legislación.

2.1.2. Nacionales

La Autoridad Nacional del Agua (2023) presentó el Informe Técnico N.º 0084-2023-ANA-AAA.U/LSFPDH, que expone los resultados del décimo sexto monitoreo de la calidad del agua superficial en la cuenca del río Perené durante el estiaje de 2023. Se evaluaron 40 puntos de muestreo en los ámbitos de las Administraciones Locales del Agua (ALA) Tarma y Perené, del 22 al 26 de julio y del 14 al 18 de agosto, respectivamente. En cada punto se analizaron 18 parámetros físicos, químicos y microbiológicos, comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), en sus categorías 3 y 4. En ALA Tarma se encontraron valores fuera del rango permitido en pH, oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. En ALA Perené también se identificaron superaciones en oxígeno disuelto, coliformes y fósforo total. Estos resultados indican una calidad del agua deteriorada por contaminación orgánica, baja oxigenación y exceso de nutrientes, afectando la salud de los ecosistemas acuáticos y limitando el uso del recurso. Se recomienda fortalecer el monitoreo y controlar las descargas de aguas residuales.

La Autoridad Nacional del Agua (2022) presentó el Informe Técnico N.º 0015-2023-ANA-AAA.U/LSFPDH, cuyo objetivo fue monitorear la calidad de los recursos hídricos en las cuencas de las Administraciones Locales de Agua (ALA) Perené y Tarma, durante la época de avenida de 2022. El monitoreo en la ALA Tarma se realizó del 21 al 26 de noviembre, mientras que en la ALA Perené se llevó a cabo del 2 al 6 de diciembre del mismo año. La red de monitoreo consistió en 46 puntos de muestreo, distribuidos entre ambos sectores. Se analizaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos, cuyos resultados se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), categorías 3 y 4. En la ALA Perené, se identificaron varias superaciones de los límites establecidos: los coliformes fecales excedieron el valor en RPere4, el cobre total se superó en LSina1, el hierro total en REne1 y el plomo en QPunt1. Además, el valor del pH superó los estándares en los puntos RTulu9, QPunt1, RTarm3, RPauc5, RChan1, RMaza1, RPere2, RPere3, RPere4, RPere7, RPang2, RMaza2 y RPang1.

La Autoridad Nacional del Agua (2022), en el Informe Técnico N.º 0073-2022-ANA-AAA.U/LSFPDH, evaluó la calidad del agua superficial de la cuenca Perené, en los ámbitos de las Administraciones Locales de Agua (ALA) Perené y Tarma, durante la época de estiaje de julio de 2022. La red de muestreo estuvo conformada por 16 puntos en la ALA Tarma, monitoreados del 18 al 23 de julio, y 30 puntos en la ALA Perené, monitoreados del 15 al 21 de julio. En la ALA Perené, los niveles de plomo (Pb) en el punto RPere3 superaron los límites establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), Categoría 4, y el pH en los puntos RPauc5, RChan1, RTulu7, RTulu1, RTulu2 y RTulu3 excedió los límites de la Categoría 3. En la ALA Tarma, los resultados de pH en los puntos RUlcu1, RPauc1, RHuan1, RTarm2, QLust1, RHuas1 y ROxab1 también superaron los límites de la Categoría 3, según el ECA-Agua.

Bullón Alcalá (2016), en su tesis realizó una evaluación del agua del río Perené mediante la aplicación de índices biológicos y la medición de parámetros fisicoquímicos, teniendo en cuenta nueve puntos de monitoreo elegidos según información previa sobre las fuentes de contaminación en la zona. Para establecer la calidad del agua, se usó el ECA-Agua y se calcularon varios índices biológicos. El reporte de sus resultados mostró que los coliformes termotolerantes y los sólidos suspendidos superaban los límites establecidos por el ECA-Agua, lo que indicaba que las actividades humanas eran la causa de la contaminación en el área. Se llegó a la conclusión de que ambos métodos eran similares, ya que los resultados

de los índices biológicos presentaron leves variaciones en comparación con los resultados de los parámetros fisicoquímicos.

Bullón Alcalá (2016), en su tesis, realizó una evaluación de la calidad del agua del río Perené mediante la aplicación de índices biológicos y la medición de parámetros fisicoquímicos, considerando nueve puntos de monitoreo seleccionados en función de información previa sobre las fuentes de contaminación en la zona. Para determinar la calidad del agua, se utilizó el ECA para Agua y se calcularon diversos índices biológicos. Los resultados mostraron que los coliformes termotolerantes y los sólidos suspendidos excedían los límites establecidos por el ECA-Agua, lo que sugería que las actividades humanas eran la principal fuente de contaminación en el área. Se concluyó que ambos métodos eran similares, ya que los resultados obtenidos a partir de los índices biológicos mostraron leves variaciones respecto a los obtenidos por los parámetros fisicoquímicos.

Muñoz Aguilar (2016), en su tesis, determinó las características fisicoquímicas y biológicas del agua del río Grande Celendín, utilizando cinco estaciones de muestreo durante los períodos de estiaje y avenida. Los parámetros fisicoquímicos analizados fueron temperatura, pH, conductividad eléctrica, demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, sólidos totales y turbidez. Para la determinación de los índices biológicos, se recolectaron macroinvertebrados bentónicos y se utilizaron índices de biodiversidad, así como índices bióticos. En los resultados obtenidos durante la época de avenida, los niveles de oxígeno disuelto superaron los establecidos por el ECA-Agua, lo que favoreció el aumento de la diversidad de familias y especies. Este incremento resultó en una mayor diversificación de familias, en contraste con las épocas de estiaje, que presentaron una baja diversidad. Ambos métodos utilizados en el estudio mostraron una tendencia similar.

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2013) llevó a cabo un estudio entre el 18 y el 23 de febrero de 2013 en los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo, con el objetivo de evaluar el impacto de las actividades hidroeléctricas y mineras en la región. Se monitorearon 20 puntos, y los resultados fisicoquímicos indicaron que, en varios de estos puntos, las concentraciones de manganeso y aluminio excedieron los valores permitidos por los ECA-Agua, Categoría 3. En los puntos RT-1, RT-2 y RTUL-5, las concentraciones de cianuro WAD fueron bajas y se mantuvieron dentro de los límites establecidos. En RPUN-1, ubicado cerca de la unidad minera San Vicente, los niveles de bario y plomo superaron los valores permisibles para esta misma categoría, y la turbidez excedió el

límite de medición del equipo (1000 NTU). El estudio concluyó que los ríos Chanchamayo y Perené no presentaron impactos derivados de las actividades mineras e hidroeléctricas, aunque otros cuerpos de agua mostraron indicios de contaminación.

En su tesis, Armas Napuchi (2010) realizó cinco monitoreos en los ríos Huallaga, Paranapura y Shanusi, cercanos a Yurimaguas, y cuatro en los vertederos urbanos durante seis meses. Se analizaron propiedades físicas, químicas y microbiológicas de las aguas superficiales, considerando parámetros como oxígeno disuelto, pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, turbidez, hidrocarburos, coliformes y metales pesados. Los resultados fueron contrastados con los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas (ECA-Agua). Para el análisis de los datos, se emplearon técnicas de varianza y correlación. Las concentraciones mostraron variabilidad significativa por estación y época, destacándose parámetros como pH, turbidez, manganeso, hierro y coliformes fecales.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Calidad de agua

El término "calidad" aplicado al agua es relativo y depende del contexto en el que se utilice. Por ejemplo, los efluentes industriales con alta carga orgánica son dañinos para el consumo humano, pero pueden ser adecuados para el riego de plantaciones forestales o agrícolas (Muñoz Aguilar, 2016). Según Chapman et al. (1996), la calidad del ambiente acuático incluye las concentraciones, especiaciones y particiones físicas de las sustancias orgánicas e inorgánicas en el agua, y se define como la composición y estado de la biota en el cuerpo de agua. Por otro lado, Escalante Rojas (2018) señala que la calidad del agua se determina por la aceptación o rechazo de sus características fisicoquímicas y microbiológicas. La calidad fisicoquímica implica la presencia de sustancias inocuas para la salud humana, mientras que la calidad microbiológica se enfoca en identificar microorganismos que puedan afectar directamente la salud humana y servir como indicadores de otros microorganismos dañinos.

2.2.2. Contaminación del agua

Chapman et al. (1996) señala que la contaminación de los cuerpos de agua es mayormente causada por actividades humanas, las cuales introducen sustancias nocivas de manera directa o indirecta. Esto provoca efectos adversos como el daño a los organismos vivos, riesgos para la salud humana, obstáculos para actividades acuáticas y la degradación de

la calidad del agua, afectando su uso en la agricultura, la industria y otras actividades económicas.

Por otra parte, Mejía Burgos (2016) señala que la contaminación del agua supone la aglomeración de compuestos, organismos y energía en un sistema acuático. En el país, esta contaminación se debe principalmente al vertido de aguas residuales sin tratar o tratadas de manera insuficiente, lo que supera la capacidad de amortiguamiento del cuerpo de agua y aumenta las concentraciones de carga orgánica y otros parámetros que exceden las normas peruanas para el agua.

2.2.3. Fuentes de contaminación del agua

Los contaminantes de los cuerpos de agua incluyen muchos tipos de sustancias orgánicas e inorgánicas que se originan en fuentes puntuales en áreas urbanas, industriales y agrícolas; además de contaminantes cuyo origen es difuso. En función de la manera de llegada de los contaminantes a la fuente de agua se consideran dos tipos, de origen puntual y de origen difuso (Fernández Cirelli, 2012).

Origen puntual: La contaminación de origen puntual lo constituyen: efluentes de aguas residuales tanto domésticas, municipales como industriales, que pueden contener una variedad de contaminantes químicos y biológicos; efluentes de lixiviados de botadores; efluentes de la industria avícola y porcina con alta carga orgánica; efluentes mineros con gran concentración de metales pesados; etc. Esta fuente de contaminación es fácilmente identificable, por lo que reducir su impacto mediante medidas estructurales es viable. Sin embargo, el costo puede ser un factor limitante.

Origen difuso: La contaminación proviene principalmente de la agricultura, donde los contaminantes agrícolas (biocidas) son movilizados por la escorrentía e infiltración en el suelo, llegando a polucionar el agua. Los sedimentos del suelo erosionado, las bacterias en suspensión, los nitratos disueltos y otros minerales no se pueden asociar fácilmente con una fuente específica. Para controlar este tipo de contaminación, se implementan medidas no estructurales de concientización y difusión.

En el ámbito local la Autoridad Nacional del Agua (2023) subraya que en la Cuenca Perene en el ámbito de la ALA Perené y ALA Tarma se identificó un total de sesenta y seis (66) fuentes contaminantes, de las cuales de las cuales sesenta y seis 66 (100%)

por su naturaleza corresponden aguas residuales. Las fuentes de contaminación preponderantes se observan en la **Tabla 1**, cuya naturaleza es de aguas residuales, de las cuales son en total de treinta y cuatro 34 (52 %) corresponde aguas residual doméstica, cuatro 04 (6%) corresponde aguas residuales de aguas de mina, tres 03 (5%) corresponde agua residual industrial, uno 01 (2%) corresponde botadero de residuos sólidos, diecisiete 17 (26%) corresponden aguas residuales domésticas de la municipalidad, cuatro 04 (6%) corresponde a vertimientos de aguas residuales municipal, uno 01 (2%) corresponde aguas residual de faenamiento de animales domesticas de camal, dos 02 (3%) corresponden aguas residual y residuos sólidos.

Tabla 1. Fuentes contaminantes identificadas en la cuenca Perené

Código Pfastetter	UH	Origen de FC/1	IFC por su tipo	Tipo de FC/1
			Agua Residual Domestica	34
			Agua Residual De Agua de Mina	4
			Agua Residual Industrial	3
			Botadero de Residuos Solidos	1
49954	Cuenca Perené	Antropogénica	Aguas Residuales Domesticas Municipales	17
			Vertimientos De Aguas Residuales Municipales	4
			Aguas Residuales De Faenamiento De Animales Domesticas Del Camal Municipal	1
			Aguas Residuales Poblacional Y Residuos Sólidos	2
Total				66

Nota.

IFC = Identificaciones de Fuentes Contaminantes

UH = Unidad Hidrográfica

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2023)

Según la Autoridad Nacional del Agua (2023), el registro de Autorizaciones de Vertimiento y Reúso de Aguas Residuales Tratadas en la cuenca Perené se incluye las autorizaciones de vertimientos detalladas en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Vertimientos Autorizados en la cuenca Perené

Entidad	Resolución Directoral	Tipo	N° Vert.
---------	-----------------------	------	----------

Unión Andina de Cementos S.A.A.	Resolución Directoral N°831-2017-ANA-AAA.Ucayali	Agua residual doméstica tratada procedente de la PTAR ubicado en el distrito la Unión Leticia, con fines de reforestación	1
Municipalidad distrital de Rio Negro	Resolución Directoral N° 017-2019-ANA-DCERH	Aguas residuales domésticas tratadas procedente de la PTAR Nueva Esperanza, distrito de Rio Negro.	1
Municipalidad distrital de San Ramón	Resolución Directoral N° 048-2019-ANA-DCERH	Aguas residuales domesticas tratadas procedente de la PTARD Puente Herrería, PTARD La Codiciada y PTARD Esperanza, ubicado en el distrito de San Ramón.	3
Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A.	Resolución Directoral N° 027-2021-ANA-DCERH	Aguas residuales domésticas tratadas procedente del campamento Minero Jesús Alfonso de la unidad de producción San Vicente, ubicada en el distrito de Vitoc.	1
Nexa Resources Atacocha S.A.A.	Resolución Directoral N° 086-2020-ANA-DCERH	Aguas residuales industriales tratadas, procedente del proyecto de exploración minera subterránea "Santa Rosa" ubicado en en el distrito de Comas.	1
Municipalidad Distrital De Palcazú	Resolución Directoral N° 120-2021-ANA-DCERH	Vertimiento de aguas residuales domésticas tratadas provenientes del sistema de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de la Localidad de Iscozacin.	2
Pluspetrol Lote 56 S. A	Resolución Directoral N°132-2021-ANA-DCERH	Aguas residuales industriales tratadas procedentes de la locación de Perforación Exploración PAD B, ubicado en el distrito de Mazamari.	1

2.2.4. Caracterización del agua

Ibáñez et al. (2008) describen la caracterización del agua como el proceso de medir diversos parámetros que reflejan las características intrínsecas y las diferencias entre distintos tipos de muestras de agua natural, tales como agua superficial, subterránea y marina. Estos parámetros abarcan la medición de propiedades físicas, químicas y microbiológicas, dependiendo del uso específico que se le dé a cada cuerpo de agua.

Por otro lado, Jiménez et al. (2020) en el contexto de la gobernanza del agua, destacan la relevancia de evaluar y gestionar los recursos hídricos para garantizar su sostenibilidad y calidad. Además, indican que la caracterización de los cuerpos de agua se refiere a la evaluación de su calidad y a la determinación de fuentes de contaminación.

2.2.5. Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos del agua son cruciales para evaluar su calidad y determinar su aptitud para diversos usos, tales como el consumo humano, la agricultura y la industria. Entre los parámetros más significativos se encuentran el pH, la conductividad eléctrica, la turbidez, el oxígeno disuelto (OD), los sólidos disueltos totales (SDT), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO). Según Samboni Ruiz et al. (2007), estos parámetros pueden explicar de manera integral las propiedades físicas y químicas del agua, ayudar a identificar contaminantes potenciales y evaluar su impacto en la salud humana y el medio ambiente. Del Río (1986) también destacó la importancia de parámetros como la temperatura, las bacterias coliformes, los nitratos y los fosfatos que son esenciales para evaluar la calidad del agua y sus efectos sobre los organismos acuáticos.

2.2.4.1. Temperatura

La temperatura es un parámetro clave que influye en diversas propiedades físicas y químicas del agua, así como en la vida acuática. De acuerdo con Fernández Cirelli (2012), incide en la solubilidad de gases como el oxígeno, esencial para los organismos acuáticos. También modifica la velocidad de reacciones químicas y biológicas; por ejemplo, Del Río (1986) indica que el aumento de temperatura acelera la descomposición de materia orgánica y eleva la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Además, según Samboni Ruiz et al. (2007), puede intensificar la toxicidad de ciertos contaminantes, agravando sus efectos sobre los ecosistemas acuáticos.

2.2.4.2. Potencial de hidrógeno

El potencial de hidrógeno (pH) del agua es un parámetro crucial que influye en la capacidad de autodepuración de los cuerpos hídricos, ya que afecta la concentración de materia orgánica y la presencia de contaminantes como metales pesados (Escalante Rojas, 2018). Además, es una propiedad química esencial para el desarrollo de los organismos acuáticos, al incidir en diversos procesos químicos y biológicos.

2.2.4.3. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica del agua se refiere a su capacidad para transmitir corriente eléctrica, y se mide en siemens por centímetro (S/cm). Este parámetro está determinado por la concentración de iones presentes, su movilidad, valencia y la temperatura de la solución (Huaman & Huallpa, 2023). Las soluciones con compuestos inorgánicos disueltos suelen tener buena conductividad. En cambio, las sustancias orgánicas que no se disocian apenas contribuyen a esta propiedad (Chapman et al., 1996).

2.2.4.4. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto representa la cantidad de oxígeno presente en el agua, siendo esencial para la vida acuática. Sus niveles sirven como indicador de la calidad del agua y su grado de contaminación. En general, una mayor concentración de oxígeno disuelto refleja mejores condiciones para los organismos acuáticos, mientras que niveles bajos pueden poner en riesgo su supervivencia (Torres Vega, 2009).

2.2.4.5. Sólidos suspendidos totales

Las sustancias suspendidas en el agua corresponden a partículas sólidas, de origen orgánico o inorgánico, que no se disuelven y generan turbidez, afectando la calidad del recurso (Ruiz Ramírez, 2021). Estas incluyen plancton, minerales arcillosos, arena, limo, coloides, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, y microorganismos. Según Bolívar Cuartas et al. (2021), este parámetro es clave para evaluar la contaminación en aguas residuales, ya que revela la presencia de compuestos potencialmente dañinos para el ambiente y la salud humana.

2.2.4.6. Demanda bioquímica de oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) indica la cantidad de oxígeno que los microorganismos requieren para descomponer la materia orgánica presente en el agua. Altos niveles de DBO reflejan una mayor carga orgánica, lo que reduce el oxígeno disponible para otros organismos y favorece la proliferación de hongos y bacterias. Esto impacta la calidad del agua, puede alterar el pH y causar la pérdida de peces y plantas acuáticas (Raffo & Ruiz, 2014). La DBO es un indicador clave para evaluar la contaminación orgánica y se emplea ampliamente en el control y tratamiento de aguas residuales.

2.2.4.7. Hierro

El hierro (Fe) es un metal de transición que se encuentra comúnmente en la corteza terrestre, principalmente en forma de óxidos, y rara vez en estado puro. En aguas superficiales, puede alcanzar concentraciones de hasta 0,5 mg/L, originadas por lixiviación del suelo o descargas industriales. Su concentración, expresada en miligramos por litro (mg/L), es un indicador relevante de la calidad del agua. El hierro total puede presentarse en suspensión como hierro férrico o en forma disuelta (Ortez Santos, 2024).

2.2.6. Parámetros microbiológicos

2.2.4.8. Coliformes totales

Larrea et al. (2013) describen a las bacterias coliformes como microorganismos Gram negativos, con forma de bastón alargado, sin formación de esporas y con actividad de la enzima β -galactosidasa. Son capaces de fermentar lactosa entre 35 y 37 °C, generando ácido y dióxido de carbono (CO₂) en 24 horas. También se caracterizan por ser oxidasas negativas, es decir, carecen de la enzima citocromo c oxidasa, aunque pueden ser aerobias o anaerobias facultativas y utilizar otras oxidasas en la cadena de transporte electrónico. Entre las especies más comunes se encuentran *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. Este grupo se emplea como indicador de contaminación fecal, ya que suele estar presente en el sistema digestivo de humanos y animales de sangre caliente.

2.2.4.9. Coliformes termotolerantes

Los coliformes termotolerantes (CTE) pertenecen al grupo de los coliformes totales y comparten varias características bioquímicas. Sin embargo, se diferencian por ser indol positivos y por su capacidad de crecer a temperaturas de hasta 45 °C, lo que les da el nombre de “termotolerantes”. Son considerados mejores indicadores de higiene en agua y alimentos. *Escherichia coli* representa entre el 90 y 100 % de este grupo, aunque también pueden encontrarse especies como *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*, aunque con menor frecuencia. Estas últimas suelen provenir de fuentes naturales como agua, suelos y vegetación, y raramente forman parte del microbiota de animales de sangre caliente. Por esta razón, algunos autores proponen el uso del término “coliformes fecales” en lugar de “termotolerantes”, ya que es más común en la práctica (Larrea et al., 2013).

2.2.4.10. Escherichia coli

Según Larrea et al. (2013), *Escherichia coli* es una bacteria Gram negativa, anaerobia facultativa, perteneciente a la familia *Enterobacteriaceae*. Forma parte del microbiota intestinal de humanos y animales de sangre caliente, siendo la más abundante entre las bacterias anaerobias facultativas del intestino. Se excreta diariamente en concentraciones de 10^8 a 10^9 unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de heces. Por estas características, se utiliza ampliamente como indicador de contaminación fecal.

2.2.7. Resolución Jefatural N° O56 -2018-ANA

Esta normativa, aprobada por el Ministerio del Ambiente, clasifica los cuerpos de agua superficiales y marino-costeros en Perú. La clasificación abarca:

- i) Cuerpos de agua lóticos clasificados.
- ii) Cuerpos de agua lénticos clasificados a nivel nacional.

El objetivo de esta normativa es promover la conservación y protección de la calidad de los cuerpos de agua superficiales continentales, considerando tanto los usos actuales como los potenciales, en línea con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Esta normativa reemplaza la clasificación establecida en la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA.

Según la Resolución Jefatural N° O56-2018-ANA, los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo están clasificados como Categoría 3: Agua para riego de vegetales y bebida de animales. Los cuerpos de agua tributarios de estos ríos que no estén clasificados en esta norma asumirán temporalmente la categoría de los ríos a los que tributan, conforme a la Tercera Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

2.2.8. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

Esta normativa, aprobada por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, define los límites de concentración para diversos elementos, sustancias y parámetros físicos, químicos y biológicos en el agua, con el fin de prevenir riesgos significativos para la salud humana y el medio ambiente, considerando el agua como un recurso clave en los ecosistemas acuáticos (Ministerio del Ambiente, 2017).

El ECA para Agua, cuenta con cuatro (4) categorías y diecisiete (17) subcategorías, tal como se observa en la **Figura 1**.

Categoría 1: Poblacional y recreacional	Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales	Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	Categoría 4: Conservación del ambiente acuático
<ul style="list-style-type: none"> • Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. <ul style="list-style-type: none"> • A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección. • A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. • A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado. • Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación <ul style="list-style-type: none"> • B1. Contacto primario • B2. Contacto secundario 	<ul style="list-style-type: none"> • Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino-costeras • Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras • Subcategoría C3: Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras • Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas 	<ul style="list-style-type: none"> • a) Subcategoría D1: Riego de vegetales. <ul style="list-style-type: none"> • Agua para riego no restringido. • Agua para riego restringido. • b) Subcategoría D2: Bebida de animales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Subcategoría E1: Lagunas y lagos • Subcategoría E2: Ríos <ul style="list-style-type: none"> • Ríos de la costa y sierra. • Ríos de la selva. • Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos <ul style="list-style-type: none"> • Estuarios • Marinos

Nota.

Fuente: Ministerio del Ambiente (2017)

Figura 1. Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política

El área de estudio está conformada por un polígono que incluye los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo, cercanos a la zona urbana del distrito de San Ramón (ver **Anexo E**). Por lo tanto, se encuentra dentro del distrito de San Ramón, perteneciente a la provincia de Chanchamayo, en el departamento de Junín. El distrito de San Ramón presenta la siguiente delimitación:

- Por el Norte: Con el distrito de Chanchamayo.
- Por el Sur: Con el distrito de Vitoc y la provincia de Jauja.
- Por el Este: Con el distrito de Chanchamayo.
- Por el Oeste: Con los distritos de las Provincias de Tarma y Junín.

El muestreo de agua superficial se realizó en el polígono de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaños a la zona urbana del distrito de San Ramón el cual pertenece a:

- Subcuenca: Río Tulumayo, Tarma y Chanchamayo.
- Cuenca: Río Perené.
- Cuenca Alta: Río Ucayali.
- Región hidrográfica: Río Amazonas.

3.1.2. Ubicación geográfica

El centroide del polígono que abarca los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo, cercanos a la zona urbana del distrito de San Ramón, se encuentra en las coordenadas 461555 E, 8770550 N, según el sistema WGS84, Zona 18 Sur. Los puntos de muestreo georreferenciados se presentan en la **Tabla 3** y también se visualizan en el **Anexo E**.

Tabla 3. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo en el área de estudio.

N°	CAT.	Código	Descripción	Sector	Distrito	Provincia	Coordenadas UTM (WGS-84)	
							Este	Norte
1		P1	Rio Tarma, aproximadamente 100 metros después del puente Victoria.	Malecón Tarma	San Ramón	Chanchamayo	459992,00	8770824,00
2		P2	Rio Tarma, aproximadamente 400 metros después del puente Victoria.	Malecón Tarma	San Ramón	Chanchamayo	460281,00	8770914,00
3		P3	Rio Tarma, altura de la Institución Educativa N° 30675 "Juan Santos Atahualpa".	Malecón Tarma	San Ramón	Chanchamayo	460804,00	8770861,00
4	CATEGORIA 3	P4	Rio Tarma, aproximadamente 285 metros después de la Institución Educativa N° 30675 "Juan Santos Atahualpa".	Malecón Tarma	San Ramón	Chanchamayo	461090,00	8770896,00
5		P5	Rio Tarma, aproximadamente 460 metros antes de la confluencia con el rio Chanchamayo.	San José	San Ramón	Chanchamayo	461508,00	8770897,00
6		P6	Rio Tarma, aproximadamente 210 metros antes de la confluencia con el rio Chanchamayo.	San José	San Ramón	Chanchamayo	461754,00	8770851,00
7		P7	Rio Chanchamayo, aproximadamente 380 metros después de la confluencia con el rio Chanchamayo.	Campamento Chino	San Ramón	Chanchamayo	462315,00	8770962,00
8		P8	Rio Chanchamayo, aproximadamente 770 metros después de la confluencia con el rio Chanchamayo.	Campamento Chino	San Ramón	Chanchamayo	462462,00	8771402,00

9	P9	Río Tulumayo, altura del puente Centenario y aproximadamente 500 m aguas arriba de la confluencia con el río Tarma.	San Ramón	San Ramón	Chanchamayo	461796,00	8770421,00
10	P10	Río Tulumayo, altura del puente San Ramón y aproximadamente 850 m aguas arriba de la confluencia con el río Tarma.	San Ramón	San Ramón	Chanchamayo	461440,00	8770161,00
11	P11	Río Tulumayo, aproximadamente 260 metros antes del puente San Ramón.	Nueva Vista	San Ramón	Chanchamayo	461336,00	8769912,00
12	P12	Río Tulumayo, aproximadamente 460 metros antes del puente San Ramón.	Nueva Vista	San Ramón	Chanchamayo	461288,00	8769718,00
13	P13	Río Tarma, aproximadamente 410 metros aguas abajo del Centro Poblado Juan Pablo II.	Nueva Vista	San Ramón	Chanchamayo	461195,00	8769449,00
14	P14	Río Tulumayo, altura del Centro Poblado Juan Pablo II.	Juan Pablo II	San Ramón	Chanchamayo	461410,00	8769073,00
15	RTarm	Río Tarma, aproximadamente 350 metros aguas abajo de la confluencia con el Río Oxabamba.	Malecón Tarma	San Ramón	Chanchamayo	459448,00	8770707,00
16	RTulu	Río Tulumayo, aproximadamente 410 metros aguas arriba del Centro Poblado Juan Pablo II.	Juan Pablo II	San Ramón	Chanchamayo	461632,00	8768730,00
17	RChan	Río Chanchamayo, aproximadamente 1,5 kilómetros después de la confluencia con el río Chanchamayo.	Campamento Chino	San Ramón	Chanchamayo	462797,00	8772050,00

3.1.3. Clima

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2020), en el Mapa Climático del país, la zona de estudio presenta el clima Cálido B (r) A', caracterizado por lluvias frecuentes y alta humedad durante todo el año.

