

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental

“INFLUENCIA DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMICILIARIAS EN LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA ALPACocha LA PÚCARA, TACABAMBA, CHOTA, 2023”

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental

Autor:

Bach. Ander Jansles Vásquez Guerrero

Asesor:

Dr. Ismael Suárez Medina

Co-asesor:

Dr. Marco Antonio Añaños Bedriñana

Chota – Perú

2026

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece corresponder al autor o a uno de los asesores.

Una segunda firma manuscrita en tinta azul, que parece corresponder al otro asesor.



Universidad Nacional Autónoma de Chota

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Unidad de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería

Forestal y Ambiental

“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Dr. Ismael Suárez Medina, asesor del Bach. Ander Jansles Vásquez Guerrero, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota,

HACE CONSTAR:

Que el informe de tesis titulado: **“Influencia del vertimiento de las aguas residuales domiciliarias en la calidad del agua de la quebrada Alpacocha La Pucara, Tacabamba-Chota, 2023”**, desarrollado por el mencionado bachiller, presenta un **índice de similitud del 19%** (excluyendo la bibliografía). Por lo tanto, cumple satisfactoriamente con los criterios de originalidad establecidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, aprobado mediante la **Resolución de Comisión Organizadora N° 770-2025-UNACH**.

Se expide la presente a solicitud de la parte interesada, para los fines académicos y administrativos que estime convenientes.

Chota, 24 de junio de 2026.

Atentamente,

Dr. Ismael Suárez Medina

Docente Asesor

ander vasquez

INFLUENCIA DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMICILIARIAS EN LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRAD...

 VERIFICACION

 TODO 2026

 Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3620857046

Fecha de entrega

1 ago 2026, 11:34 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

1 ago 2026, 11:36 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

LIDAD_DEL_AGUA_DE_LA_QUEBRADA_ALPACocha_LA_P_CARA,_TACABAMBA.pdf

Tamaño del archivo

5.2 MB

93 páginas

19.844 palabras

112.920 caracteres

19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado

Fuentes principales

- 17%  Fuentes de Internet
- 14%  Publicaciones
- 13%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
150 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 17% Fuentes de Internet
- 14% Publicaciones
- 13% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Trabajos del estudiante Universidad de Guayaquil	8%
2	Internet repositorio.unach.edu.pe	4%
3	Trabajos del estudiante Universidad Antonio Nariño, UAN	2%
4	Internet repositorio.unj.edu.pe	1%
5	Publicación Quispe Quispe, Karen Kelly. "Evaluación de la capacidad depuradora con microalg...	1%
6	Internet repositorio.gamanielblanco.edu.pe	<1%
7	Trabajos del estudiante Escuela de Educacion Superior Pedagogica Publica Cesar Abraham Vallejo Mendoza	<1%
8	Publicación Ricardo Adelbar Calderón Rodríguez, Miguel Ángel Pinto Mendoza, Félix Hermene...	<1%
9	Publicación WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "MEIA del Proyecto ...	<1%
10	Publicación VICEVERSA CONSULTING S.A.. "Actualización de la MEIA Tambojasa-IGA0019651", ...	<1%
11	Trabajos del estudiante Instituto Superior Tecnológico Sudamericano	<1%

12	Publicación	Karen Flores-Oviedo, Marcos Calle-Morán, Carlos Montero-Ortiz, Érika Jiménez-Ca...	<1%
13	Internet	repositorio.sanfranciscochinha.edu.pe	<1%
14	Publicación	Ballon Valenzuela, Silver Mena Robles, Emerson Santos Acostupa, Boris Vasquez...	<1%
15	Publicación	Espinoza Rivas, German Rafael. "Evaluación de la calidad del agua en la subcuenc...	<1%


 Dr. Ismael Suárez Medina
 Docente Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
VICEPRESIDENCIA ACADÉMICA
Reglamento de Grados y Títulos



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE INFORME FINAL DE TESIS

REG. N° 034-2026-FCA

El jurado evaluador designado con RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN DE FACULTAD N.º 074-2026-FCA/UNACH:

Nombres y apellidos	Cargo
Dr. Guillermo Alejandro Chávez Santa Cruz	Presidente
Dr. Héctor Orlando Chávez Angulo	Secretario
Dra. Doris Elena Delgado Tapia	Vocal

De la tesis titulada:

"INFLUENCIA DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMICILIARIAS EN LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA ALPACocha LA PÚCARA, TACABAMBA, CHOTA, 2023"

Que ha sustentado el(los) Bachiller (es):

Nombres y apellidos	DNI
Ander Jansles Vásquez Guerrero	71613165

Para obtener el título profesional de:

Ingeniero Forestal y Ambiental

Acuerdan por:

☒	Unanimidad	☐	Mayoría
-------------------------------------	------------	--------------------------	---------

☒	Aprobar	☐	Desaprobar
-------------------------------------	---------	--------------------------	------------

Otorgando la calificación de:

☒	Aprobado
	Excelente
15	Bueno
	Regular

☐	Desaprobado
--------------------------	-------------

(Dr. Guillermo Alejandro Chávez Santa Cruz)

Presidente

Colpa Matara 10 de junio del 2026

(Dr. Héctor Orlando Chávez Angulo)

Secretario

(Dra. Doris Elena Delgado Tapia)

Vocal

(Dr. Ismael Suárez Medina)

Asesor

(Dr. Marco Antonio Añaños Bedriñana)

Coasesor

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, en primer lugar, a Dios, por darme la vida, las fuerzas y la oportunidad de llegar a este momento tan importante en mi vida a pesar de las dificultades que se han presentado. A mis padres Roberto Vásquez y Clara Guerrero por su apoyo incondicional, ejemplo de rectitud, persistencia y motivación diaria para lograr mis propósitos. A mis hermanos, quienes de una u otra manera han contribuido en mi formación personal y académica. Asimismo, a mi asesor y coasesor que mediante su guía y consejos contribuyeron con el desarrollo de esta investigación y a todas las personas que me apoyaron sin ninguna condición.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida, el bienestar y la fuerza necesaria para culminar mi formación profesional. A mis padres y demás familiares por su apoyo, paciencia y motivación constante. A mi asesor, Dr. Ismael Suárez Medina y coasesor Dr. Marco Antonio Añaños Bedriñana, por su orientación y sus importantes recomendaciones que han hecho posible el desarrollo de esta tesis. Agradezco también a mis colegas y amistades, quienes con su respaldo, presencia y motivación contribuyeron al desarrollo de esta investigación. Finalmente, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la entidad que me brindó los recursos indispensables para llevar a cabo esta investigación, así como a todos los que, de forma directa o indirecta, contribuyeron con su confianza, respaldo y ayuda en la elaboración de esta tesis.

Índice de contenido

Resumen.....	11
Abstract.....	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
Planteamiento del problema.....	13
Justificación de la investigación	15
Formulación del problema	17
Objetivos de la investigación	17
<i>Objetivo general.....</i>	<i>17</i>
<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>17</i>
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes del estudio.....	18
2.2. Bases teórico-científicas.....	22
2.2.1. Agua	22
2.2.2. Calidad del agua en las quebradas.....	23
2.2.3. Consecuencias al contaminar el agua en quebradas.....	26
2.2.4. Fuentes de contaminación de las quebradas	26
2.2.5. Aguas residuales	26
2.2.6. Vertimiento de las aguas residuales	27
2.2.7. Enfermedades por la descarga de aguas residuales en el agua	28
2.2.8. Parámetros Fisicoquímicos	28
2.2.9. Metales pesados	30
2.2.10. Parámetros bacteriológicos	30
2.2.11. Autoridad Nacional del Agua	31
2.2.12. Marco legal.....	31
2.3. Definiciones conceptuales.....	32
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	34
3.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación.....	34
3.2. Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis	35
3.2.2. Población	37
3.2.3. Muestra.....	37
3.2.4. Muestreo.....	37
3.2.5. Unidad de análisis.....	38
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	38
3.4. Hipótesis.....	39

3.5. Operacionalización de variables	39
3.6. Procedimientos de recolección de datos	41
3.7. Procedimientos de análisis de datos	45
3.8. Material y Equipos.....	46
3.9. Aspectos Éticos	47
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1. Descripción de resultados.....	48
4.2. Contrastación de hipótesis	63
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS.....	66
ANEXOS.....	74

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Factores que contaminan el agua en quebradas</i>	25
Tabla 2 <i>Enfermedades infecciosas más frecuentes producidas por las bacterias</i>	28
Tabla 3 <i>Límites máximos permisibles para agua de categoría 3, riego de vegetales y bebidas de animales</i>	32
Tabla 4 <i>Operacionalización de variables</i>	39
Tabla 5 <i>Puntos de muestreo</i>	41
Tabla 6 <i>Prueba de normalidad y análisis de varianza de los resultados obtenidos</i>	54
Tabla 7 <i>Resumen de parámetros fisicoquímicos en el agua de la quebrada Alpacocha</i>	56
Tabla 8 <i>Resumen de parámetros bacteriológicos en el agua de la quebrada Alpacocha</i>	56
Tabla 9 <i>Comparación de resultados del estudio actual vs. antecedentes</i>	57
Tabla 10 <i>Correlación de indicadores fisicoquímicos y bacteriológicos en los puntos de muestreo de la quebrada Alpacocha</i>	62

Índice de figuras

Figura 1 <i>Ubicación geográfica de la población y muestra estudiada</i>	36
Figura 2 <i>Ubicación de los puntos de muestreo en la quebrada Alpacocha</i>	42
Figura 3 <i>Flujograma de procedimiento metodológico</i>	44
Figura 4 <i>Valores de pH en los puntos de muestreo de la quebrada Alpacocha</i>	47
Figura 5 <i>Valores de temperatura en los puntos de muestreo de la quebrada Alpacocha</i>	49
Figura 6 <i>DBO5 en los puntos de muestreo de la quebrada Alpacocha</i>	51
Figura 7 <i>Concentración de arsénico en los puntos de muestreo de la quebrada Alpacocha</i>	52
Figura 8 <i>Coliformes termotolerante en los puntos de muestreo de la quebrada Alpacocha</i>	53
Figura 9 <i>Correlación entre Temperatura y pH</i>	59
Figura 10 <i>Correlación entre Coliformes termotolerantes y pH</i>	60
Figura 11 <i>Correlación entre Coliformes termotolerantes y temperatura</i>	61
Figura 12 <i>Rotulado y etiquetado de frascos de muestreo</i>	74
Figura 13 <i>Toma de muestras de agua en P1 de la quebrada</i>	74
Figura 14 <i>Toma de muestras de agua en P2 de la quebrada</i>	75
Figura 15 <i>Toma de muestras de agua en P3 de la quebrada</i>	75
Figura 16 <i>Acondicionamiento de muestras para transporte a laboratorio</i>	76

Índice de anexos

Anexo 1 <i>Matriz de consistencia de la investigación</i>	73
Anexo 2 <i>Panel fotográfico del proceso de ejecución de tesis</i>	74
Anexo 3 <i>Informes de resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en el Laboratorio Regional del Agua.....</i>	77

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar la influencia del vertimiento de aguas residuales domiciliarias en la calidad del agua de la quebrada Alpacocha la Púcara – Tacabamba - Chota, 2023. La investigación fue de tipo básica, descriptiva comparativa y de corte transversal, ejecutándose nueve muestreos en tres puntos distribuidos estratégicamente aguas arriba del vertimiento, en la zona de descarga y aguas abajo del afluente residual, durante tres periodos diferentes, considerando el punto aguas arriba como referencia comparativa de las condiciones previas al vertimiento. Los resultados evidenciaron variaciones en algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, principalmente en el pH, la temperatura y la carga microbiana. El pH y la temperatura mostraron un incremento en los puntos de vertimiento, superando esta última los límites máximos permisibles en todos los puntos evaluados. En cuanto a lo microbiológico la presencia de coliformes termotolerantes excedió el Límite Máximo Permisible (1000 NMP/100 mL) de la normativa N.º 004-2017-MINAM durante la temporada lluviosa en todos los puntos, aunque se redujeron notablemente durante el estiaje. Se concluye que el vertimiento de las aguas generó variaciones en algunos parámetros de la calidad del agua de la quebrada Alpacocha, haciéndola inadecuada para actividades pecuarias y agrícolas, situación que empeora debido al cambio climático.

Palabras clave: aguas residuales domiciliarias, calidad del agua, cambio climático, contaminación hídrica, impacto ambiental, monitoreo ambiental, quebrada Alpacocha.

Abstract

The main objective of this study was to evaluate the influence of household wastewater discharge on the water quality of the Alpacocha la Púcara – Tacabamba – Chota stream, 2023. The research was of a basic, descriptive, comparative and cross-sectional type, carrying out nine samplings at three points strategically distributed upstream of the discharge, in the discharge area and downstream of the residual tributary, during three different periods, considering the upstream point as a comparative reference of the conditions prior to the discharge. The results showed variations in some physicochemical and microbiological parameters, mainly in pH, temperature and microbial load. pH and temperature showed an increase in the discharge points, the latter exceeding the maximum permissible limits in all the points evaluated. Regarding the microbiological, the presence of thermotolerant coliforms exceeded the Maximum Permissible Limit (1000 MPN/100 mL) of regulation No. 004-2017-MINAM during the rainy season at all points, although they were significantly reduced during the dry season. It is concluded that the discharge of the waters generated variations in some parameters of the water quality of the Alpacocha stream, making it unsuitable for livestock and agricultural activities, a situation that worsens due to climate change.

Key words: domestic wastewater, water quality, climate change, water pollution, environmental impact, environmental monitoring, Allacocha Creek.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

El recurso hídrico es una sustancia vital e imprescindible para las plantas y animales, cuyas características físicas, químicas y microbiológicas son alteradas a diario por las actividades humanas, realizadas a lo largo de la vida (Merino et al., 2024). No obstante, la creciente población en zonas urbanas y el incremento de la infraestructura de abastecimiento de agua están influyendo significativamente en la producción de grandes volúmenes de aguas residuales domiciliarias, lo que incrementa su nivel de contaminación. En la actualidad, más del 80 % de las aguas residuales en el mundo se vierten en cuerpos de agua cercanos sin recibir un tratamiento adecuado, generando situaciones de contaminación que alteran las condiciones naturales del agua y producen consecuencias adversas, tanto a corto como a largo plazo, en la salud, el medio ambiente y los ecosistemas.

Si bien es cierto que las aguas servidas no son tratadas previamente a su descarga, las expectativas sobre las condiciones del agua y su acceso son definitivamente desfavorables, especialmente considerando los períodos y la severidad de las sequías que vienen impactando las cuencas fluviales.

Esta problemática se presenta principalmente en países en desarrollo, y el Perú no es ajeno a esta realidad. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO] (2023), en el país se generan aproximadamente 2 200 000 m³ de aguas residuales domésticas por día, de las cuales solo el 32 % recibe algún tipo de tratamiento. Esta situación contribuye al deterioro de la calidad del agua de ríos y quebradas, afectando la sostenibilidad del recurso hídrico.

Asimismo, el Instituto Nacional de Estadística e Información [INEI] (2017), indica que los diferentes municipios dieron a conocer los elementos clave que afectan la contaminación ambiental en sus áreas: la quema ilegal de desechos sólidos y agrícolas, que representa

aproximadamente el 54,5 %; luego está la crianza de animales domesticados sin control, con un 53,9 %; y finalmente, las aguas residuales, que oscilan en un 47,6 %, siendo este último aspecto el que afecta directamente la calidad del agua, representando una amenaza para el bienestar de las personas y para la hidrósfera.

Actualmente, las condiciones naturales del recurso hídrico están siendo alteradas por múltiples factores físicos, químicos y microbiológicos, así como por actividades humanas y fenómenos naturales, a consecuencia de la eliminación de desechos sólidos como basura y restos de materiales de construcción, además del uso de pesticidas, fertilizantes, relaves mineros y la descarga de sustancias residuales domiciliarias; este último factor se asocia con procesos de contaminación del recurso hídrico.

Las aguas residuales domiciliarias contienen diversos contaminantes físicos, químicos y microbiológicos provenientes de las actividades domésticas. Aunque algunos cuerpos de agua presentan capacidad de autodepuración, la descarga continua de estos residuos puede superar dicha capacidad y generar alteraciones en la calidad del agua, afectando su uso para actividades agrícolas, pecuarias y ecosistémicas.

Por ello, con el paso del tiempo se está brindando cada vez más atención al cuidado de las características naturales del recurso hídrico y a la descarga de sustancias residuales, como lo demuestran los estudios realizados sobre este tema. Este es el caso del estudio efectuado por la Asociación Española de Ecología Terrestre, donde se evaluaron posibles niveles contaminantes en las aguas costeras en Colombia, obteniendo como resultados la presencia de 2 a 704 000 Número Más Probable (NMP) de coliformes termotolerantes (CTE) por cada 100 mL y enterococos fecales de 1 a 3 360 Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por cada 100 mL, ratificando que el principal factor contaminante son las aguas servidas, los residuos sólidos y metales como el arsénico.

El centro poblado La Púcara se sitúa en la región Cajamarca, dentro de la provincia de Chota, distrito de Tacabamba; en su territorio se encuentra la quebrada Alpacocha. Actualmente, la localidad carece de un sistema adecuado para el tratamiento de aguas residuales domiciliarias; por ello, la descarga de los desechos residuales se realiza directamente en la quebrada, debido a que pasa cerca de la zona urbana, convirtiéndose en el destino de los residuos sólidos y líquidos.

En ese contexto, el presente estudio tuvo como finalidad evaluar la influencia del vertimiento de aguas residuales domiciliarias en la calidad del agua de la quebrada Alpacocha durante tres meses de monitoreo, considerando puntos de evaluación ubicados aguas arriba, en la zona de descarga y aguas abajo del afluente residual.

Justificación de la investigación

El estudio proporciona beneficio social en el ámbito agrícola y ganadero, al identificar cómo las características del agua de la quebrada Alpacocha se ven influenciadas por el vertimiento de aguas residuales, lo que tendría una contribución significativa a partir de los datos obtenidos, considerando que La Púcara es un centro poblado de dimensiones pequeñas cuya comunidad se dedica principalmente a la ganadería y agricultura; por ello, las características naturales del recurso hídrico son indispensables; no obstante, el agua utilizada presenta alteraciones asociadas al vertimiento de aguas residuales domiciliarias, por la incorrecta disposición de los residuos en los márgenes ribereños y por la falta de construcción de un sistema eficiente en el tratamiento de sustancias residuales domiciliarias.

