

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Impacto de las aguas residuales tratadas
Ptar Kunturkanki en la calidad del río
Huaccrahuacho, provincia Canas, Cusco -
2023**

**Nardo Mamani Berna
Yimy Yilsin Thacca Quispe**

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional"

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Dante Manuel García Jiménez
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 22 de Agosto de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"IMPACTO DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS PTAR KUNTURKANKI EN LA CALIDAD DEL RÍO HUACCRAHUACHO, PROVINCIA CANAS, CUSCO – 2023"

Autores:

1. Nardo Mamani Berna – EAP. Ingeniería Ambiental
2. Yimy Yilsin Thacca Quispe – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**): 20 SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de esta tesis.

A la universidad, por brindarme una formación integral y un entorno propicio para el aprendizaje y el desarrollo profesional.

A mis docentes, por compartir con generosidad sus conocimientos, por su guía constante y por motivarme a superar cada desafío académico.

A mi asesor/a de tesis, cuyo acompañamiento, observaciones precisas y orientación metodológica fueron fundamentales para la concreción de este trabajo.

A mi familia, por su paciencia, comprensión y respaldo incondicional a lo largo de esta etapa.

A todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron al logro de este objetivo, mi más profundo agradecimiento.

Los tesisistas

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía constante, fuente de fortaleza en los momentos de incertidumbre y luz en el camino del conocimiento.

A mi familia, pilar fundamental en cada etapa de este recorrido. Su amor incondicional, apoyo firme y palabras de aliento han sido el motor que me impulsó a seguir adelante incluso en los momentos más desafiantes.

A mis amigos, por estar presentes en cada paso de esta travesía, aportando alegría, comprensión y compañía sincera.

A todos quienes, de una u otra forma, contribuyeron con su tiempo, experiencia o palabras sabias a la culminación de este trabajo.

Los tesisistas

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	11
1.1.1. Planteamiento del problema.....	11
1.1.2. Formulación del problema gestión inadecuada de las aguas residuales	13
1.2. Objetivos.....	14
1.2.1. Objetivo general.....	14
1.2.2. Objetivos específicos	14
1.3. Justificación e importancia	14
1.3.1. Justificación ambiental	14
1.3.2. Justificación social.....	15
1.3.3. Justificación teórica	15
1.3.4. Justificación tecnológica.....	15
1.4. Delimitaciones del estudio.....	16
1.4.1. Delimitación espacial.....	16
1.4.2. Delimitación temporal	16
1.5. Hipótesis y Variables	16
1.5.1. Hipótesis	16
1.5.2. Variables	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes de la investigación.....	19
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	19
2.1.2. Antecedentes nacionales	20
2.1.3. Antecedentes Locales	22
2.2. Bases teóricas.....	22
2.2.1. Aguas residuales	22

2.2.2. Calidad de agua.....	28
2.3. Definición de términos.....	31
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	33
3.1. Método, tipo o alcance de la investigación.....	33
3.1.1. Métodos	33
3.1.2. Tipo de la investigación.....	33
3.1.3. Nivel de la investigación.....	33
3.1.4. Diseño de la investigación	33
3.1.5. Población	34
3.1.6. Muestra	34
3.1.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
3.1.8. Instrumentos de recolección de datos	35
3.1.9. Proceso de recolección de datos	36
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1. Presentación de resultados	40
4.1.1. Resultados para objetivos específicos.....	40
4.1.2. Resultados para objetivo general	52
4.2. Discusión de resultados	56
CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	65
Matriz de consistencia	66
Resultados de laboratorio	68
Fotografías de campo.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de la variable.....	18
Tabla 2 Contaminantes de aguas residuales	25
Tabla 3 Componentes presentes en aguas residuales	25
Tabla 4 Metales presentes en aguas residuales.....	26
Tabla 5 Resumen de los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA-Agua)	30
Tabla 6 Componentes presentes en aguas residuales	34
Tabla 7 Métodos de preservación las muestras fueron almacenadas siguiendo protocolos internacionales	37
Tabla 8 Parámetros y metodología utilizada por el laboratorio.....	38
Tabla 9 Características fisicoquímicas del agua del río Huaccrahuacho antes del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, Cusco – 2023.....	40
Tabla 10 Características fisicoquímicas del agua del río Huaccrahuacho después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, Cusco – 2023.....	41
Tabla 11 Características bacteriológicas del agua del río Huaccrahuacho después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, Cusco –2023.....	43
Tabla 12 Características bacteriológicas del agua del río Huaccrahuacho después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, Cusco – 2023.....	43
Tabla 13 Comparación de las características fisicoquímicas del agua del río Huaccrahuacho antes del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), Cusco – 2023	45
Tabla 14 Comparación de las características bacteriológicas del agua del río Huaccrahuacho antes del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), Cusco – 2023	47
Tabla 15 Comparación de las características fisicoquímicas del agua del río Huaccrahuacho después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), Cusco – 2023	48
Tabla 16 Comparación de las características bacteriológicas del agua del río Huaccrahuacho después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), Cusco – 2023	51
Tabla 17 Variación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, Cusco – 2023.....	52

Tabla 18 Prueba de rangos con signo de Wilcoxon.....	55
Tabla 19 Estadísticos de prueba	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Comparación de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, Cusco – 2023.	42
Figura 2 Comparación de los parámetros bacteriológicas del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, Cusco – 2023.	44
Figura 3 Comparación de los parámetros bacteriológicas del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, Cusco – 2023.	54

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar el impacto de las aguas residuales tratadas provenientes de la PTAR Kunturkanki en la calidad del río Huaccrahuacho, provincia de Canas, Cusco – 2023. Se empleó un diseño no experimental, transversal y de tipo descriptivo-correlacional, mediante el análisis fisicoquímico y bacteriológico de muestras recolectadas en dos puntos del río: aguas arriba y aguas abajo del vertimiento. No se contó con una muestra directa del efluente tratado al momento de su descarga, por lo que los resultados se interpretaron exclusivamente en función de las diferencias detectadas en el cuerpo receptor. Los análisis revelaron incrementos en la DBO₅ (de 8.61 mg/L a 37.45 mg/L, +335%) y en la DQO (de 15.97 mg/L a 76.65 mg/L, +380%), así como en coliformes fecales (de 22×10⁴ a 92×10⁴ NMP/100 ml, +318%) y *Escherichia coli* (de 17×10⁴ a 54×10⁴ NMP/100 ml, +218%), evidenciando una mayor carga orgánica y bacteriana. Al compararse con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), varios parámetros superaron los límites permitidos para riego y bebida de animales. Se concluye que el vertimiento produjo alteraciones significativas en la calidad del agua ($p = 0.005$, prueba de Wilcoxon), por lo que se recomienda mejorar los procesos de tratamiento, incorporar el monitoreo directo del efluente y establecer una vigilancia ambiental periódica para mitigar el impacto sobre el ecosistema.

Palabras clave: PTAR Kunturkanki, calidad del agua, río Huaccrahuacho

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the impact of treated wastewater from the Kunturkanki WWTP on the quality of the Huaccrahuacho River, Canas Province, Cusco, 2023. A non-experimental, cross-sectional, descriptive-correlational design was used, through the physicochemical and bacteriological analysis of samples collected at two points in the river: upstream and downstream of the discharge. No direct sample of the treated effluent was available at the time of discharge, so the results were interpreted exclusively based on the differences detected in the receiving body. The analyses revealed increases in BOD₅ (from 8.61 mg/L to 37.45 mg/L, +335%) and COD (from 15.97 mg/L to 76.65 mg/L, +380%), as well as in fecal coliforms (from 22×10⁴ to 92×10⁴ MPN/100 ml, +318%) and *Escherichia coli* (from 17×10⁴ to 54×10⁴ MPN/100 ml, +218%), evidencing a higher organic and bacterial load. When compared with the Environmental Quality Standards (ECA), several parameters exceeded the limits allowed for irrigation and animal drinking. It is concluded that the discharge produced significant alterations in water quality ($p = 0.005$, Wilcoxon test), so it is recommended to improve treatment processes, incorporate direct monitoring of the effluent and establish periodic environmental surveillance to mitigate the impact on the ecosystem.

Keywords: Kunturkanki WWTP, water quality, Huaccrahuacho River

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La contaminación del agua en los recursos hídricos, causada principalmente por la descarga de aguas residuales, representa un problema ambiental grave y en crecimiento. Factores como el rápido aumento de la población y la expansión urbana contribuyen a este problema, exacerbado por la generación de residuos significativos. Esta situación limita el uso del agua para actividades esenciales como el suministro doméstico, industrial, agrícola y ganadero, además de perjudicar la vida acuática (1).

A nivel mundial, más del 80% de las aguas residuales se descargan sin tratamiento, lo que repercute negativamente en la salud humana, los ecosistemas y la economía (1; 2). En cuanto a las aguas residuales domésticas, en 2020, solo el 56% se recolectaron y trataron de manera segura. Del total, el 57% se condujo a alcantarillas, el 24% a fosas sépticas, y el 19% restante a otros sistemas de saneamiento. De estas, el 78% de las aguas residuales de alcantarillado y el 48% de las de fosas sépticas se trataron de manera segura, mientras que los sistemas alternativos se consideraron inseguros (3).