3.1.4. Temperatura

La temperatura máxima se encuentra entre 29 °C a 31 °C, y la temperatura mínima se encuentra entre 19 °C a 21°C (SENAMHI, 2020).

3.1.5. Precipitación

El Mapa Climático del Perú registra acumulados anuales de lluvia entre 2000 mm y 3500 mm aproximadamente (SENAMHI, 2020).

3.1.6. Zona de vida

El Gobierno Regional de Junín (2015), en la Zonificación Ecológica y Económica, señala que en la provincia de Chanchamayo predominan las zonas de vida de bosque húmedo premontano y tropical. Según el Instituto Nacional de Recursos Naturales (1995), el bosque húmedo premontano tropical (bh-PT) se caracteriza por:

- Relieve: En la Selva Alta, el relieve es ondulado y empinado, mientras que en la Selva Baja predominan las colinas.
- Suelos: Son variados, generalmente profundos, con texturas de media a pesada y suelen ser ácidos.
- Vegetación: Se destaca por un bosque siempre verde, alto y denso, con grandes volúmenes de madera utilizable.

3.1.7. Población

El polígono de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo se ubica aledaño a la zona urbana de la localidad de San Ramón que forma parte de la provincia de Chanchamayo. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018) en la **Tabla 4** muestra el

número de población clasificado por zona urbana y rural; cuyo dato de nuestra zona de interés asciende a 20 753 habitantes.

Tabla 4. Número de habitantes del distrito de San Ramón.

Tipo de zona	Cantidad
Urbana	20 753
Rural	5 047
Total	25 800

Nota.

Fuente: INEI - Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

Los materiales de campo usados son machete, guardapolvo, lápices, libretas de campo, marcadores y etiquetas, Formatos para la recolección de datos de campo, Planos de ubicación del área de estudio, Wincha de 50 m de longitud, flotadores de madera, varas de madera.

Los materiales de colección y muestreo usados son el brazo muestreador, botellas de vidrio de 1000 ml para muestras de agua, piseta, agua destilada, cooler para transportar muestras.

En el laboratorio se usaron etiquetas, equipos de protección personal, placas Petri, probetas de 100 mL, tubos de ensayo, vasos precipitados de 250 mL, matraz de 250 mL, tubos Durham, pipetas de 10 mL, embudos, gradillas, soporte universal, mecheros, varillas agitadoras, pinzas, tijeras, papel filtro, cintas, papel tisú, algodón, etc.

3.2.2. Equipos

En campo se utilizó el Multiparámetro portátil Y-JL01518, un sistema de posicionamiento (GPS) marca GARMIN modelo G4S, un celular con cámara fotográfica, un termohigrómetro digital con sonda HTC-2, equipos de protección personal (guantes, mascarilla, gafas).

En laboratorio se utilizó el colorímetro marca Hach modelo DR 900, un fotómetro de sulfatos marca HANNA, un fotómetro marca HANNA modelo HI83306-01,

autoclave, balanza analítica, incubadora, cámara de DBO₅, micro-pipetador, equipos de protección personal (guantes, mascarilla, gafas).

3.2.3. Insumos

Para el análisis fisicoquímico se utilizó reactivos de sulfatos marca HANNA, reactivos de nitratos marca Hach y reactivos de hierro (Fe) marca HANNA. Para el análisis microbiológico caldo peptonado, caldo Brilla, caldo E. Coli marca HIMEDIA, agua destilada, alcohol de 95.

3.2.4. Programas de computador

Software ArcGIS, Google Earth Pro, Microsoft Excel, Microsoft Word, IBM SPSS Statistics 26.

3.3. Metodología

3.3.1. Recopilación de información base del área de estudio

Para la obtención de datos hidrometeorológicos (precipitación, temperatura, caudal) del polígono de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo se consultó la plataforma del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú y la plataforma de la Autoridad Nacional del Agua a través de su portal del Observatorio Nacional de Recursos Hídricos. Para la obtención de datos correspondientes a estudios anteriores sobre los ríos de la cuenca del Chanchamayo, fueron proporcionados a través de la mesa de partes virtual de Autoridad Nacional del Agua como también el portal de la biblioteca virtual del Organismo de Evaluación y Fiscalización ambiental. Es importante mencionar que la información cartográfica para la elaboración del mapa de ubicación política, geográfica y de los transectos se recopiló de la carta nacional 23-m.

3.3.2. Determinación de los puntos de muestreo

En primera instancia se consideró una población de 21 transectos de 0.25 km de longitud del polígono de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaños a la zona urbana del distrito de San Ramón, donde se realizó una toma de muestra de 11 transectos

seleccionados aleatoriamente determinado utilizando la fórmula para tamaño de población finita de Hernández et al. (2014).

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * \sigma^2}{e^2 * (N-1) + Z_{\alpha}^2 * \sigma^2} \quad (1)$$

Donde:

n = Tamaño de muestra buscado

N = Tamaño de la población

Z_{α} = Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza (NC)

e = Error de estimación máximo aceptado

σ^2 = Varianza

Para obtener este muestreo piloto se consideró una probabilidad de éxito de 94 % y una probabilidad de fracaso de 6 %, lo que se traduce en usar el valor de 0.056 para la varianza. Dicho muestreo piloto se realizó el 6 de septiembre del año 2023 y los resultados del análisis fisicoquímico (ver **Anexo D**) se obtuvieron en el Laboratorio de Calidad del Agua de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental (LCA-EPIA).

La varianza tomada para el estudio de investigación luego del muestreo piloto fue el valor correspondiente del pH (0,21) ya que este parámetro varía en menor proporción; cuyo calculo se estableció a través de la siguiente ecuación:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N-1} \quad (2)$$

Donde:

σ^2 = Varianza

x_i = Observación número i de la variable x

\bar{x} = Es la media de la variable x

N = Número de observaciones

Considerando que los nuevos transectos se dividieron cada 0,1 km de longitud resultando un total de 53 transectos como población, se vuelven a reemplazar los valores pertinentes en la Ecuación (1) para obtener una muestra de 14 transectos del polígono de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaños a la zona urbana del distrito de San Ramón. Además, se añadirán 3 puntos referenciales en la entrada y salida de los cuerpos de agua de estudio, resultando un total de 17 puntos de muestreo en el presente estudio de investigación.

Una vez definido nuestros transectos, con la información encontrada sobre el área de estudio y mediante la herramienta "Create Random Points" del Software ArcGIS se procedió a ubicar los puntos de muestreo aleatoriamente en el polígono.

3.3.3. Recolección de muestras de agua en el área de estudio

De cada transecto se tomaron dos muestras de agua en época de avenida y se desarrolló en el mes de noviembre y enero:

- Primer muestreo: 28 hasta el 30 de noviembre, época de avenida 2023
- Segundo muestreo: 02 hasta el 04 de enero, época de avenida 2024

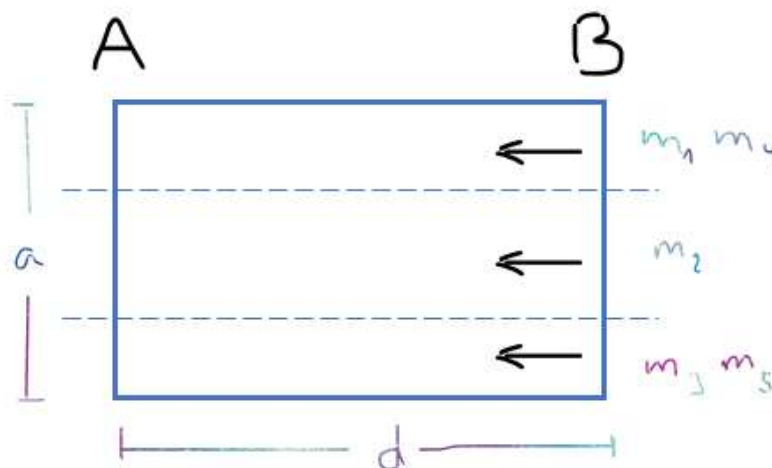
El tipo de muestreo usado fue la muestra simple o puntual que son muestras únicas recolectadas en un lugar específico de un sitio durante un corto período de tiempo (generalmente segundos o minutos). Por tanto, representan una "instantánea" tanto en el espacio como en el tiempo de un área de muestreo. (American Public Health Association et al., 2005).

Para el muestreo, se emplearon frascos de vidrio esterilizados y recubiertos de negro. Estos frascos, con una capacidad de 1 litro, estaban limpios y etiquetados. Una vez identificados los puntos de muestreo, se destaparon los frascos con cuidado y se sumergieron rápidamente en el agua de la fuente, entre 20 y 30 cm de profundidad, con la boca del frasco orientada horizontalmente en dirección contraria a la corriente. Con un movimiento circular de derecha a izquierda, se llenaron los frascos, se taparon inmediatamente y se etiquetaron con los datos principales (número de muestra, lugar, hora, fecha, etc.). Luego, las muestras se colocaron en un transporte adecuado para su traslado al laboratorio para los análisis correspondientes (American Public Health Association et al., 2005).

3.3.4. Análisis de los parámetros físicos y químicos

3.3.4.1. Determinación del caudal

Se empleó el método de aforo por flotadores, según lo establecido por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú en 2011. Debido a la falta de un correntómetro u otro equipo para medir la velocidad del agua y considerando la época de muestreo (época de avenidas), se utilizaron flotadores de madera de 10 x 5 cm, lo que redujo el riesgo para el investigador al ingresar al agua. Se seleccionaron los tramos rectos “A” y “B”, como se muestra en la **Figura 2**, asegurando que el área fuera accesible y libre de grandes piedras o troncos.



Nota.

a = Ancho del río

d = Distancia recorrida por el flotador

m1, m2, m3, m4, m5: Flotadores de madera

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2011)

Figura 2. Esquema de la trayectoria de los flotadores.

En segundo lugar, se calcula el tiempo promedio (t_p) sumando los tiempos que tardan los flotadores en recorrer la sección AB y dividiendo por el número de flotadores lanzados. Para este cálculo, se necesita un cronómetro, una calculadora y un formato. Se lanzaron 5 flotadores de madera en tres secciones longitudinales del río. Estos flotadores se lanzan varios metros antes de pasar por el punto A, con el objetivo de que alcancen una velocidad uniforme y mantengan una trayectoria clara.

Luego, con el valor del tiempo promedio, se calcula la velocidad superficial (V_s) utilizando la siguiente fórmula del movimiento rectilíneo uniforme:

$$V_s = \frac{d}{t_p} \quad (3)$$

Donde:

V_s : velocidad (m/s).

d : distancia recorrida (m).

t_p : tiempo promedio (s).

Después, se calcula la velocidad media en la vertical (V_m), que corrige la velocidad del flujo de agua. Este valor se obtiene multiplicando la velocidad superficial (V_s) por un coeficiente que varía entre 0,75 y 0,90, dependiendo de las dimensiones del cauce (ANA, 2011). En nuestra investigación, se utilizará un coeficiente de 0,85.

A continuación, se calcula el área de la sección (A_s) midiendo el ancho del río y obteniendo la profundidad promedio con una vara y una cinta métrica. La fórmula utilizada para calcular el área es:

$$A_s = h_p \times a \quad (4)$$

Donde:

A_s : área de la sección (m²).

h_p : profundidad promedio (m).

a : ancho del río (m)

Por último, con el área de la sección del río (A_s) y la velocidad del flujo (V_m), se utiliza la siguiente ecuación para calcular el caudal (Q):

$$Q = A_s \times V_m \quad (5)$$

Donde:

Q: caudal de agua (m^3/s).

A_s : área de la sección (m^2)

V_m : velocidad media del agua (m/s).

3.3.4.2. Determinación de parámetros in-situ

Los parámetros medidos en campo (in-situ) fueron la temperatura, el potencial de hidrogeno (pH), la conductividad eléctrica (CE), el potencial de oxido reducción (ORP) y los sólidos disueltos totales (SDT). El equipo utilizado fue el multiparámetro, el cual cuenta con un sensor acoplado para medir pH, que usa un electrodo de membrana de vidrio selectiva de iones hidrógeno (American Public Health Association et al., 2005). Además, tiene un sensor de conductividad que nos permite determinar la CE, los SDT y el ORP; asimismo, cuenta con un sensor para medir la temperatura del cuerpo de agua.

En primera instancia se extrajo una muestra de 1000 ml con ayuda del palo muestreador. Después la lectura se realizó dejando sumergido el multiparámetro durante 5 minutos en el agua o hasta que la lectura se estabilice; cumplido el tiempo se leyeron y anotaron los resultados en la cadena de custodia. Al finalizar se procedió a usar el agua destilada para limpiar el sensor y secarlo con el papel tisú, cuyo fin es tenerlo listo para la siguiente medición.

3.3.4.3. Determinación de oxígeno disuelto

Para su medición se hará mediante el uso del multiparámetro, el cual posee un sensor de oxímetro. La muestra es preferible que sea medida in situ debido a que factores como la temperatura y presión pueden afectar su concentración, sin embargo la ausencia de este equipo conlleva a medirlo en Laboratorio de Calidad del Agua. En primer lugar, la muestra de capacidad de 1000 ml se ha vertido en un vaso precipitado de 500 ml, de manera cuidadosa y sin generar burbujeo al trasvasar el líquido. A continuación, se procede a medir el oxígeno disuelto, teniendo en cuenta el tiempo de 5 minutos o hasta que se estabilice el sensor. Es prudente mencionar que luego de usar el sensor se debe limpiar con agua destilada para evitar contaminar las siguientes muestras.

3.3.4.4. Determinación de la turbidez

Se determinará mediante la técnica del turbidímetro, basada en fenómenos ópticos que ocurren cuando un haz de luz atraviesa un medio. Se utiliza un recipiente de 10 ml, que se coloca en el equipo para su medición. Es importante que el frasco esté limpio para evitar errores en la medición.

3.3.4.5. Determinación de sólidos suspendidos totales

Su determinación se basa en el método colorimétrico. Los sólidos suspendidos totales a través de un equipo generan un haz de luz que mide la dispersión por los sólidos suspendidos. Se utiliza un frasco testigo de capacidad de 10 ml que contiene agua destilada, este es comparado con otro frasco que contiene la muestra a medir. Previamente los frascos deben estar debidamente esterilizados y no contener impurezas.

3.3.4.6. Determinación del color

En la determinación del color se utilizó la escala de color específica, llamada escala Pt-Co. Se utilizó el colorímetro, donde previamente se realizó una filtración simple a la muestra, esto la finalidad de conocer el color verdadero. Primero se coloca un frasco testigo con agua destilada para luego colocar la muestra de agua y medir. Es necesario tener limpio tanto el interior como el exterior del frasco a utilizar.

3.3.4.7. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno

Para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO), en la etapa de muestreo el frasco se llenó lentamente y a su totalidad para evitar la formación de burbujas. En el Laboratorio de Calidad del Agua se utilizó el método de la DBO por cinco días que consiste en dejar una botella ámbar o negra de capacidad de 300 ml en una cámara oscura por cinco días a 20 ° C para evaluar el consumo del oxígeno disuelto por los microorganismos presentes en el agua durante ese tiempo. En primera instancia nos toca deducir cuanto será la dilución para realizar, para esto usamos la **Tabla 5**. Cabe decir que, el agua de dilución se realiza en proporción de 1000 ml de agua destilada por 1 ml de buffer de fosfatos, 1 ml de sulfato de magnesio, 1 ml de cloruro férrico, 1ml de cloruro de calcio, entre otros compuestos que sirven de alimento para los microorganismos del agua; además, dicha agua de dilución debe de ser aireada mediante un sistema de bombeo de aire.

Tabla 5. Relación entre DQO con DBO₅

Demanda química de oxígeno (ppm)	Dilución
1 - 5	Directa
5 - 10	Directa y al 50 %
10 - 15	50 % y 30 %
15 - 25	30 % y 15 %
25 - 50	15 % y 10 %
50 - 100	10 % y 5 %
100 - 200	2 % y 1 %
400 - 800	1 % y 0,5 %

En nuestra investigación en contraste con los antecedentes la demanda bioquímica de oxígeno (DQO) es menor a 1,1 mg/L, por lo tanto la dilución será directa, es decir solo se utilizó el agua de la muestra. Antes de ingresar las muestras a la cámara de DBO se midió el oxígeno, esto se realizó de igual forma cuando se culminaron los cinco días. Para calcular la DBO de cinco días utilizamos la siguiente ecuación:

$$DBO_5 = (OD_i + OD_f)/P \quad (6)$$

Donde:

DBO_5 : Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (mg/L).

OD_i : Oxígeno disuelto inicial

OD_f : Oxígeno disuelto final

P : Fracción de dilución, este dato será uno (1) en el estudio.

3.3.4.8. Determinación de N-nitrato

La determinación de N-nitrato se realizó utilizando un fotómetro de nitratos. Primero, se colocaron 10 ml de la muestra en un frasco para su análisis. Luego, se añadió el reactivo y se agitó durante 5 minutos. Finalmente, el frasco se introdujo en el equipo para la lectura. Es fundamental mantener limpio el exterior del frasco para garantizar resultados precisos.

3.3.4.9. Determinación de Sulfato

La determinación de sulfatos se realizó con un fotómetro específico. Se colocaron 10 ml de la muestra en un frasco, luego se añadió el reactivo y se agitó durante 5 minutos. Finalmente, el frasco se introdujo en el equipo para la medición. Es importante mantener limpio el exterior del frasco para tener mediciones confiables.

3.3.4.10. Determinación de Hierro

La concentración de hierro se determinó utilizando un fotómetro. Se vertieron 10 ml de la muestra en un frasco, al que se agregó el reactivo correspondiente. La mezcla se agitó durante 5 minutos antes de colocar el frasco en el equipo para su lectura. Es fundamental que el exterior del recipiente esté limpio para garantizar resultados precisos.

3.3.5. Análisis de los parámetros microbiológicos

3.3.5.1. Enumeración de bacterias coliformes totales y Escherichia Coli

Se realizó la enumeración de coliformes totales utilizando el método del número más probable recomendado por American Public Health Association (APHA). En primer lugar, se preparó el caldo pectonado que consiste en agregar 90 ml de agua destilada en un matraz de Erlen Meyer y 0,1 gramos de pectonas que serán llevados a autoclavar a 15 lb de presión y 121 ° C por 15 minutos. Luego en otros dos matraces de capacidad de 1000 ml se disolvió el caldo E coli y el caldo Brilla respectivamente; estos matraces fueron llevados a baño maría por 10 minutos hasta diluir los sólidos. Una vez diluido los caldos, se proceden a pipetear 9 ml y colocarlos en tubos de ensayos con su respectivo tubo de Durham y su algodón para taparlo. Obtenidos los 306 tubos de ensayo para nuestras 17 muestras de agua se colocan en la autoclave a 15 lb de presión y 121 ° C por 15 minutos. Se añaden 10 ml de muestra a cada uno 17 matraces con caldo pectonado, este procedimiento se realiza con la pipeta esterilizada y cerca de un mechero, luego de colocado la muestra de agua se agita en forma de ocho por 5 minutos. A continuación, se siembra el contenido de los matraces con ayuda de una micropipeta en tubos a razón de 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} repetidos 3 veces por dilución; este procedimiento se desarrolla cerca de un mechero para evitar errores en los resultados. La temperatura de incubación para coliformes totales fue de 37 °C por un período de 24 a 48 horas, sin embargo para el medio Caldo E. coli se incubaron a 45 °C por 24 a 48 horas. Cuando se observe gas en los tubos de Durham, se considera al caldo positivo, indicando

la presencia de coliformes totales y/o *Escherichia coli*. La lectura de los resultados se realiza de acuerdo con lo establecido en el libro “Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th Edition, 2005”, cuya tabla se presenta en el **Anexo B**.

3.4. Criterio y análisis del estudio

3.4.1. Nivel de investigación

El presente estudio se clasifica como una investigación descriptiva, según Carrasco Díaz (2005). Esto se debe a que las variables de estudio (X: parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua; Y: los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo cercanos a la zona urbana del distrito de San Ramón) serán únicamente observadas para su caracterización.

3.4.2. Tipo de investigación

Según Hernández & Mendoza (2018), este estudio es de tipo básico, ya que emplea las ciencias fundamentales para generar nuevos conocimientos. En este caso, se pretende evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo, cercanos a la zona urbana del distrito de San Ramón, utilizando el método científico.

3.4.3. Método de investigación

El método de investigación empleado es observacional no experimental, según Carrasco Díaz (2005). Esto se debe a que no se manipularán las variables de estudio, limitándose únicamente a observar y describir los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en el agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo, cercanos a la zona urbana del distrito de San Ramón.

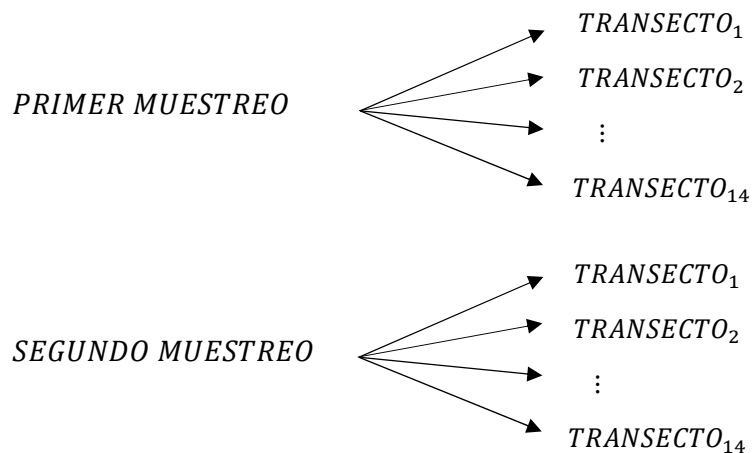
3.4.4. Operacionalización de variables

Tabla 6. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
X: Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	Los parámetros fisicoquímicos del agua incluyen propiedades medibles y observables que proporcionan información sobre la composición química y características físicas del agua.	Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua en los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo, cercanos a la zona urbana del distrito de San Ramón, serán evaluados mediante un muestreo probabilístico aleatorio.	1. Parámetros fisicoquímicos	1.1. Temperatura
	Por otro lado, los parámetros microbiológicos son la medición y evaluación de microorganismos presentes en el agua, los cuales pueden ser bacterias, virus, protozoos, hongos y otros microorganismos patógenos. .			1.2. Potencial de hidrogeno 1.3. Conductividad eléctrica 1.4. Potencial de oxido reducción 1.5. Oxígeno Disuelto 1.6. Solidos disueltos totales 1.7. Solidos suspendidos totales 1.8. Turbidez 1.9. Color 1.10. Demanda bioquímica de oxígeno 1.11. N-nitrato 1.12. Sulfato 1.13. Hierro
Variable interviniente: Condiciones medioambientales	Factores externos que pueden influir en las propiedades del agua	Se registrarán las condiciones medioambientales en cada punto de muestreo para evaluar su variación a lo largo de la investigación.	2. Parámetros microbiológicos	2.1. Coliformes totales 2.2. E. Coli
			1. Factores climáticos	1.1. Temperatura ambiental 1.2. Humedad ambiental
			2. Tamaño del cuerpo de agua	2.1. Caudal

3.4.5. Diseño de investigación

En el presente estudio se usará el diseño no experimental de tipo longitudinal-descriptiva, cuyo esquema es el siguiente:



Donde:

PRIMER MUESTREO: Corresponde del 28 hasta el 30 de noviembre del 2023 en los 14 transectos polígono de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaños a la zona urbana del distrito de San Ramón en época de avenida.

SEGUNDO MUESTREO: Corresponde del 02 hasta el 04 de enero del 2024 en los 14 transectos del polígono de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaños a la zona urbana del distrito de San Ramón en época de avenida.

TRANSECTO: Trayecto donde se realiza el muestreo.

3.4.6. Población y muestra

- Población: 53 transectos de 0,1 km de longitud del polígono de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaños a la zona urbana del distrito de San Ramón.
- Muestra: 14 transectos seleccionados aleatoriamente del polígono de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaños a la zona urbana del distrito de San Ramón.

3.4.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se usará es la observación sistematizada y el instrumento a emplear será una lista de control.

3.4.8. Análisis de datos

Para el procesamiento de datos se empleó el software Excel, que permitió calcular el promedio, la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Asimismo, se utilizó IBM SPSS Statistics 26 para determinar el error tipo I. Se elaboraron tablas y figuras que presentan los resultados de los análisis físicoquímicos y microbiológicos de los puntos de muestreo, comparándolos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3; establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. En el caso del N-nitrato, la comparación se realizó con el ECA aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM (ver **Tabla 7**).

Tabla 7. Estándar de calidad (ECA) para agua, categoría 3

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Temperatura	°C		Δ 3	Δ 3
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Conductividad eléctrica	(μS/cm)	2500		5000
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 4		≥ 5
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Color (b)	Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	10 (d)		50 (d)
Sulfatos	mg/L	1000		1000
Hierro	mg/L	5		**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1000	**	**

Nota:

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

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

(d): Valores dispuestos por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Condiciones medioambientales

4.1.1. Temperatura ambiental

La **Tabla 8** presenta los valores registrados de la temperatura ambiental en los diecisiete (17) puntos de muestreo ubicados en los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo.

Tabla 8. Temperatura ambiental (°C) en los puntos de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024).

Puntos de muestreo	Primer muestreo	Segundo muestreo	Promedio
P1	25.60	26.00	25.80
P2	24.60	25.40	25.00
P3	24.00	27.30	25.65
P4	23.70	24.20	23.95
P5	25.30	27.40	26.35
P6	25.40	27.50	26.45
P7	23.30	27.10	25.20
P8	23.90	26.20	25.05
P9	22.60	26.20	24.40
P10	23.80	25.00	24.40
P11	24.70	24.80	24.75
P12	24.70	26.20	25.45
P13	25.00	26.00	25.50
P14	25.00	26.90	25.95
RTarm	26.10	26.00	26.05
RTulu	24.90	26.70	25.80
RChan	25.40	27.90	26.65

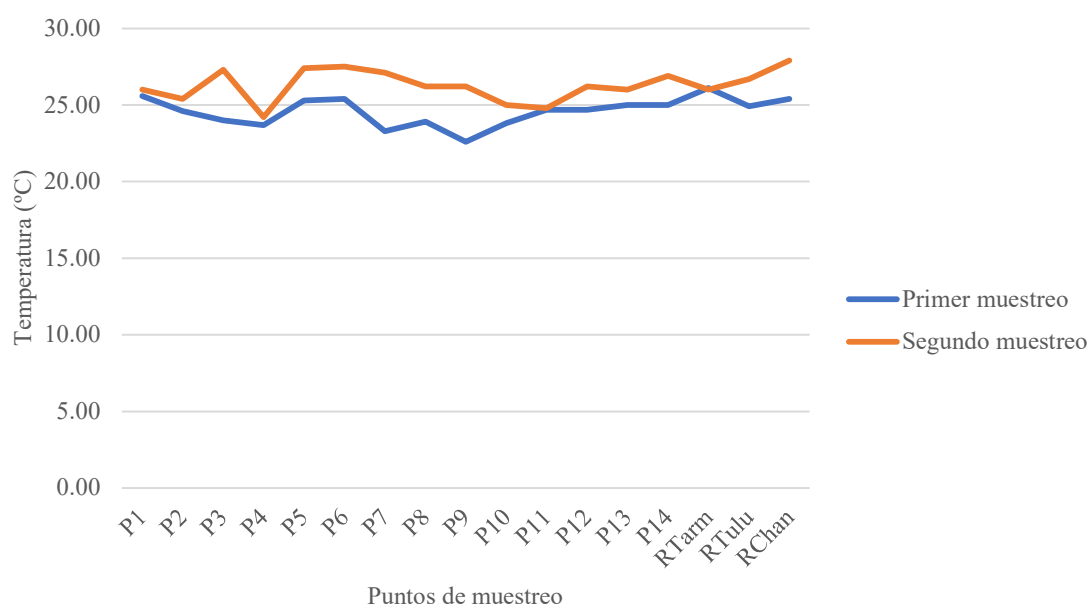
Fuente: Elaboración propia

La **Tabla 9** muestra los estadísticos descriptivos de la temperatura ambiental registrada en ambos muestreos. El coeficiente de variación fue de 3,73 % en el primer muestreo y de 3,90 % en el segundo, lo que refleja una baja variabilidad y alta homogeneidad en las mediciones.