De igual manera, en relación con el contexto social, esta investigación brinda beneficios tanto al gobierno local, provincial de Chota y regional, como a la comunidad en su conjunto, dado que facilitaría la gestión para identificar los puntos principales de descarga de aguas residuales, permitiendo a las autoridades competentes elaborar un perfil para una planta de tratamiento de aguas residuales domiciliarias eficiente y apoyar el proceso de toma de

decisiones para mejorar y proteger las condiciones naturales del recurso hídrico de la quebrada Alpacocha.

Asimismo, la contaminación de la quebrada Alpacocha no solo afecta la calidad del recurso hídrico destinado a actividades agrícolas y pecuarias, sino también al ecosistema de la microcuenca, especialmente a la vegetación ribereña y a los servicios ecosistémicos asociados. La alteración de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua puede generar procesos de degradación ambiental, pérdida de biodiversidad y disminución de la capacidad natural de regulación hídrica del ecosistema, aspectos estrechamente vinculados con el campo de acción de la Ingeniería Forestal y Ambiental.

En ese sentido, la investigación permitió evaluar la calidad del agua de la quebrada Alpacocha mediante la metodología aplicada a los recursos hídricos superficiales, cuyos resultados obtenidos constituyen un apoyo importante para trabajos futuros y podrán ser aprovechados por investigadores, especialistas y entidades vinculadas a la gestión ambiental, sobre todo en temas relacionados con la calidad del agua. De igual forma, este estudio quedará como un antecedente útil para nuevas investigaciones sobre la quebrada Alpacocha, ya sea como complemento o como punto de comparación para estudios similares.

El presente estudio surge ante la necesidad de conocer las condiciones de calidad del agua de la quebrada Alpacocha, considerando que en ella se vierten aguas residuales domésticas generadas por los habitantes del centro poblado La Púcara. En ese contexto, el monitoreo permitió identificar los parámetros que superan los límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3, aprobados mediante el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Asimismo, la quebrada Alpacocha es utilizada para actividades agrícolas y bebida de animales por los pobladores de La Púcara, por lo que el monitoreo de su calidad resulta

relevante para la protección del recurso hídrico y del ecosistema asociado, contribuyendo a la toma de decisiones orientadas a la conservación y manejo ambiental sostenible.

Formulación del problema

Problema general

¿Cómo influye el vertimiento de aguas residuales domiciliarias en la calidad del agua de la quebrada Alpacocha La Púcara, Tacabamba, Chota, durante el año 2023?

Problemas específicos

¿Cómo influye el vertimiento de aguas residuales domiciliarias en los parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, DBO₅ y arsénico) del agua de la quebrada Alpacocha?

¿Cómo influye el vertimiento de aguas residuales domiciliarias en la concentración de coliformes termotolerantes del agua de la quebrada Alpacocha?

Objetivos de la investigación

Objetivo General

Evaluar la influencia del vertimiento de aguas residuales domiciliarias en la calidad del agua de la quebrada Alpacocha La Púcara, Tacabamba, Chota, 2023.

Objetivos específicos

- ✓ Evaluar los parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, Demanda Bioquímica de Oxígeno [DBO₅] y arsénico) del agua de la quebrada Alpacocha en diferentes puntos y periodos de muestreo.
- ✓ Determinar la concentración de coliformes termotolerantes del agua de la quebrada Alpacocha en diferentes puntos y periodos de muestreo.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

En la investigación llevada a cabo en Santa Marta (Caribe) y Tumaco (Pacífico) zonas costeras de Colombia, cuyo objetivo fue analizar los parámetros microbiológicos e identificar los impactos de la descarga de aguas residuales sobre la calidad del agua, su investigación, de tipo descriptiva y cuantitativa experimental, se realizaron ciento veintiocho muestras en dos puntos de muestreo, en época de lluvia y estiaje en todo el año 2021. En los hallazgos identificaron que la concentración promedio en el agua de los dos parámetros bacteriológicos analizados fueron: en coliformes termotolerantes de 2 a 704,000 Número Más Probable (NMP) por cada 100 mL y la concentración promedio de enterococos fecales osciló de 1 a 3,360 Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por cada 100 mL (Sáenz et al., 2023).

Campos y Paredes (2025) estableció la influencia de las aguas residuales municipales sobre la calidad del agua en la parte baja del río Huaura. Para ello, se midieron parámetros microbiológicos (coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*) y fisicoquímicos (oxígeno disuelto, DBO5, pH, temperatura y conductividad eléctrica) en seis estaciones de muestreo. Los datos mostraron un aumento en los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos tras el vertimiento. El análisis estadístico, no obstante, mostró que ninguno de los parámetros estudiados tuvo un impacto significativo en la calidad del agua ($p > 0,05$). Debido al impacto acumulativo a lo largo del tiempo, llegaron a la conclusión de que la calidad del agua de esta cuenca se ve afectada negativamente cuando las aguas residuales son vertidas sin tratamiento.

Moyano et al. (2021) evaluó el impacto ambiental asociado al vertimiento de aguas servidas urbanas sobre cuerpos de agua, en un aglomerado urbano ilegal del municipio de Villavicencio, Colombia. Para ello, se tomaron 15 puntos de muestreo donde se analizaron diferentes parámetros fisicoquímicos del agua, tales como la cantidad de sólidos, la turbidez, el color, DQO, el pH, la conductividad eléctrica y el oxígeno disuelto. Los resultados de las

muestras de aguas residuales (ASU) mostraron altos valores en parámetros como la turbidez (326 NTU), el color (744 UPC) y la DQO bruta (entre 600 y 1500 mg l⁻¹). En el análisis de los cuerpos de agua cercanos, la DQO se encontró entre 368 y 429 mg l⁻¹. Además, el oxígeno disuelto fluctuó entre 5,7 y 7,1 mg l⁻¹, cifras que fueron adecuadas para los ríos, aunque resultaron bajas para el ASU (0,9 mg l⁻¹). Concluyeron que la fuerte contaminación por materia orgánica hacia el río y la DQO media en el área de estudio presentan valores significativamente altos, característicos de aguas contaminadas por actividades agropecuarias o industrias alimentarias.

Lemessa et al. (2023) evaluaron el impacto de las aguas residuales industriales en la calidad del agua en los ríos alrededor del Parque Industrial Bole Lemi, Etiopía. Para este propósito, se recolectaron datos de seis puntos de monitoreo situados en el medio del río Bole Lemi, así como aguas arriba y aguas abajo. Se llevaron a cabo mediciones en el lugar del pH, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales y temperatura, mientras que la demanda química de oxígeno, sólidos disueltos totales, fósforo total y demanda biológica de oxígeno fueron analizados en un laboratorio. Los resultados mostraron que los niveles de pH superaron los límites establecidos (6,5 - 8,5) por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA), la Unión Europea (UE), el Consejo Económico y Social (CES) y la OMS en dos de los puntos de muestreo. Los resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA) revelaron que las muestras de agua estudiadas pertenecían a la categoría de "no apta para el consumo". Finalmente el análisis estadístico indicó que había diferencias significativas en los parámetros de calidad del agua entre los puntos de muestreo a lo largo del río, mostrando variaciones en la temperatura y en todos los demás parámetros evaluados.

Sin embargo, en la investigación llevada a cabo en Huancavelica, cuyo propósito de este estudio fue analizar cómo la liberación de aguas residuales en áreas urbanas afecta la contaminación orgánica y la presencia de bacterias termotolerantes en el río Ichu. Con una

metodología de investigación descriptiva, se realizaron tomas de muestras en dos ubicaciones específicas durante la época seca; como resultados obtuvieron que en aguas arriba, se registraron concentraciones de DBO de (2,8 mg/L), mientras que aguas abajo mostraron (3,8 mg/L); respecto a la DQO, las concentraciones aguas arriba fueron de ($X = 2,8$ mg/L) y aguas abajo de ($Y = 3,8$ mg/L); además, la presencia de coliformes termotolerantes en los cuatro puntos de muestreo aguas arriba fue de ($X = 550$ mg/L), mientras que aguas abajo alcanzó ($Y = 1107,5$ NMP/ 100 mL), concluyendo que tiene un impacto negativo en el río Ichu en Huancavelica, por lo que requiere la adopción de políticas que contribuyan a reducir su impacto (Aliaga et al., 2021).

Por tanto, en el estudio, cuya finalidad fue analizar los efectos provocados por la desembocadura de aguas residuales urbanas en el río Tumbes, concretamente en lo que respecta a la diversidad de flora en la margen del río, mediante el uso de la versión 4.1 del programa Species Diversity and Richness de Pisces Conservation (LTDA) de Inglaterra para calcular los índices de biodiversidad alfa y beta en tres puntos de estudio establecidos como M_1 , M_2 y M_3 ; los datos registraron en Excel 2013 y posteriormente analizaron con PAST y SDR, donde registró un total de 26 especies en las tres estaciones de estudio, con mayor presencia de cerezos de campo en los lugares M_1 y M_2 y una presencia significativa de gramalote en el lugar M_3 ; en resumen, las aguas residuales tienen un impacto negativo en la flora del lugar (Niquén et al., 2021).

En otro estudio, titulado "Efecto del desecho de aguas residuales en el río Pisco, Ica", se empleó un diseño experimental-transversal y un método cuantitativo descriptivo. Se analizó la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), los sólidos suspendidos totales y los coliformes totales. Los hallazgos indican que las concentraciones de los elementos analizados se encuentran dentro de los límites establecidos por la legislación medioambiental. Mientras que las concentraciones de sólidos suspendidos y coliformes totales no alcanzan los límites críticos

impuestos, la DBO muestra una presencia controlada de materia orgánica. Se concluyó que el estudio ofrece una perspectiva completa sobre la calidad del agua en el río Pisco, resaltando que las condiciones del entorno en los lugares de muestreo elegidos son bastante favorables, aunque subrayando la importancia de seguir con los esfuerzos de conservación y manejo sostenible (Barrera et al., 2024).

En tanto, en la investigación llevada a cabo en la provincia de Celendín, con el fin de analizar los parámetros fisicoquímicos del recurso hídrico de la quebrada Grande impactada por la alteración de lixiviados que provienen del depósito de desechos en el Distrito de Sucre; su investigación, tipo cuantitativo correlacional no experimental, se tomaron muestras de los dos puntos predefinidos tanto en temporada de precipitaciones como en temporada de sequía, un total de 6 muestras de cada punto; luego del análisis se marcaron ciertos valores, por ejemplo: el valor mínimo de pH en el punto 01 fue de 8,3 en enero y el más alto fue de 8,50 en el punto 02 en marzo; El valor mínimo de oxígeno disuelto es de 6,2 mg/L en mayo, el máximo es de 7,2 mg/L en abril; Para DBO y DQO, el valor mínimo fue de 2,6 mg/L en enero y el valor máximo fue de 4,14 mg/L en febrero. Finalmente, los parámetros evaluados cumplieron con los estándares de calidad ambiental (ECA) establecidos para la clase III, especialmente para riego agrícola y ganadero (Zegarra et al., 2022).

Sayaverde (2021) analizaron la calidad del agua en los ríos Chotano y Doña Ana en temporadas secas como en época de lluvias. Se establecieron cuatro puntos de muestreo: EM1, EM2, EM3 y EM4. En estos, se midieron la temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales y turbidez. Los resultados mostraron que durante la estación seca, los sólidos totales y la conductividad eléctrica, DBO5 y la DQO a cinco días, mostraron correlaciones significativas. En el periodo de lluvias, se encontró una correlación notable entre los sólidos totales y la conductividad eléctrica, y entre la DQO y la conductividad total. Por otro lado, tanto en la estación seca como en la época de lluvias, los parámetros de DBO5 a cinco días,

DQO, pH, conductividad eléctrica y conductividad total están fuertemente relacionados con el punto de muestreo EM2 y, en menor grado, con EM4. En EM2, la DBO₅ (16,5 mg/L) excedió los límites establecidos en la época de estiaje, y en el mismo punto durante las lluvias, los Coliformes Termotolerantes (2200 NMP/100 ml) también superaron los parámetros aceptables, lo que indica que el área de muestreo EM2 presenta la peor calidad del agua, ya que excede los límites permitidos y, por lo tanto, no es apta para regar cultivos o para el consumo animal.

2.2. Bases Teórico-Científicas

2.2.1. Agua

El agua es un elemento fundamental y complejo para la existencia en la Tierra; cubre alrededor del 71% de la superficie terrestre y está compuesta por moléculas que tienen dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O); en su forma pura, carece de color, olor y sabor, a diferencia de la tierra, el recurso hídrico no es un recurso estático; más bien, es cíclico y experimenta notables cambios tanto en el tiempo como en el espacio, incluyendo variaciones significativas en su calidad. “El agua desempeña un papel vital en numerosos procesos biológicos, químicos y físicos en nuestro planeta” (Caycedo y Trujillo, 2020).

El agua es un elemento esencial para la existencia, presente en la tierra como océanos, mares, ríos, lagos y otros tipos de cuerpos acuáticos. Además, juega un papel importante en el ciclo del agua, que incluye procesos como la evaporación, la condensación, la precipitación y la escorrentía, la gestión adecuada del recurso es esencial para satisfacer las necesidades humanas, preservar los ecosistemas acuáticos y abordar desafíos como la escasez y como su contaminación, también se utiliza en una extensa cantidad de actividades humanas, desde el consumo directo hasta actividades agrícolas, la industria y la generación de energía (Merino et al., 2024).

2.2.2. Calidad del agua en las quebradas

La calidad del agua hace alusión a sus propiedades físicas, químicas y biológicas, basadas en su capacidad para satisfacer las necesidades humanas y sustentar los ecosistemas. Evaluar la calidad de esta materia prima requiere probar varios parámetros, como la cantidad de impurezas, presencia de microorganismos, pH, temperatura y otros factores. Según Carhuas (2019) afirma que la calidad del agua viene a ser cuando las características fisicoquímicas y biológicas están en su estado natural, cumpliendo los valores admisibles preestablecidos de acuerdo al fin que estas puedan ser destinadas; en ese sentido, la calidad del recurso hídrico es definida como aquel recurso que no contiene impurezas, contaminantes ni sustancias adicionales, es el elemento vital en su forma más básica y limpia, sin color, sabor ni olor perceptibles, así mismo, no presenta ningún tipo de modificación ni alteración por las múltiples actividades que desarrolla la humanidad, descartando cualquier tipo de riesgo para la vida (Lima, 2020).

Por otra parte, la calidad del agua en las quebradas es un factor clave porque permite comprender el estado situacional del ecosistema acuático e identificar posibles problemas ambientales y así tomar medidas correctivas para preservar y mejorar el estado de los cuerpos de agua; la gestión sostenible y la protección de las cuencas hidrográficas son aspectos claves para mantener el recurso hídrico en un estado óptimo en niveles adecuados; mantener una buena pureza del recurso hídrico en las quebradas es crucial para mantener la salud de los ecosistemas en la zona, así como asegurar el suministro de agua para satisfacer las variadas necesidades tanto humanas como ambientales (Gutiérrez, 2021).

Actualmente, la presencia de contaminantes en el agua en los arroyos sigue siendo persistente, requiriendo un monitoreo continuo, la adopción de acciones para cuidar el medio ambiente y la puesta en marcha de estrategias que disminuyan el efecto de las aguas residuales provenientes de diferentes sectores como la agricultura, la cría de animales, las zonas urbanas

y la industria, con el fin de mantener los ecosistemas acuáticos en buenas condiciones y asegurar una provisión fiable y duradera de recursos; sin embargo, la contaminación de quebradas se presenta como un problema de alcance global, cuya responsabilidad recae directamente en las acciones humanas, esta responsabilidad se manifiesta a través de diversos factores de contaminación, como las descargas de aguas servidas, vertidos urbanos, escorrentía agrícola, ganadera, deforestación, así como de contaminantes mucho más amenazantes para la salud y el medio ambiente procedentes de industrias, mineras, petroleras, pesqueras que al ingresar a los cuerpos de agua en concentraciones altas, provocan alteraciones en su estructura (Aguilar y Cubas, 2022).

Tabla 1*Factores que contaminan el agua en quebradas*

Factores	Material contaminante
Descarga de desechos residuales	Vertimiento directo o indirecto de aguas residuales domésticas e industriales que contienen materia orgánica, detergentes, grasas, metales pesados, hidrocarburos y microorganismos patógenos. Estos contaminantes incrementan la carga orgánica del agua y disminuyen su calidad para consumo y uso agrícola.
Agricultura	Uso intensivo de fertilizantes nitrogenados y fosforados, así como plaguicidas y herbicidas, que pueden ser transportados por escorrentía hacia las quebradas. Estos compuestos favorecen procesos de eutrofización y alteran las características fisicoquímicas y biológicas del agua.
Descargas urbanas	Aporte de aguas residuales domésticas y pluviales que contienen materia orgánica, microorganismos patógenos, residuos de productos de limpieza, plásticos y otros contaminantes. Esto genera deterioro de la calidad sanitaria del recurso hídrico.
Ganadería	Incorporación de excretas de animales que aportan microorganismos fecales, nitrógeno, fósforo y materia orgánica al agua. Estos contaminantes pueden incrementar la demanda biológica de oxígeno y representar riesgos para la salud pública.
Deforestación	La eliminación de la cobertura vegetal favorece la erosión del suelo y el transporte de sedimentos hacia las quebradas. Como consecuencia, aumenta la turbidez y disminuye la capacidad de autodepuración de los cuerpos de agua.
Residuos sólidos	Acumulación y disposición inadecuada de basura, plásticos, envases, restos orgánicos y otros residuos sólidos en las cercanías de las quebradas. Su degradación genera lixiviados que contaminan el agua y afectan los ecosistemas acuáticos.
Desplazamiento de suelos	Actividades de construcción, apertura de carreteras y movimientos de tierra que incrementan la erosión y sedimentación. Esto provoca alteraciones en la calidad del agua, disminuyendo su transparencia y afectando los hábitats acuáticos.
Actividades mineras	Liberación de metales pesados (arsénico, plomo, mercurio, cadmio), sedimentos y reactivos químicos empleados en la extracción minera. Estos contaminantes pueden persistir en el ambiente y generar efectos tóxicos sobre los organismos acuáticos y la salud humana.
Cambios climáticos	Variaciones en la temperatura, precipitación y eventos climáticos extremos que modifican los caudales y la capacidad de dilución de contaminantes en las quebradas. Esto puede incrementar la concentración de sustancias contaminantes y afectar la disponibilidad y calidad del recurso hídrico.

Nota. Los datos fueron obtenidos de Iberdrola (2022).