En América Latina, el manejo de aguas residuales presenta desafíos considerables. Más del 70% de estas aguas se descartan sin tratamiento adecuado, a pesar de que un 93% de la población tiene acceso a agua potable. Esta discrepancia resalta la necesidad de mejorar el tratamiento de aguas residuales en la región, donde actualmente solo entre el 22% y el 40% de los hogares tratan adecuadamente sus aguas residuales, y menos del 5% reutiliza el agua tratada (4; 5).

La aplicación de principios de economía circular en la gestión de aguas residuales ha mostrado beneficios significativos en varios casos latinoamericanos. En La Paz, Bolivia, esta práctica ha mejorado la calidad del agua y la salud pública. En San Luis Potosí, México, el uso de aguas residuales tratadas en una central eléctrica ha reducido los costos y el uso de aguas subterráneas. En Brasil, el empleo de biosólidos en cultivos de

maíz ha superado los rendimientos obtenidos con fertilizantes tradicionales. Por último, en Santiago de Chile, la inversión en la planta La Farfana se ha traducido en ingresos económicos gracias a la venta de biogás. Estos casos ejemplifican cómo las estrategias de economía circular pueden optimizar recursos y generar ganancias en distintos sectores (6). Estos ejemplos ilustran cómo la gestión avanzada de aguas residuales, alineada con los principios de la economía circular, no solo aborda problemas ambientales, sino que también impulsa beneficios económicos y sociales en la región.

A nivel nacional, la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) informó que de las doscientas dos Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) existentes, 171 están operativas, representando un aumento del 11.3% en el tratamiento de aguas residuales desde 2016 hasta 2020 (7). Sin embargo, la eficacia de estas plantas es limitada por la falta de una cultura de protección ambiental en las empresas de servicios y una planificación inadecuada en cuanto a diseño y operación. Esta situación conduce a la contaminación de cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado por aguas residuales de baja calidad, excediendo los Límites Máximos Permisibles (LMP) y los estándares de calidad ambiental (ECA), lo que resulta en problemas ambientales como la contaminación del agua y olores desagradables, generando conflictos entre la población (8).

En Cusco, algunos proyectos innovadores en PTAR han mostrado resultados positivos. Por ejemplo, en la PTAR de San Jerónimo se ha instalado un generador de gas metano para la autogeneración de energía y optimización en el tratamiento de lodos residuales, lo que ha reducido el consumo eléctrico. Además, otra PTAR en Cusco ha logrado un ahorro anual de 230,000 dólares al reciclar biosólidos con un productor local de compost, contribuyendo así a proyectos de conservación ambiental (9; 7). Estos ejemplos resaltan la importancia y viabilidad de prácticas sostenibles en el tratamiento de aguas residuales.

En el contexto local, el distrito de Kunturkanki, en la provincia de Canas, alberga la PTAR Kunturkanki, cuyas operaciones influyen

directamente en la calidad del río Huaccrahuacho. Este río es crucial para el distrito, ya que su entorno fértil sostiene actividades productivas como la agricultura y la ganadería. La creciente actividad agrícola, especialmente el cultivo de forrajes, y la cría de ganado, alpacas y cuyes, dependen en gran medida de la calidad del agua del río.

Sin embargo, existe una creciente preocupación sobre posibles contaminantes residuales de la PTAR Kunturkanki en el río Huaccrahuacho. Si la planta no logra eliminar eficientemente los contaminantes del agua, esto podría resultar en la liberación de bacterias, virus, metales pesados, toxinas y exceso de nutrientes como nitrógeno y fósforo. Estos contaminantes no solo amenazan la vida acuática y reducen la biodiversidad, sino que también representan un riesgo para la salud pública y las actividades económicas de las comunidades locales. Además, la gestión inadecuada de las aguas residuales puede acelerar procesos como la eutrofización, creando zonas con deficiencia de oxígeno y proliferación excesiva de algas (10).

Por lo tanto, es necesario realizar esta investigación, para evaluar el impacto de las aguas residuales de la PTAR Kunturkanki en la calidad del río Huaccrahuacho, provincia de Canas, Cusco – 2023. Los resultados obtenidos serán relevantes para mejorar la calidad del agua en cuerpos receptores que son utilizados para riego en la agricultura, mejorando así la sostenibilidad ambiental y la calidad de vida en la población.

1.1.2. Formulación del problema gestión inadecuada de las aguas residuales

1.1.2.1. Problema general

¿Cuál es el impacto de las aguas residuales de la PTAR Kunturkanki en la calidad del río Huaccrahuacho, provincia de Canas, Cusco - 2023?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, provincia de Canas, Cusco - 2023?
- ¿Cuáles son las características bacteriológicas del agua del

río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, provincia de Canas, Cusco - 2023?

- ¿La calidad del agua del río Huaccrahuacho, antes y después del vertimiento de la PTAR Kunturkanki, cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el impacto de las aguas residuales de la PTAR Kunturkanki en la calidad del río Huaccrahuacho, provincia de Canas, Cusco – 2023.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar las características fisicoquímicas del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, provincia de Canas, Cusco – 2023.
- Determinar las características bacteriológicas del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, provincia de Canas, Cusco – 2023.
- Verificar el cumplimiento de la calidad del agua del río Huaccrahuacho, antes y después del vertimiento de la PTAR Kunturkanki, con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación ambiental

La evaluación del impacto de las aguas tratadas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Kunturkanki en la calidad del río Huaccrahuacho, es importante para la preservación del medio ambiente. Esta investigación permite determinar la eficacia de la PTAR en la reducción de contaminantes como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), coliformes fecales y oxígeno disuelto, parámetros fundamentales para la conservación del ecosistema acuático.

Además, el estudio facilita la identificación de posibles repercusiones ambientales negativas, como las alteraciones de la biodiversidad acuática o el deterioro de la capacidad de autodepuración del río, lo cual podría

comprometer su función ecológica. Con base en los resultados obtenidos, se podrá formular estrategias de mitigación y propuestas de mejora en la gestión de aguas residuales, promoviendo un desarrollo ambientalmente sostenible en el distrito.

1.3.2. Justificación social

Desde el ámbito social, la investigación resulta relevante porque la calidad del agua del río Huaccrahuacho influye de manera directa en el bienestar de las comunidades cercanas. Este recurso se aprovecha en el riego agrícola, la pesca artesanal y diversas actividades domésticas, por lo tanto, cualquier cambio en su composición impacta en la salud de la población y en la seguridad alimentaria.

Además, cuando las aguas residuales tratadas no cumplen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el DS N° 004-2017-MINAM, se genera un riesgo sanitario para quienes dependen de este río. En ese sentido, el estudio favorece una gestión más adecuada del recurso hídrico, ya que impulsa políticas de control y monitoreo que aseguran un acceso justo y seguro al agua.

1.3.3. Justificación teórica

La investigación se justifica teóricamente porque contribuye al conocimiento científico sobre el impacto de las aguas residuales tratadas en cuerpos hídricos naturales. Los datos empíricos obtenidos permiten validar teorías sobre la contaminación del agua, la eficiencia de plantas de tratamiento y la recuperación de ecosistemas acuáticos afectados por vertimientos de efluentes.

Asimismo, este estudio sirve como base para futuras investigaciones relacionadas con la gestión de aguas residuales, la aplicación de tecnologías de tratamiento y la evaluación de la calidad del agua en contextos similares.

1.3.4. Justificación tecnológica

En el ámbito tecnológico, la investigación permite evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento empleados en la PTAR Kunturkanki; analiza la capacidad de la infraestructura actual para eliminar contaminantes, garantizar un efluente de calidad y minimizar los impactos

ambientales.

Asimismo, se realiza una revisión de las tecnologías utilizadas, identificando posibles deficiencias en el sistema de tratamiento y proponiendo mejoras en su operación y mantenimiento. Esto asegurará que el sistema funcione de manera óptima, eficiente y sostenible en el tiempo.

1.4. Delimitaciones del estudio

1.4.1. Delimitación espacial

El estudio se desarrolló en el río Huaccrahuacho, ubicado en la provincia de Canas, Cusco, con un enfoque en el tramo afectado por la descarga de la PTAR Kunturkanki.

1.4.2. Delimitación temporal

El estudio se llevó a cabo en el periodo de diciembre de 2023, momento en el cual se tomaron las muestras de agua para su análisis.

1.5. Hipótesis y Variables

1.5.1. Hipótesis

1.5.1.1. Hipótesis general

Las aguas residuales tratadas de la PTAR Kunturkanki generan un impacto significativo en la calidad del agua del río Huaccrahuacho, provincia de Canas, Cusco – 2023.