Tabla 9. Estadísticos descriptivos de la temperatura ambiental

	Primer muestreo	Segundo muestreo
Promedio	24.59	26.28
Varianza	0.840	1.052
Desviación estándar	0.916	1.025
Coefficiente de variación (%)	3.73	3.90

En la **Figura 3** se observa que los valores más altos de temperatura fueron registrados en el río Tarma (26,10 °C) durante el primer muestreo y en el río Chanchamayo (27,90 °C) en el segundo.

**Figura 3.** Variación de la temperatura ambiental (°C) por espacio y tiempo

4.1.2. Humedad ambiental

La **Tabla 10** presenta los valores de humedad ambiental registrados en los diecisiete (17) puntos de muestreo de los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo.

Tabla 10. Humedad (%) del medio ambiente en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024).

Puntos de muestreo	Primer muestreo	Segundo muestreo	Promedio
P1	95.00	92.00	93.50
P2	97.00	95.00	96.00
P3	98.00	87.00	92.50

P4	98.00	88.00	93.00
P5	89.00	77.00	83.00
P6	89.00	77.00	83.00
P7	95.00	83.00	89.00
P8	97.00	83.00	90.00
P9	99.00	73.00	86.00
P10	98.00	92.00	95.00
P11	94.00	92.00	93.00
P12	94.00	84.00	89.00
P13	91.00	84.00	87.50
P14	91.00	78.00	84.50
RTarm	93.00	92.00	92.50
RTulu	90.00	78.00	84.00
RChan	92.00	78.00	85.00

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla 11** presenta los estadísticos descriptivos de la humedad ambiental en los dos muestreos, donde el coeficiente de variación fue de 3,58 % en el primer muestreo y 8,01 % en el segundo, lo que indica baja variabilidad y alta homogeneidad en el primer muestreo, pero mayor dispersión en el segundo.

Tabla 11. Estadísticos descriptivos de la humedad ambiental

	Primer muestreo	Segundo muestreo
Promedio	94.12	84.29
Varianza	11.360	45.596
Desviación estándar	3.371	6.752
Coeficiente de variación (%)	3.58	8.01

En la **Figura 4** se observa que los valores más altos de humedad ambiental fueron registrados en los puntos P3, P4 y P10 (98 %) en el primer muestreo, y en el punto P2 (95 %) en el segundo muestreo.

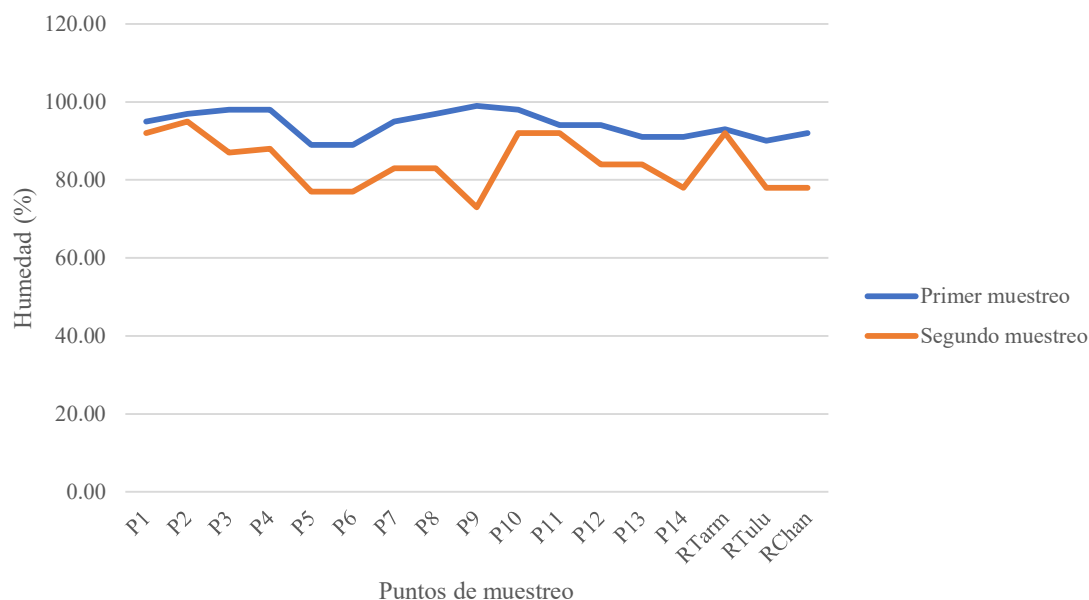


Figura 4. Variación de la humedad ambiental (%) por espacio y tiempo

4.1.3. Caudal

La **Tabla 12** muestra los resultados de la medición de caudal en los cuerpos de agua del área de estudio. Se evaluaron los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo, siendo este último el que registra el mayor volumen de agua por segundo, ya que recibe el aporte de los ríos Tarma y Tulumayo, cuyos caudales son menores.

Tabla 12. Caudal (m^3) de los cuerpos de agua en el área de estudio

Cuerpo de agua	Caudal (m^3)
Rio Tarma	43,8480
Rio Tulumayo	85,3869
Rio Chanchamayo	129,2349

Fuente: Elaboración propia

Durante la época de avenida, los caudales tienden a incrementarse como resultado del aumento en las precipitaciones. En los últimos años, los patrones de lluvia han experimentado variaciones significativas asociadas al cambio climático (Martínez et al., 2020), lo que ha influido directamente en el comportamiento hidrológico de los ríos, incluyendo la zona de estudio, donde se ha registrado un umbral de precipitación más elevado. En la **Figura 5** se observan los caudales registrados en el punto P1, con 43,848 m^3 en el río Tarma, y en P10, con 85,3869 m^3 en el río Tulumayo.

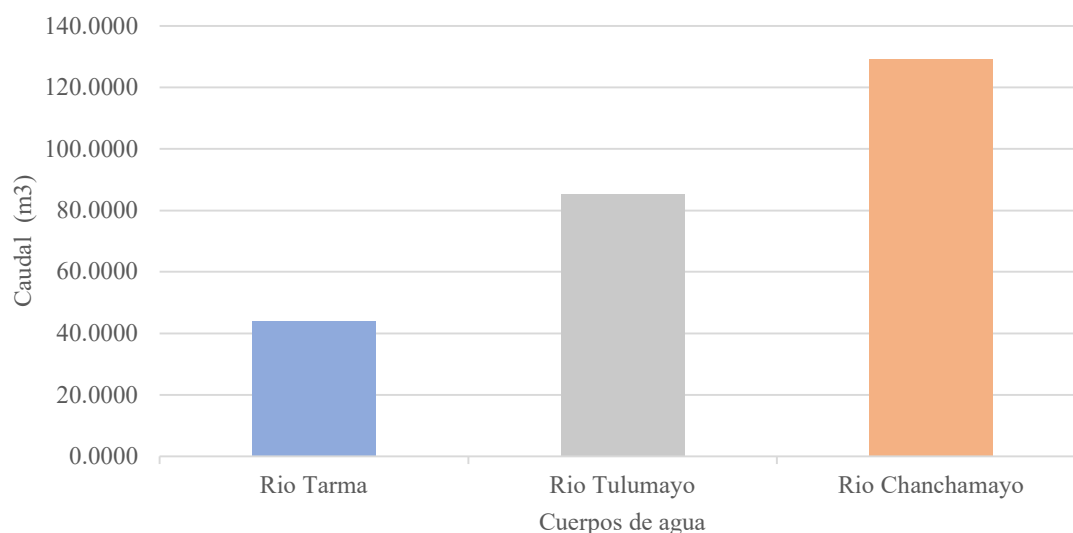


Figura 5. Caudal (m³) de los cuerpos de agua estudiados

4.2. Parámetros fisicoquímicos

4.2.1. Temperatura

La **Tabla 13** presenta los resultados de temperatura del agua obtenidos en los diecisiete (17) puntos de muestreo de los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo.

Tabla 13. Temperatura (°C) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024).

Punto de muestreo	Primer muestreo	Segundo muestreo	Promedio
P1	20,50	20,50	20,50
P2	19,90	20,90	20,40
P3	21,00	21,40	21,20
P4	19,00	19,50	19,25
P5	20,50	20,50	20,50
P6	21,20	21,30	21,25
P7	20,90	21,90	21,40
P8	21,50	21,00	21,25
P9	19,00	19,90	19,45
P10	20,00	19,00	19,50
P11	19,90	18,90	19,40
P12	20,10	19,20	19,65
P13	19,80	19,50	19,65
P14	20,40	20,50	20,45
RTarm	20,50	20,70	20,60
RTulu	21,30	20,80	21,05

RChan	21,80	21,60	21,70
-------	-------	-------	-------

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 14** se presentan los estadísticos descriptivos de la temperatura del agua para los dos muestreos, con un coeficiente de variación de 3,92 % en el primero y de 4,57 % en el segundo, lo que indica baja variabilidad y alta homogeneidad en ambos muestreos.

Tabla 14. Estadísticos descriptivos de la temperatura.

	Primer muestreo	Segundo muestreo
Promedio	20,43	20,42
Varianza	0,642	0,869
Desviación estándar	0,801	0,932
Coeficiente de variación (%)	3,92	4,57

Según Pérez y Restrepo (2008, citado en Guadrón Durán, 2016), la temperatura es un parámetro clave en los cuerpos de agua, ya que refleja la estabilidad del ecosistema acuático. Cualquier cambio en este valor puede afectar las condiciones necesarias para el desarrollo de la fauna y flora acuática, además de incrementar la toxicidad de algunas sustancias solubles.

Fernández Cirelli (2012) señala que el agua con temperaturas inferiores a 15 °C se considera fría, lo que reduce la actividad metabólica de los organismos acuáticos y la solubilidad de gases. En este estudio, la temperatura se considera ligeramente fría, con promedios de 20,43 °C en el primer muestreo y 20,42 °C en el segundo, como se detalla en la **Tabla 14**. Estos valores más bajos coinciden con una temperatura ambiente promedio de 25,44 °C, lo que sugiere que la radiación solar no alcanzó con la misma intensidad la superficie del agua. Además, un promedio de humedad de 89,21 % indica condiciones previas de precipitación.

En el punto P9, la temperatura promedio registrada fue de 19,45 °C, por debajo de los 23,2 °C reportados por la Autoridad Nacional del Agua (2023) para ese mismo punto. Sin embargo, Bullón Alcalá (2016) reportó una temperatura de 20 °C, muy similar a la observada en nuestra investigación. Por otro lado, en el punto P1, la temperatura promedio fue de 20,5 °C, un valor cercano a los 21,9 °C reportados por la ANA (2023) y a los 20,2 °C registrados por Bullón Alcalá (2016).

En la **Figura 6**, los valores de temperatura de los puntos muestreados se encuentran dentro del rango permitido por el ECA para Agua Categoría 3. Los valores más altos registrados fueron 21,8 °C en Rchan durante el primer muestreo y 21,9 °C en P7 durante el segundo.

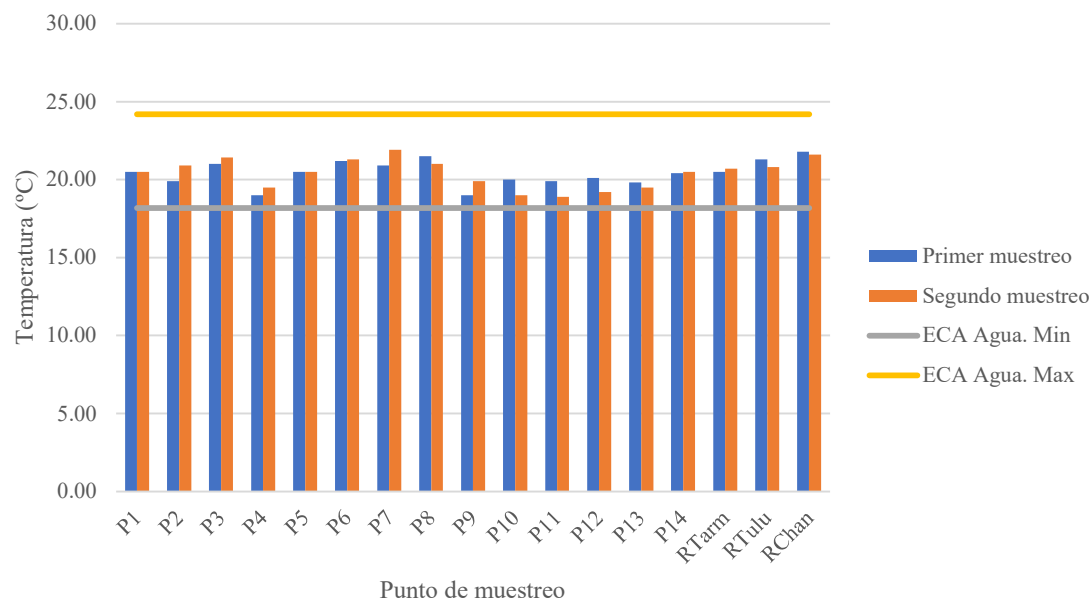


Figura 6. Variación de la temperatura del agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.

Prueba de hipótesis:

Según el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) Categoría 3, se permite una variación de ± 3 °C respecto al promedio mensual multianual. Basado en 16 monitoreos de la Autoridad Nacional del Agua, el promedio es de 21,18 °C, definiendo un intervalo de 18,18 °C a 24,18 °C. Se planteo la siguiente hipótesis para el límite inferior:

H_0 : La temperatura de la muestra es igual a 18,18 °C

H_1 : La temperatura de la muestra es mayor a 18,18 °C

	t	gl	p-valor	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Temperatura	11,468	16	0,00	2,244	1,829	2,658

Dado que el p-valor obtenido es 0,00 el cual es menor que ($\alpha = 0,05$), se cuenta con evidencia que permite descartar la hipótesis nula y respaldar la hipótesis alternativa. Este resultado confirma que la temperatura es mayor a 18,18 °C.

Se planteo la siguiente hipótesis para el límite superior:

H₀: La temperatura de la muestra es igual a 24,18 °C

H₁: La temperatura de la muestra es menor a 24,18 °C

	t	gl	p-valor	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Temperatura	-19,201	16	0,00	-3,756	-4,171	-3,342

Dado que el p-valor obtenido es 0,00 el cual es menor que ($\alpha = 0,05$), se cuenta con evidencia que permite descartar la hipótesis nula y respaldar la hipótesis alternativa. Este resultado confirma que la temperatura es menor a 24,18 °C.

Por tanto, se puede afirmar que los valores de temperatura registrados se sitúan dentro del rango permitido por el ECA para Agua Categoría 3, con un límite inferior de 18,18 °C y superior de 24,18 °C.

4.2.2. Potencial de hidrógeno

La **Tabla 15** presenta los resultados de la medición del potencial de hidrógeno (pH) en los diecisiete (17) puntos de muestreo de los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo.

Tabla 15. Potencial de hidrógeno del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024)

Punto de muestreo	Primer muestreo	Segundo muestreo	Promedio
P1	8,40	8,24	8,32
P2	8,34	8,21	8,28
P3	8,31	8,10	8,21
P4	8,34	8,26	8,30
P5	8,43	8,40	8,42
P6	8,31	8,33	8,32

P7	8,44	8,40	8,42
P8	8,42	8,38	8,40
P9	8,57	8,48	8,53
P10	8,39	8,40	8,40
P11	8,41	8,54	8,48
P12	8,40	8,40	8,40
P13	8,44	8,38	8,41
P14	8,37	8,14	8,26
RTarm	8,46	8,19	8,33
RTulu	8,41	8,35	8,38
RChan	8,41	8,45	8,43

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla 16** muestra los estadísticos descriptivos del potencial de hidrógeno (pH) del agua en ambos muestreos. El coeficiente de variación fue de 0,74 % en el primer muestreo y 1,48 % en el segundo, lo que refleja una baja variabilidad y alta homogeneidad en los valores registrados.

Tabla 16. Estadístico descriptivo del potencial de hidrógeno en el agua

	Primer muestreo	Segundo muestreo
Promedio	8,40	8,33
Varianza	0,004	0,015
Desviación estándar	0,062	0,123
Coeficiente de variación (%)	0,74	1,48

Las aguas con un valor de potencial de hidrógeno (pH) superior a siete son alcalinas, mientras que aquellas con un pH inferior son ácidas (Autoridad Nacional del Agua, 2023). En este estudio, el pH resultó ser alcalino, con un valor promedio de 8,40 en el primer muestreo y 8,33 en el segundo, como se muestra en la **Tabla 16**. En el punto P9, el pH promedio fue de 8,53, superando los valores registrados por Bullón Alcalá (2016) con 8,3 y la ANA (2023) con 8,37 en el mismo punto de muestreo. Además, en el punto P1 se obtuvo un pH promedio de 8,32, ligeramente menor al valor de 8,687 reportado por la ANA (2023), pero un poco más alto que el 8,04 registrado por Bullón Alcalá (2016).

La ANA (2022) menciona que el agua de los ríos Tulumayo y Tarma es principalmente neutra a ligeramente alcalina, debido a las precipitaciones que arrastran componentes del suelo de las montañas en escorrentías. Por lo tanto, la presencia de un pH alcalino puede deberse a factores naturales. Sin embargo, la Autoridad Nacional del Agua enfatiza que un pH muy ácido o alcalino suele estar relacionado con fuentes de contaminantes

antropogénicos, como las descargas de aguas residuales municipales y domésticas encontradas en el área de estudio.

Hem (1985, citado en ANA, 2023) destaca que el agua de los ríos sin contaminación tiene un pH entre 6,5 y 8,5, rango en el cual no se presentan limitaciones para el desarrollo y la fisiología de los organismos acuáticos. Sin embargo, se ha demostrado que el agua para riego agrícola se recomienda un pH entre 5,5 y 6,5, ya que en este rango la mayoría de los iones están disponibles para las plantas (Ortiz Vega et al., 2019, citado en Mancilla Villa et al., 2022).

En la **Figura 7**, el punto P9 en el primer muestreo y P11 en el segundo muestreo; sobrepasan los valores establecidos en el ECA-Agua Categoría 3 en algunas décimas.

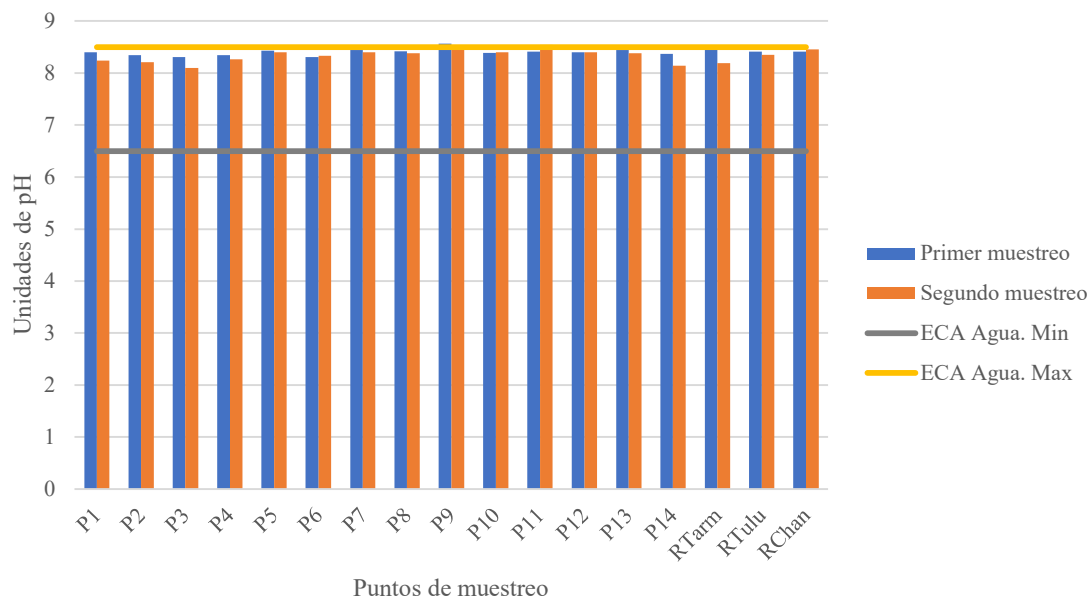


Figura 7. Variación del pH del agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.

Prueba de hipótesis

Según el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) Categoría 3, se establece el valor de pH entre 6,5 y 8,5. Para este análisis se tomaron los valores promedio de los muestreos realizados que serán evaluados con respecto a un límite inferior y otro superior. Para el límite inferior la hipótesis es la siguiente:

H_0 : El pH de la muestra es igual a 6,5

H_1 : El pH de la muestra es mayor a 6,5

	t	gl	p-valor	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
pH	93,846	16	0,00	1,87	1,8278	1,9122

Dado que el p-valor obtenido es 0,00 el cual es menor que ($\alpha = 0,05$), se cuenta con evidencia que permite descartar la hipótesis nula y respaldar la hipótesis alternativa. Este resultado confirma que el pH es mayor a 6,5.

Se planteo la siguiente hipótesis para el límite superior:

H_0 : El pH de la muestra es igual a 8,5

H_1 : El pH de la muestra es menor a 8,5

	t	gl	p-valor	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
pH	-6,524	16	0,00	-,13000	-,1722	-,0878

Dado que el p-valor obtenido es 0,00 el cual es menor que ($\alpha = 0,05$), se cuenta con evidencia que permite descartar la hipótesis nula y respaldar la hipótesis alternativa. Este resultado confirma que el pH es menor a 8,5.

Por tanto, se puede afirmar que los datos promedio de pH encuentran dentro del límite inferior (6,5) como superior (8,5) establecidos por el ECA-Agua Categoría 3.

4.2.3. Conductividad eléctrica

La **Tabla 17** presenta los resultados de la medición de la conductividad eléctrica en los diecisiete (17) puntos de muestreo de los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo.

Tabla 17. Conductividad eléctrica (uS/cm) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024)

Puntos de muestreo	Primer muestreo	Segundo muestreo	Promedio
P1	172,00	172,00	172,00
P2	170,00	168,00	169,00
P3	174,00	235,00	204,50

P4	164,00	152,00	158,00
P5	211,00	138,00	174,50
P6	182,00	138,00	160,00
P7	136,00	126,00	131,00
P8	138,00	128,00	133,00
P9	134,00	184,00	159,00
P10	122,00	106,00	114,00
P11	122,00	100,00	111,00
P12	130,00	100,00	115,00
P13	130,00	102,00	116,00
P14	140,00	104,00	122,00
RTarm	180,00	241,00	210,50
RTulu	132,00	108,00	120,00
RChan	144,00	130,00	137,00

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla 18** muestra los estadísticos descriptivos de la medición de la conductividad eléctrica del agua con respecto a los dos muestreos, donde el coeficiente de variación de 17,01 % en el primer muestreo y el segundo muestreo fue de 31,03 %; indica una variabilidad moderada en el caso del primer muestreo, sin embargo, en el muestreo indica una alta variabilidad y heterogeneidad.

Tabla 18. Estadísticos descriptivos de la conductividad eléctrica del agua

	Primer muestreo	Segundo muestreo
Promedio	151,82	143,06
Varianza	666,779	1970,184
Desviación estándar	25,822	44,387
Coeficiente de variación (%)	17,01	31,03

De acuerdo con Solís Castro et al. (2018), la conductividad eléctrica (CE) del agua está vinculada con la presencia de sales disueltas, las cuales se disocian en iones que permiten el flujo de corriente eléctrica. En la **Tabla 18** se muestra que, durante el primer muestreo, la CE promedio fue de 151,82 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que en el segundo alcanzó 143,06 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que refleja una menor concentración de sales y solutos en el agua.

Según la clasificación de aguas para riego de Richards (1974, citado en Camacho Ballesteros, 2023), los valores obtenidos indican baja salinidad, ya que se encuentran por debajo de 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Asimismo, Solís Castro et al. (2018) indican que la solubilidad de las sales depende de la temperatura del agua, influyendo así en la conductividad eléctrica. Sin embargo, con un coeficiente de variación del 4,19 % en la temperatura del agua, se infiere que los cambios en la CE se deben más a la cantidad de sales disueltas que a variaciones térmicas.

En cuanto a los valores puntuales, el punto P9 registró una CE promedio de 159 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este valor es inferior al reportado por la ANA (2023), que fue de 232 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pero superior al de Bullón Alcalá (2016), quien reportó 138 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En el punto P1, se obtuvo un promedio de 172 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valor cercano a los 308 $\mu\text{S}/\text{cm}$ documentados por la ANA (2023).

Finalmente, en la **Figura 8** se observa que los valores más altos de CE fueron 211 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en P5 durante el primer muestreo y 241 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en RTarm en el segundo. A pesar de ser los más elevados, estos se mantienen dentro de los límites establecidos por el ECA-Agua Categoría 3.

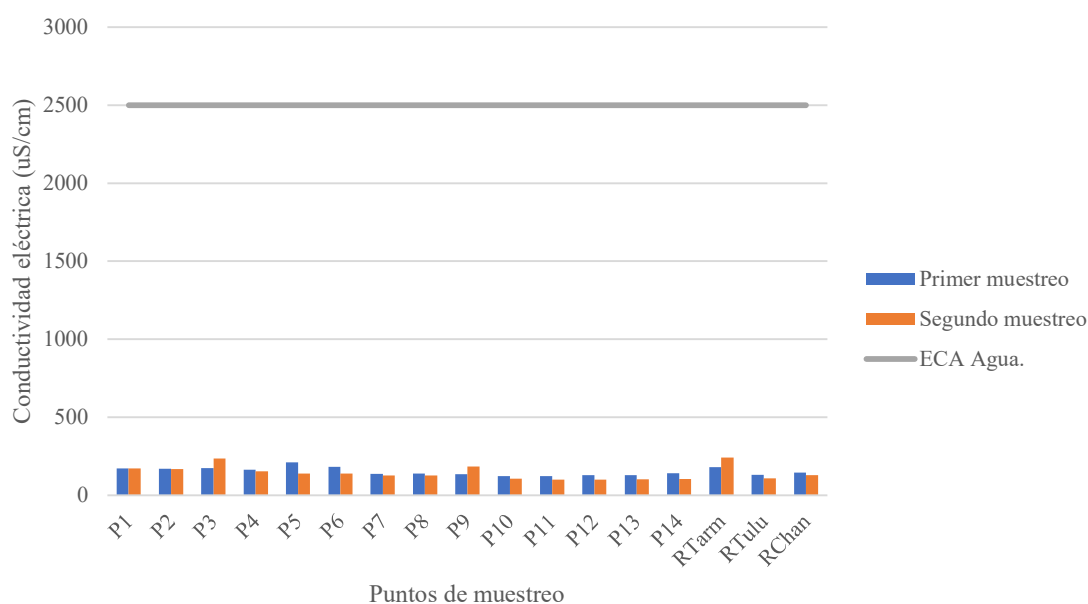


Figura 8. Variación de la conductividad eléctrica del agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.

Prueba de hipótesis

Según el ECA-Agua se establece el valor de conductividad en un máximo de 2500 uS/cm. Para este análisis se tomaron los valores promedio de los muestreos realizados que serán evaluados con respecto a un límite, cuya hipótesis es la siguiente:

H_0 : La CE de la muestra es mayor o igual a 2500 uS/cm

H_1 : La CE de la muestra es menor a 2500 uS/cm

	t	gl	p-valor	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
C.E	- 307,598	16	0,000	- 2352,55882	-2368,7722	-2336,3455

Dado que el p-valor obtenido es 0,00 el cual es menor que ($\alpha = 0,05$), se cuenta con evidencia que permite descartar la hipótesis nula y respaldar la hipótesis alternativa. Este resultado confirma que la conductividad eléctrica es menor a 2500 uS/cm.

Por tanto, se puede afirmar que los datos promedio de conductividad eléctrica se encuentran dentro del límite (2500 uS/cm) establecidos por el ECA-Agua Categoría 3.

4.2.4. Potencial de oxido-reducción

La **Tabla 19** presenta los resultados de la medición del potencial de óxido-reducción (ORP) en los diecisiete (17) puntos de muestreo de los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo.