2.2.3. Consecuencias al contaminar el agua en quebradas

Utilizar agua contaminada de quebradas puede tener graves consecuencias, por ello es muy importante asegurarse de que el agua que se utiliza esté libre de contaminantes para evitar problemas como impactos ambientales, problemas en la seguridad alimentaria, repercusiones socioeconómicos, afectaciones a los sistemas acuáticos, alteraciones en el paisaje e incrementar los riesgos de provocar enfermedades gastrointestinales, respiratorias, hepáticas, renales, nerviosas, cancerígenas, inmunológicas, reproductivas, mediante la adopción de sistemas seguros de provisión de agua, tratamiento adecuado y monitoreo constante son elementales para avalar la calidad del recurso hídrico para su uso a futuro (Cely et al., 2023). Además, la relación existente entre el agua y las acciones de las personas incluye la manera en que se emplean, administran y cómo afecta a los recursos hídricos y cómo la cantidad y pureza del agua afecta el trabajo y el progreso humano; Sin embargo, la contaminación y la mala gestión de este importante recurso pueden causar problemas como el desequilibrio ambiental (Carhuas, 2019).

2.2.4. Fuentes de contaminación de las quebradas

Contaminación puntual, hace alusión a la liberación de sus desechos en entornos acuáticos naturales, debido a su carácter puntual, estas fuentes pueden ser administradas o supervisadas de manera relativamente sencilla; por lo que, este tipo de contaminación se asocia principalmente con la actividad industrial y la descarga de aguas residuales urbanas (Prasad et al., 2022); en cambio, la contaminación difusa, se refiere al impacto que ocurre en espacios abiertos y suele estar asociada principalmente con actividades como la agricultura, pastoreo, urbanización y prácticas forestales (Pedrozo, 2021).

2.2.5. Aguas residuales

Las aguas residuales son fluidos que han sido empleados en diversas actividades humanas y que presentan contaminantes provenientes de hogares, industrias, agricultura o

comercio, después de su uso, los fluidos cloacales deben ser tratados o reutilizados antes de ser vertidos al medio ambiente, en ese contexto, la función principal de los sistemas de tratamiento de aguas residuales es eliminar o reducir los contaminantes antes de liberarlos a los cursos de agua. También ayudan a prevenir la presencia de materiales contaminantes en ríos y arroyos, protegiendo así la salud humana y el medio ambiente, al tiempo que garantizan el suministro de agua limpia a las comunidades (Pillado, 2022). Por otro lado, las aguas residuales municipales son el tipo más común de aguas residuales provenientes de casas, edificios residenciales y locales, cuyas propiedades originales han cambiado debido a los trabajos realizados y que por sus características requieren un tratamiento previo antes de ser vertidas a cuerpos de agua naturales, ya que contribuyen a incrementar el contenido de sustancias orgánicas e inorgánicas en las fuentes hídricas, provocando el deterioro de los ecosistemas acuáticos y terrestres (Osorio et al., 2021).

2.2.6. Vertimiento de las aguas residuales

El vertido de aguas residuales hace referencia a la gestión de líquidos residuales que han pasado por un tratamiento, asegurando que se adhieren a los estándares ambientales y a los límites permitidos, ya que contribuye de manera significativa a la erradicación de la contaminación en cuerpos de agua y a proteger la vida acuática. Sin embargo, en muchos casos, las aguas residuales son desembocadas a ríos y otros cuerpos de agua sin tratamiento previo, situación que ocurre frecuentemente en relación con la eliminación de desechos de vehículos, ropa y desechos domésticos (Amambal, 2021). De manera que, la liberación de aguas residuales transforma las características físicas, químicas y biológicas del agua. Por lo tanto, resulta crucial supervisar y utilizar los recursos hídricos de forma sostenible para asegurar la continuidad de la vida. Esta acción proporcionará datos significativos que apoyen la toma de decisiones para salvaguardar la calidad del agua a través de la implementación de las medidas correctivas requeridas (Barrera et al., 2024).

2.2.7. Enfermedades por la descarga de aguas residuales en el agua

Numerosas enfermedades originadas por la polución del agua son frecuentes a nivel global y provocan la pérdida de millones de vidas a causa de brotes de enfermedades en naciones en vías de desarrollo, así como en países desarrollados; estas dolencias están escasamente registradas debido a su complicada estructura celular, y pueden ser provocadas por bacterias, virus, hongos o parásitos. De acuerdo a ciertos estudios, se estima que diariamente, alrededor de 5 000 individuos fallecen a causa de infecciones derivadas del agua contaminada (Morillo, 2021).

Tabla 2

Enfermedades infecciosas más frecuentes producidas por las bacterias

Microorganismos	Enfermedades
<i>E. coli enteropatógena</i>	Diarrea del viajero.
<i>E. coli enteropatógena</i>	Episodios de diarrea y destrucción de microvellosidades.
<i>E. coli enteroinvasiva</i>	La diarrea se parece a la disentería y la muerte celular
<i>E. coli enterohemorrágica</i>	Síndrome urémico hemolítico e insuficiencia renal aguda.
<i>E. coli enteroagregativa</i>	Sepsis, meningitis neonatal y gastroenteritis.
<i>Klebsiella spp.</i>	Artritis reactiva.
<i>Enterobacter spp.</i>	Gastroenteritis aguda, infecciones nosocomiales e infecciones del tracto urinario inducidas por heridas.
<i>Citrobacter spp.</i>	Abscesos, meningitis y sepsis.

Nota. Los datos fueron obtenidos de Fustamante (2020).

2.2.8. Parámetros Fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos representan una amplia gama de información sobre las características del comportamiento fisicoquímico del agua que repercute en la vida acuática; en ese sentido, los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos son complementarios, ya que

según algunos investigadores señalan que en cierta medida contamina el agua (Dorado et al., 2022).

pH: es un valor que ayuda a identificar si una sustancia es ácida, desionizada o alcalina, esta escala presenta una serie de numeraciones de 0 al 14, donde el valor de pH inferior de 7 tiene caracteres ácidos, un pH por encima del valor de 7 es básico; neutro cuando los iones hidrógeno e hidroxilo son iguales, se considera un parámetro muy importante para los fluidos residuales y los recursos hídricos naturales (Grcia, 2023). Dado que permite medir la acidez del agua y comprobar si está fuera del rango normal (6 - 9), puede generar deterioro de la vida acuática, perturbaciones y cambios celulares; el agua pura con un valor de pH 7,0 es apta para el consumo ((Augusto y Ramos, 2023).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅): la DBO, o demanda bioquímica de oxígeno, es un indicador que se utiliza para medir la calidad del agua y representa la cantidad de oxígeno que se necesita para la descomposición microbiana de sustancias orgánicas en los ecosistemas acuáticos. Esta medida, generalmente expresada en mg/L (miligramos por litro), se emplea para evaluar la cantidad de contaminación orgánica presente en el agua, ya que los microorganismos descomponen la materia orgánica y consumen oxígeno durante este proceso. Una DBO elevada significa una mayor concentración de contaminantes orgánicos en el agua y puede ser un signo de su calidad y capacidad para albergar vida acuática (Amambal, 2021).

- ❖ El agua que no está contaminada tiene de 2 a 20 mg/L (DBO₅)
- ❖ Los recursos hídricos moderadamente contaminados se encuentran entre 100 y 500 mg/L (DBO₅)
- ❖ Aunque en aguas muy contaminadas, el rango de concentración es de 500 a 3000 mg/L (DBO₅)

Temperatura: es un elemento muy básico e importante, porque incide directamente en los procesos vitales de los organismos acuáticos como: la transmisión de calor, específicamente

en las biotransformaciones en organismos que no pueden observarse a simple vista, desempeñando importantes responsabilidades en su procreación, desarrollo y su importante función: alimentación y proliferación de todas las especies acuáticas, especialmente las bacterias favorecidas; su valor aceptable en el agua es 1 Kcal/ °C.kg (Amambal, 2021).

2.2.9. Metales pesados

Los metales pesados representan un conjunto de elementos químicos que se distinguen por su elevada densidad y su capacidad para ser tóxicos, incluso en mínimas concentraciones. Aunque no existe una definición universal, los metales con densidades superiores a 5 g/cm³ generalmente se clasifican como metales pesados. Estos metales representan una amenaza para la salud de las personas y el entorno, ya que son complicados de descomponer y tienden a acumularse en los seres vivos (Garbisu y Alkorta citado por Aquino, 2023).

Arsénico. El arsénico es un componente químico natural cuya presencia predomina en la corteza terrestre. Puede encontrarse en el agua, especialmente en zonas con ciertos tipos de roca o minerales, y también donde se desarrolla actividades humanas como: minería, industrias y pesticidas, que lo liberan al agua subterránea y superficial, generando posibles riesgos en la salud de la población como: puede causar cáncer (de piel, pulmón, vejiga, riñón) y se recomienda un límite máximo de 10 microgramos por litro (µg/L) en el agua potable.

2.2.10. Parámetros bacteriológicos

Los parámetros bacteriológicos representan la materia fecal, cuyas principales características son la supervivencia y la capacidad reproductiva; ahora bien, el mayor peligro está relacionado con la calidad del agua potable, ya que los vertidos de excrementos fecales de personas y animales provocan la aparición de enfermedades infecciosas que amenazan la salud pública (Dorado et al., 2022).

Coliformes termotolerantes. Se considera un subgrupo de coliformes fecales, como *Klebsiella*, *Escherichia* y *Enterobacter*, que se originan en los intestinos, heces de animales y

humanos; también son transportados en los sistemas de alcantarillado y eventualmente terminan en el medio ambiente, lo que puede causar enfermedades peligrosas como diarrea, gastroenteritis, artritis y entre otras afecciones, por utilizar agua contaminada cuando la concentración supera los límites establecidos por DIGESA; se les llama coliformes termotolerantes debido a que son capaces de resistir temperaturas de 45 °C y están presentes en altas concentraciones en la materia fecal de personas y animales; asimismo la bacteria *E. coli* constituye el 95% de los fluidos cloacales (Puerta, 2019).

2.2.11. Autoridad Nacional del Agua

La Autoridad Nacional del Agua es el ente gubernamental peruano responsable de la gestión sana y sostenible de los recursos hídricos del país. La base para su establecimiento es monitorear, regular y gestionar el uso del agua, así como proteger y conservar estos recursos. Su función es crucial en la planificación y administración de los recursos hídricos en el país, enfatizando el valor estratégico del agua en ámbitos como la agricultura, la industria, el suministro de agua y otros usos (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2023).

2.2.12. Marco legal

La ley N° 29338, que fue aprobada a través del DS. N° 001-2010 AG, cuyo objetivo es promover el cuidado y gestión vinculada con todos los recursos hídricos superficiales en las cuencas hidrológicas, para su eficiencia y disponibilidad, y así cuidar y potenciar los recursos hídricos disponibles en el tiempo, asegurando y protegiendo sus condiciones naturales, mediante la aplicación de la educación y una nueva cultura del cuidado.

Normativa de calidad del agua. Las normas sobre el agua para regar los vegetales y para consumo animal son del tipo 3 emitidas por el DS. 004-2017-MINAM; en el cual el Ministerio del Ambiente establece normas para el manejo integrado de las áreas hídricas tipo 3 en las cuencas hidrológicas del país, custodiando por el adecuado cumplimiento de las normas

de su competencia para evitar la presencia de objetos extraños que alteren las condiciones naturales de las áreas hídricas.

Tabla 3

Límites máximos permisibles para agua de categoría 3, riego de vegetales y bebidas de animales

Parámetros	Unidad de medida	LMP	
		Riego de vegetales	Bebidas de animales
pH	Valor de pH	6,5 a 8,5	6,5 a 8,4
Temperatura	°C	3	3
DBO ₅	mg/L	15	15
Arsénico	mg/L	0.1	0.2
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	1000	1000

Nota. Los datos fueron obtenidos del Ministerio del Ambiente del Perú [MINAM] (2017). DS. N° 004-2017-MINAM.

2.3. Definiciones conceptuales

2.3.1. Gestión

Según el Reglamento General N° 151-2020-ANA, la gestión ambiental surge del desarrollo de un conjunto estructurado de procesos, métodos y técnicas encaminados a lograr un desarrollo integral de la población.

2.3.2. Carga contaminante

Es la cantidad de contaminantes presentes en un cuerpo de agua o vertimiento durante un determinado periodo de tiempo, generalmente expresada en kg/día (Cooperación Autónoma Regional de Nariño [CARN], 2020).

2.3.3. Recurso hídrico

Viene a ser un recurso natural de importancia suprema, ya que la vida y las operaciones industriales no serían viables sin este recurso crucial (Augusto y Ramos, 2023).

2.3.4. Monitoreo

“Los puntos de monitoreo son ubicaciones estratégicas donde se recopila información o datos para evaluar y controlar diferentes aspectos de un sistema o entorno” (Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura [OEI], 2023).

2.3.5. Quebrada

Según el Reglamento General N° 151-2020-ANA, “Corriente de agua natural que discurre en un valle angosto y de fuerte pendiente, generalmente ubicado en zonas montañosas”

2.3.6. Estándares de calidad ambiental

Según el Reglamento General N° 151-2020-ANA, las normas de calidad ambiental del agua son normas y reglamentos establecidos por las autoridades encargadas de monitorear la calidad del agua de diversas fuentes, tales como: arroyos, ríos, lagos, aguas subterráneas y sistemas hídricos para uso humano; estas normas tienen como objetivo salvaguardar el bienestar humano, la vida acuática y de todo el ecosistema estableciendo límites y criterios para las concentraciones de contaminantes y las propiedades físicas y químicas del agua.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Esta investigación fue de tipo básica, ya que buscó generar un conocimiento científico acerca del estado de la calidad del agua de la quebrada Alpacocha, sin realizar ninguna intervención en el ambiente ni manipulación de variables. La investigación se limitó a la recolección y análisis de muestras de agua en los diferentes puntos de monitoreo, considerando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

3.1.2. Diseño de la investigación

Se empleó un diseño no experimental y de corte transversal, debido a que el estudio se basó en la observación y evaluación de los parámetros de calidad del agua en diferentes puntos y periodos de muestreo (lluvioso y estiaje), sin realizar manipulación de variables. Asimismo, se desarrolló una comparación espacial considerando un punto ubicado aguas arriba del vertimiento, otro en la zona de descarga y un tercero aguas abajo del afluente residual.

3.1.3. Nivel de investigación

Este estudio se ha trabajado basándose en un nivel descriptivo comparativo. Esto es fundamentado ya que se han descrito los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, los mismos que se compararon entre puntos y periodos de muestreo, así como también con la normativa ambiental vigente N.º 004-2017-MINAM, específicamente con la Categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales), normativa aplicable debido a que el agua de la quebrada Alpacocha se destina al consumo animal y actividades agrícolas.

3.1.4. Enfoque de la investigación

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, ya que los datos han sido obtenidos de forma numérica, los mismos que fueron sometidos a un análisis estadístico para evaluar las variaciones entre los puntos y periodos de muestreo.

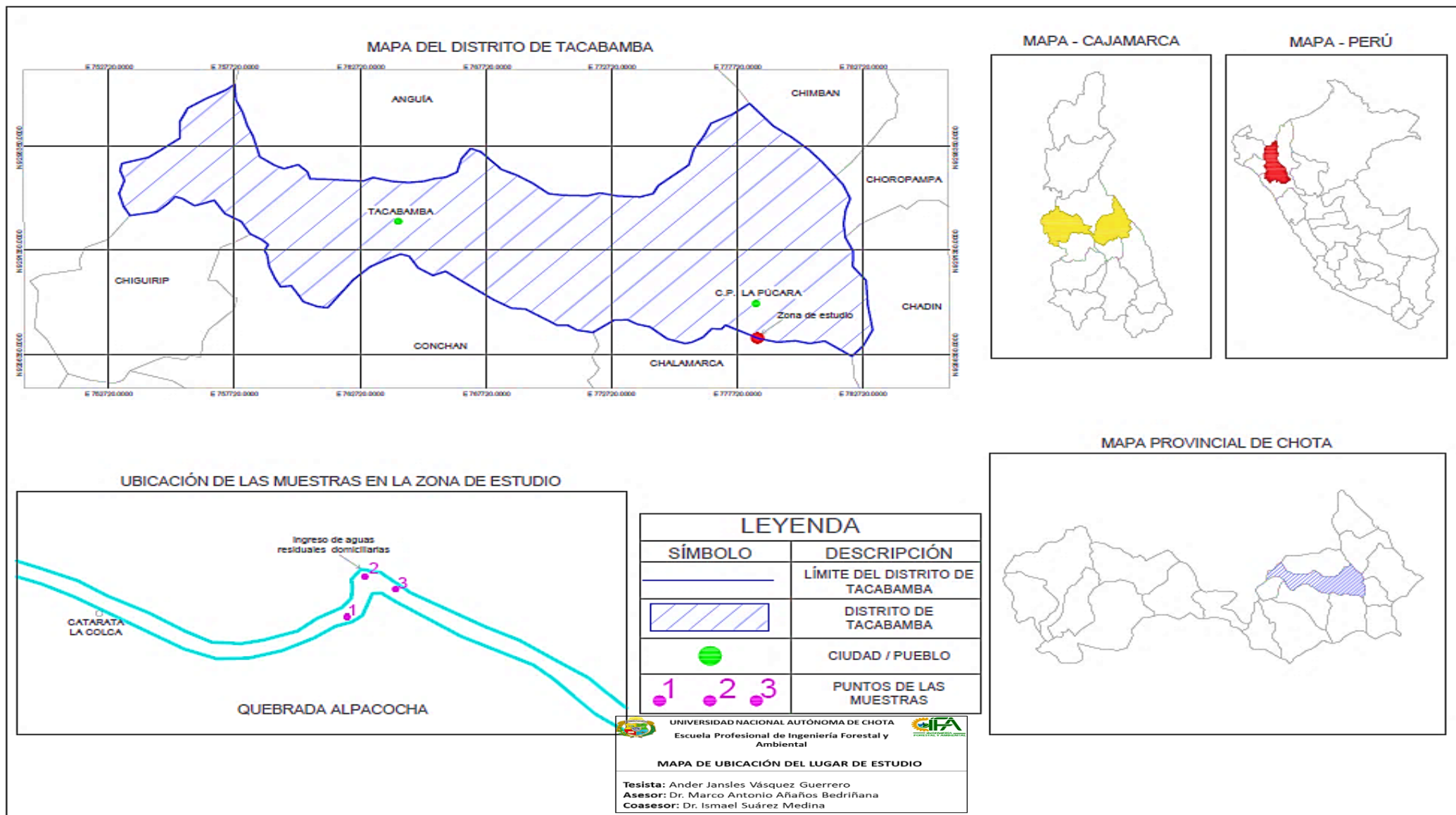
3.2. Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis

3.2.1. Ubicación

La investigación se realizó en el centro poblado de La Púcara, distrito de Tacabamba, provincia de Chota, región Cajamarca, cuya altitud es de 3 031 metros sobre el nivel del mar y sus coordenadas son las siguientes: Latitud Sur: 6° 25' 13.7" S (-6,42046515) y Longitud Oeste: 78° 33' 3.1" W (-78.55085553). La evaluación se realizó en un área de 150 metros a lo largo de la quebrada Alpacocha, localizada en las coordenadas UTM norte: 782 902 y Sur: 626 439, tal y como se muestra en la figura 1

Figura 1

Ubicación geográfica de la zona de estudio



3.2.2. Población

La población estuvo constituida por las aguas superficiales de la quebrada Alpacocha, ubicada en el centro poblado La Púcara, distrito de Tacabamba, provincia de Chota, debido a que este cuerpo de agua recibe descargas de aguas residuales domiciliarias provenientes de viviendas cercanas.