1.5.1.2. Hipótesis específicas

- Ha₁: Existen diferencias significativas en las características fisicoquímicas del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales tratadas.
- Ha₂: Existen diferencias significativas en las características bacteriológicas del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales tratadas.
- Ha₃: La calidad del agua del río Huaccrahuacho, después del vertimiento de aguas residuales tratadas, no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

1.5.2. Variables

1.5.2.2. Identificación de variables

Variable independiente

Aguas residuales tratadas (PTAR Kunturkanki)

Variable dependiente

Calidad del río

1.5.2.2. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de la variable

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Aguas residuales tratadas (PTAR Kunturkanki)	Aguas residuales sometidas a procesos físicos, químicos y biológicos en la PTAR para reducir contaminantes antes de su vertimiento al medio ambiente(11).	Se considera un factor que influye en la calidad del agua del río Huaccrahuacho, evaluado indirectamente a través de la comparación de la calidad del agua antes y después del punto de descarga.	Impacto en la calidad del agua del río	Comparación de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos antes y después del vertimiento
Calidad del río	La calidad del agua es una medida esencial para el equilibrio ecológico, la salud pública y el desarrollo económico. El acceso a agua limpia y segura es una herramienta vital para el bienestar y la prevención de enfermedades, conforme a lo establecido por la OMS. Para garantizar la calidad del agua, se han establecido Planes de Seguridad del Agua (PSA) guiados por recomendaciones de la OMS (12).	Medición de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del río en dos puntos: aguas arriba (sin influencia directa de la PTAR) y aguas abajo (con influencia del vertimiento de aguas residuales tratadas).	Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de calidad del agua	OD pH Temperatura Calcio Magnesio Sodio Cloruros Conductividad Sulfatos Bicarbonatos Hierro Boro Dureza total CaCO ₃ Total de sólidos disueltos Coliformes fecales

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Tesis titulada: “Evaluación del impacto ambiental de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en el río Pindo Chico, Puyo, Pastaza, Ecuador”, con el objetivo general: Analizar los efectos ambientales derivados de la edificación de dicha planta en Puyo, Ecuador. Metodología: La investigación fue de nivel descriptivo y se aplicaron listas de chequeo junto con matrices de doble entrada basadas en el método de Leopold. En este proceso se evaluaron doce componentes ambientales. Conclusiones: Se identificaron veinticuatro interacciones, de las cuales trece se consideraron impactos significativos sobre el ambiente. Se resaltó la importancia de llevar a cabo evaluaciones ambientales en todo proceso constructivo, con el fin de garantizar obras sostenibles y asegurar la preservación de los ecosistemas (13).

Tesis titulada: “Evaluación ambiental de las plantas de tratamiento de aguas residuales en la parroquia del Tena, provincia del Napo”, con el objetivo general: Analizar el comportamiento ambiental de las plantas de tratamiento Palandacocha y Terere. Metodología: El estudio se realizó con un enfoque cualitativo y descriptivo. Conclusiones: Se comprobó que las aguas de los ríos que reciben descargas de estas plantas no son seguras para el consumo humano ni para actividades agrícolas. Ante ello, se planteó un plan de acción con medidas para reducir los impactos negativos en el ambiente, el cual debía ser ejecutado por la administración local (14).

Tesis titulada: “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Parroquia el Corazón, Cantón Pangua, provincia Cotopaxi”, con el objetivo general: Verificar si el agua tratada que se descarga al río cumple con la normativa TULSMA 2015. Metodología: Mediante un enfoque experimental y de campo, se recolectaron y analizaron muestras de agua de diferentes puntos de la planta. Conclusiones: Se determinó que la planta mejora las características fisicoquímicas del agua antes de su descarga. Además, se recalculó su estructura geométrica y se propuso un plan de mantenimiento y operación

para optimizar su funcionamiento (15).

Tesis titulada: “Impacto de las descargas de aguas residuales de la empresa Emsaba EP en la calidad del río Babahoyo durante 2018”, con el objetivo general: Analizar cómo las descargas de la empresa EMSABA EP influían en el estado del río Babahoyo. Metodología: Utilizó un enfoque exploratorio y descriptivo, y mediante observación directa, se estudió la calidad del agua en diferentes puntos del río en el Cantón Babahoyo, Provincia de Los Ríos. Conclusiones: Se identificaron variaciones en los niveles de contaminación en los diferentes puntos de muestreo. Los parámetros de sólidos suspendidos, coliformes totales y coliformes fecales superaron los límites establecidos por la normativa TULSMA, lo que evidenció un problema ambiental preocupante (16).

Tesis titulada: “Análisis técnico, operativo y ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales en Jipijapa”, con el objetivo general: Examinar en detalle los procesos de la mencionada planta. Metodología: A través de un método descriptivo, inductivo, analítico y estadístico, y utilizando técnicas de observación y encuesta, se construyó un flujograma que reveló deficiencias en los procesos de la planta, principalmente debido a la falta de mantenimiento y desgaste de la infraestructura. Conclusiones: Las pruebas microbiológicas revelaron que la planta no cumple con los estándares establecidos por la TULSMA. Como solución, López propuso una intervención técnica ambiental destinada a mitigar la contaminación y servir de referencia para áreas con problemas similares (17).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Tesis titulada: “Eficiencia en la remoción de indicadores bacteriológicos y parasitológicos en la planta de tratamiento de aguas residuales y su repercusión en el río Lalicucho – Cajabamba”, con el objetivo general: Entender cómo la planta de tratamiento impacta en la calidad del agua del mencionado río entre octubre de 2019 y marzo de 2020. Metodología: Empleó un enfoque descriptivo. Conclusiones: los resultados revelaron deficiencias en la remoción de coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y huevos de helmintos, con porcentajes de remoción por debajo de lo esperado, a pesar del tratamiento aplicado

(18).

Tesis titulada: “Influencia de la planta de tratamiento en la sección inferior de la cuenca del río Moquegua”, con el objetivo general: Examinar cómo el vertido de aguas residuales de la planta afecta la calidad del agua del río Moquegua. Metodología: Mediante un nivel descriptivo, para la recolección de datos se usó la observación directa. Conclusiones: Se determinó que, a pesar de los vertidos, la calidad del agua del río se mantuvo como buena y apta para uso agrícola(19).

Tesis titulada: “Consecuencias de los desechos de la planta de tratamiento de aguas residuales de Puente Piedra en la calidad hídrica de la cuenca inferior del Río Chillón, 2021”, con el objetivo general: Investigar el impacto de los efluentes de la planta en la calidad del río Chillón. Metodología: Un nivel descriptivo, para la recolección de datos se usó la revisión documental. Conclusiones: Se encontró que varios parámetros, como pH, aceites, grasas y demanda de oxígeno, superaban los límites establecidos por las normativas ambientales. Esto evidenció la necesidad de mejorar los procesos de tratamiento en la planta de Puente Piedra (20).

Tesis titulada: “Análisis del agua del río Chili pre y post-operación de la planta de tratamiento La Enlozada mediante un enfoque matemático”, con el objetivo general: investigar la calidad del agua en el río Chili, específicamente en Tiabaya y Uchumayo, Arequipa, tanto antes como después de la activación de la planta de tratamiento “La Enlozada” en diciembre de 2015. Metodología: La investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo. Conclusiones: Antes de la operación de la planta, la calidad del agua del río estaba comprometida por la superación de los parámetros ambientales. Tras el tratamiento aplicado desde 2015, se evidenciaron mejoras en la calidad del agua, confirmadas por los datos de 2018, los cuales demostraron que las concentraciones se ajustaban a las regulaciones vigentes (21).

Tesis titulada: “Eficacia de la planta de tratamiento de aguas residuales en Macusani, Puno, 2020”, con el objetivo general: Examinar la operatividad de la mencionada planta en la región de Puno. Metodología:

A través de un enfoque descriptivo y no experimental, se recolectaron y analizaron muestras del influente y efluente de la PTAR. Conclusiones: Se determinó que la planta funcionaba de manera eficaz y cumplía con los estándares reglamentarios. Sin embargo, se identificó la necesidad de mejorar la remoción de coliformes termotolerantes, mientras que la mayoría de los parámetros evaluados se encontraban dentro de los límites permitidos (22).

2.1.3. Antecedentes Locales

Tesis titulada: “Impacto de la PTAR Sicuani en el río Vilcanota”, con el objetivo general: Evaluar cómo la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Sicuani influye en la calidad del agua del río Vilcanota. Metodología: Se utilizó un enfoque experimental, tomando muestras de agua en puntos específicos aguas arriba y aguas abajo del vertimiento de la PTAR. Conclusiones: La PTAR cumple con las normativas vigentes y logra una remoción eficiente de distintos contaminantes. Además, tiene un efecto positivo en la calidad del agua del río Vilcanota, mejorando su capacidad para uso agrícola a lo largo del año (23).

Tesis titulada: “Relación entre la gestión de aguas residuales en Cusco y el estado del río Huatanay, 2022”, con el objetivo general: Determinar la relación entre la gestión de aguas residuales en Cusco y el estado del río Huatanay, 2022. Metodología: La investigación tuvo un enfoque cuantitativo y descriptivo, utilizando encuestas como herramienta principal para comprender la relación entre la administración de aguas residuales y la calidad del río. Utilizando encuestas como herramienta principal. Conclusiones: Se encontró una correlación significativa y positiva entre la gestión de aguas residuales y la calidad del agua del río, demostrando la importancia de una administración adecuada para preservar la calidad del recurso hídrico (24).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aguas residuales

Las aguas residuales se refieren a aquellas cuyo estado original ha sido alterado debido a intervenciones humanas. Su calidad, alterada por

distintas actividades, requiere un tratamiento especial antes de que pueda ser reutilizada, vertida en cuerpos naturales de agua o liberada al sistema de drenaje (25).