Tabla 19. Potencial de oxido-reducción (mV) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024)

Puntos de muestreo	Primer muestreo	Segundo muestreo	Promedio
P1	-46,00	141,00	47,50
P2	-29,00	-54,00	-41,50
P3	-77,00	-159,00	-118,00
P4	-73,00	119,00	23,00
P5	-5,00	29,00	12,00
P6	196,00	66,00	131,00
P7	188,00	-62,00	63,00
P8	145,00	102,00	123,50
P9	-10,00	-42,00	-26,00
P10	-80,00	70,00	-5,00
P11	-11,00	-21,00	-16,00
P12	-8,00	74,00	33,00
P13	-28,00	-34,00	-31,00
P14	233,00	131,00	182,00
RTarm	243,00	-20,00	111,50
RTulu	256,00	-65,00	95,50
RChan	-29,00	-68,00	-48,50

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 20** se muestran los estadísticos descriptivos de la medición del potencial de oxido-reducción del agua con respecto a los dos muestreos, donde el coeficiente de variación de 246,74 % en el primer muestreo, y el segundo muestreo fue de 709,18 %; lo que indica un alta variabilidad y heterogeneidad.

Tabla 20. Estadísticos descriptivos del potencial de oxido-reducción del agua

	Primer muestreo	Segundo muestreo
Promedio	50,88	12,18
Varianza	15762,235	7456,904
Desviación estándar	125,548	86,353
Coeficiente de variación (%)	246,74	709,18

Suslow (2004, citado en Mérida Cano y Aguilar Carrera, 2020) sostiene que cuando el potencial de óxido-reducción (ORP) se sitúa entre 650 y 700 mV, la presencia de bacterias patógenas y descomponedoras, como *Escherichia coli*, disminuye considerablemente, facilitando su eliminación. En la misma línea, la Organización Mundial de la Salud (1972) indica que valores superiores a 650 mV hacen improbable la existencia de contaminación bacteriana en cuerpos de agua. De acuerdo con Mérida Cano y Aguilar Carrera (2020), cuando el ORP superó los 748 mV en su estudio, no se detectaron coliformes fecales ni totales, lo que sugiere una correlación directa entre el potencial redox y la ausencia de estos microorganismos.

En la presente investigación, se detectó la presencia de coliformes fecales y totales, lo cual se relaciona con los bajos valores promedio de ORP registrados: 50,88 mV en el primer muestreo y 12,18 mV en el segundo. Estos valores están considerablemente por debajo de los rangos indicados por los estudios previamente mencionados.

En la **Figura 9**, se evidencia el punto RTulu en el primer muestreo con un valor de 256 mV y el punto P1 en el segundo muestreo con 141 mV, cuyos valores son los más altos registrado.

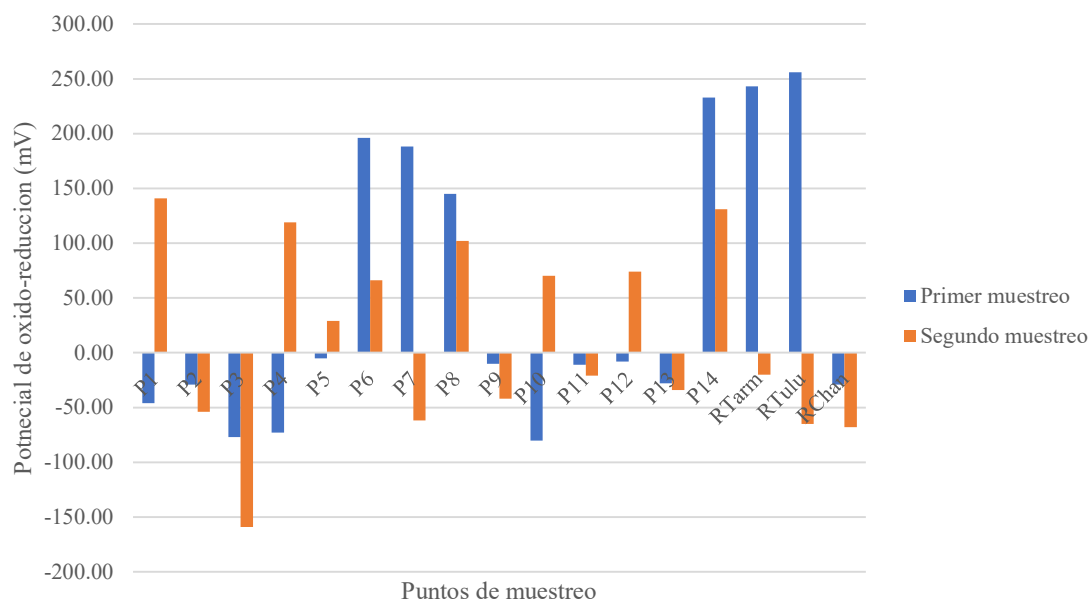


Figura 9. Variación del potencial de oxido-reducción del agua de los ríos por espacio y tiempo.

Cabe mencionar que, en el ECA-Agua categoría no se establece ningún valor para este parámetro, sin embargo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) en una de sus publicaciones menciona que el valor no debe superar los 650 mV. Siguiendo esta premisa los valores registrados no superan el valor mencionado.

4.2.5. Oxígeno disuelto

La **Tabla 21** presenta los resultados de la medición del oxígeno disuelto (OD) en los diecisiete (17) puntos de muestreo ubicados en los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo.

Tabla 21. Oxígeno disuelto (mg/L) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024)

Puntos de muestreo	Primer muestreo	Segundo muestreo	Promedio
P1	7,83	7,95	7,89
P2	7,91	7,84	7,88
P3	7,50	5,63	6,57
P4	7,97	7,72	7,85
P5	7,55	6,92	7,24
P6	7,58	7,90	7,74
P7	7,86	7,55	7,71
P8	7,90	7,61	7,76

P9	7,93	7,52	7,73
P10	7,96	7,65	7,81
P11	7,98	7,82	7,90
P12	7,89	7,33	7,61
P13	7,93	7,93	7,93
P14	7,95	7,60	7,78
RTarm	7,94	7,90	7,92
RTulu	7,95	8,27	8,11
RChan	8,05	7,62	7,84

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 22** se muestran los estadísticos descriptivos de la medición del oxígeno disuelto del agua con respecto a los dos muestreos, donde el coeficiente de variación de 2,05 % en el primer muestreo, mientras que para el segundo muestreo fue de 7,67 %; lo que indica la baja variabilidad y alta homogeneidad en los dos muestreos.

Tabla 22. Estadístico descriptivo del oxígeno disuelto del agua

	Primer muestreo	Segundo muestreo
Promedio	7,86	7,57
Varianza	0,026	0,337
Desviación estándar	0,161	0,581
Coefficiente de variación (%)	2,05	7,67

Brönmark y Hanson (2005, citado en Beltrán Farfán et al., 2015) señalan que el contenido de oxígeno en el agua tiende a disminuir a medida que la temperatura se incrementa, lo cual afecta negativamente la tasa metabólica de los organismos acuáticos. Además, al elevarse la temperatura, también aumenta la demanda de oxígeno. En la **Tabla 22** se presentan los valores promedio de oxígeno disuelto (OD), que fueron de 7,86 mg/L en noviembre y 7,57 mg/L en enero. Estos niveles corresponden a temperaturas poco variables, con un promedio de 20,42 °C. Esta estabilidad térmica justifica el bajo coeficiente de variación del OD, y sugiere que las temperaturas moderadamente frías ayudan a regular la demanda de oxígeno, favoreciendo un entorno propicio para el desarrollo saludable de los organismos acuáticos.

En el estudio, el promedio de oxígeno disuelto (OD) en el punto P9 fue ligeramente menor, con 7,73 mg/L, en comparación con los 8,13 mg/L registrados por la ANA (2023) en el mismo punto de muestreo. Por otro lado, Bullón Alcalá (2016) reportó un valor muy cercano de 7,6 mg/L. Asimismo, en el punto P1, el promedio fue de 7,89 mg/L, un valor cercano al registrado por la ANA (2023) con 8,31 mg/L, y aún más cercano al valor de 7,85 mg/L obtenido por Bullón Alcalá (2016).

En la **Figura 10**, se evidencia que el punto P3 en el primer muestreo con un valor de 7,5 mg/L y en el segundo muestreo con 5,63 mg/L registra los valores más bajos, los cuales en comparación con la normativa ECA-Agua Categoría 3 se encuentran dentro de los valores adecuados.

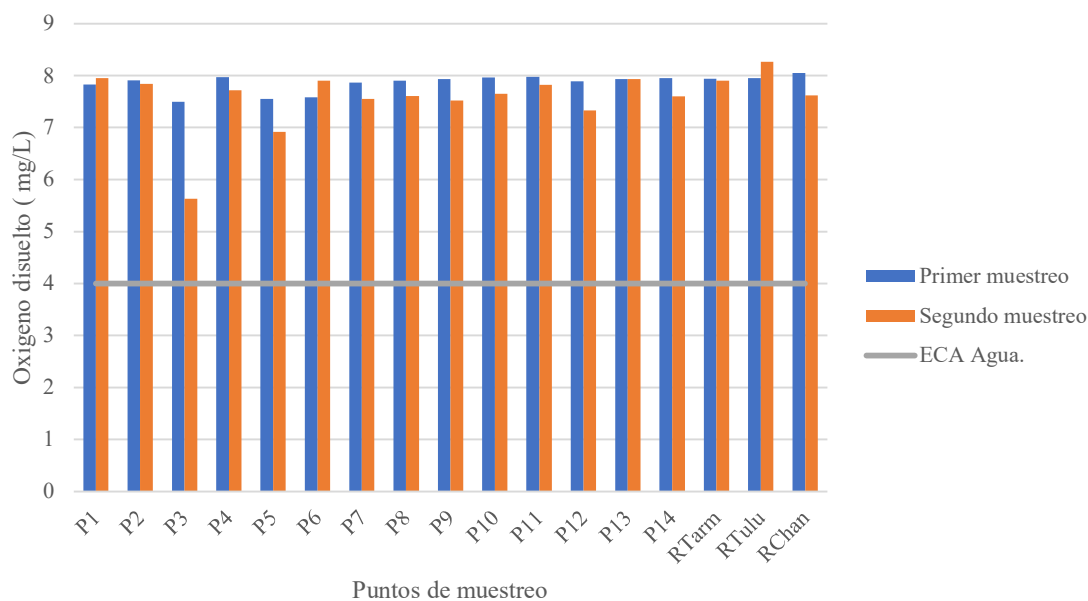


Figura 10. Variación del oxígeno disuelto del agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.

Prueba de hipótesis

En el ECA-Agua Categoría 3 se establece que valores mayores o iguales a 4 mg/L son los adecuados. Para este análisis se tomaron los valores promedio de los muestreos realizados que serán evaluados con respecto a un límite, cuya hipótesis es la siguiente:

H_0 : El OD de la muestra es menor o igual a 4 mg/L

H_1 : El OD de la muestra es mayor 4 mg/L

	t	gl	p-valor	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
O D	44,146	16	,000	3,72176	3,5430	3,9005

Dado que el p-valor obtenido es 0,00 el cual es menor que ($\alpha = 0,05$), se cuenta con evidencia que permite descartar la hipótesis nula y respaldar la hipótesis alternativa. Este resultado confirma que el oxígeno disuelto es mayor a 4 mg/L.

Por tanto, se puede afirmar que los datos promedio de oxígeno disuelto se encuentran dentro del límite (≤ 4 mg/L) establecidos por el ECA-Agua Categoría 3.

4.2.6. Demanda bioquímica de oxígeno

La **Tabla 23** presenta los resultados de la medición de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en los diecisiete (17) puntos de muestreo de los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo.

Tabla 23. Demanda bioquímica de oxígeno (mg O₂/L) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024)

Puntos de muestreo	Primer muestreo	Segundo muestreo	Promedio
P1	0,66	0,89	0,78
P2	0,67	0,51	0,59
P3	0,45	1,23	0,84
P4	0,21	0,44	0,33
P5	0,28	0,28	0,28
P6	0,42	0,62	0,52
P7	0,88	0,69	0,79
P8	0,30	1,28	0,79
P9	0,49	0,97	0,73
P10	0,83	0,75	0,79
P11	1,04	0,81	0,93
P12	1,34	0,58	0,96
P13	1,40	1,31	1,36
P14	0,16	0,60	0,38
RTarm	2,05	1,61	1,83
RTulu	1,73	1,02	1,38
RChan	2,05	1,10	1,58

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 24** se muestran los estadísticos descriptivos de la medición de la demanda bioquímica del agua con respecto a los dos muestreos, donde el coeficiente de variación de 71,17 % en el primer muestreo, mientras que para el segundo muestreo fue de 41,49 %; lo que indica la alta variabilidad y heterogeneidad en los dos muestreos.

Tabla 24. Estadístico descriptivo de la demanda bioquímica de oxígeno del agua

	Primer muestreo	Segundo muestreo
Promedio	0,88	0,86
Varianza	0,392	0,129
Desviación estándar	0,626	0,359
Coefficiente de variación (%)	71,17	41,49

Según Raffo y Ruiz (2014), una alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO) indica la presencia significativa de materia orgánica en el agua, lo que requiere más oxígeno para su descomposición. Esto puede afectar la calidad del agua y elevar el pH, lo que podría resultar en la pérdida de la biota acuática. En la **Tabla 24**, la media de DBO₅ fue de 0,88 mg/L en el primer muestreo y 0,86 mg/L en el segundo, lo que sugiere una baja cantidad de materia orgánica y sin impacto en el pH hacia valores alcalinos. Además, Movilla et al. (2024) destacaron que el agua a temperaturas más altas acelera el metabolismo de los organismos acuáticos, lo que incrementa la demanda de oxígeno y alimento. Dado que la temperatura promedio en el estudio fue de 20,42 °C, no se favoreció un aumento en el metabolismo de la biota acuática, por lo que no se requirió oxígeno disuelto adicional.

En el punto P9, la ANA (2023) registró un valor de DBO₅ de <2,6 mg/L, mientras que Bullón Alcalá (2016) reportó <2 mg/L. En contraste, el estudio obtuvo un valor ligeramente menor de 0,73 mg/L. Además, en el punto P1, el valor promedio fue de 0,78 mg/L; sin embargo, la ANA (2023) registró <2,6 mg/L y Bullón Alcalá (2016) reportó <2 mg/L.

En la **Figura 11**, se observa que los valores de la DBO₅ registrados no sobrepasan el ECA-Agua Categoría 3, siendo el punto R_{tarm} y R_{Chan} en el primer muestreo los valores más altos con 2.05 mg/L; por otro lado, en el segundo muestreo el punto R_{Tarm} con 1,61 mg/L registra el valor más alto.

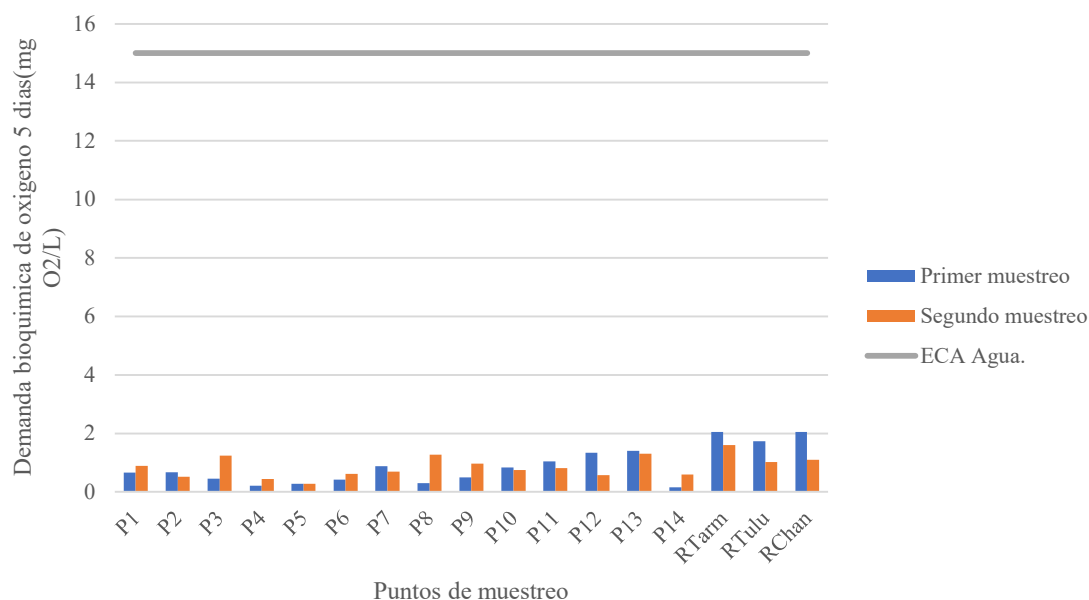


Figura 11. Variación de la demanda bioquímica de oxígeno del agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.

Prueba de hipótesis

En el ECA-Agua Categoría 3 se establece el valor de 15 mg/L para demanda bioquímica de oxígeno. Para este análisis se tomaron los valores promedio de los muestreos realizados que serán evaluados con respecto a un límite, cuya hipótesis es la siguiente:

H_0 : La DBO_5 de la muestra es mayor o igual a 15 mg/L

H_1 : La DBO_5 de la muestra es menor a 15 mg/L

	t	gl	p-valor	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
DBO_5	-133,054	16	0,000	-14,1259	-14,3509	-13,9008

Dado que el p-valor obtenido es 0,00 el cual es menor que ($\alpha = 0,05$), se cuenta con evidencia que permite descartar la hipótesis nula y respaldar la hipótesis alternativa. Este resultado confirma que la DBO_5 de la muestra es menor a 15 mg/L.

Por tanto, se puede afirmar que los datos promedio de la demanda bioquímica de oxígeno se encuentran dentro del límite (15 mg/L) establecidos por el ECA para Agua Categoría 3.

4.2.7. Sólidos disueltos totales

La **Tabla 25** presenta los resultados de la medición de los sólidos disueltos totales de los diecisiete (17) puntos de muestreo de los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo.

Tabla 25. Sólidos disueltos totales (mg/L) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024)

Puntos de muestreo	Primer muestreo	Segundo muestreo	Promedio
P1	85,00	87,00	86,00
P2	84,00	85,00	84,50
P3	87,00	120,00	103,50
P4	81,00	75,00	78,00
P5	104,00	74,00	89,00
P6	90,00	69,00	79,50
P7	66,00	61,00	63,50
P8	78,00	63,00	70,50
P9	66,00	90,00	78,00
P10	61,00	53,00	57,00
P11	60,00	51,00	55,50
P12	64,00	50,00	57,00
P13	65,00	50,00	57,50
P14	69,00	51,00	60,00
RTarm	96,00	119,00	107,50
RTulu	66,00	54,00	60,00
RChan	71,00	65,00	68,00

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 26** se muestran los estadísticos descriptivos de la medición de los sólidos disueltos totales del agua con respecto a los dos muestreos, el coeficiente de variación de 17,38 % en el primer muestreo, mientras que para el segundo muestreo fue de 31,31 %; lo que indica moderada variabilidad en el primer muestreo, pero para el segundo muestreo una la alta variabilidad y heterogeneidad en los dos muestreos.

Tabla 26. Estadísticos descriptivos de los sólidos disueltos totales del agua

	Primer muestreo	Segundo muestreo
Promedio	76,06	71,59

Varianza	174,684	502,257
Desviación estándar	13,217	22,411
Coefficiente de variación (%)	17,38	31,31

Pérez y Rodríguez (2008, como se citó en Fong et al., 2015) enfatizan que los sólidos disueltos pueden afectar negativamente la calidad de los cuerpos de agua. El alto contenido de sólidos disueltos cambia las propiedades físicas y químicas del agua, como el olor, el color, el sabor y la dureza; cuyo efecto es provocar un sabor desagradable y puede provocar reacciones fisiológicas no deseadas en los consumidores. Por esta razón, el límite en los Estados Unidos para sólidos disueltos en el agua potable es de 500 mg/L. La **Tabla 26** muestra el valor promedio de sólidos disueltos totales (SDT) donde en el primer muestreo es de 76,06 mg/L, mientras que para el segundo muestreo es de 71,59 mg/L; valores muy lejanos a la normativa de los Estados Unidos, por lo tanto; en un contexto donde se requiera potabilizar, esta agua se encontrará dentro de los valores admisibles de SDT. Por otro lado, la media de SDT se encuentra cercana a lo estimado por (Suarez et al., 2012; Caldera et al., 2010, citado en Fong et al., 2015) dado que, el nivel promedio de sólidos disueltos totales en los ríos de todo el mundo es de aproximadamente 120 mg/L.

Rodríguez Álvarez et al. (2017) menciona que durante las avenidas, los valores de conductividad, dureza total, sólidos disueltos y alcalinidad total tienden a aumentar debido a un proceso de concentración de caudales. Esto se debe a la mayor cantidad de materiales disueltos que son transportados por el agua de escorrentía. De manera que las condiciones de la época de avenida incrementaron los valores de SDT, tal como se muestra en la **Figura 12** donde se puede observar en el primer muestreo el punto P5 registra el valor más alto con 104 mg/L; por otro lado, en el segundo muestreo es el punto P3 es quien posee el mayor valor con 120 mg/L.

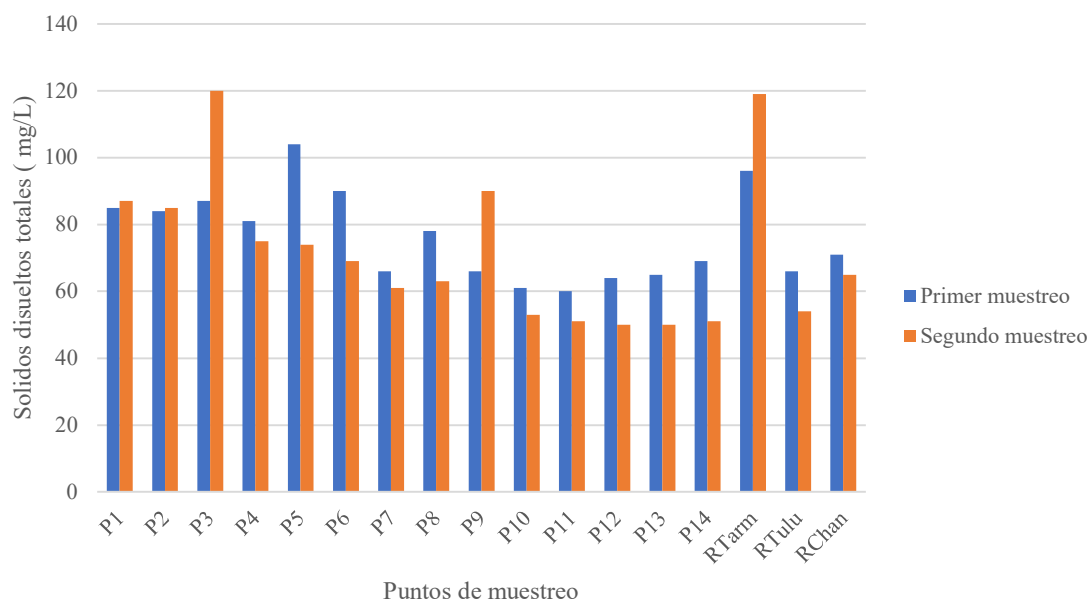


Figura 12. Variación de solidos disueltos totales del agua de los ríos por espacio y tiempo.

Es preciso mencionar que en el ECA-Agua Categoría 3 no se establece ningún valor para el parámetro de solidos disueltos totales.

4.2.8. Sólidos suspendidos totales

La **Tabla 27** presenta los resultados de la medición de los sólidos suspendidos totales de los diecisiete (17) puntos de muestreo de los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo.

Tabla 27. Sólidos suspendidos totales (mg/L) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024)

Puntos de muestreo	Primer muestreo	Segundo muestreo	Promedio
P1	34,00	55,00	44,50
P2	38,00	54,00	46,00
P3	36,00	39,00	37,50
P4	43,00	40,00	41,50
P5	263,00	71,00	167,00
P6	899,00	192,00	545,50
P7	64,00	36,00	50,00
P8	60,00	54,00	57,00
P9	54,00	46,00	50,00
P10	96,00	90,00	93,00
P11	104,00	61,00	82,50
P12	142,00	46,00	94,00

P13	218,00	91,00	154,50
P14	75,00	76,00	75,50
RTarm	41,00	32,00	36,50
RTulu	47,00	129,00	88,00
RChan	58,00	47,00	52,50

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 28** se muestran los estadísticos descriptivos de la medición de los sólidos suspendidos totales del agua con respecto a los dos muestreos, coeficiente de variación de 155,46 % en el primer muestreo, mientras que para el segundo muestreo fue de 59,29 %; lo que indica la alta variabilidad y heterogeneidad en los dos muestreos.

Tabla 28. Estadísticos descriptivos de los sólidos suspendidos totales

	Primer muestreo	Segundo muestreo
Promedio	133,65	68,18
Varianza	43167,493	1634,154
Desviación estándar	207,768	40,425
Coeficiente de variación (%)	155,46	59,29

Ruiz Ramírez (2021) mencionó que los sólidos suspendidos totales (SST) están relacionados con la turbidez, el color del agua, pero también con la dinámica del río, el tipo de material del cauce y el clima de la zona (precipitación). La **Tabla 28** muestra la media de SST de 133,65 mg/L y 68,18 mg/L en el primer y segundo muestreo respectivamente, dichos valores han incrementado condicionados por la precipitación abundante, típicas de época de avenida; por otro lado, en la época de estiaje la (ANA,2023) registró 5 mg/L en P1 y 3 mg/L en P9, no obstante, en la investigación desarrollada en época de avenida se obtuvo 44,50 y 50 mg/L respectivamente.

Kulkarni (2011, citado por Ruiz Ramírez, 2021) señala que cuando los niveles de SST en el agua superan los 1000 mg/L, se reduce la penetración de la luz, lo que condiciona el desarrollo de la biota acuática. Además, cuando existe la presencia de partículas menores a 63 μm puede facilitar el transporte de compuestos tóxicos. En contraste, los valores promedio en nuestra investigación no limitan el desarrollo de la vida acuática en general. Sin embargo, la ANA (2023) identificó efluentes de vertimientos no autorizados que incrementaron los niveles de SST a 899 mg/L en P6 durante el primer muestreo y a 192 mg/L en el segundo (**Figura 13**), lo que indicaría una posible afectación por SST de origen antropogénico.

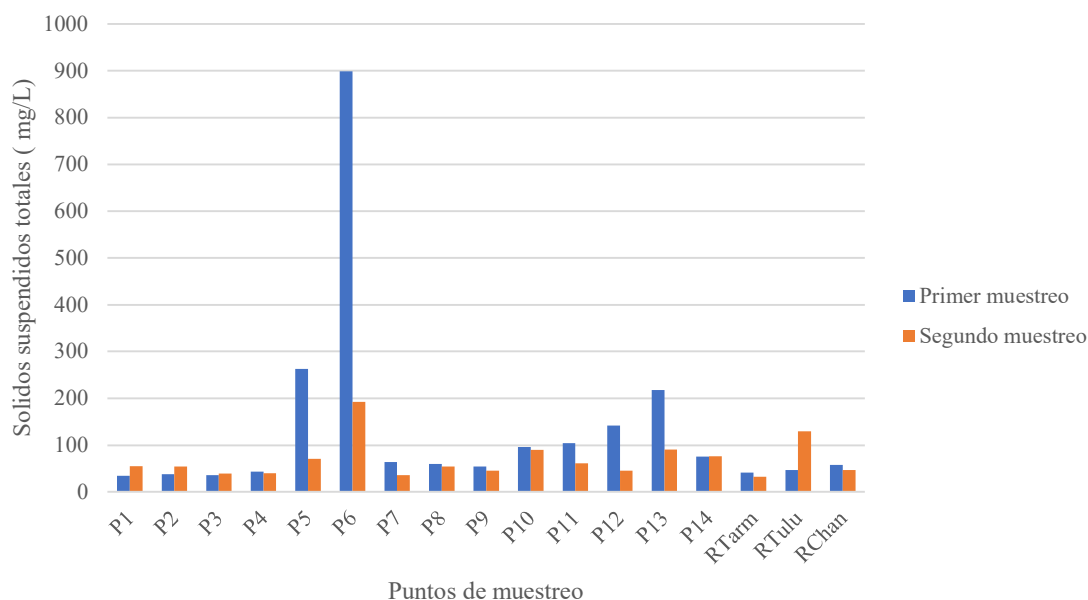


Figura 13. Variación de solidos suspendidos totales del agua de los ríos por espacio y tiempo.