3.2.3. Muestra

La muestra estuvo compuesta por tres puntos de muestreo específicos a lo largo del cauce de la quebrada, cuyo tramo estudiado fue 150 metros, seleccionados considerando su localización y relevancia respecto al vertimiento de aguas residuales domiciliarias. En primer punto se ubicó aguas arriba del vertimiento (antes del ingreso del afluente), el segundo punto en la zona de descarga de aguas residuales y el tercer punto aguas abajo del vertimiento.

3.2.4. Muestreo

El muestreo aplicado fue el no probabilístico por conveniencia, ya que se seleccionaron los puntos de monitoreo considerando criterios de accesibilidad y presencia de vertimientos domésticos, así como la facilidad para la recolección de muestras. Los puntos de muestreo establecidos fueron: E1: QSmат.01, ubicado a 100 metros aguas arriba del vertimiento; E2: QSmат.02, localizado en la zona de descarga de aguas residuales; y E3: QSmат.03, ubicado a 50 metros aguas abajo del vertimiento.

El distanciamiento entre el punto E1 y el punto E2 fue de 100 metros, mientras que el distanciamiento entre el punto 02 y el punto 03 fue de 50 metros. Las muestras fueron recolectadas mensualmente entre mayo y julio, considerando periodos lluviosos y de estiaje, siguiendo la guía establecida para el monitoreo de aguas superficiales. Posteriormente, las muestras fueron trasladadas a un laboratorio acreditado por INACAL en Cajamarca para el análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

3.2.5. Unidad de análisis

La unidad de análisis estuvo constituida por cada muestra de agua superficial recolectada en los puntos de monitoreo establecidos. En total, se analizaron nueve muestras, correspondientes a tres puntos evaluados durante tres periodos de monitoreo.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas utilizadas para la evaluación y cuantificación de los parámetros se desarrollaron considerando los procedimientos establecidos para el monitoreo de aguas superficiales y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua aprobados mediante el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, permitiendo la recopilación y análisis de datos de campo y laboratorio.

❖ Observación directa

Consistió en la identificación y registro de las características del área de estudio y de los puntos de monitoreo mediante el uso de GPS y registro fotográfico, facilitando la ubicación de las estaciones de muestreo y el reconocimiento de los vertimientos presentes en la quebrada.

❖ Muestreo en campo

Esta técnica permitió recolectar las muestras de agua superficiales de la quebrada Alpacocha, en los 3 puntos seleccionados.

3.3.2. Instrumentos de recolección de datos

➤ Ficha de observación

Consistió en la identificación y registro de las características del área de estudio y de los puntos de monitoreo mediante el uso de GPS y registro fotográfico, facilitando la ubicación de las estaciones de muestreo y el reconocimiento de los vertimientos presentes en la quebrada.

➤ **Cadena de custodia**

Este instrumento hizo más eficiente la obtención, verificación y registro de pruebas, desde el momento en que se recolecta una muestra hasta el momento exacto en que llegó al laboratorio para su análisis respectivo.

➤ **Informes de laboratorio**

Estos instrumentos contuvieron valores obtenidos para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados.

3.4. Hipótesis

H₀: El vertimiento de aguas residuales domiciliarias no influye en la calidad del agua de la quebrada Alpacocha La Púcara, Tacabamba, Chota, no existiendo variaciones en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos entre los puntos de muestreo evaluados.

H₁: El vertimiento de aguas residuales domiciliarias influye en la calidad del agua de la quebrada Alpacocha La Púcara, Tacabamba, Chota, generando variaciones en algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos entre los puntos de muestreo evaluados.

3.5. Operacionalización de Variables

A continuación en la Tabla 4 se presenta la operacionalización de cada una de las variables evaluadas durante el desarrollo de esta investigación.

Tabla 4*Operacionalización de variables*

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Técnica de análisis	Equipos	Unidades de medida
Variable dependiente Características fisicoquímica y bacteriológica del agua de la quebrada Alpacocha	Conjunto de propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas que determinan la calidad del agua y su aptitud para uso agrícola y consumo animal	Valores obtenidos mediante análisis de laboratorio acreditado siguiendo normas técnicas nacionales e internacionales	Parámetros fisicoquímicos	pH	Potenciometría (NTP-ISO 10523)	pH-metro	Unidades de pH
				Temperatura	Termometría directa (NTP 400.037)	Termómetro digital	°C
				Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Método manométrico (APHA 5210 B)	Incubadora BOD a 20 °C	mg/L
				Arsénico	Espectrometría de Absorción Atómica (AAS) con generador de hidruros (EPA 7061A)	Espectrofotómetro AAS	µg/L
				Coliformes Termotolerantes	Método NMP APHA 9221 E	Incubadora, tubos de fermentación, medios selectivos	NMP/100 mL
Variable independiente Presencia de vertimiento de aguas residuales domiciliarias	Descarga de aguas residuales domésticas provenientes de viviendas, vertidas directamente a la quebrada Alpacocha sin tratamiento previo.	Presencia del vertimiento domiciliario identificado mediante observación directa, ficha de campo y registro fotográfico	Evidencia de vertido	Descarga visible de vertimiento de aguas residuales domiciliarias hacia la quebrada Alpacocha	Observación directa	Registro fotográfico, ficha de campo	Presencia/ausencia

3.6. Procedimientos de recolección de datos

3.6.1. Procedimiento Metodológico

a) Frecuencia de monitoreo

El monitoreo se llevó a cabo de manera mensual en un lapso de tiempo de 3 meses en los tres puntos establecidos.

b) Procedimiento de recolección de muestras

Según lo indicado en la tabla 4, se establecieron tres puntos de monitoreo en el tramo evaluado de la quebrada Alpacocha: E1: QSmat.01, ubicado a 100 metros aguas arriba del vertimiento; E2: QSmat.02, localizado en la zona de confluencia y descarga de aguas residuales; y E3: QSmat.03, ubicado a 50 metros aguas abajo del vertimiento.

Tabla 5

Puntos de muestreo

Puntos de muestreo	Ubicación	Coordenadas UTM (Este)	Coordenadas UTM (Norte)	N° de monitoreos
E1: QSmat.01	Ubicado a 100 metros aguas arriba (antes del ingreso del afluente)	778437,84	9286916,54	3
E: QSmat.02	Ubicado justo cuando los dos flujos de agua se unen.	778439,42	9286925,14	3
E: QSmat.03	Ubicado a 50 metros aguas abajo de la quebrada	778451,08	9286920,16	3

Figura 2

Ubicación de los puntos de muestreo en la quebrada Alpacocha



Nota. Obtenido de Google Earth (2025).

c) Etiquetado de las muestras

Antes de dirigirse al lugar de estudio, se etiquetaron los recipientes de muestras de manera legible, haciendo uso de un marcador permanente para prevenir posibles errores, etiquetando los envases de plásticos de 1000 mL y las botellas de vidrio de 250 mL con los siguientes datos: ubicación, fecha y hora de la toma de muestras, nombre de la persona encargada de la recolección y el tipo de análisis.

d) Recipientes y toma de las muestras

Para los análisis bacteriológicos se emplearon frascos de vidrio de 250 mL de capacidad, mientras que para análisis físicos y químicos se utilizaron frascos de plástico de 1000 mL, los mismos que fueron esterilizados a 121 °C con una presión de 15 psi durante 15 minutos antes de cerrarlos y sellarlos con papel; al momento del muestreo se retiró la tapa de la botella y con una mano se sostuvo de manera invertida el frasco y con la otra mano la tapa

para ser introducido en el agua 15 centímetros de profundidad, de tal manera el frasco se invirtió con boca hacia arriba hasta que se llene $\frac{3}{4}$ del envase evitando que ingrese al frasco agua de las manos.

e) Preservación y traslado de las muestras

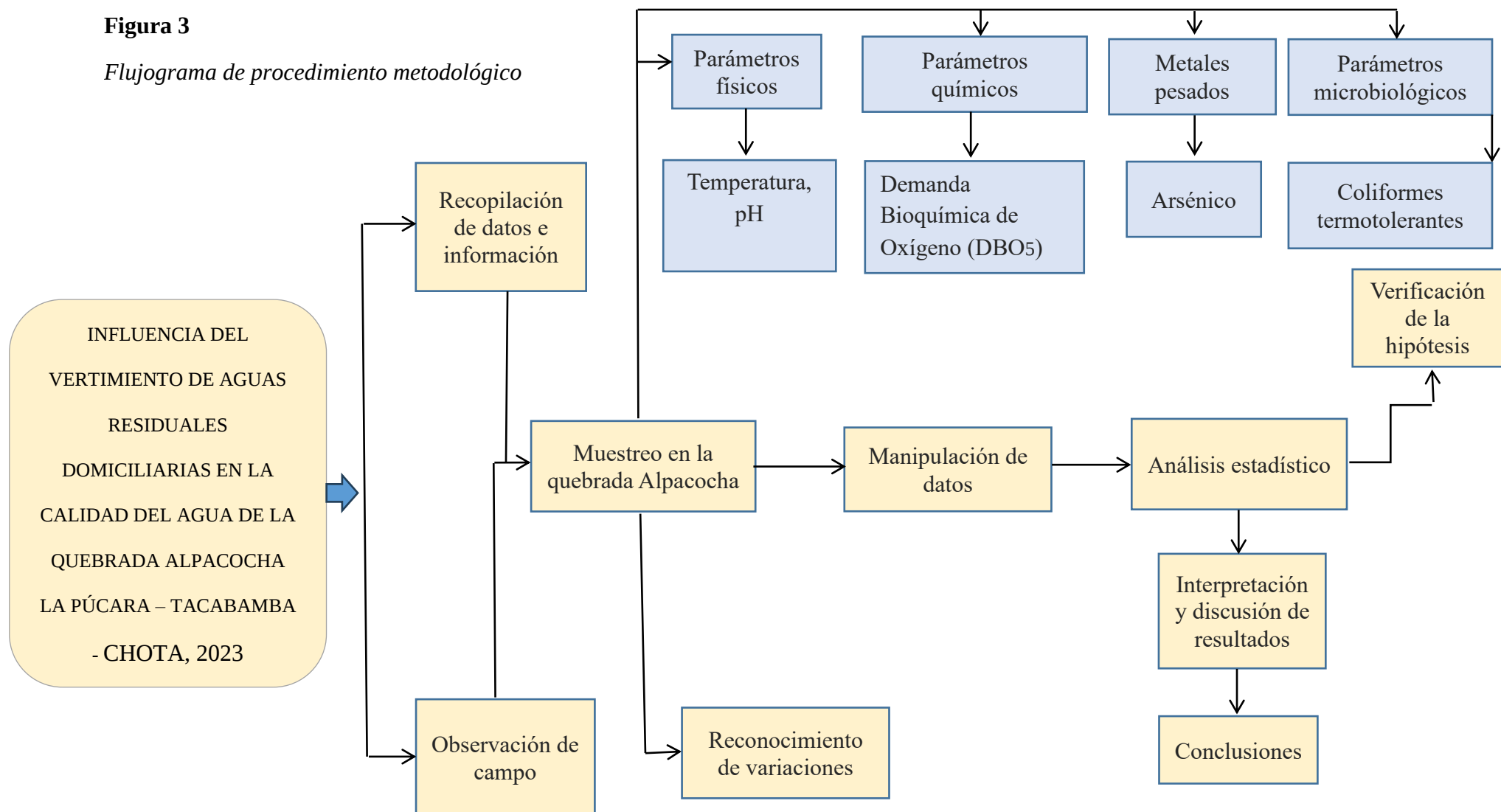
Las muestras se almacenaron a una temperatura de 4 a 8 °C, para ello se utilizó neveras portátiles de plástico equipadas con un sistema de refrigeración y protegidos de la luz, con un tiempo límite de preservación de 24 horas. Se le colocaron en una caja cooler debidamente etiquetada, indicando: que es frágil, tipo de agua, nombre, dirección de laboratorio y nombres de los responsables, e inmediatamente se trasladaron al Laboratorio Acreditado de Aguas del Gobierno Regional de Cajamarca para su análisis correspondiente.

3.6.2. *Flujograma de procedimiento*

En la figura 3, observamos el procedimiento que se llevó a cabo de inicio a fin a lo largo del desarrollo de este trabajo de investigación.

Figura 3

Flujograma de procedimiento metodológico



3.7. Procedimientos de análisis de datos

El análisis estadístico de los datos obtenidos en el monitoreo de la calidad del agua de la quebrada Alpacocha se estructuró en dos niveles complementarios: (1) análisis descriptivo-normativo y (2) análisis inferencial exploratorio, considerando las limitaciones inherentes al tamaño muestral y al diseño observacional del estudio.

3.7.1. *Análisis descriptivo-normativo*

Dado que la meta central de la investigación fue evaluar las variaciones en la calidad del agua asociadas al vertimiento de aguas residuales domésticas, se centró en contrastar los valores obtenidos con los Límites Máximos Permisibles (LMP) definidos en el Decreto Supremo N. ° 004-2017-MINAM para el uso “Riego de hortalizas y consumo animal” (Categoría 3). Este método fue crucial en estudios de medio ambiente, puesto que ayuda a detectar peligros reales para la salud pública, la agricultura y los ecosistemas acuáticos, sin importar la relevancia estadística.

Para cada parámetro evaluado (pH, temperatura, DBO₅, arsénico y coliformes termotolerantes), se calcularon:

- Valores promedio por punto de muestreo (E1: aguas arriba, E2: confluencia, E3: aguas abajo),
- Rangos mínimos y máximos observados durante el periodo de muestreo (mayo–julio 2023).
- Frecuencia de incumplimiento de los LMP.

3.7.2. *Análisis inferencial exploratorio*

Con el fin de explorar posibles diferencias en la calidad del agua asociadas a la presencia del vertimiento, se aplicó un análisis inferencial preliminar, ajustado a la naturaleza y distribución de los datos:

Normalidad: Se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk ($\alpha = 0.05$). Debido al tamaño muestral reducido ($n = 3$ por punto), esta prueba se interpretó con cautela, reconociendo su baja potencia para detectar desviaciones de normalidad.

Para las variables con distribución aproximadamente normal (pH y temperatura), se aplicó el análisis de varianza de una vía (ANOVA) para comparar las medias entre los puntos de muestreo. Posteriormente, se aplicó la prueba post hoc de Tukey para identificar diferencias específicas entre grupos.

Variables con distribución no normal o varianza nula:

Para coliformes termotolerantes, cuya distribución no presentó normalidad ($p = 0,036$ en Shapiro-Wilk), se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Para DBO₅ y arsénico, no hubo variación en los valores, ya que los datos fueron iguales en todos los puntos.

Adicional a ello se ha calculado la correlación de Pearson, para identificar si existía o no relación entre parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

El presente estudio presentó limitaciones relacionadas con el número de muestras y la ausencia de réplicas, debido a restricciones logísticas y económicas. En consecuencia, las variaciones observadas en los puntos E2 y E3 fueron interpretadas en relación con el punto E1, permitiendo evaluar los cambios asociados al vertimiento de aguas residuales domiciliarias sobre la calidad del agua. Por ello, los resultados deben interpretarse como un análisis comparativo ambiental entre puntos de muestreo.

3.8. Material y Equipos

3.8.1. Materiales

- Cuaderno, lapicero: para registrar los datos obtenidos en laboratorio y algunas características evidenciadas en campo.
- Kit de muestras: envases para recolectar las muestras consideradas.

- Plumón indeleble: para rotular las muestras colectadas.
- Guardapolvo, mascarilla y guantes de látex: para protección del investigador y para proteger las muestras recolectadas evitando alteraciones en los resultados.
- Alcohol: para la desinfección de manos del investigador, así como también de los materiales utilizados.
- Cinta adhesiva: para asegurar los empaques para el transporte de las muestras, hasta el laboratorio.

3.8.2. Equipos

- pH- metro: para medir el pH de las muestras de agua en el laboratorio.
- Termómetro: para medir la temperatura de las muestras de agua en el laboratorio.
- Cámara fotográfica: para registrar las evidencias de la toma de muestra y de la realización de análisis.
- Laptop y software (Excel, Word, PowerPoint): se utilizó para la elaboración del proyecto, procesamiento y análisis, así como también para la redacción del informe final
- Impresora: para realizar la impresión de formatos y del trabajo de investigación.