Estas aguas, afectadas por acciones humanas, provienen de áreas residenciales, urbanas e industriales, y suelen contener diversos contaminantes (26).

De acuerdo con Cruz et al. (27), las aguas residuales (AR) son aquellas que presentan modificaciones en sus propiedades físicas, químicas o biológicas debido a actividades humanas. Se dividen en aguas residuales de origen doméstico (ARD) y aguas residuales no domésticas (ARnD), las cuales pueden originarse en sectores industriales, energéticos, agrícolas, pecuarios, entre otros. Estas aguas tienen el potencial de ser reutilizadas en diferentes procesos.

Por su parte, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (28) describe el agua residual como aquella con composición variada que proviene de múltiples fuentes urbanas, domésticas, industriales, agrícolas, entre otras, necesitando un tratamiento adecuado antes de su reutilización o liberación.

2.2.1.1. Clasificación de aguas residuales

Con base en la clasificación propuesta por OEFA (25), las aguas residuales se dividen en:

- a. Aguas Residuales Urbanas: Provenientes de zonas residenciales y comerciales, estas contienen residuos provenientes de la actividad diaria de los seres humanos y requieren una disposición adecuada (25).
- b. Aguas Residuales Domésticas: Estas aguas pueden combinarse con desagües de lluvia o con aguas industriales tratadas previamente. Su naturaleza comprende una combinación de elementos orgánicos e inorgánicos, ya sea suspendidos o disueltos (25).
- c. Aguas Residuales Industriales: Originadas en procesos productivos, estas aguas pueden provenir de sectores como la minería, agricultura, energía, agroindustria y otros. Cada

industria produce un tipo de agua residual única, determinada por sus respectivos procesos (25).

2.2.1.2.El ciclo de gestión de aguas residuales

El objetivo principal de la gestión de aguas residuales es regular y supervisar los flujos de estas aguas. De acuerdo con UNESCO (29), este proceso de gestión se compone de cuatro etapas clave que se interrelacionan:

- a) Prevención y minimización de la contaminación en su origen: Se busca reducir tanto la cantidad de aguas residuales como la carga de contaminantes. Esto incluye limitar el uso de sustancias que puedan contaminar y aplicar medidas para disminuir la generación de aguas residuales, como la gestión eficiente del agua (29).
- b) Remoción de contaminantes: Implica la utilización de sistemas y tratamientos que extrapolarán varios componentes contaminantes de las aguas residuales. La elección del tipo y grado de tratamiento depende de los contaminantes presentes y el uso previsto para el agua tratada (29).
- c) Reutilización de aguas residuales: Implica emplear estas aguas, tratadas o no, con fines útiles. Tradicionalmente se han usado para riego, pero la tecnología actual permite otros usos, siempre que se cumplan los estándares de calidad requeridos (29).
- d) Recuperación de subproductos valiosos: Las aguas residuales pueden contener elementos aprovechables, como calor, nutrientes o biogás. Estos subproductos pueden transformarse en recursos útiles, por ejemplo, convirtiendo nitrógeno y fósforo en fertilizantes, lo que genera beneficios económicos y ambientales (29).

2.2.1.3.Aguas residuales en la PTAR

Según Mogens et al. (30), los contaminantes presentes en las aguas residuales se dividen en varias categorías, aunque su tipo y concentración pueden variar significativamente.

Tabla 2*Contaminantes de aguas residuales*

Contaminantes de las Aguas Residuales		
Microorganismos	Organismos patógenos como bacterias, virus y huevos de helmineto.	Riesgo para actividades acuáticas, baños y el consumo de mariscos
Materia orgánica biodegradable	Disminución del oxígeno disuelto en ríos, lagos y fiordos.	Muerte de peces, olor.
Otros compuestos orgánicos	Detergentes, plaguicidas, grasas y aceites, colorantes, solventes, fenoles, cianuro.	Efectos tóxicos, inconvenientes estéticos, bio-acumulación en la cadena alimenticia
Nutrientes	Nitrógeno, fósforo, amoniacó	Eutrofización, agotamiento del oxígeno disuelto, efectos tóxicos.
Metales	Hg, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni	Efectos tóxicos, bio-acumulación.
Otros compuestos inorgánicos	Ácidos, por ejemplo sulfuro de hidrógeno, bases	Corrosión, efectos tóxicos.
Efectos térmicos	Agua caliente	Cambios en las condiciones de vida de la flora y fauna.
Olor (y gusto)	Sulfuro de hidrógeno	Inconvenientes estéticos, efectos tóxicos.
Radioactividad		Efectos tóxicos, acumulación

Nota. Mogens et al. (30)

A. Principales componentes: Según Mogens et al. (30), las concentraciones en las aguas residuales emergen de una combinación entre las sustancias contaminantes y el agua en la que estas se dispersan. La magnitud de contaminación, que puede cambiar diaria o anualmente, es un indicador crucial para entender la naturaleza de las aguas residuales, y esta puede variar significativamente de una región a otra. Las diferencias en las concentraciones se relacionan principalmente con los cambios en la producción de desechos, así como con el consumo de agua en los hogares y las pérdidas o filtraciones que ocurren durante el transporte por el sistema de alcantarillado.

Tabla 3*Componentes presentes en aguas residuales*

Parámetro	Alto	Medio	Bajo
DQO total	1,200	750	500
DBO soluble	480	300	200
DQO suspendida	720	450	300
DBO	560	350	230
AGV (como acetato)	80	30	10
N total	100	60	30
N Amoniacal	75	45	20
P total	25	15	6
Ortho-P	15	10	4
SST	600	400	250
SSV	480	320	200

Nota. Mogens et al. (30)

Las aguas residuales de alta concentración surgen de bajo consumo o mínima filtración de agua. En contraste, las aguas residuales diluidas resultan de un alto consumo o filtración excesiva. La presencia de aguas pluviales puede diluir aún más estas aguas, resultando en menores concentraciones comparado con las aguas residuales ya diluidas (30).

B. Componentes especiales: Muchos de los compuestos presentes en las aguas residuales añaden a su toxicidad, ya sea afectando procesos biológicos internos o las aguas receptoras. Los metales en las aguas residuales pueden influir en la reutilización de los lodos procedentes del tratamiento de estas aguas como fertilizantes agrícolas. Estos pueden reflejar valores típicos de metales en aguas residuales urbanas (30).

Tabla 4

Metales presentes en aguas residuales

Metal	Alto	Medio	Bajo
Aluminio	1,000	600	350
Cadmio	4	2	1
Cromo	40	25	10
Cobre	100	70	30
Plomo	80	60	25
Mercurio	3	2	1
Níquel	40	25	10
Plata	10	7	3
Zinc	300	200	100

Nota. Mogens et al. (30)

2.2.1.4. Aguas residuales tratadas

Luego de pasar por procedimientos de depuración, las aguas residuales alcanzan un estándar que permite su reutilización en diferentes áreas, como riego de cultivos, espacios verdes, industrias, entre otros usos. De hecho, una vasta porción de las aguas depuradas en el mundo se destina al riego (31).

La depuración de estas aguas es esencial para prevenir la contaminación en cuerpos acuáticos. Estos procedimientos se adecúan específicamente al tipo de aguas residuales, utilizando tecnologías adecuadas para cada caso, garantizando así que, tras su tratamiento,

puedan ser reintroducidas al ambiente sin daño (11).

Se trata del agua que, mediante variados procesos ya sea físicos, químicos o biológicos, se ha reacondicionado para ser reutilizada en distintos servicios públicos (28). Estos procesos de tratamiento, que combinan técnicas físicas, químicas y biológicas, buscan eliminar componentes indeseados de las aguas residuales, aprovechando fuerzas naturales y tecnologías emergentes como las membranas y la radiación ultravioleta para la desinfección (1).

2.2.1.5. Sistema de tratamiento de aguas residuales

Un sistema de tratamiento de aguas residuales está formado por una red extensa y compleja de componentes interrelacionados, que incluyen tuberías, bombas e instalaciones de depuración. La identificación y gestión de los riesgos asociados a estos elementos requiere enfoques similares a los usados en evaluaciones de impacto ambiental y en la gestión de activos. Esto permite reconocer posibles amenazas y establecer medidas preventivas. Además, es fundamental analizar la composición y concentración de los contaminantes, así como su probabilidad de ocurrencia, para anticipar incidentes a lo largo de todo el sistema (29).

Es vital examinar cada componente de este sistema, identificando cómo opera, posibles fallos y la interacción con los contaminantes. Fallas pueden surgir tanto por las interacciones entre contaminantes y la infraestructura, como por factores externos, como daños o fallos eléctricos. Un proceso de gestión de riesgos efectivo exige una integración coordinada de diversas competencias (29).