Es preciso mencionar que en el ECA-Agua Categoría 3 no se establece ningún valor para el parámetro de solidos suspendidos totales.

4.2.9. Turbidez

La **Tabla 29** presenta los resultados de la medición de turbidez de los diecisiete (17) puntos de muestreo de los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo.

Tabla 29. Turbidez (NTU) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024)

Puntos de muestreo	Primer muestreo	Segundo muestreo	Promedio
P1	40,6	56,1	48,35
P2	37,2	61,2	49,20
P3	42,6	33,6	38,10
P4	50,2	40,9	45,55
P5	257	72,8	164,90
P6	876	230	553,00
P7	78,5	35,6	57,05
P8	78,7	60,9	69,80
P9	59,6	46,4	53,00
P10	124	116	120,00
P11	159	59,5	109,25
P12	180	45,1	112,55

P13	299	106	202,50
P14	72,5	82,4	77,45
RTarm	53,8	33,7	43,75
RTulu	56,2	157	106,60
RChan	76,7	44,2	60,45

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 30** se muestran los estadísticos descriptivos de la medición de la turbidez del agua con respecto a los dos muestreos, donde el coeficiente de variación de 135,47 % en el primer muestreo, mientras que para el segundo muestreo fue de 68,96 %; lo que indica la alta variabilidad y heterogeneidad en los dos muestreos.

Tabla 30. Estadísticos descriptivos de la turbidez (NTU) del agua

	Primer muestreo	Segundo muestreo
Promedio	149,51	75,38
Varianza	41022,873	2701,896
Desviación estándar	202,541	51,980
Coficiente de variación (%)	135,47	68,96

Espín et al. (2016) encontraron una correlación directa entre la turbidez y los sólidos suspendidos totales (SST), donde la turbidez, medida en unidades nefelométricas de turbidez (NTU), puede predecir la concentración de SST en mg/L. Bolívar Cuartas et al. (2021) también desarrollaron un modelo correlacional para estimar los SST en aguas residuales domésticas mediante el análisis de turbidez. En nuestra investigación, la **Figura 23** muestra un modelo de regresión entre los sólidos suspendidos totales y la turbidez, con un R^2 de 0,9891, lo que indica un buen ajuste del modelo a los datos, por lo tanto, es factible predecir los SST a partir de la turbidez medida en NTU. Por consiguiente, podemos decir que la turbidez se ve afectada de igual manera que los SST por los vertimientos no autorizados en el área estudio, registrando valores promedio de 149,51 y 75,38 NTU en el primer y segundo muestreo respectivamente (**Tabla 30**). Además, el factor natural, cuyo conjunto características propias de la época de avenida incrementa el flujo de sedimentos y lodo, lo que aumenta a su vez los valores de turbidez.

En la **Figura 14** se puede observar el punto P6 en el primer muestreo registra el valor más alto con 876 NTU; por otro lado, en el segundo muestreo el mismo punto P6 es quien posee el mayor valor con 230 NTU.

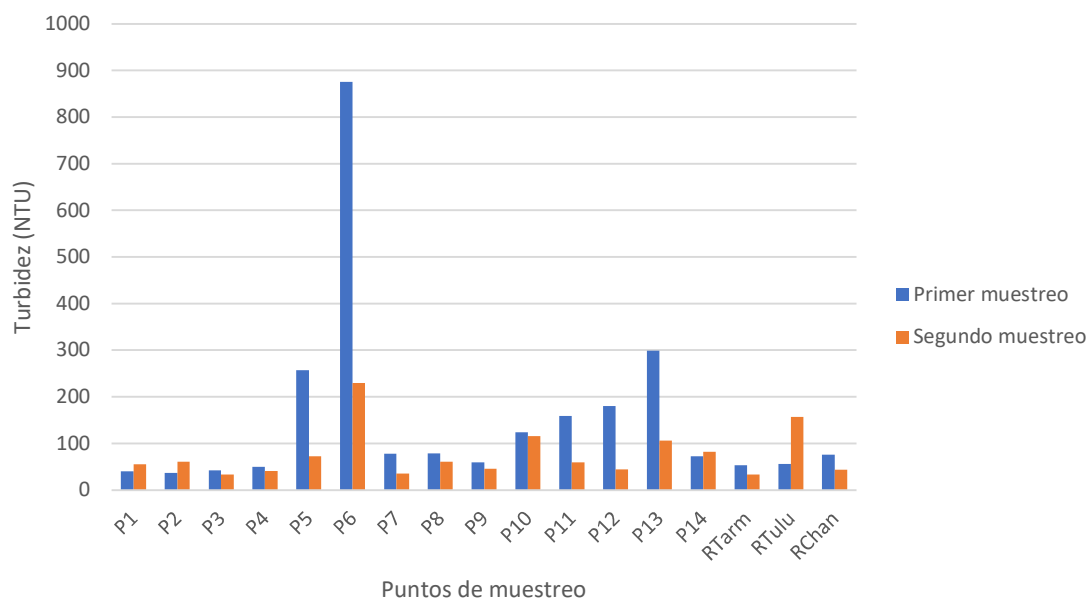


Figura 14. Variación de la turbidez del agua de los ríos por espacio y tiempo.

Es preciso mencionar que en el ECA-Agua Categoría 3 no se establece ningún valor para el parámetro de turbidez.

4.2.10. Color

La **Tabla 31** presenta los resultados de la medición del color de los diecisiete (17) puntos de muestreo de los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo.

Tabla 31. Color (Escala Pt Co) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024)

Puntos de muestreo	Primer muestreo	Segundo muestreo	Promedio
P1	47	49	48,00
P2	41	44	42,50
P3	42	50	46,00
P4	40	41	40,50
P5	34	36	35,00
P6	36	35	35,50
P7	46	42	44,00
P8	48	50	49,00
P9	49	47	48,00
P10	52	53	52,50
P11	32	37	34,50
P12	77	65	71,00

P13	74	63	68,50
P14	25	30	27,50
RTarm	47	46	46,50
RTulu	46	49	47,50
RChan	47	44	45,50

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 32** se muestran los estadísticos descriptivos de la medición del color del agua con respecto a los dos muestreos, donde el coeficiente de variación de 28,49 % en el primer muestreo, mientras que para el segundo muestreo fue de 20,05 %; lo que indica una moderada variabilidad en los dos muestreos.

Tabla 32. Estadísticos descriptivos del color del agua

	Primer muestreo	Segundo muestreo
Promedio	46,06	45,94
Varianza	172,184	84,809
Desviación estándar	13,122	9,209
Coeficiente de variación (%)	28,49	20,05

El color verdadero del agua durante el primer y segundo muestreo tuvo un promedio de 46,06 y 45,94 en la escala Pt-Co, respectivamente. Según Martínez y Osorio (2018), estos valores se deben a la presencia de materia en suspensión, cuya cantidad aumenta en épocas de avenida, arrastrando materiales vegetales que contribuyen al color de los cuerpos de agua. Además, el color en cuerpos de agua naturales puede surgir de la presencia de iones de hierro y/o manganeso.

En la **Figura 15**, se observa que el punto P12 registró los valores más altos, con 77 en la escala Pt-Co en el primer muestreo y 65 en el segundo. Sin embargo, estos valores no superan el límite establecido en el ECA para Agua Categoría 3, que es de 100 unidades.

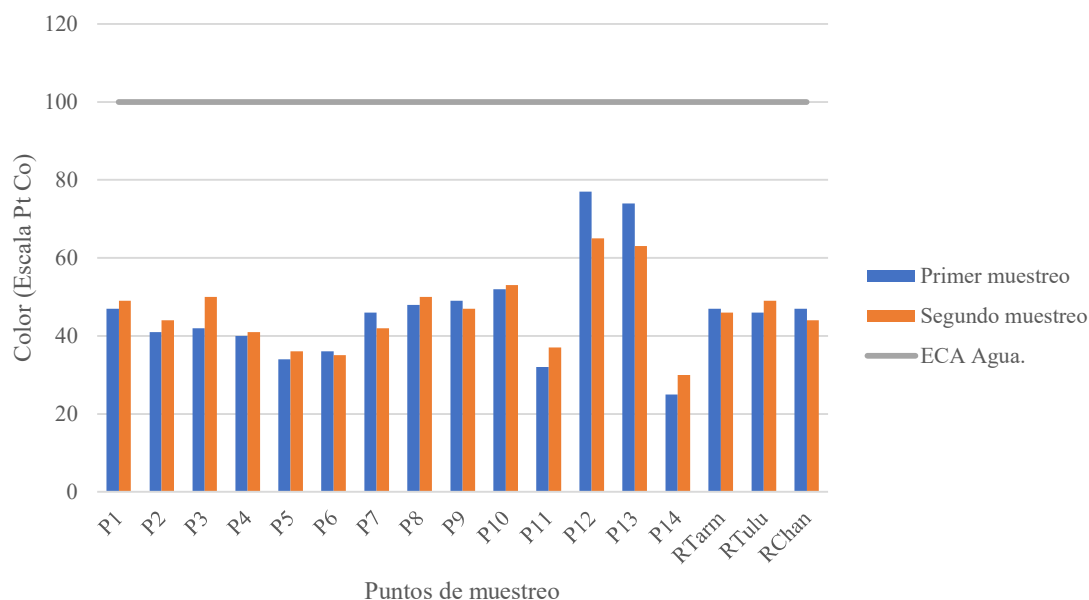


Figura 15. Variación del color del agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.

Prueba de hipótesis

En el ECA-Agua Categoría 3 se establece el valor de color en un máximo de 100 unidades en la escala Pt Co. Para este análisis se tomaron los valores promedio de los muestreos realizados que serán evaluados con respecto a un límite, cuya hipótesis es la siguiente:

H_0 : El color de la muestra es mayor o igual a 100

H_1 : El color de la muestra es menor a 100

	t	gl	p-valor	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Color	-20,19	16	0,00	-54,00	-59,67	-48,33

Dado que el p-valor obtenido es 0,00 el cual es menor que ($\alpha = 0,05$), se cuenta con evidencia que permite descartar la hipótesis nula y respaldar la hipótesis alternativa. Este resultado confirma que el color de la muestra es menor a 100. Por tanto, se puede afirmar que los datos promedio del color se encuentran dentro del límite (100 unidades) establecidos por el ECA para Agua Categoría 3.

4.2.11. Sulfato (SO₄²⁻)

La **Tabla 33** presenta los resultados de la medición de sulfatos de los diecisiete (17) puntos de muestreo de los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo.

Tabla 33. Sulfato (mg/L) en el agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024).

Puntos de muestreo	Primer muestreo	Segundo muestreo	Promedio
P1	23,00	20,00	21,50
P2	21,00	14,00	17,50
P3	24,00	29,00	26,50
P4	22,00	10,00	16,00
P5	23,00	17,00	20,00
P6	32,00	13,00	22,50
P7	16,00	18,00	17,00
P8	24,00	19,00	21,50
P9	25,00	13,00	19,00
P10	20,00	12,00	16,00
P11	18,00	10,00	14,00
P12	16,00	17,00	16,50
P13	27,00	11,00	19,00
P14	20,00	10,00	15,00
RTarm	27,00	17,00	22,00
RTulu	19,00	18,00	18,50
RChan	19,00	12,00	15,50

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 34** se muestran los estadísticos descriptivos de la medición del sulfato en el agua con respecto a los dos muestreos, donde el coeficiente de variación de 19,04 % en el primer muestreo que indica una moderada variabilidad, sin embargo, para el segundo muestreo fue de 32,01 % que indica una alta variabilidad y heterogeneidad.

Tabla 34. Estadísticos descriptivos de sulfatos en el agua.

	Primer muestreo	Segundo muestreo
Promedio	22,12	15,29
Varianza	17,735	23,971
Desviación estándar	4,211	4,896
Coeficiente de variación (%)	19,04	32,01

Según Bolaños et al. (2017), al ingerir sulfatos (sulfato de sodio y sulfato de magnesio) en concentraciones superiores a 100 mg/L, provoca un efecto laxante en el tracto gastrointestinal humano. Además, niveles de sulfatos que exceden a 200 mg/L contribuyen a cambiar el sabor del agua, aunque en menor medida que los cloruros y los carbonatos. En el

cuerpo humano, provocan el efecto secundario de deshidratación, que suele aparecer tras la ingesta de más de 5 gramos de estas sales al día, provocando diarrea, que es más peligrosa para niños y ancianos.

Por otro lado, Lamz Piedra y González Cepero (2013) señalan que los sulfatos en el agua de riego son considerados iones tóxicos para los cultivos, ya que en altas concentraciones aumentan la salinidad del suelo, provocan efectos tóxicos y reducen el potencial osmótico del suelo.

En este estudio, las concentraciones de sulfatos durante el primer y segundo muestreo (**Tabla 34**) fueron, en promedio, de 22.12 y 15.29 mg/L, respectivamente. Estos valores son inferiores a los mencionados por Bolaños, por lo que no causarían un efecto laxante en el organismo humano ni alterarían el sabor del agua. En contraste a lo sostenido por Lamz Piedra y González Cepero, estos niveles de sulfatos no aumentarían la salinidad del suelo, ya que la salinidad en los cuerpos de agua estudiados es baja, así como la concentración de sulfatos también.

Ahora bien, la ANA (2023) reportó en el punto P9 un valor de 32,41 mg/L, superior al registrado en este estudio, que fue de 19 mg/L. De manera similar, en el punto P1, la ANA (2023) reportó 39,58 mg/L, casi el doble del valor obtenido en nuestra investigación, que fue de 21,5 mg/L.

En la **Figura 16**, se observa que el punto P6 en el primer muestreo registró un valor de 32 mg/L, y el punto P3 en el segundo muestreo mostró 29 mg/L. Estos son los valores más altos registrados, pero no superan los límites establecidos en el ECA-Agua Categoría 3.

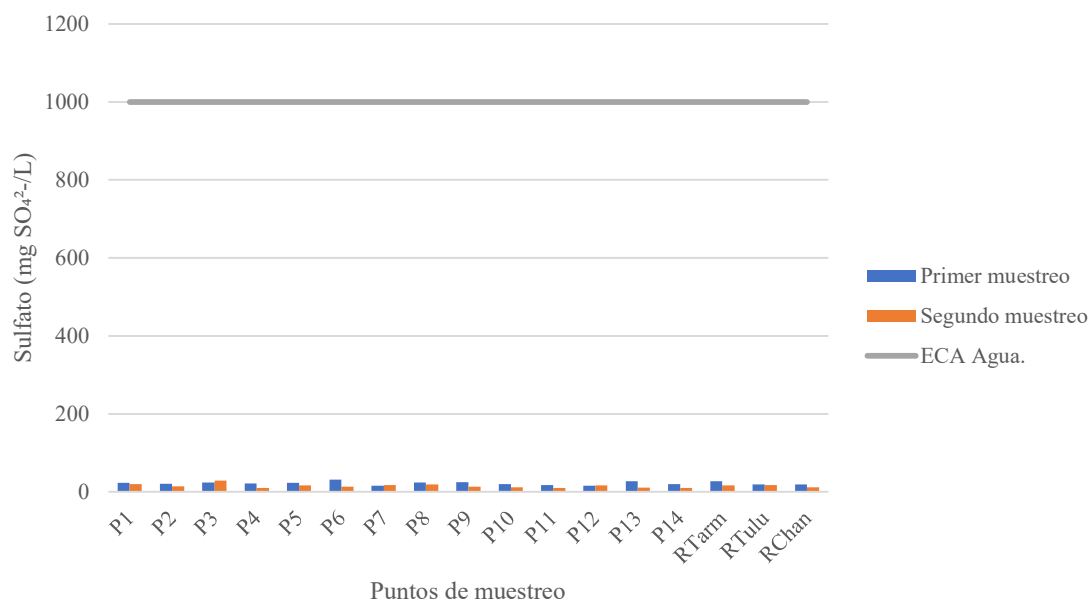


Figura 16. Variación del sulfato en el agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.

Prueba de hipótesis

En el ECA-Agua Categoría 3 se establece el valor de sulfato en un máximo de 1000 mg/L. Para este análisis se tomaron los valores promedio de los muestreos realizados que serán evaluados con respecto a un límite, cuya hipótesis es la siguiente:

H_0 : El sulfato de la muestra es mayor o igual a 1000 mg/L

H_1 : El sulfato de la muestra es menor a 1000 mg/L

	t	gl	p-valor	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Sulfato	-1228,56	16	0,00	-981,29	-982,99	-979,60

Dado que el p-valor obtenido es 0,00 el cual es menor que ($\alpha = 0,05$), se cuenta con evidencia que permite descartar la hipótesis nula y respaldar la hipótesis alternativa. Este resultado confirma que el sulfato de la muestra es menor a 1000 mg/L.

Por tanto, se puede afirmar que los datos promedio de sulfato se encuentran dentro del límite (1000 mg/L) establecidos por el ECA-Agua Categoría 3.

4.2.12. N-nitrato (N-NO₃)

La **Tabla 35** presenta los resultados de la medición de N-nitrato de los diecisiete (17) puntos de muestreo de los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo.

Tabla 35. N-nitrato (mg/L) del agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024).

Puntos de muestreo	Primer muestreo	Segundo muestreo	Promedio
P1	1,30	2,10	1,70
P2	0,80	0,70	0,75
P3	1,30	1,50	1,40
P4	0,60	1,50	1,05
P5	1,60	2,40	2,00
P6	1,10	1,20	1,15
P7	1,20	0,60	0,90
P8	0,90	1,00	0,95
P9	0,30	0,80	0,55
P10	0,90	0,40	0,65
P11	0,70	2,60	1,65
P12	0,50	1,20	0,85
P13	0,70	0,50	0,60
P14	0,80	0,80	0,80
RTarm	1,10	0,30	0,70
RTulu	1,00	0,20	0,60
RChan	1,40	0,90	1,15

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 36** se muestran los estadísticos descriptivos de la medición del N-nitrato en el agua con respecto a los dos muestreos, donde el coeficiente de variación de 36,18 % en el primer muestreo y el segundo muestreo fue de 65,16 %; que indica una alta variabilidad y heterogeneidad en los dos muestreos.

Tabla 36. Estadísticos descriptivos del N-nitrato en el agua.

	Primer muestreo	Segundo muestreo
Promedio	0,95	1,10
Varianza	0,119	0,514
Desviación estándar	0,345	0,717
Coeficiente de variación (%)	36,18	65,16

Según Escalante Rojas (2018), las aguas residuales domésticas contienen compuestos nitrogenados que, al estar en presencia de oxígeno, se transforman en nitritos y nitratos mediante el proceso de nitrificación, el cual depende de factores como la concentración

de oxígeno, la temperatura y el pH del agua. En este estudio, se identifican dos fuentes de compuestos nitrogenados: las aguas residuales domésticas y municipales, así como la actividad agrícola en la margen izquierda del río Tarma.

El valor medio de N-nitratos fue de 0,95 mg/L en el primer muestreo y 1,10 mg/L en el segundo. Según Homsí et al. (1997, citado en Escalante Rojas, 2018), las concentraciones de nitratos en aguas de riego deben estar entre 15 y 20 mg/L. Por lo tanto, los valores observados en este estudio no indican un exceso de nitrógeno para la mayoría de los cultivos.

En la **Figura 17**, se observan los valores más altos registrados en los puntos P5, con 1,6 mg/L en el primer muestreo, y P11, con 2,6 mg/L en el segundo. Estos valores no exceden los límites establecidos por el ECA-Agua Categoría 3, según el D.S. N° 002-2008-MINAM.

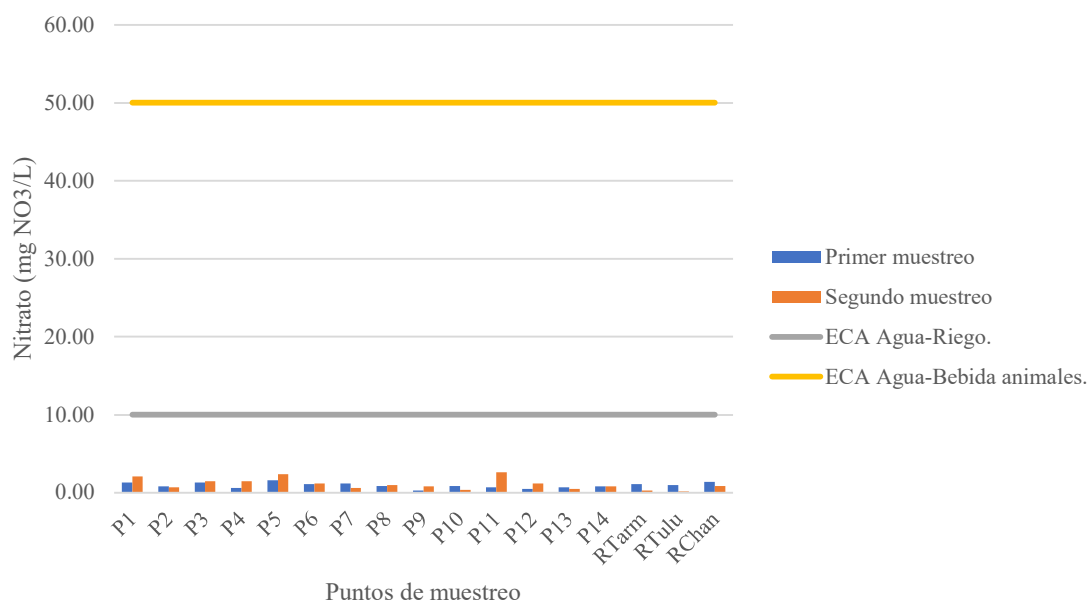


Figura 17. Variación del N-nitrato en el agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.

Prueba de hipótesis

En el ECA-Agua Categoría 3 se establece los N-nitratos en 10 mg/L para riego de vegetales, por otro lado, el valor de N-nitritos para bebida de animales se establece en 50 mg/L.

Para este análisis se tomaron los valores promedio de los muestreos realizados que serán evaluados con respecto a un límite, cuya hipótesis es la siguiente:

H_0 : El N-nitrato de la muestra es mayor o igual a 10 mg/L

H_1 : El N-nitrato de la muestra es menor a 10 mg/L

	t	gl	p-valor	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Nitrato	-85,723	16	0,00	-8,97353	-9,1954	-8,7516

Dado que el p-valor obtenido es 0,00 el cual es menor que ($\alpha = 0,05$), se cuenta con evidencia que permite descartar la hipótesis nula y respaldar la hipótesis alternativa. Este resultado confirma que el N-nitrato de la muestra es menor a 10 mg/L.

Por tanto, se puede afirmar que los datos promedio de N-nitrato se encuentran dentro del límite (10 mg/L) establecidos para riego y (50 mg/L) para bebida de animales.

4.2.13. Hierro (Fe)

La **Tabla 37** presenta los resultados de la medición de hierro de los diecisiete (17) puntos de muestreo de los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo.

Tabla 37. Hierro (mg/L) en el agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024).

Puntos de muestreo	Primer muestreo	Segundo muestreo	Promedio
P1	0,038	0,080	0,059
P2	0,026	0,040	0,033
P3	0,090	0,083	0,087
P4	0,017	0,030	0,024
P5	0,089	0,110	0,100
P6	0,498	0,040	0,269
P7	0,027	0,030	0,029
P8	0,115	0,015	0,065
P9	0,008	0,023	0,016
P10	0,033	0,005	0,019
P11	0,004	0,017	0,011
P12	0,043	0,246	0,145
P13	0,023	0,032	0,028

P14	0,011	0,025	0,018
RTarm	0,033	0,030	0,032
RTulu	0,018	0,125	0,072
RChan	0,004	0,029	0,017

En la **Tabla 38** se muestran los estadísticos descriptivos de la medición de hierro en el agua con respecto a los dos muestreos, donde el coeficiente de variación de 183,93 % en el primer muestreo y el segundo muestreo fue de 105,49 %; que indica una alta variabilidad y heterogeneidad en los dos muestreos.

Tabla 38. Estadísticos descriptivos del hierro en el agua.

	Primer muestreo	Segundo muestreo
Promedio	0,063	0,056
Varianza	0,014	0,004
Desviación estándar	0,117	0,060
Coeficiente de variación (%)	183,93	105,49

Según Báez Hernández (2017), la concentración promedio de hierro en aguas superficiales suele superar los 0,7 mg/L, mientras que en las aguas subterráneas varía entre 0,1 y 10 mg/L. En esta investigación, los promedios de hierro en el primer y segundo muestreo fueron de 0,063 mg/L y 0,056 mg/L, respectivamente, valores que se encuentran dentro del rango señalado por Báez Hernández. En el punto P6, donde se obtuvo el valor más alto, se registró 0,269 mg/L.

En el contexto de agua para consumo humano, el Real Decreto 3/2023 de España establece un límite de 0,2 mg/L para el hierro. Los valores obtenidos en este estudio son en su mayoría inferiores a este límite, aunque el punto P6 lo excede ligeramente por unas milésimas.

La Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2023) reportó en el monitoreo anual de la cuenca Perené valores de 0,2088 mg/L en P1 y 0,0942 mg/L en P9, los cuales son superiores a los obtenidos en nuestra investigación, donde se registraron 0,059 mg/L y 0,016 mg/L, respectivamente.

Según Ortez Santos (2024), cuando el pH es neutro y hay oxígeno presente, el hierro ferroso (Fe^{2+}) se oxida a hierro férrico (Fe^{3+}), formando rápidamente hidróxido férrico. Este proceso de oxidación puede generar coloración, olor y turbidez en el agua (Kwakye et al., 2019, citado en Guillen Rivas et al., 2021).

En la **Figura 18**, se muestran los valores más altos registrados en el punto P6, con 0,498 mg/L en el primer muestreo, y en el punto P12, con 0,246 mg/L en el segundo muestreo. Estos valores no superan los límites establecidos por el ECA-Agua Categoría 3.

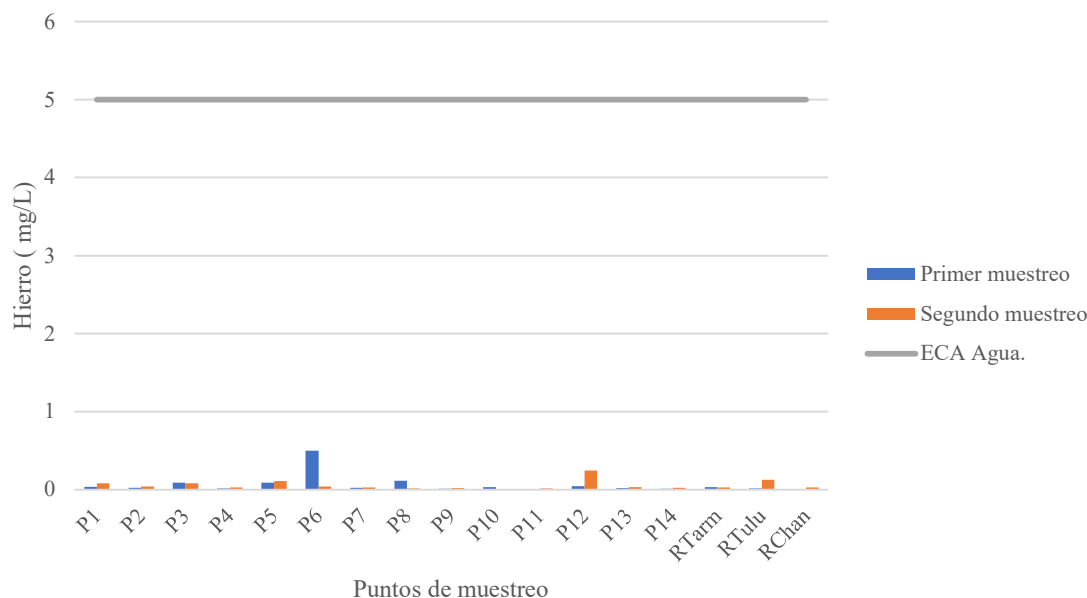


Figura 18. Variación del hierro en el agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.

Prueba de hipótesis

En el ECA-Agua Categoría 3 se establece el valor máximo de hierro en 5 mg/L. Para este análisis se tomaron los valores promedio de los muestreos realizados que serán evaluados con respecto a un límite, cuya hipótesis es la siguiente:

H_0 : El hierro de la muestra es mayor o igual a 5 mg/L

H_1 : El hierro de la muestra es menor a 5 mg/L

	t	gl	p-valor	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Hierro	-312,812	16	0,000	-4,939765	-4,97324	-4,90629

Dado que el p-valor obtenido es 0,00 el cual es menor que ($\alpha = 0,05$), se cuenta con evidencia que permite descartar la hipótesis nula y respaldar la hipótesis alternativa. Este resultado confirma que el sulfato de la muestra es menor a 5 mg/L.