3.9. Aspectos Éticos

Para llevar a cabo esta investigación se ha tomado en cuenta aspectos y principios éticos establecidos por la comunidad de investigación en la medida de lo posible; antes de iniciar la con la ejecución del estudio, se obtuvo la autorización correspondiente de las autoridades competentes de acuerdo con sus procedimientos, demostrando un profundo respeto por sus derechos, tradiciones y situaciones socioeconómicas; en todo momento, priorizamos los valores del respeto, la cortesía y la amabilidad. Es importante destacar que se ha evitado y se continuará evitando cualquier forma de racismo o discriminación durante y después de la realización del proyecto de tesis.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

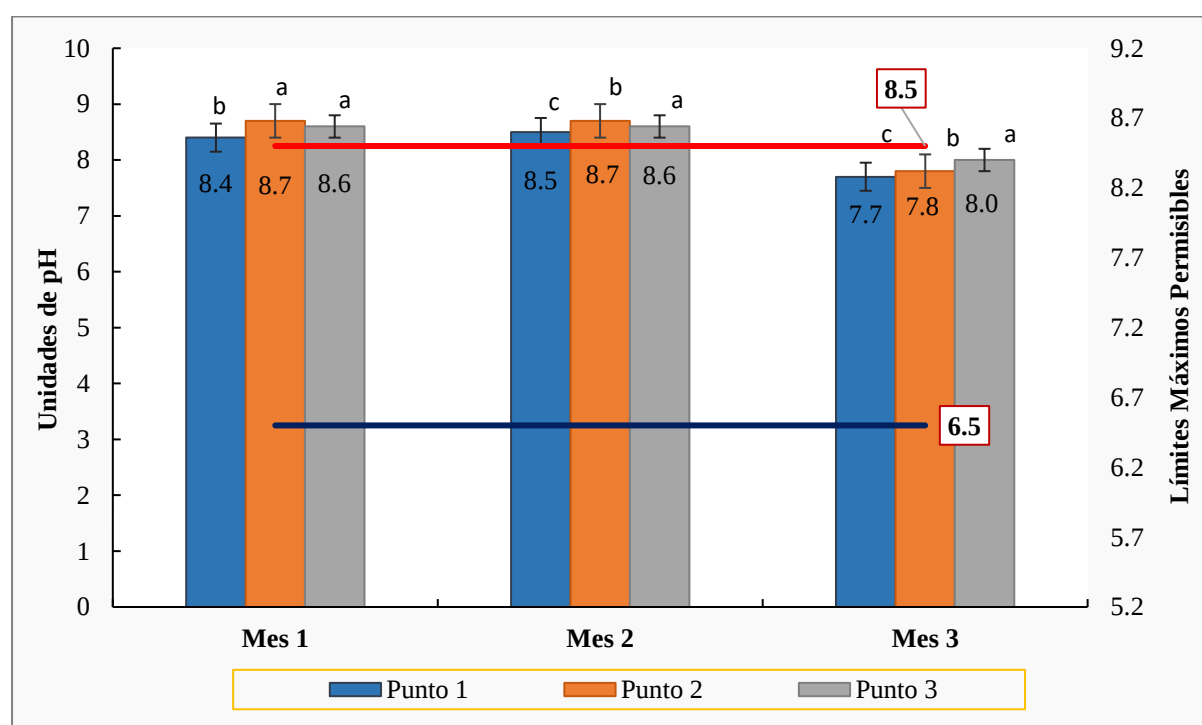
4.1. Descripción de resultados

4.1.1. Calidad fisicoquímica actual del agua en la Quebrada Alpacocha

- Valores de pH

Figura 4

Valores de pH en los puntos de muestreo de la Quebrada Alpacocha



En la figura 4 se evidencia que durante el mes 1, los valores de pH en el punto 1 se mantuvieron por debajo del límite máximo permitido (8,5) por la normativa ambiental N.º 004-2017-MINAM y fueron menores que en los puntos 2 y 3 que excedieron dicho límite. Esta variación puede atribuirse a que el punto 1 se ubicó antes del ingreso del afluente de aguas residuales, por lo que recibe agua con menor influencia antrópica. De acuerdo a Tian et al. (2024) los incrementos de caudal en temporada de lluvia contribuyen a la dispersión de agentes contaminantes y a la variación del pH a causa de la mezcla con aguas de escorrentía más limpias. En este contexto los valores más altos de pH podrían estar relacionados con el aporte de descargas con características alcalinas provenientes de aguas residuales domésticas, ya que

según Xie et al. (2022), el ingreso de afluentes incrementa la alcalinidad del agua de los ríos o quebradas, debido a la presencia de detergentes, hidróxidos y otros residuos básicos. Además, el incremento de materia orgánica y nutrientes en estos puntos favorecido cambios en la dinámica química del agua, contribuyendo a la elevación del pH.

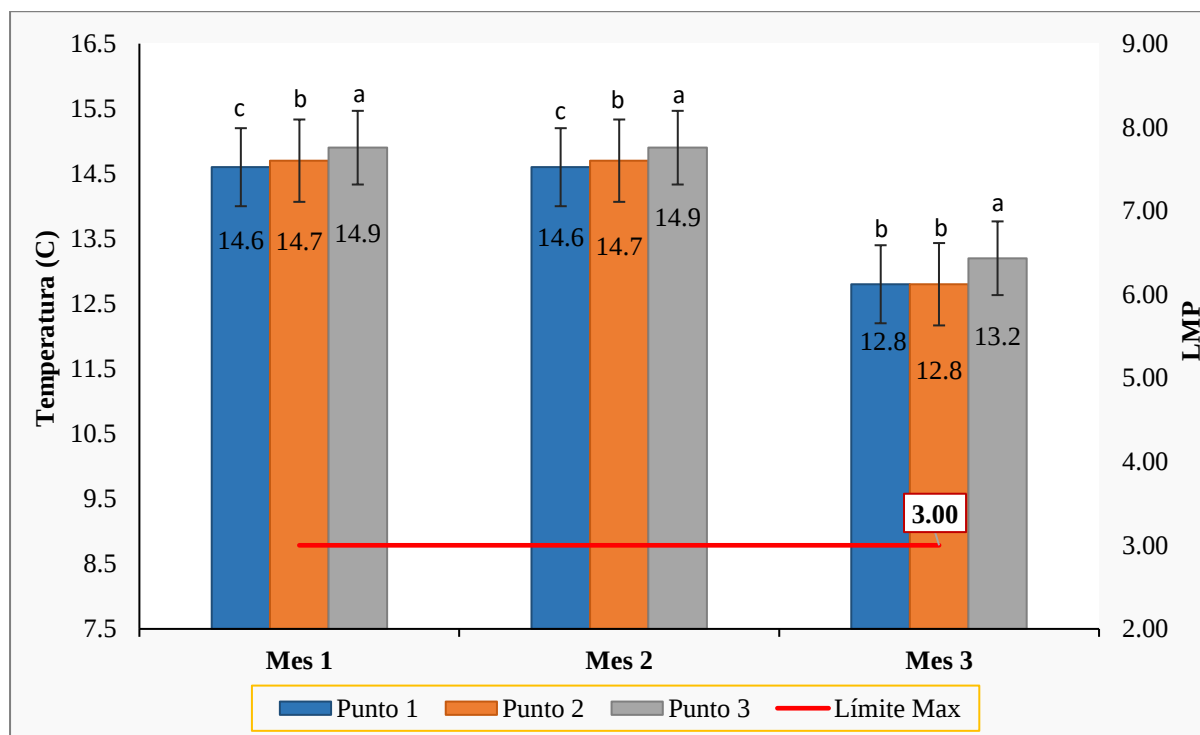
Algo similar ocurrió en el mes 2 que corresponde a una temporada de inicio del estiaje, donde los puntos 2 y 3 excedieron el límite permitido. Este comportamiento se vincula con la reducción del afluente de las aguas residuales, que permite el incremento de la concentración de residuos alcalinos. Esto es justificado por Silva et al. (2024) quienes indican que la disminución del caudal de afluentes intensifica el efecto y genera una alteración de parámetros fisicoquímicos, principalmente del pH.

Sin embargo, en el mes 3 que fue en la época de pleno estiaje, estos valores se redujeron notablemente en todos los puntos, pero siempre el valor más bajo lo presentó el punto 1. Esto podría estar asociado a la estabilización natural del ecosistema acuático, que se asocia a la reducción de la carga de residuos contaminantes del afluente y de caudal, lo que reduce su impacto en las aguas de la quebrada receptora (Xie et al., 2022).

- **Valores de Temperatura**

Figura 5

Valores de temperatura en los puntos de muestreo de la quebrada Alpacocha



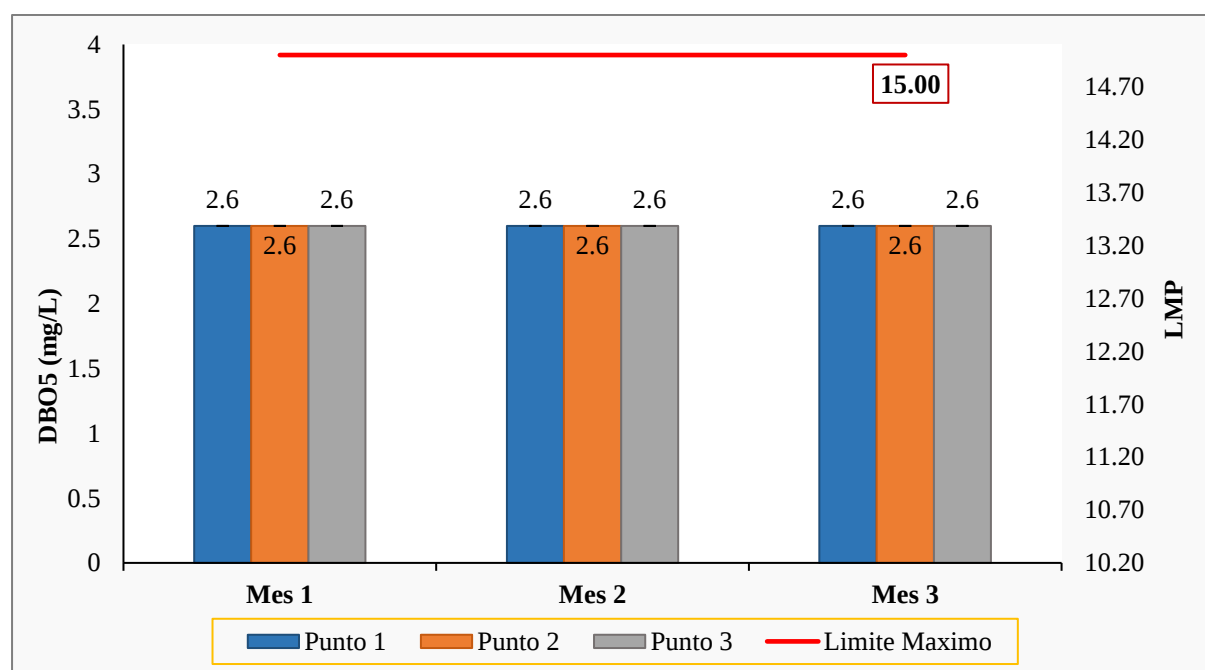
La figura 5 muestra que la temperatura en el mes 1 (temporada lluviosa), mes 2 (inicio del estiaje) y mes 3 (estiaje) superó la variación máxima permitida de 3 °C por la normativa ambiental N.º 004-2017-MINAM en todos los puntos evaluados, siendo ligeramente superior en los puntos 2 y 3 (después del vertimiento de aguas residuales). Este comportamiento se debe a que algunos procesos domésticos se realizan elevando la temperatura, y al ser vertidas dichas aguas en estas condiciones se producen cambios en la temperatura y la vida acuática (Cuesta et al., 2021), un incremento de este parámetro refleja una reducción de la calidad del agua debido al incremento de la DBO, lo que genera condiciones desfavorables para la subsistencia de la diversidad (Moyano et al., 2021; Barrera et al., 2024). Asimismo, el mes 3 fue el que presentó los valores de temperatura más bajos (12,8 a 13,2 °C) a comparación de los otros meses (de 14,4 a 14,9 °C). Esto puede deberse a diversos factores, tales como el descenso del

caudal en la temporada de estiaje, ya que capacidad de dilución térmica tiende a reducirse favoreciendo la disminución de la temperatura superficial causado por un incremento de la proporción de intercambio térmico con el sedimento o el agua subterránea más fría, lo que podría enfriar el agua (Santelmann et al., 2022), o también la temperatura del agua pudo haber sido influenciada por la radiación solar, que no es la misma en todos los días, ni en las horas a lo largo del día.

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)**

Figura 6

Demanda bioquímica de oxígeno en los puntos de muestreo de la quebrada Alpacocha



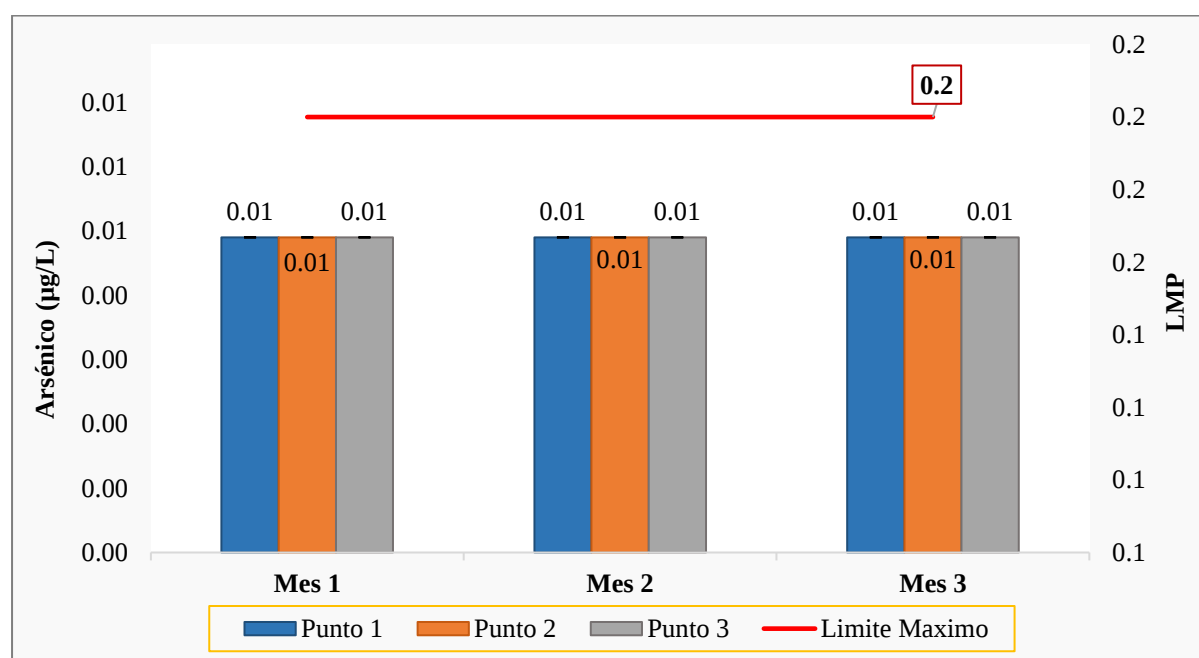
La figura 6 muestra que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) fue la misma en los 3 meses de evaluación y en los 3 puntos de muestreo; es decir no se detectaron variaciones en este parámetro. Asimismo, estos resultados fueron inferiores al límite máximo permitido (15,00 mg/L) por la normativa ambiental N.º 004-2017-MINAM, lo que indica que hay poca materia orgánica y una baja contaminación del agua de la quebrada Alpacocha, podría estar relacionado con procesos de dilución, autodepuración o mecanismos de tratamiento previo presentes antes del ingreso del afluente residual. Ya que estudios realizados mencionan que la

instalación de plantas de tratamiento disminuye la carga microbiana y generan un incremento del oxígeno disuelto en el agua lo que reduce la cantidad de contaminantes (Alegre, 2024). Por el contrario, un valor alto de DBO₅ indica una mayor cantidad de materia orgánica presente en el agua y por tanto los microorganismos requieren de más oxígeno para oxidarla y descomponerla (Aguilar et al., 2023).

- **Presencia de arsénico**

Figura 7

Concentración de arsénico en los puntos de muestreo de la quebrada Alpacochoa



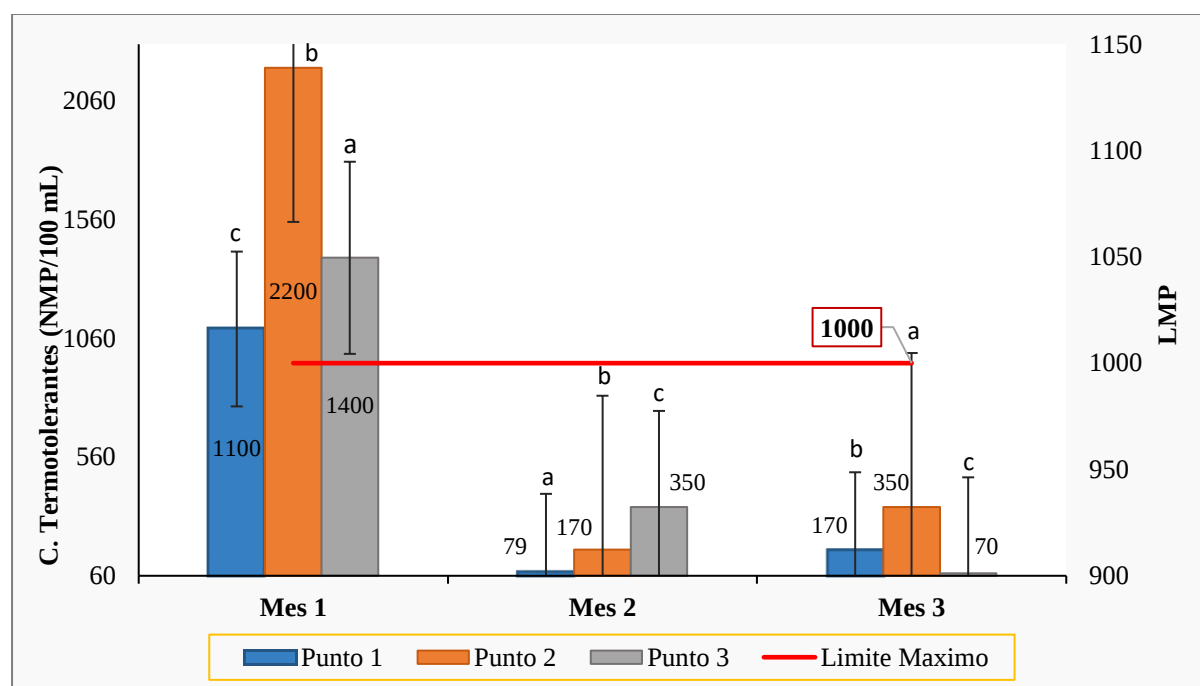
La figura 7 muestra que el contenido de arsénico fue el mismo en los 3 meses de evaluación y en los 3 puntos de muestreo; es decir el afluente de aguas residuales no evidenció variaciones en este parámetro, debido posiblemente a que en la zona de estudio no existen industrias que generen contaminación por este tipo de elementos y solo son residuos generados por actividades domésticas comunes. Asimismo, estos valores se encontraron muy por debajo de límite máximo permitido (0,2 mg/L) por la normativa ambiental N.º 004-2017-MINAM, esto indica un bajo riesgo ambiental, algo que en contextos de contaminación no siempre se cumple (Wajahat et al., 2025). Este elemento generalmente está presente en descargas

industriales y debido al uso de herbicidas e insecticidas, los que pueden contaminar artificialmente las aguas, los cultivos e indirectamente afectaría la salud de las personas (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2018).