2.2.1.6. Líneas de tratamiento de aguas residuales

Un sistema de depuración de aguas residuales funciona a través de dos flujos principales: uno enfocado en el tratamiento del agua residual y otro destinado a los lodos generados durante el proceso, especialmente en las etapas primarias y secundarias. Según el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (32), estos flujos se subdividen así:

- **Pretratamiento:** Su finalidad radica en retirar sólidos gruesos, grasas y arenas, y resguardar los equipos de bombeo y las fases subsiguientes del tratamiento. Es una solución de bajo coste y de sencilla gestión, aunque demanda un considerable desnivel entre el ingreso y salida de las aguas.
- **Tratamiento Primario:** Se basa en etapas consecutivas empleando procesos físico-químicos, como la sedimentación, filtración, cribado y flotación. Su principal objetivo es actuar sobre sólidos suspendidos y coloidales en el agua residual, sin afectar a los sólidos disueltos.
- **Tratamiento Secundario:** También llamados “biológicos”, buscan estabilizar la contaminación orgánica persistente tras el tratamiento primario gracias a una biomasa activa, primordialmente bacteriana. Las bacterias consumen la fracción soluble de la materia orgánica, transformándola en sólidos mineralizados.
- **Tratamiento Terciario:** Constituyen tratamientos de perfeccionamiento que retiran ciertas sustancias de los efluentes para cumplir con regulaciones. Incluyen técnicas de oxidación, precipitación química, arrastre con aire, procesos de membrana, intercambio iónico, adsorción con carbón activo y eliminación de nutrientes.
- **Desinfección:** Este proceso se encarga de erradicar organismos patógenos. Aunque la cloración es la técnica predominante, también se aplican radiaciones ultravioletas y ozonización.
- **Sistemas Combinados:** Engloban la integración de varios procedimientos de tratamiento, como cloración, tratamiento UV y lagunas de maduración.

La correcta elección y combinación de estos procesos asegura que el agua tratada sea segura y adecuada tanto para su reutilización como para su retorno al medio ambiente.

2.2.2. Calidad de agua

La calidad del agua se define como la medida que indica qué tan apta

es el agua para mantener el equilibrio ecológico, proteger la salud humana y favorecer el desarrollo económico. Contar con agua limpia y segura es esencial para el bienestar de las personas y la prevención de enfermedades, según lo señala la OMS. Para garantizar esta calidad, se implementan los Planes de Seguridad del Agua (PSA), siguiendo las recomendaciones de la organización (12).

2.2.2.1. Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

De acuerdo con el D.S. N° 004-2017-MINAM (33), al aplicar los ECA para el agua, se deben tener en cuenta las siguientes categorizaciones:

Categoría 1: Uso poblacional y recreativo

- Aguas destinadas para potabilización con variaciones en el tratamiento requerido: desinfección directa, tratamiento convencional, y tratamiento avanzado.
- Aguas utilizadas con fines recreativos en zonas costeras o interiores. Estas pueden ser para contacto directo, como natación, o contacto secundario, como navegación en botes.

Categoría 2: Extracción y otras actividades marino-costeras

- Aguas para la extracción y cultivo de especies marinas específicas, como moluscos y algas comestibles.
- Aguas cerca de infraestructuras portuarias, zonas industriales o servicios de saneamiento.

Categoría 3: Riego y consumo animal

- Aguas para riego de cultivos, con distinciones según si los productos se consumen crudos o cocidos y según el tipo de cultivo.
- Aguas destinadas para el consumo de animales grandes y pequeños.

Categoría 4: Conservación del ecosistema acuático

- Protección de lagunas, lagos y ríos que son partes de ecosistemas delicados o áreas protegidas.
- Inclusión de ecosistemas costeros y marinos, como estuarios y zonas marinas hasta el límite nacional.

Tabla 5

Resumen de los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA-Agua)

Categoría	Clasificación	Sub Clasificación	N° Parámetros
CATEGORIA 1	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	A1 85
		Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	A2 85
		Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	A3 82
	Aguas superficiales destinadas al uso recreacional	Contacto primario	B1 84
		Contacto secundario	B2 83
CATEGORIA 2		Extracción y cultivo de moluscos bivalvos	C1 23
		Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas	C2 23
		Otras actividades	C3 23
CATEGORIA 3	Parámetros para riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto		55
		Parámetros para bebida de animales	49
CATEGORIA 4	Lagos	Ríos de la costa y sierra	D1 26
		Ríos selva	D2 23
	Ríos	Estuarios	25
		Ecosistemas marino costeras	Marinos

Nota. Elaborada en base a D.S. N° 004-2017-MINAM (33)

2.2.2.2. Límites Máximos Permisibles (LMP)

El Límite Máximo Permissible (LMP) se define como la concentración o cantidad máxima de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que pueden estar presentes en un efluente o emisión. Superar estos límites puede afectar la salud humana, el bienestar de las personas y el medio ambiente. Su cumplimiento es obligatorio y es supervisado por el MINAM y otros organismos del Sistema de Gestión Ambiental (34).

En las aguas residuales, diversos parámetros físico-químicos cuentan con límites específicos. Si se exceden, representan un riesgo para la salud y el entorno, y su control está a cargo de entidades ambientales como el MINAM (34). Algunos de estos parámetros son:

- Aceites y grasas: Son compuestos orgánicos, principalmente ácidos grasos de origen animal, vegetal y derivados del petróleo que pueden contaminar el agua (35).
- Coliformes termotolerantes: Representan bacterias asociadas mayormente con desechos humanos y animales. Su presencia indica contaminación fecal en el agua (36).
- Demanda bioquímica de oxígeno: Refleja la cantidad de oxígeno consumido por bacterias al oxidar materia orgánica, indicando contaminación orgánica en el agua (36).
- Demanda química de oxígeno: Mide el contenido oxidable en una muestra, considerando contaminantes no biodegradables frecuentemente presentes en aguas industriales (36).
- pH: Indica la acidez o alcalinidad del agua. Valores fuera del rango 6-9 pueden ser perjudiciales para la vida acuática (36).
- Sólidos totales suspendidos: Se refieren a la cantidad de sólidos en una muestra de agua que puede pasar a través de un filtro de 2.0 μm (36).
- Temperatura: Las descargas de agua caliente pueden alterar los ecosistemas acuáticos, afectando la vida marina y acelerando fenómenos como la eutrofización (36).

2.3. Definición de términos

- Agua: Es un recurso natural esencial, renovable y vital para la existencia de la vida. Se reconoce como un elemento crucial para el desarrollo sostenible, la conservación de los ecosistemas y el equilibrio de los ciclos naturales. Es uno de los pilares fundamentales, junto con el aire, el suelo y la energía, para el sustento del desarrollo (37).
- Contaminación del agua: Se refiere al deterioro de la calidad del agua debido a la incorporación de sustancias nocivas o desechos en cuerpos hídricos como ríos, mares y cuencas. Este deterioro se manifiesta cuando los niveles de ciertas sustancias o agentes contaminantes en el agua sobrepasan los límites seguros, poniendo en riesgo la salud y el medio ambiente (38).
- Agua residual: Se refiere al agua que ha sido alterada en su composición natural debido a influencias antropogénicas y, como resultado, necesita ser

tratada antes de ser reintroducida en cuerpos de agua naturales, reutilizada o liberada en sistemas de drenaje (1).

- LMP: Representa los límites establecidos para las emisiones o descargas que las entidades deben respetar. Estos límites definen las concentraciones aceptables de determinados elementos o compuestos en los efluentes resultantes de actividades industriales o productivas (39).
- Estándares de Calidad Ambiental (ECA): Son herramientas para evaluar el estado del medio ambiente en una región determinada. Estos estándares reflejan las concentraciones ambientales resultantes de la combinación de emisiones antropogénicas y procesos naturales. Aunque los ECA ofrecen una perspectiva global del estado del ambiente, no son objeto de regulación directa (39).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo o alcance de la investigación

3.1.1. Métodos

3.1.1.1. Método general

El estudio se basa en el método hipotético-deductivo, el cual permite formular una hipótesis sustentada en teorías científicas y posteriormente contrastarla con datos empíricos obtenidos en campo y laboratorio. A través del análisis de muestras de agua, se logró deducir conclusiones sobre el impacto de las aguas residuales tratadas en la calidad del río Huaccrahuacho (40).

3.1.1.2. Método específico

Se empleó una metodología cuantitativa basada en la observación directa y el análisis de laboratorio. La investigación se enfocó en la recolección de datos fisicoquímicos y microbiológicos mediante técnicas de muestreo y análisis en laboratorio, siguiendo protocolos estandarizados.

3.1.2. Tipo de la investigación

El estudio es de tipo aplicada, ya que busca generar conocimiento útil para evaluar la calidad del agua del río Huaccrahuacho y su relación con el vertimiento de la PTAR Kunturkanki. Los resultados pueden contribuir a la mejora de la gestión del recurso hídrico en la zona (41).

3.1.3. Nivel de la investigación

El estudio se desarrolló en un nivel descriptivo-correlacional, enfocándose en identificar y describir características de las variables seleccionadas. También se buscó entender la relación entre variables para determinar cómo afectan mutuamente su comportamiento (42). Según Arias (43), un estudio descriptivo se enfoca en detallar propiedades de un fenómeno o grupo, mientras que un estudio correlacional analiza cómo se relacionan dos variables entre sí.

3.1.4. Diseño de la investigación

Se optó por un diseño no experimental y transversal. Las variables no se manipulan, sino son observadas en su entorno natural para su posterior análisis. Asimismo, la data se obtuvo en un único periodo de tiempo (42).