Por tanto, se puede afirmar que los datos promedio de hierro se encuentran dentro del límite (5 mg/L) establecidos por el ECA para Agua Categoría 3.

4.3. Parámetros microbiológicos

4.3.1. Coliformes totales

La **Tabla 39** presenta los resultados de la medición de coliformes totales de los diecisiete (17) puntos de muestreo de los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo.

Tabla 39. Coliformes totales (NMP/100 ml) en el agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024).

Puntos de muestreo	Primer muestreo	Segundo muestreo	Promedio
P1	21,00	16,00	18,50
P2	11,00	9,20	10,10
P3	150,00	160,00	155,00
P4	7,20	11,00	9,10
P5	3,60	3,00	3,30
P6	3,00	3,60	3,30
P7	0,00	3,00	1,50
P8	11,00	6,00	8,50
P9	11,00	9,00	10,00
P10	24,00	28,00	26,00
P11	24,00	21,00	22,50
P12	7,30	11,00	9,15
P13	3,60	3,00	3,30
P14	0,00	0,00	0,00
RTarm	0,00	0,00	0,00
RTulu	0,00	0,00	0,00
RChan	7,30	3,60	5,45

En la **Tabla 40** se muestran los estadísticos descriptivos de la medición de coliformes totales en el agua con respecto a los dos muestreos, donde coeficiente de variación de 211,13 % en el primer muestreo y el segundo muestreo fue de 222,89 %; lo que indica una alta variabilidad y heterogeneidad en los dos muestreos.

Tabla 40. Estadísticos descriptivos de coliformes totales en el agua.

	Primer muestreo	Segundo muestreo
Promedio	16,71	16,91
Varianza	1244,054	1419,926
Desviación estándar	35,271	37,682

Coefficiente de variación (%)	211,13	222,89
-------------------------------	--------	--------

En el estudio a largo del primer y segundo muestreo se reportó en promedio 16,71 y 16,91 NMP/100 ml de coliformes totales (CT). Dichos datos disminuyeron debido a que los coliformes tienen mayor presencia en época estiaje, por el hecho de las condiciones climáticas que favorecen su proliferación. La ANA (2023) muestreó en época de avenida y obtuvo poca presencia de coliformes dado que en P1 y P9 registró <1,8 NMP/100 ml en ambos puntos, sin embargo, en nuestra investigación se obtuvo 18,50 y 10 NMP/100 ml, de igual forma valores con poca presencia de coliformes. Ponte Huamán & Prado Salazar (2017) en su tesis indican que la presencia y cantidad de bacterias se reducen con respecto a la época de muestreo y a las condiciones climáticas. Además, la Universidad de Pensilvania explica en uno de sus estudios que las bacterias coliformes dan positivo durante los años en los que las precipitaciones son casi normales. Por otro lado, en climas fríos y secos, la cantidad de bacterias disminuye. Por tanto, se deduce que las bacterias coliformes son más afines a climas cálidos.

Una fuente de ingreso de coliformes a un cuerpo de agua es la descarga de agua domésticas y municipales, esto cobra sentido ya que a lo largo del área de estudio se encuentran nueve (9) puntos de descarga de aguas residuales municipales y un (1) punto de descarga de agua residual doméstica reportados por la Autoridad Nacional del Agua; asimismo, a lo largo del recorrido en campo se pudieron encontrar efluentes de descargas de aguas domésticas hecho con tubos de PVC entre otros.

En la **Figura 19** el resultado en P3 con 150 y 160 NMP/100 ml en primer y segundo muestreo fueron los valores más altos registrados, no obstante, en P14, RTarm y Rtulu se registró ausencia de coliformes totales. En el ECA-para Agua Categoría 3 no se establece ningún valor para el parámetro de coliformes totales.

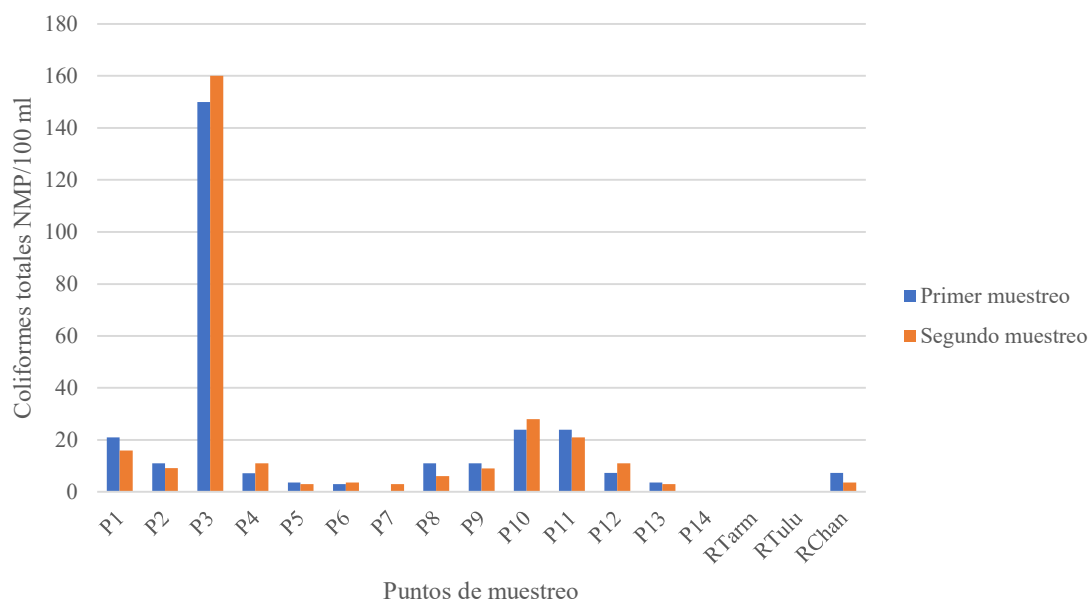


Figura 19. Variación de coliformes totales en el agua de los ríos por espacio y tiempo.

En la **Figura 19** se observa una notable disminución en la concentración de coliformes entre los puntos P3 y P4. Este descenso puede explicarse por una combinación de procesos físicos, químicos y biológicos que afectan la supervivencia y persistencia de estos microorganismos en ambientes acuáticos. Entre los factores clave se incluyen la dilución, sedimentación, depuración natural mediante radiación solar, interacción con microorganismos autóctonos y adsorción a partículas suspendidas.

Según Crane y Moore (2020), la concentración de bacterias patógenas en cuerpos de agua está estrechamente vinculada al caudal y la mezcla de diversas fuentes de agua. En el punto P3, la incorporación de aguas residuales domésticas a menos de dos metros aguas arriba aumenta la carga de coliformes en esta sección. En cambio, en el punto P4, la pendiente más suave y la menor turbulencia favorecen la sedimentación, lo que contribuye a la eliminación de bacterias. Jamieson et al. (2019) explican que las bacterias pueden adherirse a partículas sólidas y precipitar hacia el fondo, lo que reduce su concentración en la columna de agua.

La exposición a radiación ultravioleta (UV) también juega un papel crucial. Auer y Niehaus (2021) indican que la foto-inactivación de bacterias es más eficiente en cuerpos de agua poco profundos o con baja turbidez, condiciones presentes en el tramo del punto P4, facilitando la eliminación de coliformes en poco tiempo. Además, la depredación por

protozoos y otros microorganismos también contribuye a la reducción de la carga bacteriana. Hijnen, Beerendonk y Medema (2022) sostienen que ciertos protozoos y bacteriófagos pueden capturar y degradar bacterias coliformes, acelerando su eliminación en el ecosistema acuático.

4.3.2. Escherichia Coli

La **Tabla 41** presenta los resultados de la medición de *Escherichia coli* de los diecisiete (17) puntos de muestreo de los ríos Tarma, Tulumayo y Chanchamayo.

Tabla 41. Escherichia coli (NMP/100 ml) en el agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023 y enero 2024).

Puntos de muestreo	Primer muestreo	Segundo muestreo	Promedio
P1	7,20	6,10	6,65
P2	3,00	3,00	3,00
P3	15,00	15,00	15,00
P4	3,00	6,10	4,55
P5	0,00	0,00	0,00
P6	0,00	0,00	0,00
P7	0,00	0,00	0,00
P8	3,00	0,00	1,50
P9	6,10	7,30	6,70
P10	21,00	16,00	18,50
P11	3,00	3,60	3,30
P12	3,00	3,60	3,30
P13	3,60	0,00	1,80
P14	0,00	0,00	0,00
RTarm	0,00	0,00	0,00
RTulu	0,00	0,00	0,00
RChan	0,00	0,00	0,00

En la **Tabla 42** se muestran los estadísticos descriptivos de la medición de *Escherichia coli* en el agua con respecto a los dos muestreos, donde el coeficiente de variación de 145,69 % en el primer muestreo y el segundo muestreo fue de 144,66 %; que indica una alta variabilidad y heterogeneidad en los dos muestreos.

Tabla 42. Estadísticos descriptivos de Escherichia coli en el agua.

	Primer muestreo	Segundo muestreo
Promedio	3,99	3,57
Varianza	33,863	26,681
Desviación estándar	5,819	5,165
Coefficiente de variación (%)	145,69	144,66

Romeu (2012, como se citó en ANA, 2023) sostiene que la presencia de *Escherichia Coli* se considera un indicador importante de contaminación fecal, ya que se ha descrito que grupos de patógenos dentro de su especie causan enfermedades intestinales y extraintestinales en humanos y animales. El estudio en los dos muestreos el promedio fue 3,99 y 3,57 NMP/100 ml, lo que es indicador de la presencia de por *E. coli* y por lo tanto de contaminación fecal.

Esta bacteria puede afectar significativamente la seguridad del riego de vegetales. Si el agua contaminada con *E. coli* se utiliza para regar los cultivos, la bacteria puede transferirse a las plantas. Según Torres Armendáriz et al. (2015), *E. coli* tiene la capacidad de adherirse a la superficie del tejido vegetal, adaptándose bien a la biosfera de la planta, además, puede llegar a la cavidad subestomatal y al mesófilo esponjoso, donde puede sobrevivir. Esto representa un riesgo microbiológico cuando los vegetales y hortalizas regados con agua contaminada son consumidos.

La ANA (2023) en P1 y P9 reportó valores menores a 1,8 NMP/100 ml, estos datos son menores a 6,65 y 6,70 NMP/100 ml obtenidos en la investigación. Dichos valores corresponden a época de avenida, sin embargo, en época de estiaje la ANA (2023) reportó valores más altos (1100 y 1600 NMP/100 ml para P1 y P9). Durante la temporada de lluvias, el aumento del caudal de los ríos puede diluir la concentración de *E. coli*. Según un estudio de Rivera et al. (2006), la viabilidad de *E. coli* disminuye significativamente en presencia de grandes volúmenes de agua debido a la dilución de contaminantes (Rivera et al., 2006).

En la **Figura 20** se observa a P10 en el primer muestreo con un valor de 21 NMP/100 ml y en el segundo muestreo con 16 NMP/100 ml; mencionados valores son los más altos registrados, sin embargo, no superan los establecidos en el ECA-Agua Categoría 3.

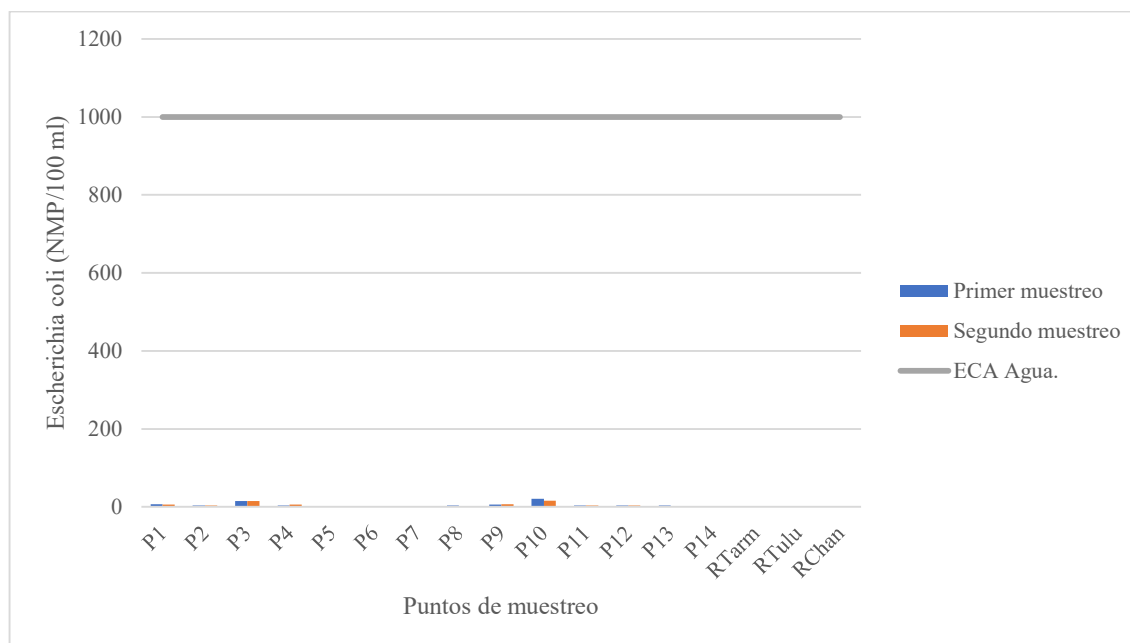


Figura 20. Variación de *Escherichia coli* en el agua de los ríos por espacio y tiempo con respecto a la normativa.

Prueba de hipótesis

En el ECA-Agua Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales) aprobado mediante D.S. N° 004-2017-MINAM se establece un valor de 1000 NMP/100 ml para *Escherichia Coli*. Para este análisis se tomaron los valores promedio de los muestreos realizados que serán evaluados con respecto a un límite, cuya hipótesis es la siguiente:

H_0 : La concentración de *Escherichia Coli* de la muestra es mayor o igual a 1000 NMP/100 ml

H_1 : La concentración de *Escherichia Coli* de la muestra es menor a 1000 NMP/100 ml

	t	gl	p-valor	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
E. coli	-757,75 7	16	0,000	-996,217647	-999,00467	-993,43062

Dado que el p-valor obtenido es 0,00 el cual es menor que ($\alpha = 0,05$), se cuenta con evidencia que permite descartar la hipótesis nula y respaldar la hipótesis alternativa. Este resultado confirma que el sulfato de la muestra es menor a 1000 NMP/100 ml.

Por tanto, se puede afirmar que los datos promedio de *Escherichia Coli* se encuentran dentro del límite (1000 NMP/100 ml) establecidos por el ECA para Agua Categoría 3.

V. CONCLUSIONES

1. Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaño a la zona urbana del distrito de San Ramón, cuyos resultados fueron comparados con lo establecido en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA Agua) Categoría 3. El estudio incluyó diecisiete (17) puntos de muestreo, en los cuales se evaluaron quince (15) parámetros en dos muestreos realizadas durante la época de avenida.
2. Se analizaron los parámetros fisicoquímicos del agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaño a la zona urbana del distrito de San Ramón, cuyos resultados obtenidos se compararon con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA Agua) Categoría 3. El análisis evidenció una transgresión del parámetro pH en el punto P9 durante el muestreo de noviembre de 2023 y en el punto P11 en el muestreo de enero de 2024.
3. Se analizaron los parámetros microbiológicos del agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaño a la zona urbana del distrito de San Ramón, cuyos resultados obtenidos se compararon con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA Agua) Categoría 3. El análisis evidenció que ninguno de los parámetros microbiológicos evaluados excede los valores establecidos en el estándar.
4. La hipótesis planteada es rechazada, ya que únicamente el parámetro de pH supera los valores establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA Agua) Categoría 3.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Se recomienda realizar los análisis microbiológicos el mismo día del muestreo con el fin de minimizar posibles errores en la medición y garantizar la confiabilidad de los resultados.
2. Considerar la medición de caudales en época de estiaje, se sugiere emplear el método de aforo mediante un perfilador de corriente acústico Doppler (ADCP), lo que permitirá obtener mediciones más precisas y representativas de las condiciones hidrológicas.
3. Se recomienda aplicar los índices de diversidad de macroinvertebrados en el área de estudio, así como el índice de calidad ambiental, con el propósito de evaluar de manera integral la salud ecológica del ecosistema acuático.

VII. REFERENCIAS

- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (21st ed.). American Public Health Association.
- Armas Napuchi, J. (2010). *Caracterización física, química y biológica de las aguas de los ríos Huallaga, Paranapura y Shanusi en el ámbito correspondiente a la ciudad de Yurimaguas, Loreto*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/1091>
- Auer, M. T., & Niehaus, S. L. (2021). Solar Radiation and Bacterial Inactivation in Surface Waters: Implications for Water Quality Monitoring. *Journal of Environmental Quality*, 50(2), 345-359.
- Autoridad Nacional del Agua. (2018). Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA: Aprueban la Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales [Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA]. Autoridad Nacional del Agua. <https://www.gob.pe/institucion/ana/normas-legales/537986-r-j-056-2018-ana>.
- Autoridad Nacional del Agua. (2023). *Informe Técnico de los Resultados del Monitoreo de Calidad del Agua Superficial de la Cuenca Perené en el ámbito de la ALA Perené y Tarma, época de estiaje, julio - agosto 2023*. (Informe técnico N° 0084-2023-ANA-AAA.U/LSFPDH). Autoridad Nacional del Agua.
- Autoridad Nacional del Agua. (2023). *Informe Técnico de los Resultados del Monitoreo de Calidad de Agua Superficial de la Unidad Hidrográfica 49954 Cuenca Perené, en el ámbito de la ALA Perené y la ALA Tarma, época de avenida, diciembre 2022*. (Informe técnico N° 0015-2023-ANA-AAA.U/LSFPDH). Autoridad Nacional del Agua.
- Autoridad Nacional del Agua. (2022). *Monitoreo de Calidad de Agua Superficial de la Unidad Hidrográfica 49954 Cuenca Perené, en el ámbito de la ALA Perené y la ALA Tarma, época de estiaje, julio 2022*. (Informe técnico N° 0073-2022-ANA-AAA.U/LSFPDH). Autoridad Nacional del Agua.
- Autoridad Nacional del Agua. (2022). *Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la Unidad Hidrográfica cuenca Perené 49954, época de avenida, mayo*

2021. (Informe técnico N° 0034-2022-ANA-AAA.U/LSFPDH). Autoridad Nacional del Agua.

- Báez Hernández, D. (2017). *Estandarización de métodos analíticos para la determinación de hierro total, hierro disuelto y hierro ferroso en agua natural, potable y residual (domésticas y no domésticas) en el laboratorio del Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales (CEIAM)*. [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander]. <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/8d6a0f8d-a662-432f-bc54-1918396f2451/content>
- Beltrán Farfán, D. F., Palomino Calli, R. P., Moreno Terrazas, E. G., Peralta, C. G., & Montesinos-Tubée, D.B. (2015). Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011. *Revista Peruana de Biología*, 22(3), 335-340. <https://dx.doi.org/10.15381/rpb.v22i3.11440>
- Bolaños Alfaro, J. D., Cordero Castro, G., Segura Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha*, 30(4), 15-27. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>.
- Bolívar Cuartas, S. M., Castaño Muñoz D. L., & Gutiérrez Flórez O. D. (2021). Modelo Correlacional de Sólidos Suspendidos Totales Presentes en Aguas Residuales Domésticas Mediante Análisis de Turbiedad. *Producción + Limpia*, 16 (1), 186-197. <https://doi.org/10.22507/pml.v16n1a10>
- Bullón Alcalá, V. E. (2016). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del Río Perene, Chanchamayo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3462>
- Camacho Ballesteros, A., Ortega Escobar, H. M., Sánchez Bernal, E. I., Flores Magdaleno, H., Khalil Gardezi, A., Mendoza Saldivar, I., Mercado Fernández, R., Avelar Roblero, J. U. (2023). Hidroquímica y calidad del agua para riego de las RH 21 y 23 costa de Oaxaca y costa de Chiapas, México. *Terra Latinoamericana*, 41, 1-19. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1600>
- Carrasco Díaz, S. (2005). *Metodología de la investigación científica*. San Marcos.

- Chapman, D. V., Organización Mundial de la Salud, UNESCO, & Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (1996). Evaluaciones de la calidad del agua: una guía para el uso de la biota, los sedimentos y el agua en el monitoreo ambiental (2.^a ed.). E & FN Spon. <https://iris.who.int/handle/10665/41850>
- Crane, S. R., & Moore, J. A. (2020). Bacterial Transport and Retention in Streams and Rivers: A Review of Processes and Implications for Water Quality Management. *Water Research*, 134, 112-127.
- Del Río, J. (1986). *Evaluación de la calidad del agua*. Universitaria.
- Escalante Rojas, J. C. (2018). *Caracterización de las aguas del río Mashcón y San Lucas, y del efluente de las lagunas de estabilización de la ciudad de Cajamarca con fines de evaluación ambiental, marzo – agosto del 2007*. [Tesis de postgrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/2182>
- Espín, J., Del Río, J., & Bertrand Krajewski, J. (2016). Relación entre turbidez y sólidos en suspensión totales. *IX Anuario de Jóvenes Investigadores*, 81-85. <https://1library.co/document/relacion-turbidez-solidos-suspension-totales>
- Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147-170. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
- Fong Silva, W., Colpas Castillo, F., & Severiche Sierra, C. A. (2015). Evaluación de la precisión y exactitud para la determinación gravimétrica de sólidos disueltos totales en aguas. *Ciencia e Ingeniería*, 2(2), 27-35. <http://revistas.uniguajira.edu.co/index.php/cei>
- Gobierno Regional de Junín. (2015). Memoria descriptiva: Zonificación Ecológica y Económica de la Región Junín a nivel meso y escala 1:100000. <https://geoservidor.minam.gob.pe/zee-aprobadas/junin/>
- Gualdrón Durán, L. E. (2018). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos. *Dinámica Ambiental*, 1(1), 83-102. <https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593>

- Guillen Rivas, J. R., Jaramillo Cedeño, A. R., Baquerizo Crespo, R. J., & Córdova Mosquera, R. A. (2021). Estudio de los procesos de remoción de hierro y manganeso en aguas subterráneas: una revisión. *Polo del Conocimiento*, 6(9), 1384-1407.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). Mc Graw-Hill Education.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México, México: McGraw Hill Education.
- Hijnen, W. A. M., Beerendonk, E. F., & Medema, G. J. (2022). Inactivation of Bacteria and Viruses by Protozoan Predation and Bacteriophage Lysis in Surface Waters. *Applied and Environmental Microbiology*, 88(5), e00234-22.
- Huaman Huaman, H. R. & Huallpa Nina, Y. (2023). *Evaluación de la calidad del agua mediante diatomeas (bacillariophyta) de los tributarios de la microcuenca Piuray- Korimarca, Chinchero-Urubamba*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/7316>
- Ibáñez, J. G., Hernández Esparza, M., Doria Serrano, C., Fregoso Infante, A., & Singh, M. M. (2008). *Environmental Chemistry: Fundamentals*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-49493-7_1
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). Resultados Definitivos del departamento de Junín. INEI. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1576/12TOMO_01.pdf
- Instituto Nacional de Recursos Naturales. (1995). *Mapa ecológico del Perú: guía explicativa*. Lima: Instituto Nacional de Recursos Naturales.
- Jamieson, R., Gordon, R., Sharples, K., Stratton, G., & Madani, A. (2019). Movement and Deposition of Fecal Bacteria with Sediments in River Systems. *Journal of Hydrology*, 572, 123-137.

- Jiménez A., Saikia, P., Giné, R., Avello, P., Leten, J., Liss Lymer, B., Schneider, K., Ward, R. (2020). Unpacking Water Governance: A Framework for Practitioners. *Water*, 12(3), 827. <https://doi.org/10.3390/w12030827>
- Lamz Piedra, A., & González Cepero, M. C. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos Tropicales*, 34(4), 31-42. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193228546005>
- Larrea-Murrell, J. A., Rojas Badía, M. M., Romeu Álvarez, B., Rojas Hernández, N. M., & Heydrich-Pérez, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 44(3), 24-34. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181229302004>
- Mancilla Villa, O. R., Gómez Villaseñor, L., Olguín López, J. L., Guevara Gutiérrez, R. D., Hernández Vargas, O., Ortega Escobar, H. M., Flores Magdaleno, H., Can Chulim, A., Sánchez Bernal, E. I., Cruz Crespo, E., & Palomera García, C. (2022). Contaminación orgánica por coliformes, Nitrógeno y Fósforo en los ecosistemas acuáticos de la cuenca Ayuquila-Armería, Jalisco, México. *Biotecnia*, 24(1), 5-14. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i1.1283>
- Martínez, J., Rodríguez, L., & Sánchez, M. (2020). Impacto del cambio climático en el caudal de los ríos. *Revista de Hidrología*, 45(3), 123-135.
- Martínez, M. & Osorio, A. (2018). Validación de un método para el análisis de color real en agua. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 7(1), 143-155. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.68086>
- Mejía Burgos, O. (2016). *Contaminación de agua por metales producto de la actividad minera metálica en el río Zaña, Chiclayo – Lambayeque – junio 2014- abril 2015*. [Tesis de pregrado, Universidad de Lambayeque]. <http://repositorio.udl.edu.pe/handle/UDL/76>
- Mérida Cano, M. E., & Aguilar Carrera, F. A. D. (2020). Calidad bacteriológica del agua y su relación con el potencial de óxido reducción (ORP). *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 15(1), 41-47. <http://dx.doi.org/10.36829/08ASA.v15i1.1130>
- Ministerio del Ambiente. (2008). Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM: Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. [Decreto Supremo N° 002-

- 2008-MINAM]. Ministerio del Ambiente.
<https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-002-2008-minam/>.
- Ministerio del Ambiente. (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. [Decreto supremo N° 004-2017-MINAM]. Ministerio del Ambiente. <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/3671-004-2017-minam>.
- Movilla, J., Reñones, O., Cefali, M. E., Bolado, I., Molina, S., & Quetglas, A. (2024). *Temperatura del agua en ecosistemas litorales*. Instituto Español de Oceanografía (IEO), CSIC. <https://doi.org/10.20350/digitalCSIC/16148>
- Muñoz Aguilar, C. R. (2016). *Caracterización fisicoquímica y biológica de las aguas del río grande Celendín – Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1755>
- National Geographic. (2023). Ríos. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/rios>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2013). *Evaluación ambiental de la calidad de agua de la zona de influencia de las actividades hidroeléctricas y mineras en los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo*. (Informe N° 466-2013-OEFA/DESDCA). Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. <https://hdl.handle.net/20.500.12788/1267>
- Ortez Santos, D. E. (2024). *Desarrollo e implementación del método para la cuantificación de hierro en agua para consumo humano y agua envasada por espectrofotometría de absorción atómica técnica de llama*. [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. <https://hdl.handle.net/20.500.14492/27321>
- Ponte Huamán, R. A. & Prado Salazar, A. S. (2017). *Estudio de calidad microbiológica del agua en coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Cajamarca, por revisión sistemática, entre los años 2016-2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/31598>

- Raffo Lecca, E., & Ruiz Lizama, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71-80. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Rivera, A., Chávez, E., Rendón, G., & Giono, S. (2006). Viabilidad de Escherichia coli en presencia de diferentes contaminantes. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 23(2), 98-110. <https://rpmesp.ins.gob.pe/index.php/rpmesp/article/view/1070>
- Rodríguez Álvarez, M. S., Moraña, L. B., Salusso, M. M., Seghezzo, L. (2017). Caracterización espacial y estacional del agua de consumo proveniente de diversas fuentes en una localidad periurbana de Salta. *Revista Argentina de Microbiología*, 49(4), 366-376. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-argentina-microbiologia-372-articulo-caracterizacion-espacial-estacional-del-agua-S0325754117300597>
- Ruiz Ramírez, D. C. (2021). *Método de Estimación de Sólidos Suspendidos Totales como Indicador de la Calidad del Agua Mediante Imágenes Satelitales* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59720>
- Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327320>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2011). *Estimación del caudal por el método de flotadores*. https://www.senamhi.gob.pe/usr/cdc/AFORO_X_FLOTADORES.pdf
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2020). Mapa Climático del Perú. *SENAMHI*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Solís Castro, Y., Zúñiga Zúñiga, L. A., & Mora Alvarado, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 35-46. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>
- Torres Armendáriz, V., Manjarrez Domínguez, C. B., Acosta-Muñiz, C. H., Guerrero-Prieto, V. M., Parra-Quezada, R. Á., Noriega Orozco, L. O., & Ávila-Quezada, G. D. (2016). Interacciones entre Escherichia coli O157:H7 y plantas comestibles. ¿Se han

desarrollado mecanismos de internalización bacteriana?. *Revista mexicana de fitopatología*, 34(1), 64-83. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1507-4>