4.1.2. Calidad microbiológica del agua en la quebrada Alpacocha

Figura 8

Coliformes termotolerantes en los puntos de muestreo de la quebrada Alpacocha



La figura 8 muestra que los coliformes termotolerantes en el mes 1 (temporada lluviosa) superaron el límite máximo permitido (1 000 NMP/100 mL) por la normativa ambiental N.º 004-2017-MINAM en todos los puntos evaluados, esto es explicado porque el agua de lluvia arrastra distintos desechos incluyendo heces humanas, estiércol de ganado, actividades agrícolas y otros contaminantes orgánicos, lo que podría ser un causante del incremento de la carga microbiana en esta temporada (Tuan et al., 2023). Lo contrario ocurre en los meses 2 y 3 (temporada de estiaje) donde los valores se encontraron por debajo del límite máximo permitido por la normativa, lo que es explicado por la ausencia de lluvias y escorrentía superficial, disminuyendo el arrastre de contaminantes hacia el cauce de la quebrada (Wajahat et al., 2025).

En cuanto a la comparación entre puntos de muestreo, el punto 2 presentó el valor más elevado de microorganismos, lo que es coherente ya que las muestras se tomaron justo de la intersección del afluente con el agua de la quebrada y por ello presentó valores elevados debido al aporte directo de aguas residuales con materia orgánica y bacterias. Sin embargo, luego el punto 3 ubicado 50 metros aguas abajo se observó una reducción de la carga microbiana, posiblemente en respuesta a los procesos naturales de autodepuración del cuerpo de agua (dilución, acción de radiación solar, predación por otros microorganismos, entre otros factores) (Xie et al., 2022).

- **Análisis estadístico**

Tabla 6

Prueba de normalidad y análisis de varianza de los resultados obtenidos

Meses	Parámetros	Pruebas de normalidad Shapiro-Wilk	Prueba de Levene	ANOVA	Kruskal-Wallis
		Valor p	Valor p	Valor p	Valor p
Mes 1	pH	0,108	1,000	0,005	No aplica
	Temperatura	0,057	0,567	0,000	No aplica
	DBO ₅	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	Arsénico	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	C. Termotolerantes	0,011	No Aplica	No aplica	0,018
Mes 2	pH	0,188	0,652	0,000	No aplica
	Temperatura	0,057	0,567	0,000	No aplica
	DBO ₅	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	Arsénico	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	C. Termotolerantes	0,024	No aplica	No aplica	0,025
Mes 3	pH	0,091	0,006	No aplica	0,026
	Temperatura	0,005	1,000	No aplica	0,038
	DBO ₅	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	Arsénico	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	C. Termotolerantes	0,029	No aplica	No aplica	0,018

Nota. Este análisis se realizó para cada mes de evaluación, considerando los tres puntos de muestreo evaluados durante los tres periodos de monitoreo.

La tabla 6 muestra que los parámetros de pH y temperatura se distribuyeron normalmente según la prueba de Shapiro-Wilk, y presentaron homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene en el mes 1 y mes 2, debido a ello se aplicó el análisis de varianza (ANOVA), el cual mostró diferencias significativas entre los puntos de muestreo ($p < 0,05$). Sin embargo, para DBO₅ y arsénico no se pudieron realizar pruebas de normalidad debido a la homogeneidad de los datos en los tres puntos evaluados, impidiendo el uso de análisis de varianza, y en el caso de las bacterias coliformes termotolerantes, del pH y de la temperatura en el mes 3 no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, por lo que se analizaron mediante la prueba de Kruskal-Wallis, la misma que mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los puntos. En los datos analizados mediante ANOVA y donde se encontraron diferencias significativas, se aplicó la prueba post hoc de Tukey para la comparación de medias. Y la prueba post hoc de Dunn con corrección de Bonferroni para los datos analizados con Kruskal Wallis.

Se reconoce que el tamaño muestral ($n = 9$) y la ausencia de réplicas constituyen limitaciones del análisis inferencial; sin embargo, los resultados obtenidos mediante las pruebas ANOVA y Kruskal-Wallis permitieron identificar diferencias estadísticas entre los puntos de muestreo evaluados. Asimismo, el enfoque principal del estudio se basó en la comparación de los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, permitiendo evaluar el estado de la calidad del agua y los posibles riesgos ambientales asociados.

Este diseño estadístico es coherente con investigaciones similares en contextos de recursos limitados (Aliaga et al., 2021) y cumple con los principios de transparencia, rigor y pertinencia para estudios de diagnóstico ambiental en cuerpos de agua superficiales.

Tabla 7*Resumen de parámetros fisicoquímicos en el agua de la quebrada Alpacocha*

Características	Mes 1			Mes 2			Mes 3		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
pH	8,4 ± 0,058 ^b	8,7 ± 0,058 ^a	8,6 ± 0,058 ^a	8,5 ± 0,12 ^c	8,7 ± 0,012 ^b	8,6 ± 0,006 ^a	7,7 ± 0,006 ^c	7,8 ± 0,064 ^b	8 ± 0,058 ^a
Temperatura	14,6 ± 0,012 ^c	14,7 ± 0,006 ^b	14,9 ± 0,006 ^a	14,6 ± 0,12 ^c	14,7 ± 0,006 ^b	14,9 ± 0,006 ^a	12,8 ± 0,00 ^b	12,8 ± 0,006 ^b	13,2 ± 0,023 ^a
DBO₅	2,6 ± 0,00	2,6 ± 0,00	2,6 ± 0,00	2,6 ± 0,00	2,6 ± 0,00	2,6 ± 0,00	2,6 ± 0,00	2,6 ± 0,00	2,6 ± 0,00
Arsénico	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00

La tabla 7 muestra que el pH y la temperatura exhibieron ligeras variaciones entre meses, cuyos valores fueron inicialmente más altos y ligeramente más bajos en los meses posteriores. En el mes 1, la prueba de Tukey mostró diferencias del pH entre el punto 1 con los puntos 2 y 3, en el mes 2 el pH fue diferente en los 3 puntos, lo mismo se evidenció en el mes 3. Asimismo, la temperatura presentó diferencias significativas entre los 3 puntos evaluados tanto en el mes 1 así como en el mes 2, y en el mes 3 el punto 3 fue diferente a los otros puntos. Por su parte, la DBO₅ y el arsénico fue prácticamente igual en todos los puntos evaluados.

Tabla 8*Resumen de parámetros bacteriológicos en el agua de la quebrada Alpacocha*

Meses	C. Termotolerantes (NMP/100 mL)		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Mes 1	1100 ^c	2200 ^b	1400 ^a
Mes 2	79 ^a	170 ^b	350 ^c
Mes 3	170 ^b	350 ^a	70 ^c

La tabla 8 muestra que los coliformes termotolerantes disminuyeron considerablemente entre el mes 1 y los meses de estiaje donde se observó una baja cantidad de microorganismos, siendo el punto 2 donde ingresa el afluente el que presentó una carga microbiana mayor. La prueba de post hoc reveló la existencia de diferencias significativas entre cada uno de los resultados de los 3 puntos de muestreo, esto se evidenció en los tres meses de evaluación. Los resultados obtenidos evidencian que la influencia del vertimiento de aguas residuales domiciliarias no se manifestó de manera uniforme en todos los parámetros evaluados. Las principales variaciones se observaron en el pH, la temperatura y los coliformes termotolerantes, mientras que la DBO₅ y la concentración de arsénico permanecieron constantes durante el periodo de monitoreo.

Tabla 9

Comparación de resultados del estudio actual vs. antecedentes

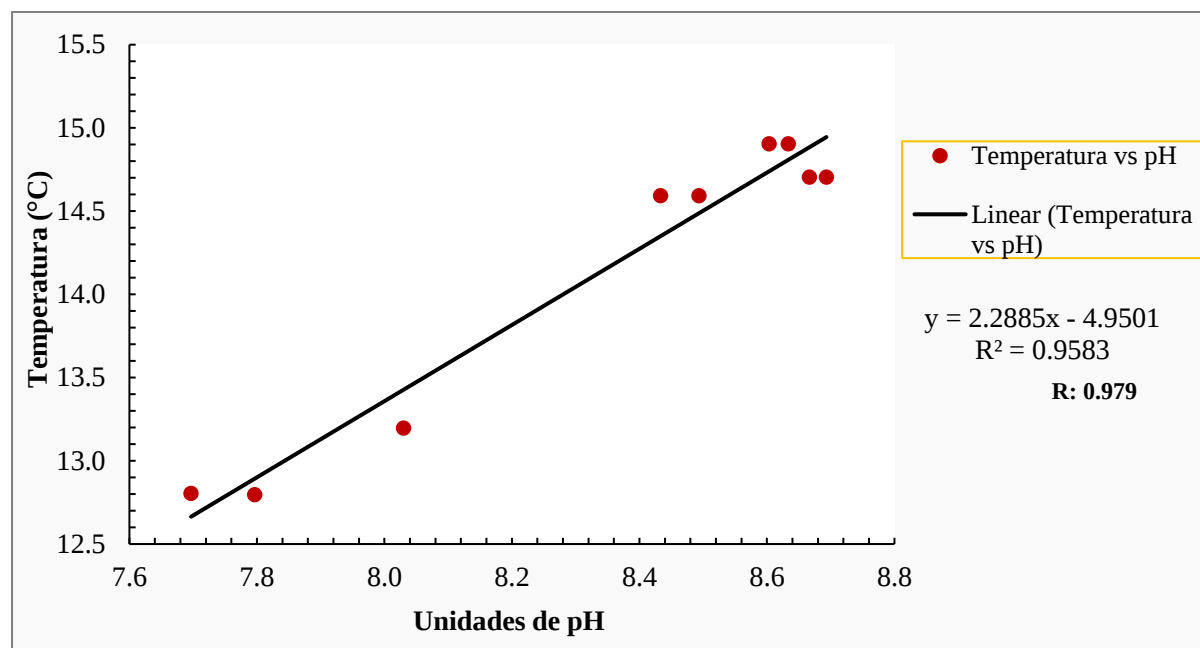
Parámetro	Estudio actual (quebrada Alpacocha)	Antecedentes (autores citados)	Comparación / Interpretación
pH	• Mes 1 (lluvias): E1 dentro del LMP; E2 y E3 superan 8,5. • Mes 2: E2 y E3 nuevamente superan el límite. • Mes 3: pH se reduce en todos los puntos, E1 siempre más bajo.	• Zegarra et al. (2022) reportó valores de pH ligeramente alcalinos (entre 8,3 y 8,5). • Según (Xie et al., 2022; Tian et al., 2024) la variación está asociada a descargas domésticas y caudal.	El agua de la quebrada estudiada presentó una alcalinidad superior al estudio realizado en Celendín, evidenciando posible influencia de aguas residuales domésticas. La tendencia coincide con estudios que indican que la temporada y el vertimiento elevan el pH.
Temperatura	• Meses 1, 2 y 3: valores superan el LMP de 3 °C. • Puntos E2 y E3 ligeramente más altos. • Mes 3 muestra temperaturas más bajas (12,8 a 13,2 °C).	• Estudios ambientales: el ingreso de aguas residuales incrementa la temperatura por actividades domésticas (Cuesta et al., 2021). • Moyano et al. (2021): temperatura alta, afecta calidad de agua y oxígeno.	Coincide con la literatura: descargas domésticas incrementan la temperatura, especialmente en puntos después del vertimiento. El descenso en estiaje es coherente con menor caudal y menor radiación variable.

DBO₅	• Valores iguales en todos los puntos y meses. • Siempre < 15 mg/L (debajo del límite).- Indica baja carga orgánica.	• México (Castillo, 2020): DBO de 135 a 176 mg/L. • Huancavelica (Aliaga et al., 2021): DBO aguas arriba: 2,8 mg/L; aguas abajo: 3,8 mg/L. • Chota (Coronel 2018): 18,5 mg/L.	La DBO ₅ evidenciada es mucho menor que en estudios donde las aguas residuales no reciben ningún tratamiento, lo que podría estar relacionado con procesos de tratamiento o dilución del afluente.
Arsénico	• Valores constantes en todos los puntos y meses. • Muy por debajo del LMP (0,2 mg/L). • Sin variaciones asociadas al afluente.	• México (Castillo, 2020): presencia de arsénico por descargas agrícolas e industriales. • ANA (2018): Arsénico se eleva en zonas con minería o pesticidas.	Los resultados muestran mínimo riesgo, coherente con el hecho de que en la zona no hay minería ni uso intensivo de pesticidas.
Coliformes termotolerantes	• Mes 1 (lluvias): superan 1000 NMP/100 mL en todos los puntos. • Meses 2 y 3 (estiaje): por debajo del límite.- E1 siempre menor que E2 y E3 (efecto del afluente).	• Colombia (Sáenz et al., 2023): 2 a 704 000 NMP/100 mL. • Huancavelica (Aliaga et al., 2021): aguas abajo 1107.5 NMP/100 mL. • Chota (Coronel, 2018): 1,600,00 NMP/100 mL.	La quebrada presenta valores altos solo en lluvias, comparables a estudios moderados como Huancavelica, pero muy inferiores a zonas altamente contaminadas como Colombia y Chota. Se confirma además que la lluvia incrementa la carga bacteriana por arrastre superficial.

4.1.3. Correlación de indicadores fisicoquímicos y bacteriológicos

Figura 9

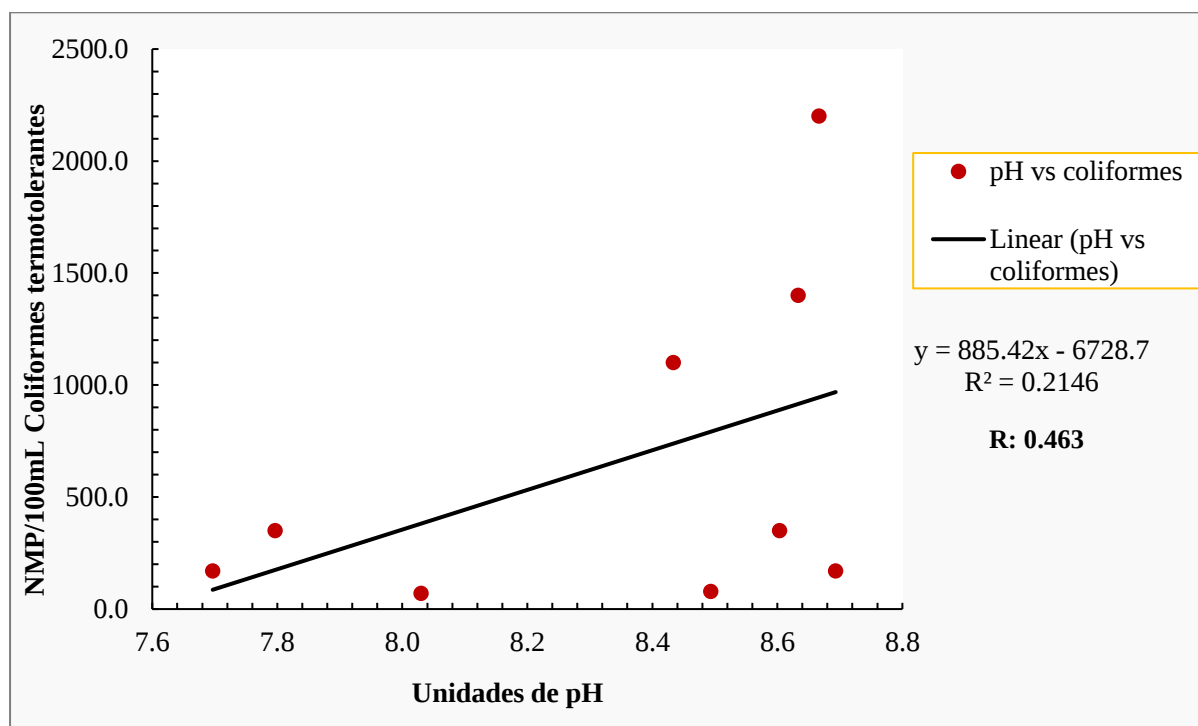
Temperatura y pH en los 3 puntos de muestreo de la quebrada Alpacocha



La figura 9 evidencia una correlación lineal directa alta entre la temperatura y el pH. Esta relación se cuantifica mediante un coeficiente de correlación (R) de 0,979, y se confirma por el coeficiente de determinación (R^2) de 0,9583, lo que implica que el 96% de la variabilidad de la temperatura es explicada por los cambios en el pH, evidenciando una asociación positiva entre ambas variables. La consistencia de este patrón es consistente a lo largo de toda la quebrada, reflejada en las correlaciones prácticamente perfectas obtenidas individualmente en los puntos de muestreo (R entre 0,998 y 1,00). Este hallazgo es coherente con el principio fisicoquímico en sistemas acuáticos superficiales: un aumento de la temperatura reduce la solubilidad del CO_2 , disminuyendo el ácido carbónico y, consecuentemente, elevando el pH (Hongxing et al., 2022). Este mecanismo explica la consistencia en el comportamiento observado durante el monitoreo, donde pequeñas fluctuaciones térmicas resultan en alteraciones directas y consistentes en los índices de pH.