Las investigaciones no experimentales se caracterizan porque el investigador no controla activamente las variables, simplemente observa y analiza sin intervenir (44). En el diseño transversal, las variables se estudian en un momento específico, proporcionando una instantánea del fenómeno en estudio en un punto particular en el tiempo (45).

3.1.5. Población

La población estuvo compuesta por el agua del río Huaccrahuacho en el distrito de Kunturkanki, evaluando su calidad antes y después del vertimiento de la PTAR.

3.1.6. Muestra

Se tomaron dos muestras en puntos estratégicos del río Huaccrahuacho, ubicados antes y después del vertimiento de las aguas residuales tratadas provenientes de la PTAR Kunturkanki. Los puntos fueron seleccionados con el propósito de representar las condiciones del agua previas y posteriores al vertimiento, de manera que se pueda evaluar su impacto sobre la calidad del río.

En el presente estudio se estableció una distancia aproximada de 65 metros entre los puntos de muestreo, tanto aguas arriba como aguas abajo del punto de descarga. Esta elección respondió a las condiciones geográficas del terreno, el bajo caudal del río y la accesibilidad, que limitaron la posibilidad de cumplir con los rangos propuestos por la normativa técnica. Sin embargo, esta distancia fue suficiente para identificar variaciones significativas en los parámetros evaluados.

Tabla 6

Componentes presentes en aguas residuales

Código de muestra	Ubicación	Coordenadas (Lat, Long)	Distancia al punto de vertimiento (aprox.)
Muestra 1	Aguas arriba	(-14.537838, -71.31918)	65 m antes del vertimiento
Muestra 2	Aguas abajo	(-14.537714, -71.31976)	65 m después del vertimiento

Nota. Elaboración propia a partir de coordenadas del informe del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. (2023)

3.1.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas son herramientas que guían el “cómo hacer” y facilitan la aplicación práctica del método en el campo de estudio. Estas técnicas, aplicadas de manera consciente y reflexiva, respaldan el proceso metodológico (46). Para la obtención de datos en esta investigación, se utilizó la estructura de observación, una técnica que permite registrar y analizar información de manera objetiva, asegurando la recolección sistemática de datos cuantitativos sobre la calidad del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento del efluente tratado.

La observación se realizó mediante:

- Muestreo de agua en campo, siguiendo protocolos estandarizados para la recolección y preservación de muestras.
- Análisis de laboratorio, donde se aplican métodos certificados para la evaluación de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

3.1.8. Instrumentos de recolección de datos

Las herramientas de investigación son esenciales para un proceso sistemático y organizado de recolección de datos, asegurando su credibilidad científica (46). los siguientes instrumentos para la recolección y análisis de muestras:

Instrumentos de campo:

- ✓ Guía de observación estructurada
- ✓ Ficha de registro de calidad del agua
- ✓ Cámara fotográfica Canon Elph 160 8X
- ✓ GPS Garmin Map 64S
- ✓ Termómetro (-50 °C a 70 °C, marca Control Company)

Materiales de muestreo y conservación:

- ✓ Frascos estériles de vidrio y polietileno
- ✓ Cooler con gel pack refrigerante
- ✓ Etiquetas y fichas de identificación de muestras
- ✓ Preservante químico (tiosulfato de sodio - $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)

Indumentaria de protección:

✓ Botines de seguridad, guantes de látex descartables y gafas de protección

Materiales de escritorio y documentación:

✓ Laptop e impresora

✓ Papel bond A4, carpetas y lapiceros.

3.1.9. Proceso de recolección de datos

La investigación se llevó a cabo en tres fases metodológicas: trabajo de campo, análisis de laboratorio y trabajo de gabinete, siguiendo los objetivos planteados.

3.1.9.1. Etapa de campo

- **Recolección de información:** Se obtuvo información sobre la infraestructura de la PTAR Kunturkanki y la ubicación exacta de los puntos de monitoreo.
- **Frecuencia y condiciones del muestreo:** El monitoreo fue de tipo puntual, es decir, se realizó en un único momento del tiempo (diciembre de 2023), coincidiendo con condiciones climáticas estables. Se recolectaron dos muestras de agua del río Huaccrahuacho en las siguientes ubicaciones:
 - ✓ Muestra 1: Aguas arriba (65 m antes del vertimiento).
 - ✓ Muestra 2: Aguas abajo (65 m después del vertimiento).
- **Procedimiento de toma de muestras:**
 - ✓ Se utilizó material estéril y técnicas de muestreo directo, evitando el contacto del frasco con el fondo o elementos externos.
 - ✓ Cada muestra fue correctamente rotulada con datos de identificación, ubicación, hora y fecha de recolección.
 - ✓ Se aplicó preservación térmica y química, almacenando las muestras en conservadoras con hielo a una temperatura ≤ 6 °C.
 - ✓ Se elaboró la correspondiente cadena de custodia, garantizando trazabilidad y validez de la muestra hasta su ingreso al laboratorio.

- Parámetros evaluados:

Tabla 7

Métodos de preservación las muestras fueron almacenadas siguiendo protocolos internacionales

Parámetro	Tipo de destinatario	Condiciones de conservación	Tiempo Máximo de Almacenamiento	Parámetro
Coliformes termotolerantes	Vidrio esterilizado	≤ 6 °C en oscuridad	24 horas	Coliformes termotolerantes
<i>Escherichia coli</i>	Vidrio esterilizado	≤ 6 °C en oscuridad	24 horas	<i>Escherichia coli</i>
Huevos de helmintos	Plástico, boca ancha	≤ 6 °C en oscuridad	24 horas	Huevos de helmintos

Nota. P= frasco de plástico o equivalente

V= frasco de vidrio

Fuente: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22 nd Edicion. 2012.

Limitación metodológica:

Se reconoce que un muestreo puntual no permite analizar variaciones temporales ni establecer tendencias estacionales. Sin embargo, para los fines de esta investigación “evaluar el impacto inmediato del vertimiento sobre la calidad del agua”, esta metodología resulta válida y coherente con estudios de tipo comparativo.

El muestreo se realizó una sola vez en el mes de diciembre de 2023, durante la temporada de lluvias. Esta decisión se tomó por razones técnicas, económicas y de acceso al lugar. Aunque no se realizaron monitoreos en otras épocas del año, esta única recolección fue útil para comparar la calidad del agua antes y después del vertimiento. Además, al tratarse de una época de mayor caudal, si se encontraron cambios en la calidad del agua, estos reflejan un posible impacto del vertimiento, incluso en condiciones favorables de dilución. Se reconoce esta limitación y se recomienda realizar más muestreos en diferentes estaciones

para obtener una visión más completa del impacto en el tiempo.

3.1.9.2. Etapa de laboratorio

- Análisis de muestras en laboratorio: Las muestras fueron analizadas en laboratorio acreditado bajo protocolos microbiológicos estandarizados.
- Métodos de análisis aplicados: Los parámetros microbiológicos fueron evaluados con las siguientes metodologías:

Tabla 8

Parámetros y metodología utilizada por el laboratorio

Parámetro	Metodología
Coliformes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B,
Termotolerantes (NMP)	C, E. 23 nd Ed. 2017: Fecal Coliform Procedure.
<i>Escherichia coli</i>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C.E. 23 nd Ed. 2017: Other <i>Escherichia coli</i> Procedures
Parásitos en aguas (Huevos y Larvas de Helminetos)	NMX-AA-113-SCFI. 2012: Medición del número de huevos de helmintos en aguas residuales y residuales tratadas por observación microscópica – método de prueba.

Nota. Laboratorio regional del Agua, 2019

- Cumplimiento de normativas: Los valores obtenidos se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) – DS N° 004-2017-MINAM.

3.1.9.3. Etapa de gabinete

- Análisis comparativo con normativas ambientales: Los resultados del laboratorio se contrastaron con los valores normativos para determinar si el agua del río cumple con los límites establecidos para la conservación del medio acuático.
- Evaluación del Impacto de la PTAR Kunturkanki

Se evaluó si la descarga de aguas residuales:

- ✓ Cumple con los estándares ambientales o si genera contaminación.
- ✓ Afecta la calidad del agua del río en términos de contaminación microbiológica.
- Elaboración de conclusiones y recomendaciones: A partir de los datos obtenidos, se plantearon propuestas para mejorar el monitoreo y la gestión del vertimiento de la PTAR Kunturkanki.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Resultados para objetivos específicos

Objetivo específico 1: Identificar las características fisicoquímicas del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, provincia de Canas, Cusco – 2023.

Tabla 9

Características fisicoquímicas del agua del río Huaccrahuacho antes del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, Cusco – 2023.

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	Unidades de pH	8.63
DBO₅	mg/l	8.61
DQO	mg/L O ₂	15.97
Sólidos totales en suspensión (STS)	mg/l	2
Aceites y grasas	mg/l	1.67
Sólidos totales disueltos	ppm	266.5
Oxígeno disuelto	mg/l	6.9
Conductividad	μS/cm	539.1
Dureza total	mg/L de CaCO ₃	250
Sulfatos	mg/L de SO ₄ ²⁻	219.74
Cloruros	mg/L de Cl ⁻	55.98
Bicarbonato	(mg/L CaCO ₃)	381
Temperatura	°C	20.4

Antes del vertimiento de las aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, el agua del río Huaccrahuacho presentó un pH de 8.63, una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 8.61 mg/L y una demanda química de oxígeno (DQO) de 15.97 mg/L de O₂.