Torres Vega, F. J. (2009). *Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad de Agua para ríos en Puerto Rico*. [Tesis de maestría, Universidad de Puerto Rico]. http://prwreri.uprm.edu/publications/PR_2009_01.pdf

VII. ANEXO

Anexo A: Matriz de consistencia

Tabla 43. Matriz de consistencia del problema general

Identificación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Diseño metodológico
General	General	General			Temperatura	Intervalo	
¿Cuáles son las características de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaño a la zona urbana del distrito de San Ramón, departamento Junín; setiembre 2023 – enero 2024?	Determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaño a la zona urbana del distrito de San Ramón, departamento Junín; setiembre 2023 – enero 2024.	El 50 % de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos no cumplen con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental (ECA) para Agua - categoría 3 del agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaño a la zona urbana del distrito de San Ramón, departamento Junín; setiembre 2023 – enero 2024.	(X) De observación (descriptivos): Parámetros físicos, químicos y microbiológicos	Parámetros fisicoquímicos	Potencial de hidrogeno	Razón	
					Conductividad eléctrica	Razón	
					Potencial de oxido reducción	Intervalo	
					Oxígeno Disuelto	Razón	
					Solidos disueltos totales	Razón	
					Solidos suspendidos totales	Razón	
					Turbidez	Razón	
					Color	Razón	
					Demanda bioquímica de oxígeno	Razón	
					N-nitrato	Razón	
Sulfato	Razón						
Hierro	Razón						
			Intervinientes: Condiciones medioambientales	Parámetros microbiológicos	Coliformes totales <i>Escherichia coli</i>	Razón	Donde: PRIMER MUESTREO: Polígono de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo en el mes de noviembre SEGUNDO MUESTREO: Polígono de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo en el mes de enero
				Factores climáticos	Temperatura ambiental Humedad ambiental	Intervalo Intervalo	TRANSECTO: Trayecto donde se realizan muestreos.
				Tamaño del cuerpo de agua	Caudal	Razón	

Tabla 44. Matriz de consistencia del problema específico 01

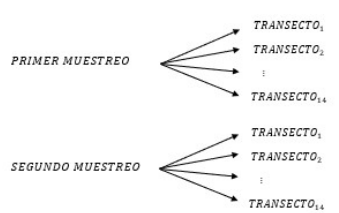

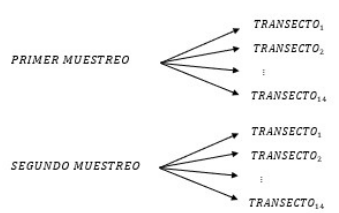
Identificación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Diseño metodológico
Específico 01	Específico 01	Específico 01			Temperatura	Intervalo	
¿Cuáles son los valores de los parámetros fisicoquímicos del agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaño a la zona urbana del distrito de San Ramón, departamento Junín; setiembre 2023 – enero 2024?	Determinar los valores de los parámetros fisicoquímicos del agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaño a la zona urbana del distrito de San Ramón, departamento Junín; setiembre 2023 – enero 2024.	El 50 % de los parámetros fisicoquímicos no cumplen con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental (ECA) para Agua - categoría 3 del agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaño a la zona urbana del distrito de San Ramón, departamento Junín; setiembre 2023 – enero 2024.	(X) De observación (descriptivos): Parámetros fisicoquímicos (Y) De interés: Agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaño a la zona urbana del distrito de San Ramón Intervinientes: Condiciones medioambientales	Parámetros fisicoquímicos	Potencial de hidrogeno	Razón	
					Conductividad eléctrica	Razón	
					Potencial de oxido reducción	Intervalo	
					Oxígeno Disuelto	Razón	
					Solidos disueltos totales	Razón	Donde: PRIMER MUESTREO: Polígono de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo en el mes de noviembre SEGUNDO MUESTREO: Polígono de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo en el mes de enero
					Solidos suspendidos totales	Razón	
					Turbidez	Razón	
					Color	Razón	
					Demanda bioquímica de oxígeno	Razón	
					N-nitrato	Razón	
Sulfato	Razón						
Hierro	Razón						
Factores climáticos	Temperatura ambiental	Intervalo					
	Humedad ambiental	Intervalo					
Tamaño del cuerpo de agua	Caudal	Razón					

Tabla 45. Matriz de consistencia del problema específico 02

Identificación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Diseño metodológico
Específico 02	Específico 02	Específico 02					
¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros microbiológicos del agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaño a la zona urbana del distrito de San Ramón, departamento Junín; setiembre 2023 – enero 2024?	Determinar las concentraciones de los parámetros microbiológicos del agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaño a la zona urbana del distrito de San Ramón, departamento Junín; setiembre 2023 – enero 2024.	El 50 % de los parámetros microbiológicos no cumplen con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental (ECA) para Agua - categoría 3 del agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaño a la zona urbana del distrito de San Ramón, departamento Junín; setiembre 2023 – enero 2024.	(X) De observación (descriptivos): Parámetros microbiológicos (Y) De interés: Agua de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo aledaño a la zona urbana del distrito de San Ramón Intervinientes: Condiciones medioambientales	Parámetros microbiológicos	Coliformes totales	Razón	 <p>PRIMER MUESTREO</p> <p>SEGUNDO MUESTREO</p> <p>Donde:</p> <p>PRIMER MUESTREO: Polígono de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo en el mes de noviembre</p> <p>SEGUNDO MUESTREO: Polígono de los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo en el mes de enero</p> <p>TRANSECTO: Trayecto donde se realizan muestreos.</p>
					<i>Escherichia coli</i>	Razón	
				Factores climáticos	Temperatura ambiental	Intervalo	
					Humedad ambiental	Intervalo	
Tamaño del cuerpo de agua	Caudal	Razón					

Anexo B: Cálculos desarrollados

Tabla 46. Estadísticos descriptivos del estudio piloto

	Temperatura	pH	CE	ORP	OD	SDT	SST	DBO ₅	Turbidez
Promedio	23,22	8,49	278,45	90,09	7,64	138,64	17,36	0,78	2,27
Varianza	1,11	0,05	2995,27	15827,49	0,02	706,45	592,65	0,03	0,79
Desviación estándar	1,06	0,21	54,73	125,81	0,15	26,58	24,34	0,17	0,89
Coefficiente de variación %	4,80	0,53	1075,68	139,64	0,30	509,57	3413,19	3,55	34,66

Nota.

pH: Potencial de hidrogeno, CE: Conductividad eléctrica, OD: Oxígeno disuelto, ORP: Potencial de oxido reducción, SDT: Solidos disueltos totales, SST: Solidos suspendidos totales, DBO₅: Demanda bioquímica de oxígeno

Tabla 47. Temperatura registrada por la Autoridad Nacional del Agua

Época	RTarm3	RTulu5	Promedio
Estiaje-2023	20,50	26,20	23,35
Avenida-2022	21,90	23,20	22,55
Estiaje-2022	19,00	20,60	19,80
Avenida-2021	18,50	19,60	19,05
Estiaje-2020	23,00	23,40	23,20
Avenida-2019	21,20	21,80	21,50
Estiaje-2019	19,50	20,60	20,05
Avenida-2018	20,30	19,22	19,76
Estiaje-2018	21,40	20,10	20,75
Avenida-2017	20,00	21,80	20,90
Estiaje-2017	22,00	22,70	22,35
Avenida-2016	21,90	20,70	21,30
Estiaje-2016	21,60	19,40	20,50
Estiaje-2015	22,60	22,20	22,40
Estiaje-2014	20,00	20,20	20,10
Estiaje-2013	20,50	22,00	21,25
Promedio	20,87	21,48	21,18

Tabla 48. Número más probable (NMP) para 1g de muestra cuando se usan 3 tubos de 0,1; 0,01 y 0,001.

0,1	0,01	0,001	NMP	0,1	0,01	0,001	NMP	0,1	0,01	0,001	NMP	0,1	0,01	0,001	NMP
0	0	0	<3	1	0	0	3,6	2	0	0	9,1	3	0	0	23
0	0	1	3	1	0	1	7,2	2	0	1	14	3	0	1	39
0	0	2	6	1	0	2	11	2	0	2	20	3	0	2	64
0	0	3	9	1	0	3	15	2	0	3	26	3	0	3	95
0	1	0	3	1	1	0	7,3	2	1	0	15	3	1	0	43
0	1	1	6,1	1	1	1	11	2	1	1	20	3	1	1	75
0	1	2	9,2	1	1	2	15	2	1	2	27	3	1	2	120
0	1	3	12	1	1	3	19	2	1	3	34	3	1	3	160
0	2	0	6,2	1	2	0	11	2	2	0	21	3	2	0	93
0	2	1	9,3	1	2	1	15	2	2	1	28	3	2	1	150
0	2	2	12	1	2	2	20	2	2	2	35	3	2	2	210
0	2	3	16	1	2	3	24	2	2	3	42	3	2	3	290
0	3	0	9,4	1	3	0	16	2	3	0	29	3	3	0	240
0	3	1	13	1	3	1	20	2	3	1	36	3	3	1	460
0	3	2	16	1	3	2	24	2	3	2	44	3	3	2	1100
0	3	3	19	1	3	3	29	2	3	3	53	3	3	3	>1100

Fuente: Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th Edition, 2005

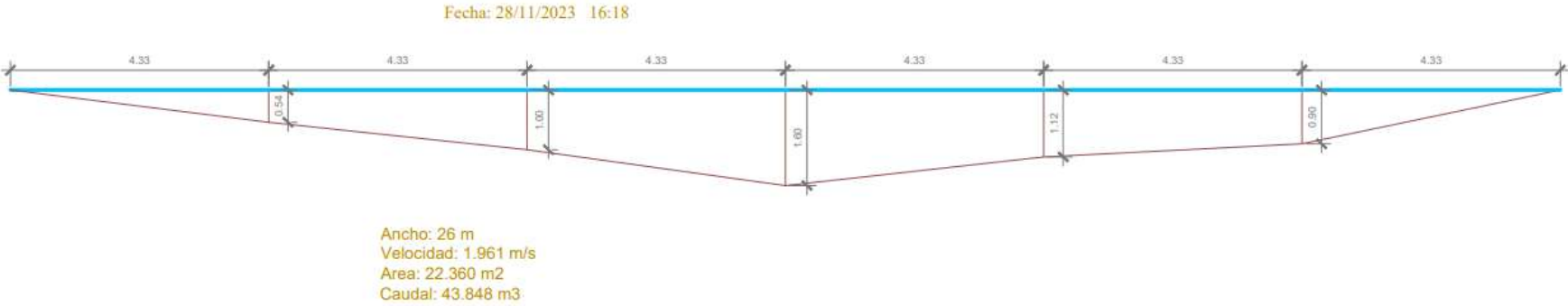
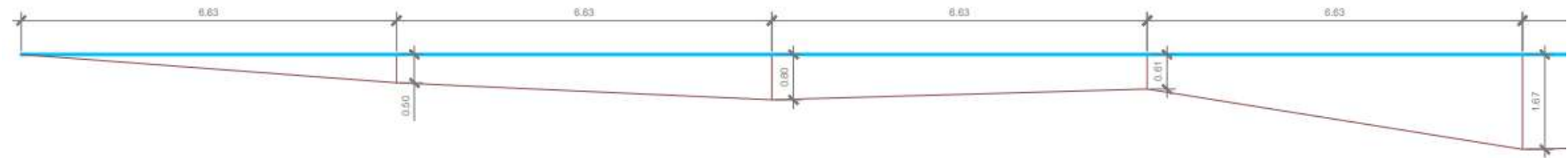


Figura 21. Cálculo del caudal del rio Tarma

Fecha: 29/11/2023 17:48



Ancho: 53 m
Velocidad: 1,6892 m/s
Area: 50.5487 m²
Caudal: 85.3869 m³

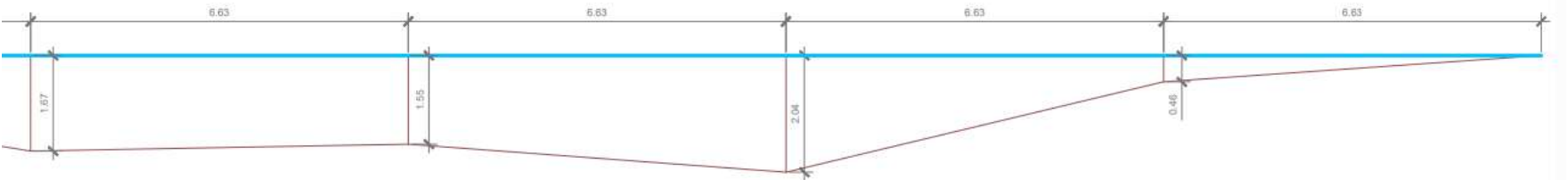


Figura 22. Cálculo del caudal del rio Tulumayo

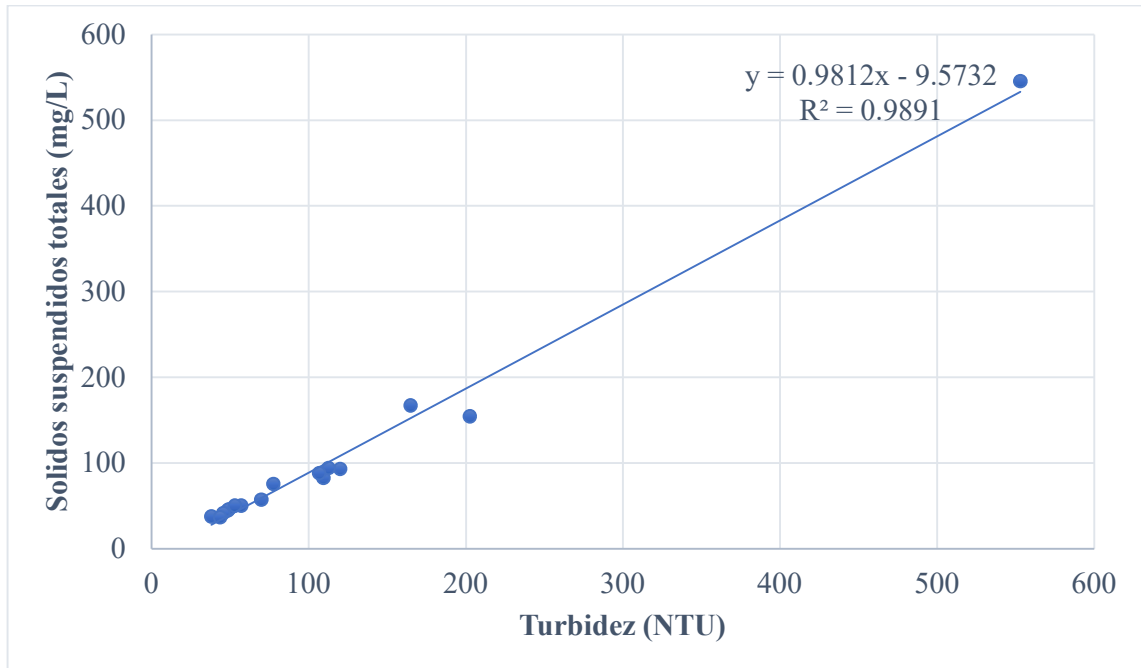


Figura 23. Regresión lineal entre SST vs turbidez

Anexo C: Panel fotográfico

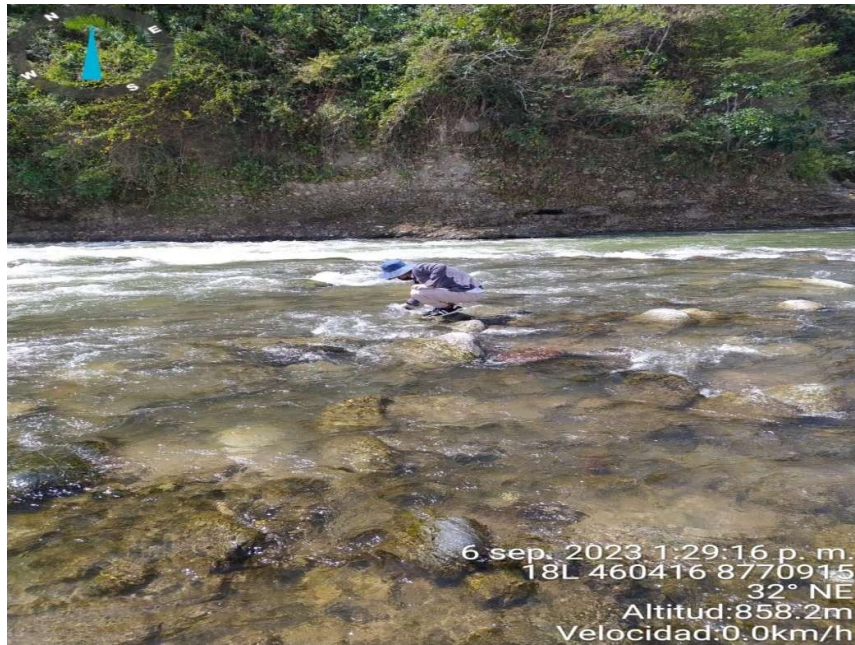


Figura 24. Recolección de muestras de agua del río Tarma como parte del estudio piloto

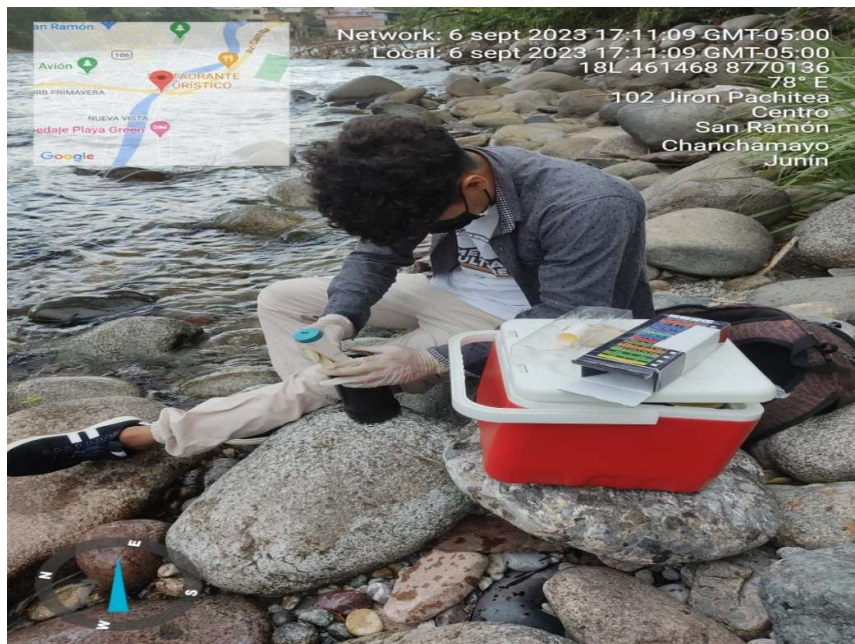


Figura 25. Medición de los parámetros de campo del estudio piloto



Figura 26. Identificación de las fuentes de contaminación en el área de estudio.



Figura 27. Medición de la turbidez y SST, de las muestras de agua recolectadas en el estudio piloto.



Figura 28. Medición del oxígeno disuelto inicial para la DBO₅ de las muestras del estudio piloto.



Figura 29. Recolección de muestras de agua del río Tarma como parte del primer muestreo



Figura 30. Medición de los parámetros de campo de muestras de agua del rio Tarma como parte del primer muestreo

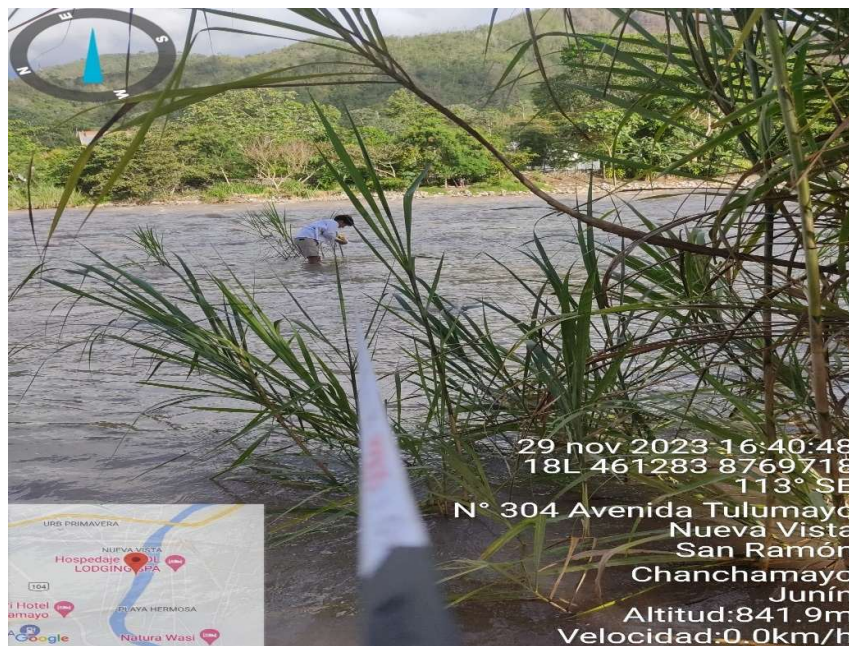


Figura 31. Medición de las secciones del rio Tulumayo para la determinación del caudal en el primer muestreo.



Figura 32. Medición de las profundidades del río Tarma para la determinación del caudal en el primer muestreo.

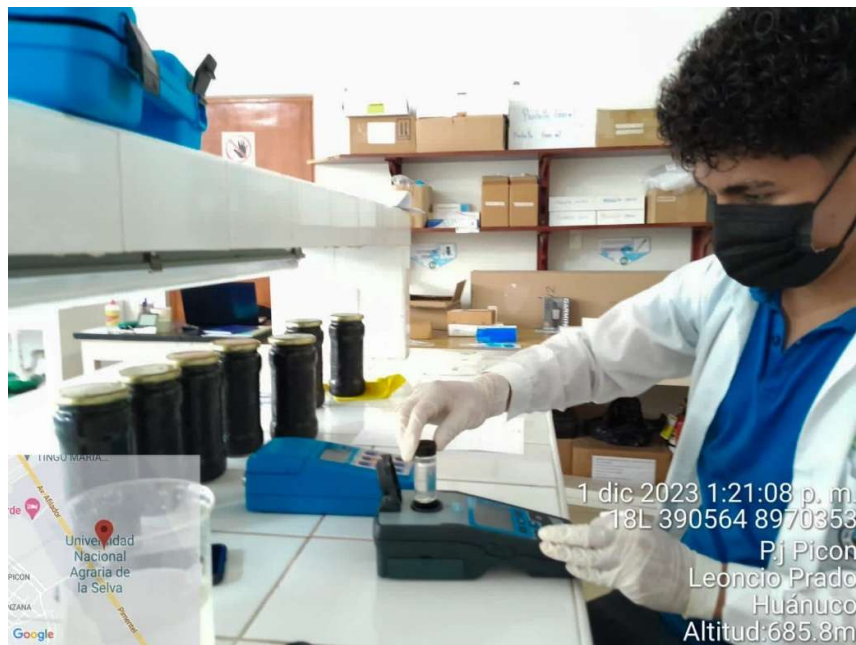


Figura 33. Medición la turbidez, color y SST de las muestras de agua obtenidas en el primer muestreo.



Figura 34. Medición de nitratos, sulfatos y hierro de las muestras de agua obtenidas en el primer muestreo.



Figura 35. Medición de oxígeno disuelto inicial para la determinación de DBO_5 de las muestras del primer muestreo.



Figura 36. Preparación de tubos de ensayo con caldo Brilla y E. coli



Figura 37. Tubos de ensayo en proporción 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} con caldo E. coli puestos a incubar



Figura 38. Recolección de muestras de agua del rio Chanchamayo como parte del segundo muestreo.



Figura 39. Medición de los parámetros de campo de las aguas del rio Tulumayo como parte del segundo muestreo.



Figura 40. Toma de datos de las mediciones de campo en la cadena de custodia como parte del segundo muestreo



Figura 41. Medición nitratos, sulfatos y hierro de las muestras de agua del segundo muestreo



Figura 42. Medición de la turbidez, SST, color de las muestras de agua del segundo muestreo



Figura 43. Colocación de caldo Brilla y E. coli en tubos de ensayo para las muestras del segundo muestreo.



Figura 44. Siembra de las muestras de agua en los tubos con caldo Brilla y *E. coli* para determinar coliformes totales y *Escherichia coli*



Figura 45. Incubación de los tubos con caldo Brilla durante 24 horas

Anexo D: Resultados de los muestreos realizados

Tabla 49. Resultados del muestreo piloto en el agua en cada punto de muestreo (septiembre 2023).

Código de laboratorio	P1- LCA/L M	P2- LCA/L M	P3- LCA/L M	P4- LCA/L M	P5- LCA/L M	P6- LCA/L M	P7- LCA/LM	P8- LCA/L M	P9- LCA/L M	P10- LCA/LM	P11- LCA/LM			
Identificación de la muestra	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11			
Descripción del punto de muestreo	Rio Tarma	Rio Tarma	Rio Tarma	Rio Tarma	Rio Tarma	Rio Tarma	Rio Chancha mayo	Rio Tulumayo	Rio Tulumayo	Rio Tulumayo	Rio Tulumayo			
Fecha de muestreo	6/9/2023	6/9/2023	6/9/2023	6/9/2023	6/9/2023	6/9/2023	6/9/2023	6/9/2023	6/9/2023	6/9/2023	6/9/2023			
Hora de muestreo	12:51	13:32	13:44					16:52	17:09	17:26	17:55			
Ubicación geográfica (WGS-84)	E: 459931 N: 8770795	E: 460104 N: 8770880	E: 460417 N: 8770915	E: 460837 N: 8770859	E: 461636 N: 8770886	E: 462306 N: 8770947	E: 462458 N: 8771380	E: 461805 N: 8770403	E: 461464 N: 8770136	E: 461394 N: 8769839	E: 461250 N: 8769495			
Tipo de matriz y/o producto	AGUA DE RIO													
CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES						RESULTADOS DE PARÁMETROS DE CAMPO								
Temperatura del aire (°C)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Humedad del aire (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
PARAMETRO DE CAMPO	UNIDAD	D1: Riego de vegetales		D2: bebida para animales		RESULTADOS DE PARÁMETROS DE CAMPO								
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido									
Potencia de Hidrogeno (PH)	Unidad de PH	6.5-8.5	6.5-8.4	8,85	8,61	8,64	8,71	8,59	8,47	8,40	8,29	8,30	8,38	8,13
Conductividad Eléctrica	µS/cm	2500	5000	331,00	329,00	343,00	335,00	335,00	233,00	257,00	233,00	227,00	219,00	221,00
Potencial de oxido-reducción	mV	**	**	-39,00	137,00	158,00	-102,00	209,00	270,00	-32,00	184,00	106,00	-60,00	160,00
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥4	≥5	7,60	7,65	7,63	7,53	7,86	7,50	7,76	7,74	7,43	7,87	7,48

Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	23,80	24,00	24,50	23,60	24,10	23,50	23,70	23,20	21,60	21,50	21,90
Sólidos disueltos totales	mg/L	**	**	164,00	163,00	168,00	166,00	167,00	125,00	129,00	114,00	112,00	109,00	108,00
TIPO DE ENSAYO		**	**	RESULTADOS DEL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DE EPIA										
Parámetros Físico-Químicos		**	**	RESULTADOS DEL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DE EPIA										
Sólidos suspendidos totales	mg/L	**	**	24,00	0,00	5,00	28,00	73,00	50,00	1,00	4,00	2,00	2,00	2,00
Turbidez	NTU	**	**	2,93	1,83	2,29	2,97	3,96	3,31	1,46	1,65	1,59	1,73	1,26
Color	Escala Pt Co	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15	15	0,84	0,85	0,72	0,86	1,01	0,64	0,93	0,85	0,46	0,87	0,56
Nitrato	mg/L N-NO3	10 (a)	50 (a)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfato	mg/L	1000	1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metales Totales		**	**	RESULTADOS DEL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DE EPIA										
Hierro	mg/L	5	**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Microbiología		**	**	RESULTADOS DEL LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE EPIA										
Coliformes Totales	NMP/100 mL	**	**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Escherichia coli	NMP/100 mL	1000	**	**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nota:

El símbolo (**) dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

El símbolo (-) dentro de la tabla significa que no se registraron valores

(a): Valores del Estándar de Calidad para Agua aprobado por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

El color rojo de los valores indica que se sobrepasaron el Estándar de Calidad para Agua- Categoría 3

Tabla 50. Resultados del primer muestreo en el agua en cada punto de muestreo (noviembre 2023).