Figura 10

Coliformes termotolerantes y pH en los 3 puntos de muestreo de la quebrada Alpacocha

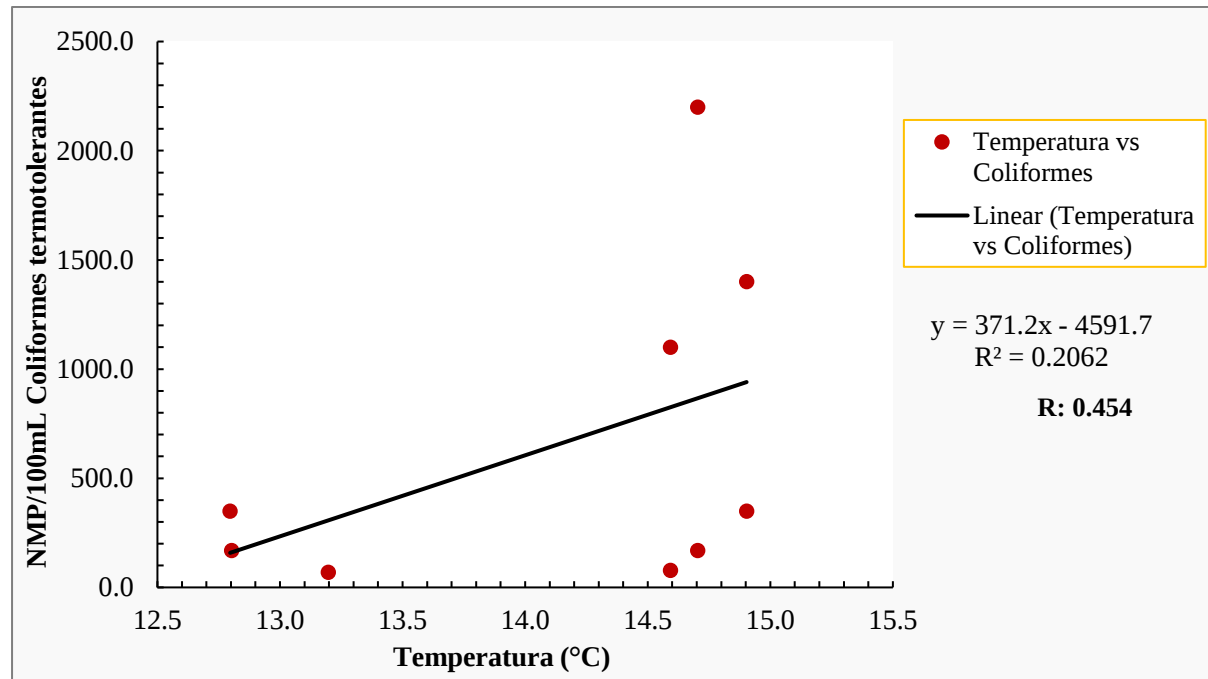


La figura 10 evidencia la correlación de los coliformes termotolerantes y el pH; de lo cual, el dato de correlación general entre estas características ($R=0,463$) indica que hay una correlación positiva débil, alejada de la relación moderada o fuerte; lo que sugiere que, aunque existe una tendencia donde los valores más altos de pH se asocian con concentraciones de coliformes termotolerantes ligeramente superiores, esta relación no es consistente ni lo suficientemente fuerte como para establecer una relación consistente entre ambos parámetros. El $R^2 = 0,2146$ confirma que pH explica solo el 21% de la variabilidad de coliformes. De manera semejante la correlación en el punto 1 fue débil con un valor de 0,367; de igual manera el punto 2 con valor de 0,405 y en el punto 3 se evidencia una mejor correlación de 0,695, pero aún sigue siendo moderada (tabla 10). La fluctuación de coliformes se basa sobre todo en la contribución externa de materia orgánica y descargas residuales, no en variables fisicoquímicas como el pH. Esto explica por qué, a pesar de las diferencias de pH observadas en los puntos de

muestreo, las concentraciones bacterianas no presentan un comportamiento correlacionado de manera constante (Moorthy et al., 2024).

Figura 11

Coliformes termotolerantes y temperatura en los 3 puntos de muestreo de la quebrada Alpacocha



La figura 11 muestra la correlación de los coliformes termotolerantes y la temperatura; de lo cual, el dato de correlación general entre estas características ($R=0,454$) indica que hay una correlación positiva débil, alejada de la relación moderada o fuerte; lo que sugiere que, aunque existe una tendencia donde las mayores temperaturas se asocian con mayores concentraciones de coliformes termotolerantes, esta relación no es consistente ni lo suficientemente fuerte como para atribuir un comportamiento conjunto entre ambos parámetros. El $R^2= 0,2062$ confirma que la temperatura explica solo alrededor de 20% de la variabilidad de coliformes termotolerantes. De manera semejante la correlación en el punto 1 fue débil con un valor de 0,429; de igual manera el punto 2 con valor de 0, 429 y en el punto 3 se evidencia una mejor correlación de 0,663, pero aún sigue siendo moderada (tabla 10). Las concentraciones de coliformes en cuerpos de agua dependen principalmente de factores

externos como aporte de materia orgánica, sólidos suspendidos o precipitaciones y en menor medida de parámetros como temperatura o pH (Seo et al., 2021).

Tabla 10

Correlación de indicadores fisicoquímicos y bacteriológicos en los puntos de muestreo de la quebrada Alpacocha

Parámetros/indicadores	Coeficiente de correlación (R)		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3
pH vs Temperatura	0,998	1,000	0,999
pH vs Coliformes	0,367	0,405	0,695
Temperatura vs Coliformes	0,429	0,429	0,663

4.2. Contrastación de hipótesis

Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas en algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos entre los puntos de muestreo, especialmente en pH, temperatura y coliformes termotolerantes; por ello, se rechazó la hipótesis nula y se respaldó la hipótesis alterna planteada que menciona que las aguas residuales domiciliarias influyen significativa en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la quebrada Alpacocha.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El vertimiento de aguas residuales domiciliarias influyó parcialmente en la calidad del agua de la quebrada Alpacocha, evidenciándose variaciones en los parámetros pH, temperatura y coliformes termotolerantes entre el punto de referencia ubicado aguas arriba y los puntos influenciados por la descarga. Sin embargo, la DBO₅ y la concentración de arsénico no presentaron variaciones durante el periodo de monitoreo.

El pH y la temperatura presentaron variaciones entre los puntos de monitoreo, registrándose valores más altos en las zonas cercanas a la descarga de aguas residuales. En contraste, la DBO₅ y el arsénico mantuvieron valores constantes y dentro de los límites establecidos por el ECA Agua Categoría 3.

Los coliformes termotolerantes superaron los límites permitidos por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM durante la temporada lluviosa, especialmente en el punto de descarga del afluente residual, evidenciando una mayor carga microbiológica en comparación con el punto ubicado aguas arriba.

5.2. Recomendaciones

Las autoridades municipales y ambientales deberían implementar sistemas eficaces de tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando tecnologías sostenibles y asequibles (lagunas de oxidación y humedales) para reducir la contaminación y mejorar la calidad del agua.

Se recomienda realizar estudios complementarios de tipo epidemiológico y sanitario en la población del centro poblado La Púcara, con el fin de identificar posibles enfermedades asociadas al uso del agua de la quebrada Alpacocha, especialmente en actividades agrícolas, pecuarias y de contacto directo.

Los gobiernos locales deben establecer programas periódicos de análisis de la calidad del agua que tengan en cuenta las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua para monitorear periódicamente la condición ambiental de este recurso.

A la comunidad local, incentivar la involucración activa en iniciativas de concienciación y enseñanza sobre el medio ambiente, con el objetivo de promover el uso responsable del agua y la correcta gestión de desechos domésticos.

Realizar muestreos con mayor replicación (mínimo 5–7 réplicas por punto) y en ambas temporadas (seca y lluviosa) para mejorar la robustez estadística..

REFERENCIAS

- Alegre, C. (2024). Remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno y Coliformes Termotolerantes en aguas residuales mediante mamparas: caso de estudio en la PTAR Machupicchu. *Cantua*, 21(1), 28-31. <https://doi.org/10.51343/cantu.v21i1.1566>
- Aguilar, J. D. D. y Cubas, N. (2022). Contaminación de suelos por el uso de aguas residuales. *Revista científica Alfa*, 2(3). <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.104>
- Aguilar, J., Balderas, P., Torres, T., Barrera, C., Rodríguez, I., y Torres, T. (2023). Relationship, importance, and development of analytical techniques: COD, BOD, and TOC in water—An overview through time. *Review Paper*, 5(118), 1 - 13. <https://doi.org/10.1007/s42452-023-05318-7>
- Aliaga, M. I., Carbajal, N. G. y Solis, E. M. (2021). *Efecto de la descarga de agua residual poblacional en la carga orgánica y coliformes termotolerantes del río Ichu, distrito de Acoria – Huancavelica*, [Tesis para optar el título profesional, Universidad Continental]. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11135/1/IV_FIN_107_T_E_Aliaga_Carbajal_Solis_2021.pdf
- Amambal, J. (2021). *Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Contumazá* [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5798>
- Augusto, J. M. y Ramos, E. N. (2023). *Efecto del ozono sobre el componente orgánico de las aguas residuales en el hospital regional docente de Cajamarca* [Tesis pregrado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrello]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1548/Tesis%20Mosqueira%20Estraver%20Hugo%20pdf.pdf?sequence=1>

- Autoridad Nacional del Agua-ANA. (2018). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales*. MINAGRI. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._068-2018-ana.pdf
- Autoridad Nacional del Agua. (2023). *Informe de Evaluación Institucional Correspondiente al primer semestre del año 2023*. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/04_ANA_Informe%20de%20evaluaci%C3%B3n%20institucional%20semestral%202023%20FINAL_VB%20UPM%20y%20OPP%20-%20COMPLETO.pdf
- Aquino, Y. D. (2023). *Eficiencia de macrófitas flotantes en la depuración de aguas contaminadas por plomo y cadmio, Cajamarca* [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5503>
- Barrera, V., Córdova, P., Martínez, J., Barrios, T., Cordova, I., y Candia, V. (2024). Vertimiento de aguas residuales domiciliarias y el grado de contaminación del río Pisco, Ica. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 8(24), 916 - 929. <https://doi.org/https://revistaalfa.org/index.php/revistaalfa/article/view/419/1011>
- Carhuas, R. M. (2019). *Evaluación de la contaminación físico-química y microbiológica de las aguas superficiales del río San Juan afectadas por la empresa minera El Brocal S.A.* [Tesis pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1814>
- Caycedo, L., y Trujillo, D. (2020). Concepto del agua y sus implicaciones en la formación ambiental. *Revista Boletín Redipe*, 9(7), 61-70. <https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7528459.pdf>

- Cely, N., Bicerria, D., y Cárdenas, J. (2023). *Causas y consecuencias de la contaminación de aguas superficiales*. Ediciones Nueva Jurídica.
<https://doi.org/https://repositorio.ufps.edu.co/server/api/core/bitstreams/3ad852be-efd2-4f18-8901-92d655a9dc3a/content>
- Coronel, L. H. (2018). *Estudio comparativo de los niveles de contaminación en el cauce alto y bajo del río Colpamayo, Chota*. [Tesis pregrado, Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30727>
- Cooperación Autónoma Regional del Nariño-CARN. (2020). *Formulación de metas de carga contaminante del quinquenio 2020-2024*. https://corponarino.gov.co/wp-content/uploads/2020/08/DOCUMENTO-METAS-DE-CARGA-CONTAMINANTE-QUINQUENIO-2020_2024.pdf
- Cuesta, D., Velazco, C., y Castro, J. (2021). Evaluación ambiental asociada a los vertimientos de aguas residuales generados por una empresa de curtiembres en la cuenca del río Aburrá. *Revista UIS Ingenierías*, 17(2), 141-151.
<https://doi.org/10.18273/revuin.v17n2-2018013>
- Dorado, L., Dueñas, M., y Suescún, S. (2022). Caracterización físico-química y microbiológica del agua de un municipio del departamento de Boyacá (Colombia). *Revista de investigación en salud*, 9(2), 44-61.
<https://doi.org/https://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/rs/article/view/825/772>
- Hongxing, S., Afed, U., Chen, Y., Zhu, M., y Jiping, J. (2022). CO₂ and Humidity Affect the Characteristics of Surface Water Quality Response to Climatic Factors. *Hydrology*, 10(4), 86-95. <https://doi.org/10.11648/j.hyd.20221004.13>

- Empresa Líder en Energías Renovables [IBERDROLA]. (2023). Contaminación del agua, cómo no poner en peligro nuestra fuente de vida. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/contaminacion-del-agua>
- García, S., Arguello, A., y Parra, R. (2023). Factores que influyen en el pH del agua mediante la aplicación de modelos de regresión lineal. *INNOVA Research Journal*, 4(2), 59-71. <https://doi.org/https://doi.org/10.33890/innova.v4.n2.2019.909>
- Gutiérrez, V. y Silvia, S. (2021). Degradación ambiental antrópica de las barrancas el Conde y Malinalli de la ciudad de Puebla, México. *Revista Int. Contam. Ambie*, 37, 187-199. <https://www.redalyc.org/journal/370/37072384023/html/>
- Lemessa, F., Simane, A., Seyoum, A., y Gebresenbet, G. (2023). Assessment of the Impact of Industrial Wastewater on the Water Quality of Rivers around the Bole Lemi Industrial Park (BLIP), Ethiopia. *Sustainability*, 15(5), 4290. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su15054290>
- Lima, L. M. (2020). *Efecto del vertimiento de aguas residuales domiciliarias en la calidad del agua en el río Sicra Lircay – Huancavelica* [Tesis pregrado, Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8449>
- Mai, H., Phuong, Q., Garnier, J., Janeau, L., y Rochelle, E. (2016). Seasonal variability of faecal indicator bacteria numbers and die-off rates in the Red River basin, North Viet Nam. *Scientific Reports volume*, 6(21644), 1-12. <https://doi.org/10.1038/srep21644>
- Merino, M., Barjau, M., Gerardo, O., Monro, E., Valdespino, P., y Ramírez, J. (2024). El agua... ¿es sólo agua? *Biognosis*, 1(1), 24-28. <https://doi.org/10.29267/biosgnosis.2024.1.1.1>

- Moorthy, K., Solomon, I., y Chukalo, E. (2024). Bacteriological quality and physicochemical analysis of the Kalte River at Wolaita Sodo Town, southern Ethiopia. *Sivalingam et al. BMC Research Notes*, 17(192), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s13104-024-06854-0>
- Moyano, Á., Cuadros, F., Pabón, A., y Trujillo, J. (2021). Impacto ambiental del vertimiento de aguas servidas en aglomerados urbanos ilegales del municipio de Villavicencio, Colombia. *Tecnura*, 25(68), 43-62. <https://doi.org/10.14483/22487638.16273>
- Morillo, J., Sánchez, B. y Vega, V. (2021). Enfermedades transmitidas por el consumo de agua de mala calidad. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(S2), 513-520. https://www.researchgate.net/publication/355174514_Enfermedades_transmitidas_por_el_consumo_de_agua_de_mala_calidad
- Niquén, M., Vasquez, G., Hinojosa, N. y Saldoya, T. (2021). Vertimiento de aguas residuales de la ciudad de Tumbes y disminución de la biodiversidad florística. *Revista RECIAMUC*, 5 (3), 196-207. <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/688>
- Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura [OEI]. (2023). FORCYT - *¿Cómo hacer un sistema de monitoreo y evaluación?: Cuatro estudios de caso de políticas de ciencia, tecnología e innovación 2023*. <https://oei.int/oficinas/secretaria-geral/publicaciones/forcyt-como-hacer-un-sistema-de-monitoreo-y-evaluacion-cuatro-estudios-de-caso-de-politicas-de-ciencia-tecnologia-e-innovacion-2023>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2023). *Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos: Las aguas residuales el recurso desaprovechado*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647>

- Osorio, M., Carrillo, W., Negrete, J., Loor, X. y Riera, E. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Revista Polo del Conocimiento*, 6 (56), 228-245.
<https://orcid.org/0000-0002-8641-2721>
- Prasad, B., Prasad, S., y Kumar, B. (2022). Occurrence and fate of micropollutants in water bodies. *Environmental Micropollutants*, 271-293.
<https://www.sciencedirect.com/science/chapter/edited-volume/abs/pii/B9780323905558000052>
- Pedrozo, A. (2021). Contaminación difusa, el reto para la gestión del agua en ciudades: Medio ambiente. *Revista Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*, (20), 1-4.
<https://doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-20>
- Pillado, K. (2025, julio 10). *NOM-001-SEMARNAT y tratamiento de aguas residuales*. Contyquim. <https://contyquim.com/blog/importancia-del-tratamiento-de-aguas-residuales>
- Puerta, C. (2019). *Determinación de la influencia de la descarga del río Mayo en la calidad de agua del río Huallaga, a través de los ICA – PE* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/3460>
- Resolución Jefatural N° 151-2020. (2020, 01 de octubre). *Autoridad Nacional del Agua. Glosario de términos utilizados en la ley de Recursos Hídricos N° 29338 y en su reglamento* (D.S. N°001-2010-AG).
<https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/RJ%20151-2020-ANA.pdf>
- Sáenz, S., Garcés, O., Córdova, M., Blandon, L., Espinosa, D., Vivas, A. y Canales, M. (2023). Contaminación por vertidos de aguas residuales: Una revisión de las interacciones microorganismos microplásticos y sus posibles riesgos ambientales en aguas costeras

- colombianas. *Revista Científica de Ecología y Medioambiente*, 32(1).
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/2489>
- Santelmann, M., Harewood, A., y Flitcroft, R. (2022). Effects of Stream Enhancement Structures on Water Temperature in South Sister Creek, Oregon. *BioOne Complete*, 95(2), 130-151.
https://doi.org/https://www.fs.usda.gov/pnw/pubs/journals/pnw_2022_santelmann001.pd
- Seo, M., Lee, H., y Kim, Y. (2021). Relationship between Coliform Bacteria and Water Quality Factors at Weir Stations in the Nakdong River, South Korea. *Water* , 11(6), 1171.
<https://doi.org/10.3390/w11061171>
- Silva, C., Santos, J., y Pereira, J. (2024). Potential effects of the discharge of wastewater treatment plant (WWTP) effluents in benthic communities: evidence from three distinct WWTP systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 34492–34506.
<https://doi.org/10.1007/s11356-024-33462-z>
- Tercer Ciclo de Planificación Hidrológica [TCPH]. (2021). Fuentes de contaminación puntual; saneamiento, salmuera, vertederos e industrial.
<https://www.caib.es/sites/aigua/f/311549>
- Tian, R., Posselt, M., Miaz, L., Fenner, K., y McLachlan, M. (2024). Influence of Season on Biodegradation Rates in Rivers. *Environ Sci Technol*, 58(16), 7144–7153.
<https://doi.org/10.1021/acs.est.3c10541>
- Tuan, N., Duy, L., Thi, N., Schmalz, B., y Le, T. (2023). Influences of key factors on river water quality in urban and rural areas: A review. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8, 100424. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100424>

- Wajahat, M., Qureshi, F., Ahmed, S., Kamyab, H., Rajendran, S., Ibrahim, H., y Yusuf, M. (2025). A comprehensive review on arsenic contamination in groundwater: Sources, detection, mitigation strategies and cost analysis. *Environmental Research*, 265, 120457. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.120457>
- Xie, Y., Liu, X., Wei, H., Chen, X., Gong, N., Ahmad, S., Ni, S. (2022). Nsight into impact of sewage discharge on microbial dynamics and pathogenicity in river ecosystem. *Scientific Reports volume*, 12(6894), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09579-x>
- Zegarra, D. (2022). *Evaluación de los parámetros físicos, químicos del agua de la quebrada Grande por efecto de la contaminación con los lixiviados en el distrito de Sucre*. [Tesis posgrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5079/Tesis%20Diana%20Zegarra.pdf?sequence=1&isAllowed=1>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia de la investigación

Tabla 11

Matriz de consistencia de la investigación

Problema de Investigación	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones e Indicadores	Metodología
Problema General: ¿Cómo influye el vertimiento de aguas residuales domiciliarias en la calidad del agua de la quebrada Alpacocha La Púcara, Tacabamba, Chota, durante el año 2023? Problemas Específicos: 1. ¿Cómo influye el vertimiento de aguas residuales domiciliarias en los parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, DBO₅ y arsénico) del agua de la quebrada Alpacocha? 2. ¿Cómo influye el vertimiento de aguas residuales domiciliarias en la concentración de coliformes termotolerantes del agua de la quebrada Alpacocha?	Objetivo General: Evaluar la influencia del vertimiento de aguas residuales domiciliarias en la calidad del agua de la quebrada Alpacocha La Púcara, Tacabamba, Chota, 2023. Objetivos Específicos: 1. Evaluar los parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, Demanda Bioquímica de Oxígeno [DBO₅] y arsénico) del agua de la quebrada Alpacocha en diferentes puntos y periodos de muestreo. 2. Determinar la concentración de coliformes termotolerantes del agua de la quebrada Alpacocha en diferentes puntos y periodos de muestreo.	H0: El vertimiento de aguas residuales domiciliarias no influye en la calidad del agua de la quebrada Alpacocha La Púcara, Tacabamba, Chota, no existiendo variaciones en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos entre los puntos de muestreo evaluados. H1: El vertimiento de aguas residuales domiciliarias influye en la calidad del agua de la quebrada Alpacocha La Púcara, Tacabamba, Chota, generando variaciones en algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos entre los puntos de muestreo evaluados.	V. Dependiente Características fisicoquímica y bacteriológica del agua de la quebrada Alpacocha V. Independiente Presencia de vertimiento de aguas residuales domiciliarias	Dimensiones: - Temperatura - pH - Demanda - DBO₅ - Arsénico - C. Termotolerantes Descarga visible de vertimiento de aguas residuales domiciliarias hacia la quebrada Alpacocha	Tipo de Investigación: Básica Nivel: Descriptivo comparativo Diseño: No experimental Enfoque: Cuantitativo Técnicas: Observación directa, análisis de laboratorio, análisis comparativo.