Los sólidos totales en suspensión (STS) se registraron en 2 mg/L, mientras que la concentración de aceites y grasas fue de 1.67 mg/L. La cantidad de sólidos totales disueltos alcanzó un valor de 266.5 ppm.

El oxígeno disuelto en el agua se midió en 6.9 mg/L, la conductividad fue de 539.1 μS/cm y la dureza total se registró en 250 mg/L CaCO₃.

En cuanto a los compuestos iónicos, la concentración de sulfatos fue de 219.74 mg/L SO₄²⁻, los cloruros alcanzaron 55.98 mg/L Cl⁻, y el bicarbonato presentó un valor de 381 mg/L CaCO₃. Finalmente, la temperatura del agua se midió en

20.4°C.

Estos valores permiten describir las características fisicoquímicas del agua antes del vertimiento, sirviendo como referencia para futuras comparaciones.

Tabla 10

Características fisicoquímicas del agua del río Huaccrahuacho después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, Cusco – 2023.

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	Unidades de pH	7.6
DBO₅	mg/l	37.45
DQO	mg/L O ₂	76.65
Sólidos totales en suspensión (STS)	mg/l	7
Aceites y grasas	mg/l	3.6
Sólidos totales disueltos	ppm	284.2
Oxígeno disuelto	mg/l	5.2
Conductividad	µS/cm	572.7
Dureza total	mg/L de CaCO ₃	264
Sulfatos	mg/L de SO ₄ ²⁻	217.2
Cloruros	mg/L de Cl ⁻	66.98
Bicarbonato	(mg/L CaCO ₃)	394
Temperatura	°C	19.8

El agua del río Huaccrahuacho después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki presentó un pH de 7.6, una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 37.45 mg/L y una demanda química de oxígeno (DQO) de 76.65 mg/L O₂.

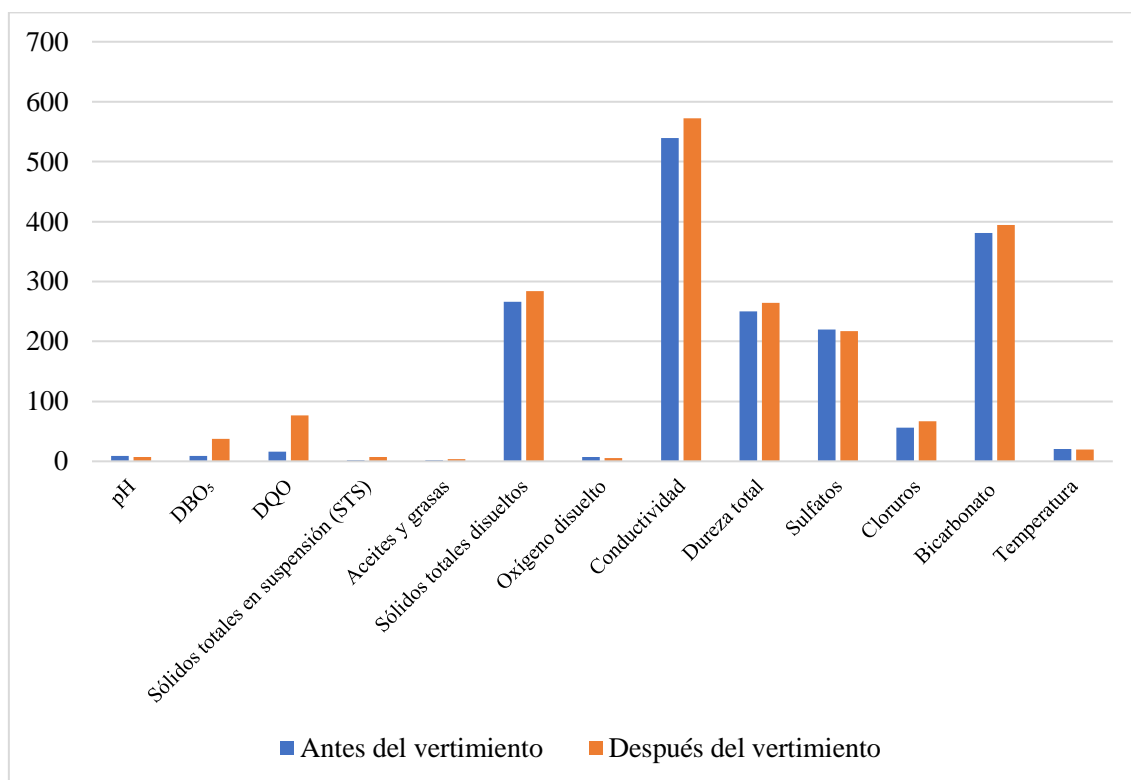
Los sólidos totales en suspensión (STS) se registraron en 7 mg/L, mientras que la concentración de aceites y grasas fue de 3.6 mg/L. La cantidad de sólidos totales disueltos alcanzó un valor de 284.2 ppm.

El oxígeno disuelto en el agua se midió en 5.2 mg/L, la conductividad fue de 572.7 µS/cm y la dureza total se registró en 264 mg/L CaCO₃.

En cuanto a los compuestos iónicos, la concentración de sulfatos fue de 217.2 mg/L SO₄²⁻, los cloruros alcanzaron 66.98 mg/L Cl⁻, y el bicarbonato presentó un valor de 394 mg/L CaCO₃. Finalmente, la temperatura del agua se midió en 19,8°C.

Figura 1

Comparación de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, Cusco – 2023.



La figura 1 muestra la comparación de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki en Cusco – 2023. Se observa que varios parámetros experimentaron cambios tras el vertimiento.

Entre los aspectos más relevantes, se evidencia un descenso en el pH y en el oxígeno disuelto, mientras que la DBO₅ y la DQO aumentaron significativamente. También se registró un incremento en los valores de sólidos totales en suspensión, aceites y grasas, conductividad y cloruros, lo que indica una variación en la calidad del agua posterior al vertimiento.

Objetivo específico 2: Determinar las características bacteriológicas del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, provincia de Canas, Cusco – 2023.

Tabla 11

Características bacteriológicas del agua del río Huaccrahuacho después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, Cusco –2023.

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes fecales	NMP/100 ml	22×10 ⁴
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	17×10 ⁴
Numeración de huevos y larvas de helmintos.	Organización/L	-

La tabla 10 presenta las características bacteriológicas del agua del río Huaccrahuacho antes del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki en Cusco – 2023. Se observa una concentración de coliformes fecales de 22×10⁴ NMP/100 ml y *Escherichia coli* de 17×10⁴ NMP/100 ml, lo que indica la presencia de contaminación bacteriana en el agua antes de recibir el efluente tratado. No se identificó la presencia de huevos ni larvas de helmintos en la muestra analizada.

Tabla 12

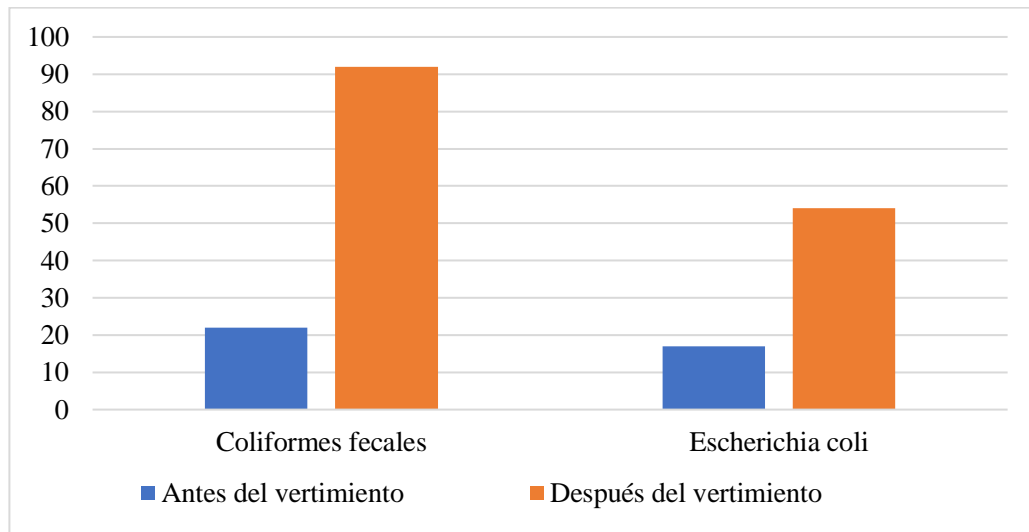
Características bacteriológicas del agua del río Huaccrahuacho después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, Cusco – 2023.