Código de laboratorio	P1- LCA/ LM	P2- LCA/ LM	P3- LCA/ LM	P4- LCA/ LM	P5- LCA/ LM	P6- LCA/ LM	P7- LCA/ LM	P8- LCA/ LM	P9- LCA/ LM	P10- LCA/ LM	P11- LCA/ LM	P12- LCA/ LM	P13- LCA/ LM	P14- LCA/ LM	RTar- m- LCA/ LM	RTul- u- LCA/ LM	RChan- LCA/ LM							
Identificación de la muestra	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	RTar- m	RTul- u	RChan							
Descripción del punto de muestreo	Rio Tarma	Rio Tarma	Rio Tarma	Rio Tarma	Rio Tarma	Rio Tarma	Rio Chanch amayo	Rio Chanch amayo	Rio Tulu mayo	Rio Tulu mayo	Rio Tulu mayo	Rio Tulu mayo	Rio Tulu mayo	Rio Tulu mayo	Rio Tarma	Rio Tulu mayo	Rio Chanch amayo							
Fecha de muestreo	28/11 /2023	28/11 /2023	28/11 /2023	28/11 /2023	29/11 /2023	29/11 /2023	30/11/2 023	30/11/2 023	30/11 /2023	29/11 /2023	29/11 /2023	29/11 /2023	29/11 /2023	29/11 /2023	28/11 /2023	29/11 /2023	30/11/2 023							
Hora de muestreo	16:18	17:00	17:42	18:11	13:40	14:09	16:50	16:05	14:33	17:48	17:19	16:46	16:10	15:32	15:14	14:54	15:15							
Ubicación geográfica (WGS-84)	E: 4599 92 N: 8770 824	E: 4602 81 N: 8770 914	E: 4608 04 N: 8770 861	E: 4610 90 N: 8770 896	E: 4615 08 N: 8770 897	E: 4617 54 N: 8770 851	E: 462315 N: 877096 2	E: 462462 N: 877140 2	E: 4617 96 N: 8770 421	E: 4614 40 N: 8770 161	E: 4613 36 N: 8769 912	E: 4612 88 N: 8769 718	E: 4611 95 N: 8769 449	E: 4614 10 N: 8769 073	E: 4594 48 N: 8770 707	E: 4616 32 N: 8768 730	E: 462797 N: 877205 0							
Tipo de matriz y/o producto	AGUA DE RIO																							
CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES								RESULTADOS DE PARÁMETROS DE CAMPO																
Temperatura del aire (°C)		25,60	24,60	24,00	23,70	25,30	25,40	23,30	23,90	22,60	23,80	24,70	24,70	25,00	25,00	26,10	24,90	25,40						
Humedad del aire (%)		95,00	97,00	98,00	98,00	89,00	89,00	95,00	97,00	99,00	98,00	94,00	94,00	91,00	91,00	93,00	90,00	92,00						
PARAM ETRO DE CAMPO	UNI DAD	D1: Riego de vegetales		D2: bebi da para ani male s	RESULTADOS DE PARÁMETROS DE CAMPO																			
		Agua para riego no restr ingid o	Agua para riego restr ingido		Potencia de Hidrogen o (PH)	Conducti vidad Eléctrica	Unid ad de PH	µS/c m	6.5-8.5	6.5- 8.4	8,40	8,34	8,31	8,34	8,43	8,31	8,44	8,42	8,57	8,39	8,41	8,40	8,44	8,37

Potencial de oxidoreducción	mV	**	**	-46,00	-29,00	-77,00	-73,00	-5,00	196,00	188,00	145,00	-10,00	-80,00	-11,00	-8,00	-28,00	233,00	243,00	256,00	-29,00
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥4	≥5	7,83	7,91	7,50	7,97	7,55	7,58	7,86	7,90	7,93	7,96	7,98	7,89	7,93	7,95	7,94	7,95	8,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	20,50	19,90	21,00	19,00	20,50	21,20	20,90	21,50	19,00	20,00	19,90	20,10	19,80	20,40	20,50	21,30	21,80
Sólidos disueltos totales	mg/L	**	**	85,00	84,00	87,00	81,00	104,00	90,00	66,00	78,00	66,00	61,00	60,00	64,00	65,00	69,00	96,00	66,00	71,00
TIPO DE ENSAYO		**	**																	
Parámetros Físico-Químicos		**	**	RESULTADOS DEL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DE EPIA																
Sólidos suspendidos totales	mg/L	**	**	34,00	38,00	36,00	43,00	263,00	899,00	64,00	60,00	54,00	96,00	104,00	142,00	218,00	75,00	41,00	47,00	58,00
Turbidez	NTU	**	**	40,60	37,20	42,60	50,20	257,00	876,00	78,50	78,70	59,60	124,00	159,00	180,00	299,00	72,50	53,80	56,20	76,70
Color	Escala Pt Co	100	100	47,00	41,00	42,00	40,00	34,00	36,00	46,00	48,00	49,00	52,00	32,00	77,00	74,00	25,00	47,00	46,00	47,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15	15	0,66	0,67	0,45	0,21	0,28	0,42	0,88	0,30	0,49	0,83	1,04	1,34	1,40	0,16	2,05	1,73	2,05
Nitrato	mg/L N-NO3	10 (a)	50 (a)	1,30	0,80	1,30	0,60	1,60	1,10	1,20	0,90	0,30	0,90	0,70	0,50	0,70	0,80	1,10	1,00	1,40
Sulfato	mg/L	1000	1000	23,00	21,00	24,00	22,00	23,00	32,00	16,00	24,00	25,00	20,00	18,00	16,00	27,00	20,00	27,00	19,00	19,00
Metales Totales		**	**	RESULTADOS DEL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DE EPIA																
Hierro	mg/L	5	**	0,038	0,026	0,090	0,017	0,089	0,498	0,027	0,115	0,008	0,033	0,004	0,043	0,023	0,011	0,033	0,018	0,004
Microbiología		**	**	RESULTADOS DEL LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE EPIA																
Coliformes Totales	NMP/100 mL	**	**	21,00	11,00	150,00	7,20	3,60	3,00	0,00	11,00	11,00	24,00	24,00	7,30	3,60	0,00	0,00	0,00	7,30

Escherichia coli	NMP /100 mL	1000	**	**	7,20	3,00	15,00	3,00	0,00	0,00	0,00	3,00	6,10	21,00	3,00	3,00	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00
------------------	-------------	------	----	----	------	------	-------	------	------	------	------	------	------	-------	------	------	------	------	------	------	------

Nota:

El símbolo (**) dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

El símbolo (-) dentro de la tabla significa que no se registraron valores

(a): Valores del Estándar de Calidad para Agua aprobado por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

El color rojo de los valores indica que se sobrepasaron el Estándar de Calidad para Agua- Categoría 3

Tabla 51. Resultados del segundo muestreo en el agua en cada punto de muestreo (enero 2024).

Código de laboratorio	P1-LCA/LM	P2-LCA/LM	P3-LCA/LM	P4-LCA/LM	P5-LCA/LM	P6-LCA/LM	P7-LCA/LM	P8-LCA/LM	P9-LCA/LM	P10-LCA/LM	P11-LCA/LM	P12-LCA/LM	P13-LCA/LM	P14-LCA/LM	RTar m-LCA/LM	RTul u-LCA/LM	RChan-LCA/LM
Identificación de la muestra	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	RTar m	RTul u	RChan
Descripción del punto de muestreo	Rio Tarma	Rio Tarma	Rio Tarma	Rio Tarma	Rio Tarma	Rio Tarma	Rio Chancha mayo	Rio Tulu mayo	Rio Tulu mayo	Rio Tulu mayo	Rio Tulu mayo	Rio Tulu mayo	Rio Tulu mayo	Rio Tulu mayo	Rio Tarma	Rio Tulu mayo	Rio Chancha mayo
Fecha de muestreo	5/1/2024	5/1/2024	5/1/2024	5/1/2024	6/1/2024	6/1/2024	7/1/2024	7/1/2024	7/1/2024	6/1/2024	6/1/2024	6/1/2024	6/1/2024	6/1/2024	5/1/2024	6/1/2024	7/1/2024
Hora de muestreo	16:05	16:43	17:23	17:58	14:55	15:18	16:09	15:35	14:25	18:10	17:43	17:17	16:53	16:25	15:27	15:57	14:53
Ubicación geográfica (WGS-84)	E: 4599 92 N: 8770 824	E: 4602 81 N: 8770 914	E: 4608 04 N: 8770 861	E: 4610 90 N: 8770 896	E: 4615 08 N: 8770 897	E: 4617 54 N: 8770 851	E: 462315 N: 877096 2	E: 4624 62 N: 8771 402	E: 4617 96 N: 8770 421	E: 4614 40 N: 8770 161	E: 4613 36 N: 8769 912	E: 4612 88 N: 8769 718	E: 4611 95 N: 8769 449	E: 4614 10 N: 8769 073	E: 4594 48 N: 8770 707	E: 4616 32 N: 8768 730	E: 462797 N: 877205 0
Tipo de matriz y/o producto	AGUA DE RIO																
CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES	RESULTADOS DE PARÁMETROS DE CAMPO																
Temperatura del aire (°C)	26,00	25,40	27,30	24,20	27,40	27,50	27,10	26,20	26,20	25,00	24,80	26,20	26,00	26,90	26,00	26,70	27,90
Humedad del aire (%)	92,00	95,00	87,00	88,00	77,00	77,00	83,00	83,00	73,00	92,00	92,00	84,00	84,00	78,00	92,00	78,00	78,00

PARAMETRO DE CAMPO	UNIDAD	D1: Riego de vegetales		RESULTADOS DE PARÁMETROS DE CAMPO																
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	D2: bebida para animales	8,24	8,21	8,10	8,26	8,40	8,33	8,40	8,38	8,48	8,40	8,54	8,40	8,38	8,14	8,19	8,35
Potencia de Hidrogeno (PH)	Unidad de PH	6.5-8.5	6.5-8.4	8,24	8,21	8,10	8,26	8,40	8,33	8,40	8,38	8,48	8,40	8,54	8,40	8,38	8,14	8,19	8,35	8,45
Conductividad Eléctrica	µS/cm	2500	5000	172,00	168,00	235,00	152,00	138,00	138,00	126,00	128,00	184,00	106,00	100,00	100,00	102,00	104,00	241,00	108,00	130,00
Potencial de oxidoreducción	mV	**	**	141,00	-54,00	-159,00	119,00	29,00	66,00	-62,00	102,00	-42,00	70,00	-21,00	74,00	-34,00	131,00	-20,00	-65,00	-68,00
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥4	≥5	7,95	7,84	5,63	7,72	6,92	7,90	7,55	7,61	7,52	7,65	7,82	7,33	7,93	7,60	7,90	8,27	7,62
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	20,50	20,90	21,40	19,50	20,50	21,30	21,90	21,00	19,90	19,00	18,90	19,20	19,50	20,50	20,70	20,80	21,60
Sólidos disueltos totales	mg/L	**	**	87,00	85,00	120,00	75,00	74,00	69,00	61,00	63,00	90,00	53,00	51,00	50,00	50,00	51,00	119,00	54,00	65,00
TIPO DE ENSAYO		**	**	RESULTADOS DEL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DE EPIA																
Parámetros Físico-Químicos		**	**																	
Sólidos suspendidos totales	mg/L	**	**	55,00	54,00	39,00	40,00	71,00	192,00	36,00	54,00	46,00	90,00	61,00	46,00	91,00	76,00	32,00	129,00	47,00
Turbidez	NTU	**	**	56,10	61,20	33,60	40,90	72,80	230,00	35,60	60,90	46,40	116,00	59,50	45,10	106,00	82,40	33,70	157,00	44,20
Color	Escala Pt Co	100	100	49,00	44,00	50,00	41,00	36,00	35,00	42,00	50,00	47,00	53,00	37,00	65,00	63,00	30,00	46,00	49,00	44,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15	15	0,89	0,51	1,23	0,44	0,28	0,62	0,69	1,28	0,97	0,75	0,81	0,58	1,31	0,60	1,61	1,02	1,10
Nitrato	mg/L N-NO3	10 (a)	50 (a)	2,10	0,70	1,50	1,50	2,40	1,20	0,60	1,00	0,80	0,40	2,60	1,20	0,50	0,80	0,30	0,20	0,90
Sulfato	mg/L	1000	1000	20,00	14,00	29,00	10,00	17,00	13,00	18,00	19,00	13,00	12,00	10,00	17,00	11,00	10,00	17,00	18,00	12,00

Metales Totales		**	**	RESULTADOS DEL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DE EPIA																
Hierro	mg/L	5	**	0,080	0,040	0,083	0,030	0,110	0,040	0,030	0,015	0,023	0,005	0,017	0,246	0,032	0,025	0,030	0,125	0,029
Microbiología		**	**	RESULTADOS DEL LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE EPIA																
Coliformes Totales	NMP /100 mL	**	**	16,00	9,20	160,00	11,00	3,00	3,60	3,00	6,00	9,00	28,00	21,00	11,00	3,00	0,00	0,00	0,00	3,60
Escherichia coli	NMP /100 mL	1000	**	**	6,10	3,00	15,00	6,10	0,00	0,00	0,00	0,00	7,30	16,00	3,60	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00

Nota:

El símbolo (**) dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

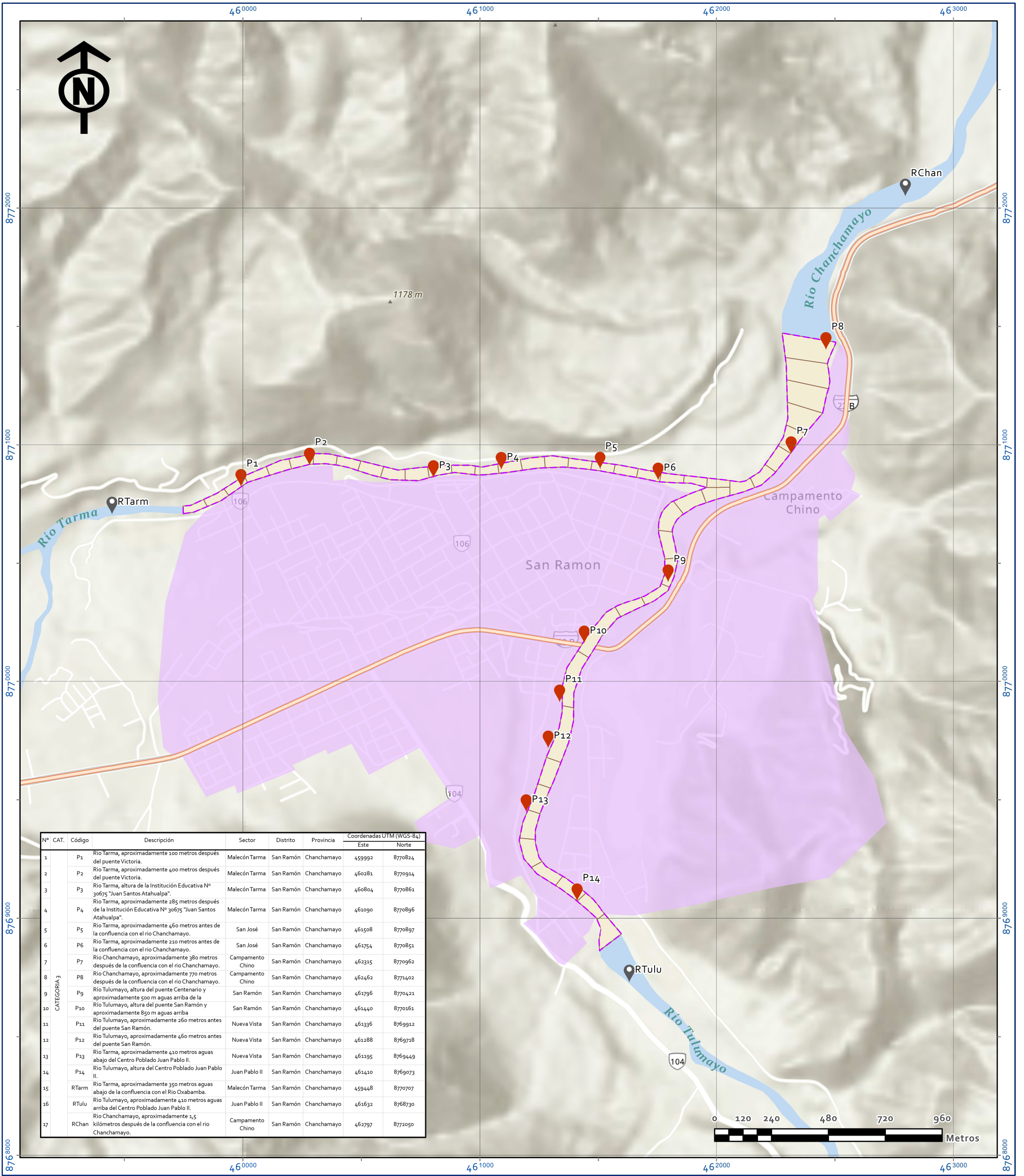
El símbolo (-) dentro de la tabla significa que no se registraron valores

(a): Valores del Estándar de Calidad para Agua aprobado por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM

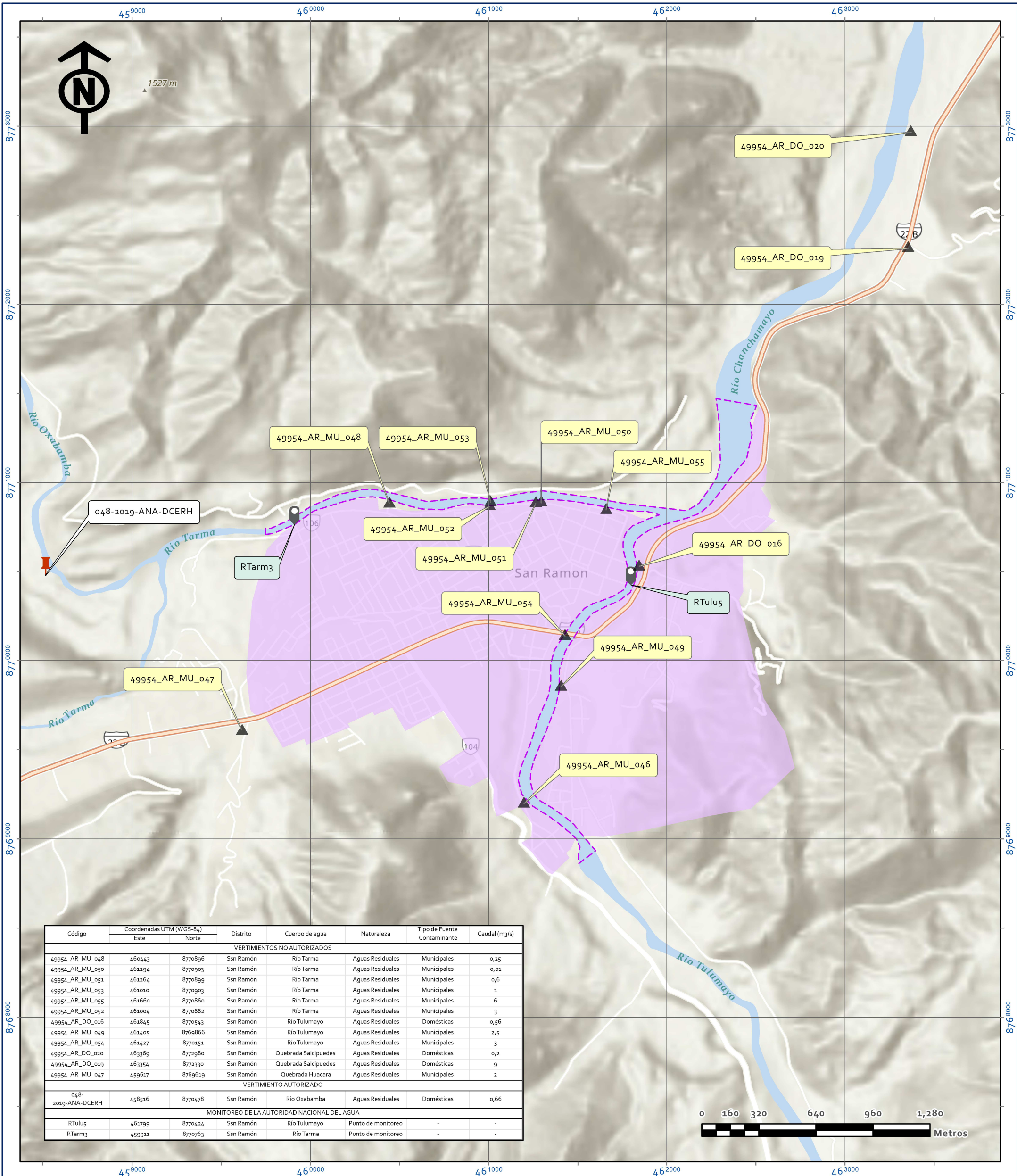
Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

El color rojo de los valores indica que se sobrepasaron el Estándar de Calidad para Agua- Categoría 3

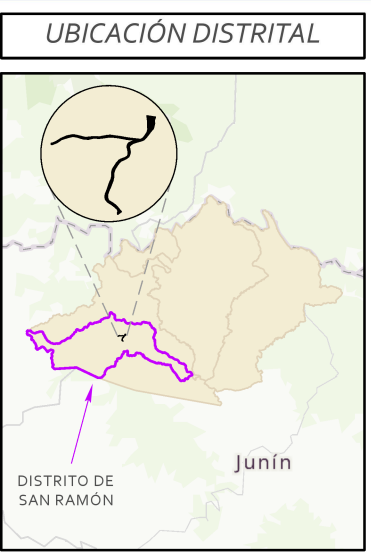
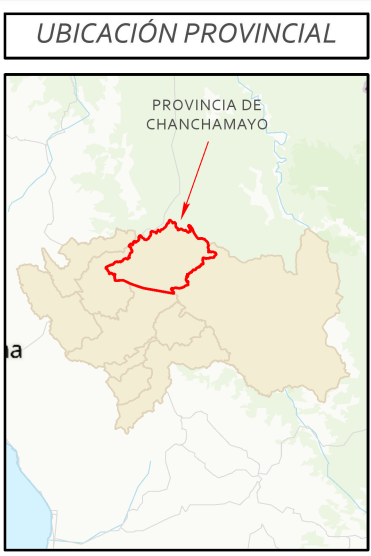
Anexo E: Mapas en el área de estudio



UBICACIÓN REGIONAL	UBICACIÓN PROVINCIAL	UBICACIÓN DISTRITAL	SIMBOLOGÍA	INFORMACIÓN GENERAL: Datum: WGS84 Proyección: Universal Transversal de Mercator Zona: 18 Sur Sources: Esri, TomTom, Garmin, FAO, NOAA, USGS, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community			
			<ul style="list-style-type: none"> Puntos de muestreo Puntos de referencia Red vial nacional Ríos principales Zona urbana Area estudio Transectos 	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL</p> <p>CONTENIDO: MAPA DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO</p> <p>TESIS: PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE LOS RÍOS TULUMAYO, TARMA Y CHANCHAMAYO ALEDAÑO A LA ZONA URBANA DEL DISTRITO DE SAN RAMÓN, DEPARTAMENTO JUNÍN, SETIEMBRE 2023 -ENERO 2024</p> <table border="1"> <tr> <td>UBICACIÓN: - Región: Junín - Provincia: Chanchamayo - Distrito: San Ramón - Sector: Área Urbana</td> <td>ESCALA: 1:15,000 FECHA: Junio - 2024</td> <td>LÁMINA: UB-01</td> </tr> </table>	UBICACIÓN: - Región: Junín - Provincia: Chanchamayo - Distrito: San Ramón - Sector: Área Urbana	ESCALA: 1:15,000 FECHA: Junio - 2024	LÁMINA: UB-01
UBICACIÓN: - Región: Junín - Provincia: Chanchamayo - Distrito: San Ramón - Sector: Área Urbana	ESCALA: 1:15,000 FECHA: Junio - 2024	LÁMINA: UB-01					



Código	Coordenadas UTM (WGS-84)		Distrito	Cuerpo de agua	Naturaleza	Tipo de Fuente Contaminante	Caudal (m ³ /s)
	Este	Norte					
VERTIMIENTOS NO AUTORIZADOS							
49954_AR_MU_048	460443	8770896	Ssn Ramón	Río Tarma	Aguas Residuales	Municipales	0,25
49954_AR_MU_050	461294	8770903	Ssn Ramón	Río Tarma	Aguas Residuales	Municipales	0,01
49954_AR_MU_051	461264	8770899	Ssn Ramón	Río Tarma	Aguas Residuales	Municipales	0,6
49954_AR_MU_053	461010	8770903	Ssn Ramón	Río Tarma	Aguas Residuales	Municipales	1
49954_AR_MU_055	461660	8770860	Ssn Ramón	Río Tarma	Aguas Residuales	Municipales	6
49954_AR_MU_052	461004	8770882	Ssn Ramón	Río Tarma	Aguas Residuales	Municipales	3
49954_AR_DO_016	461845	8770543	Ssn Ramón	Río Tulumayo	Aguas Residuales	Domésticas	0,56
49954_AR_MU_049	461405	8769866	Ssn Ramón	Río Tulumayo	Aguas Residuales	Municipales	2,5
49954_AR_MU_054	461427	8770151	Ssn Ramón	Río Tulumayo	Aguas Residuales	Municipales	3
49954_AR_DO_020	463369	8772980	Ssn Ramón	Quebrada Salcipedes	Aguas Residuales	Domésticas	0,2
49954_AR_DO_019	463354	8772330	Ssn Ramón	Quebrada Salcipedes	Aguas Residuales	Domésticas	9
49954_AR_MU_047	459617	8769619	Ssn Ramón	Quebrada Huacara	Aguas Residuales	Municipales	2
VERTIMIENTO AUTORIZADO							
048-2019-ANA-DCERH	458516	8770478	Ssn Ramón	Río Oxabamba	Aguas Residuales	Domésticas	0,66
MONITOREO DE LA AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA							
RTulus	461799	8770424	Ssn Ramón	Río Tulumayo	Punto de monitoreo	-	-
RTarm3	459911	8770763	Ssn Ramón	Río Tarma	Punto de monitoreo	-	-



SIMBOLOGÍA

- Vertimientos autorizados
- Fuentes contaminantes identificadas
- Monitoreos ALA Perené
- Red vial nacional
- Río principal
- Zona urbana
- Area estudio

INFORMACIÓN GENERAL:
 Datum: WGS84
 Proyección: Universal Transversal de Mercator
 Zona: 18 Sur
 Sources: Esri, TomTom, Garmin, FAO, NOAA, USGS, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

CONTENIDO:
 MAPA DE PUNTOS DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPAL Y DOMÉSTICA, Y MONITOREOS DE LA ANA

TESIS: PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE LOS RÍOS TULUMAYO, TARMA Y CHANCHAMAYO ALEDAÑO A LA ZONA URBANA DEL DISTRITO DE SAN RAMÓN, DEPARTAMENTO JUNÍN; SETIEMBRE 2023 - ENERO 2024

UBICACIÓN:
 - Región: Junín
 - Provincia: Chanchamayo
 - Distrito: San Ramón
 - Sector: Área Urbana

ESCALA: 1:20,000
FECHA: Junio - 2024

LÁMINA:
AR-01