Anexo 2. Panel fotográfico

Figura 12

Rotulado y etiqueta de frascos de muestreo



Figura 13

Toma de muestras de agua en P1 de la quebrada Alpacocha



Figura 14

Toma de muestras de agua en el P2 de la quebrada Alpacocha



Figura 15

Toma de muestras en el P3 de la quebrada Aalpacocha



Figura 16

Acondicionamiento de muestras para traslado al laboratorio



Anexo 3. Informes de ensayos fisicoquímicos y microbiológicos muestras hídricas

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

INFORME DE INTERPRETACIÓN

IE 07250888

Usuario
Localización

VASQUEZ GUERRERO ANDER JANSLES
6 DE NOVIEMBRE - PUCARA - TACABAMBA - CHOTA

ENSAYOS			MUESTRAS						NORMATIVA
Parámetro	Unidad	LCM	P - 01	P - 02	P - 03	-	-	-	ECA D1 (D.S-004)
Plata (Ag)	mg/L	0.019	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	N.A.
Aluminio (Al)	mg/L	0.023	0.029	0.046	0.056	-	-	-	5.00
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	0.10
Boro (B)	mg/L	0.026	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	1.00
Bario (Ba)	mg/L	0.004	0.022	0.007	0.006	-	-	-	0.70
Berilio (Be)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	0.10
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	N.A.
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	40.460	10.900	7.513	-	-	-	N.A.
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	0.01
Cerio (Ce)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	N.A.
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	0.05
Cromo (Cr)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	0.10
Cobre (Cu)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	0.20
Hierro (Fe)	mg/L	0.023	0.038	0.242	0.266	-	-	-	5.00
Potasio (K)	mg/L	0.051	0.887	0.488	0.424	-	-	-	N.A.
Litio (Li)	mg/L	0.005	0.006	<LCM	<LCM	-	-	-	2.50
Magnesio (Mg)	mg/L	0.019	7.363	1.888	1.293	-	-	-	N.A.
Manganeso (Mn)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	0.20
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	N.A.
Sodio (Na)	mg/L	0.026	1.644	0.666	0.548	-	-	-	N.A.
Níquel (Ni)	mg/L	0.006	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	0.20
Fósforo (P)	mg/L	0.024	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	N.A.
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	0.05
Azufre (S)	mg/L	0.091	6.447	1.803	1.262	-	-	-	N.A.
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	N.A.
Selenio (Se)	mg/L	0.007	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	0.02
Silicio (Si)	mg/L	0.104	3.808	3.070	2.852	-	-	-	N.A.
Estaño (Sn)	mg/L	0.007	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	N.A.
Estroncio (Sr)	mg/L	0.003	0.165	0.039	0.025	-	-	-	N.A.
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	N.A.
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	N.A.
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	N.A.
Vanadio (V)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	N.A.
Zinc (Zn)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	2.00
Silice (SiO2)	mg/L	0.2225	8.145	6.567	6.100	-	-	-	N.A.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.60	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	15.00
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	170.0	350.0	70.0	-	-	-	1000.00

INTERPRETACIÓN

- Los resultados de la muestra P - 01, se encuentran dentro del límite establecido, según La Categoría 3 Subcategoría D1. (Riego de vegetales y bebida de animales- Riego de vegetales) del D.S. N° 004-2017-MINAM.
- Los resultados de la muestra P - 02, se encuentran dentro del límite establecido, según La Categoría 3 Subcategoría D1. (Riego de vegetales y bebida de animales- Riego de vegetales) del D.S. N° 004-2017-MINAM.
- Los resultados de la muestra P - 03, se encuentran dentro del límite establecido, según La Categoría 3 Subcategoría D1. (Riego de vegetales y bebida de animales- Riego de vegetales) del D.S. N° 004-2017-MINAM.



Nota: N.A.- No Aplica

Cajamarca, 18 de Julio de 2025

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

INFORME DE INTERPRETACIÓN

IE 05250640

Usuario VASQUEZ GUERRERO ANDER JANSLES
Localización 6 DE NOVIEMBRE - PUCARA - TACABAMBA - CHOTA

ENSAYOS			MUESTRAS						NORMATIVA
Parámetro	Unidad	LCM	Punto 01	Punto 02	Punto 03	-	-	-	ECA D1 (D.S-004)
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	0.10
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.60	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-	15.00
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8	54 x 10 ²	92 x 10 ²	54 x 10 ²	-	-	-	N.A.

INTERPRETACIÓN

- Los resultados de la muestra Punto 01, se encuentran dentro del límite establecido, según La Categoría 3 Subcategoría D1. (Riego de vegetales y bebida de animales- Riego de vegetales) del D.S. N° 004-2017-MINAM.
- Los resultados de la muestra Punto 02, se encuentran dentro del límite establecido, según La Categoría 3 Subcategoría D1. (Riego de vegetales y bebida de animales- Riego de vegetales) del D.S. N° 004-2017-MINAM.
- Los resultados de la muestra Punto 03, se encuentran dentro del límite establecido, según La Categoría 3 Subcategoría D1. (Riego de vegetales y bebida de animales- Riego de vegetales) del D.S. N° 004-2017-MINAM.



Nota: N.A.- No Aplica

Cajamarca, 14 de mayo de 2025

INFORME DE ENSAYO N° IE 05250640

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **VASQUEZ GUERRERO ANDER JANSLES**

Dirección **6 DE NOVIEMBRE - PUCARA - TACABAMBA - CHOTA**

Persona de contacto **VASQUEZ GUERRERO ANDER JANSLES** Correo electrónico andervasquez998@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-	Matriz	Agua
Procedimiento de Muestreo	-				Categorías
		Natural	☒	Residual	☐
Tipo de Muestreo	Puntual	Consumo_Humano	☐	Proceso	☐
Número de puntos de muestreo	03	Uso_Humano	☐	Salina	☐
Ensayos solicitados	Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos- Microbiológicos				
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación				
Referencia de la Muestra:	Tacabamba- Chota- Cajamarca				
Observaciones:	-				

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC-643-2025	Cadena de Custodia	CC - 0640 - 25
Fecha y Hora de Recepción	05.05.25	15:08	Inicio de Ensayo 05.05.25 15:17
Reporte Resultado	14.05.25	15:08	Lugar de ejecución de ensayos Laboratorio Regional del Agua (LRA)- Cajamarca

EscanearCodigo QR



Firmado digitalmente por NEYRA JAICO
Edder Miguel FAU 20453744168 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 14/05/2025 05:45 p. m.

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 14 de mayo de 2025

INFORME DE ENSAYO N° IE 05250640

ENSAYOS			Químicos Instrumentales					
Código de la Muestra	Punto 01		Punto 02	Punto 03	-	-	-	-
Código Laboratorio	05250640-01		05250640-02	05250640-03	-	-	-	-
Matriz	Agua Natural-Superficial (Río)		Agua Natural-Superficial (Río)	Agua Natural-Superficial (Río)	-	-	-	-
Fecha- Hora Muestreo	05.05.25 8:08		05.05.25 8:20	05.05.25 8:45	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Colca- Alpacocha		Colca- Alpacocha	Colca- Alpacocha	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-

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



Firmado digitalmente por
NEYRA JAICO Edder Miguel
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 14/05/2025 05:44 p. m.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 14 de mayo de 2025

INFORME DE ENSAYO N° IE 05250640

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra	Punto 01		Punto 02	Punto 03	-	-	-	-
Código Laboratorio	05250640-01		05250640-02	05250640-03	-	-	-	-
Matriz	Agua Natural-Superficial (Río)		Agua Natural-Superficial (Río)	Agua Natural-Superficial (Río)	-	-	-	-
Fecha- Hora Muestreo	05.05.25 8:08		05.05.25 8:20	05.05.25 8:45	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Colca- Alpacocha		Colca- Alpacocha	Colca- Alpacocha	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.60	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-

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



Firmado digitalmente por
NEYRA JAICO Edder Miguel
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 14/05/2025 05:44 p. m.



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 14 de mayo de 2025

INFORME DE ENSAYO N° IE 05250640

ENSAYOS			Microbiológicos				
Código de la Muestra	Punto 01		Punto 02	Punto 03	-	-	-
Código Laboratorio	05250640-01		05250640-02	05250640-03	-	-	-
Matriz	Agua Natural-Superficial (Río)		Agua Natural-Superficial (Río)	Agua Natural-Superficial (Río)	-	-	-
Fecha- Hora Muestreo	05.05.25 8:08		05.05.25 8:20	05.05.25 8:45	-	-	-
Localización de la Muestra	Colca- Alpacocha		Colca- Alpacocha	Colca- Alpacocha	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos				
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8	54 x 10 ²	92 x 10 ²	54 x 10 ²	-	-

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

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



firmado digitalmente por
JLUIETA SANTA CRUZ Enver
U 20453744168 soft
olivo: Viso en señal de
informidad
cha: 14/05/2025 05:38 p.m.

Cajamarca, 14 de mayo de 2025

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FONO: 076-600040 anexo 1140

Página: 4 de

INFORME DE ENSAYO N°

IE 05250640

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SiO ₂ , Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado-Modificado) 2020.Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 24 th Ed. 2023: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique

NOTAS FINALES

- ✓ "Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida NTP-ISO/IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio".
- ✓ "Este informe de ensayo/certificado de calibración/informe de resultados, al estar en el marco de la acreditación del INACAL – DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC".
- ✓ LRA-GRC ASEGURA LA CONFIABILIDAD Y CONFIDENCIALIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO.
- ✓ Los resultados indicados en este informe corresponden única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua, según cotización y cadena de custodia.
- ✓ Cuando la muestra es tomada por el cliente: El Laboratorio Regional del Agua no se responsabiliza por la exactitud o la verificación de la información sobre la muestra. Los resultados del ensayo están basados en la muestra tal como fue recibida y en los datos proporcionados por el cliente.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días después de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.
- ✓ El código QR permitirá la visualización y descarga del documento (según oficio múltiple N° 027-2024-INACAL/DA), por lo que, una vez emitido el informe de ensayo, queda bajo responsabilidad del cliente a quien le de acceso dicho código; además, el link vinculado al código QR también se proporcionará al repositorio del INACAL (según oficio múltiple N° 020-2024-INACAL/DA) para consultas sobre autenticaciones, falsificaciones o adulteraciones del presente documento.
- ✓ Le recordamos que dispone de 30 días calendario desde la fecha de emisión de este informe para presentar cualquier queja, reclamo o solicitar correcciones. Pasado este plazo, no se aceptarán modificaciones ni reclamaciones asociadas al presente informe.

--- Fin del documento ---

Código del Formato: P-23-F01 Ver: 04 Fecha : 06/05/2025

Cajamarca, 14 de mayo de 2025



Firmado digitalmente por
NEYRA JAICO Edder Miguel
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 14/05/2025 05:45 p. m.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

INFORME DE ENSAYO N° IE 05250640

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **VASQUEZ GUERRERO ANDER JANSLES**
Dirección **6 DE NOVIEMBRE - PUCARA - TACABAMBA - CHOTA**
Persona de contacto **VASQUEZ GUERRERO ANDER JANSLES** Correo electrónico andervasquez998@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-	Matriz	Agua
Procedimiento de Muestreo	-				Categorías
		Natural	☒	Residual	☐
Tipo de Muestreo	Puntual	Consumo_Humano	☐	Proceso	☐
Número de puntos de muestreo	03	Uso_Humano	☐	Salina	☐
Ensayos solicitados	Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos- Microbiológicos				
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación				
Referencia de la Muestra:	Tacabamba- Chota- Cajamarca				
Observaciones:	-				

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC-643-2025	Cadena de Custodia	CC - 0640 - 25
Fecha y Hora de Recepción	05.05.25 15:08	Inicio de Ensayo	05.05.25 15:17
Reporte Resultado	14.05.25 15:08	Lugar de ejecución de ensayos	Laboratorio Regional del Agua (LRA)- Cajamarca

Escanear Código QR



Firmado digitalmente por NEYRA JAICO
Edder Miguel FAU 20453744168 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 25/05/2025 03:15 p.m.

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 14 de Mayo de 2025

INFORME DE ENSAYO N° IE 05250640

ENSAYOS			Químicos Instrumentales				
Código de la Muestra	Punto 01		Punto 02	Punto 03	-	-	-
Código Laboratorio	05250640-01		05250640-02	05250640-03	-	-	-
Matriz	Agua Natural-Superficial (Río)		Agua Natural-Superficial (Río)	Agua Natural-Superficial (Río)	-	-	-
Fecha- Hora Muestreo	05.05.25 8:08		05.05.25 8:20	05.05.25 8:45	-	-	-
Localización de la Muestra	Colca- Alpacocha		Colca- Alpacocha	Colca- Alpacocha	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales				
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	-	-

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

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 26/09/2025 12:06 p. m.

INFORME DE ENSAYO N° IE 05250640

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos					
Código de la Muestra	Punto 01		Punto 02	Punto 03	-	-	-	-
Código Laboratorio	05250640-01		05250640-02	05250640-03	-	-	-	-
Matriz	Agua Natural-Superficial (Río)		Agua Natural-Superficial (Río)	Agua Natural-Superficial (Río)	-	-	-	-
Fecha- Hora Muestreo	05.05.25 8:08		05.05.25 8:20	05.05.25 8:45	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Colca- Alpacocha		Colca- Alpacocha	Colca- Alpacocha	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.60	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-

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



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744169 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 26/09/2025 12:06 p. m.

Cajamarca, 14 de Mayo de 2025

Página: 3 de

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FONO: 076-600040 anexo 1140

INFORME DE ENSAYO N° IE 05250640

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra	Punto 01		Punto 02	Punto 03	-	-	-	-
Código Laboratorio	05250640-01		05250640-02	05250640-03	-	-	-	-
Matriz	Agua Natural-Superficial (Río)		Agua Natural-Superficial (Río)	Agua Natural-Superficial (Río)	-	-	-	-
Fecha- Hora Muestreo	05.05.25 8:08		05.05.25 8:20	05.05.25 8:45	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Colca- Alpacocha		Colca- Alpacocha	Colca- Alpacocha	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	11 x 10 ²	22 x 10 ²	14 x 10 ²	-	-	-

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

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
ZULUETA SANTA CRUZ Enver
ID: 20453744168 soft
dotivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 26/09/2025 11:43 a.m.

Cajamarca, 14 de Mayo de 2025

Página: 4 de

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FONO: 076-600040 anexo 1140

INFORME DE ENSAYO N° IE 05250640

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SiO ₂ , Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado-Modificado) 2020.Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

NOTAS FINALES

- ✓ "Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida NTP-ISO/IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio".
- ✓ "Este informe de ensayo/certificado de calibración/informe de resultados, al estar en el marco de la acreditación del INACAL – DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC".
- ✓ LRA-GRC ASEGURA LA CONFIABILIDAD Y CONFIDENCIALIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO.
- ✓ Los resultados indicados en este informe corresponden única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua, según cotización y cadena de custodia.
- ✓ Cuando la muestra es tomada por el cliente: El Laboratorio Regional del Agua no se responsabiliza por la exactitud o la verificación de la información sobre la muestra. Los resultados del ensayo están basados en la muestra tal como fue recibida y en los datos proporcionados por el cliente.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días después de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.
- ✓ El código QR permitirá la visualización y descarga del documento (según oficio múltiple N° 027-2024-INACAL/DA), por lo que, una vez emitido el informe de ensayo, queda bajo responsabilidad del cliente a quien le de acceso dicho código; además, el link vinculado al código QR también se proporcionará al repositorio del INACAL (según oficio múltiple N° 020-2024-INACAL/DA) para consultas sobre autenticaciones, falsificaciones o adulteraciones del presente documento.
- ✓ Le recordamos que dispone de 30 días calendario desde la fecha de emisión de este informe para presentar cualquier queja, reclamo o solicitar correcciones. Pasado este plazo, no se aceptarán modificaciones ni reclamaciones asociadas al presente informe.

--- Fin del documento ---

Código del Formato: P-23-F01 Ver: 04 Fecha : 06/05/2025

Cajamarca, 14 de Mayo de 2025

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
COLINA VENEGAS Juan Jose
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 26/09/2025 12:33 p. m.