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes fecales	NMP/100 ml	92×10 ⁴
<i>Escherichia coli</i>	Número de modelo 100	54×10 ⁴
Numeración de huevos y larvas de helmintos.	Organización/L	-

La tabla 11 muestra las características bacteriológicas del agua del río Huaccrahuacho después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki. Se registra un incremento significativo en los valores de coliformes fecales (92×10⁴ NMP/100 ml) y *Escherichia coli* (54×10⁴ NMP/100 ml), lo que indica un aumento en la contaminación bacteriana después de la descarga del efluente. Al igual que en la muestra anterior, no se detectaron huevos ni larvas de helmintos.

Figura 2

Comparación de los parámetros bacteriológicos del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, Cusco – 2023.



La figura 2 muestra la comparación de los parámetros bacteriológicos del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales tratadas de la PTAR Kunturkanki. Se observa un incremento significativo en la concentración de coliformes fecales y *Escherichia coli* después del vertimiento, indicando una mayor contaminación bacteriológica aguas abajo de la descarga de la PTAR. No se encontraron huevos ni larvas de helmintos en ninguna de las muestras analizadas.

Objetivo específico 3: Verificar el cumplimiento de la calidad del agua del río Huaccrahuacho, antes y después del vertimiento de la PTAR Kunturkanki, con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

Los valores fisicoquímicos se han comparado con los ECA para Agua en la Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales.

Tabla 13

Comparación de las características fisicoquímicas del agua del río Huaccrahuacho antes del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), Cusco – 2023

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)	ECA Riego de vegetales (No restringido)	ECA Riego de vegetales (Restringido)	ECA Bebida para animales
pH	Unidades de pH	8.63		6.5-8.5	6.5-8.4
DBO₅	mg/l	8.61		15	15
DQO	mg/L O ₂	15.97		40	40
Sólidos totales en suspensión (STS)	mg/l	2			
Aceites y grasas	mg/l	1.67		5	10
Sólidos totales disueltos	ppm	266.5			
Oxígeno disuelto	mg/l	6.9		≥ 4	≥ 5
Conductividad	μS/cm	539.1		2500	5000
Dureza total	mg/L de CaCO ₃	250			
Sulfatos	mg/L de SO ₄ ²⁻	219.74		1 000	1 000
Cloruros	mg/L de Cl ⁻	55.98		500	**
Bicarbonato	(mg/L CaCO ₃)	381		518	**
Temperatura	°C	20.4		Δ 3	Δ 3

La tabla 12 presenta la comparación de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Huaccrahuacho antes del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua en la

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Cumplimiento con los ECA

- pH: El valor registrado (8.63 unidades de pH) se encuentra dentro del rango permitido para riego de vegetales (6.5 – 8.5) y bebida de animales (6.5 – 8.4), lo que indica que el agua es apta en términos de acidez y alcalinidad.
- DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno): Su valor de 8.61 mg/L está por debajo del límite máximo permitido de 15 mg/L en los estándares de riego, lo que indica una baja contaminación orgánica antes del vertimiento.
- DQO (Demanda Química de Oxígeno): Presenta un valor de 15.97 mg/L O₂, que se encuentra dentro del límite permitido de 40 mg/L O₂, indicando que la carga de materia orgánica es moderada.
- Aceites y grasas: Con un valor de 1.67 mg/L, se encuentra dentro de los límites establecidos para riego de vegetales (5 mg/L) y bebida de animales (10 mg/L), indicando una baja presencia de hidrocarburos o contaminantes lipídicos.
- Oxígeno disuelto: Con un valor de 6.9 mg/L, supera los valores mínimos exigidos (≥ 4 mg/L para riego de vegetales y ≥ 5 mg/L para bebida de animales), lo que indica una adecuada disponibilidad de oxígeno en el agua para los organismos acuáticos.
- Conductividad: Presenta un valor de 539.1 μ S/cm, lo que está muy por debajo de los límites establecidos (2500 μ S/cm para riego de vegetales y 5000 μ S/cm para bebida de animales), reflejando una baja concentración de sales disueltas.
- Sulfatos: Su concentración de 219.74 mg/L se encuentra dentro del límite permitido de 1000 mg/L, lo que indica que no existe presencia significativa de compuestos sulfatados que puedan afectar el uso del agua en riego o consumo animal.
- Cloruros: Se registra un valor de 55.98 mg/L, lo que está dentro del límite permitido de 500 mg/L para riego de vegetales.
- Bicarbonatos: El valor registrado es 381 mg/L de CaCO₃, que se encuentra por debajo del límite de 518 mg/L para riego de vegetales no restringido, lo que indica que no existe una acumulación excesiva de carbonatos en el agua.
- Temperatura: Se observa un valor de 20.4°C, que deberá evaluarse según la variación permitida ($\Delta 3^\circ\text{C}$ respecto al promedio mensual del área evaluada).

Los resultados indican que, antes del vertimiento de las aguas residuales tratadas,

el agua del río Huaccrahuacho cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para riego de vegetales y bebida de animales. Todos los parámetros analizados se encuentran dentro de los valores permisibles, lo que refiere que el agua mantiene una calidad adecuada para su uso en actividades agrícolas y ganaderas en este estado inicial.

Tabla 14

Comparación de las características bacteriológicas del agua del río Huaccrahuacho antes del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), Cusco – 2023

Ensayo(s)	Unidad	Resultado (s)	ECA Riego de vegetales (No restringido)	ECA Riego de vegetales (Restringido)	ECA Bebida para animales
Coliformes fecales	NMP/10 0 ml	22×10 ⁴	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/10 0 ml	17×10 ⁴	1 000	**	**
Numeración de huevos y larvas de helmintos.	Organización/L	-		1	1 **

La tabla 13 muestra la comparación de los parámetros bacteriológicos del agua del río Huaccrahuacho antes del vertimiento de las aguas residuales de la PTAR Kunturkanki con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para la Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales.

Cumplimiento con los ECA

- Coliformes fecales: Se registró un valor de 22×10⁴ NMP/100 ml, que supera ampliamente los valores permitidos por los estándares ambientales:
 - ✓ Para riego de vegetales no restringido, el límite es 1 000 NMP/100 ml.
 - ✓ Para riego de vegetales restringido, el límite es 2 000 NMP/100 ml.
 - ✓ Para bebida de animales, el límite es 1 000 NMP/100 ml.

El agua no cumple con los estándares de calidad debido a una alta carga microbiológica.

- *Escherichia coli*: Se detectó 17×10⁴ NMP/100 ml, que excede por mucho el límite máximo de 1 000 NMP/100 ml establecido para riego de vegetales no restringido. En las demás categorías (riego de vegetales restringido y bebida de

animales), no se establece un estándar específico (indicado con **), pero al superar ampliamente el valor permitido en la primera categoría, se puede inferir que no es apta para consumo animal ni riego seguro.

- Numeración de huevos y larvas de helmintos: No se reportaron valores en la muestra (“-”), mientras que los ECA establecen un límite de 1 huevo/L para riego de vegetales (restringido y no restringido). Para bebida de animales, este parámetro no aplica (indicado con **).

Los resultados muestran que, antes del vertimiento de las aguas residuales tratadas, el agua del río Huaccrahuacho no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para riego de vegetales ni para bebida de animales en lo que respecta a la calidad microbiológica. La elevada presencia de coliformes fecales y *Escherichia coli* representa un riesgo para la salud y limita su uso en actividades agrícolas y pecuarias, por lo que resulta esencial su tratamiento o monitoreo antes de cualquier aprovechamiento en estos sectores.

Tabla 15

Comparación de las características fisicoquímicas del agua del río Huaccrahuacho después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), Cusco – 2023

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)	ECA Riego de vegetales (No restringido)	ECA Riego de vegetales (Restringido)	ECA Bebida para animales
pH	Unidades de pH	7.6		6.5-8.5	6.5-8.4
DBO₅	mg/l	37.45		15	15
DQO	mg/L O ₂	76.65		40	40
Sólidos totales en suspensión (STS)	mg/l	7			
Aceites y grasas	mg/l	3.6		5	10
Sólidos totales disueltos	ppm	284.2			
Oxígeno disuelto	mg/l	5.2		≥ 4	≥ 5
Conductividad	μS/cm	572.7		2500	5000
Dureza total	mg/L de CaCO ₃	264			
Sulfatos	mg/L de SO ₄ ²⁻	217.2		1 000	1 000
Cloruros	mg/L de Cl ⁻	66.98		500	**

Bicarbonato	(mg/L CaCO ₃)	394	518	**
Temperatura	°C	19.8	Δ 3	Δ 3

La Tabla 14 presenta la comparación de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Huaccrahuacho, luego del vertimiento de las aguas residuales tratadas de la PTAR Kunturkanki, con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) correspondientes a la Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales.

Cumplimiento con los ECA

- ✓ pH: Se registró un valor de 7.6, que cumple con los límites establecidos por los ECA para riego de vegetales (6.5-8.5) y para bebida de animales (6.5-8.4).
- ✓ Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅): Se obtuvo un valor de 37.45 mg/L, que excede el límite máximo de 15 mg/L permitido para riego de vegetales, lo que indica un aumento en la carga orgánica después del vertimiento.
- ✓ Demanda Química de Oxígeno (DQO): Se registró 76.65 mg/L, que supera el límite de 40 mg/L establecido en los ECA, lo que indica una mayor presencia de materia orgánica difícilmente biodegradable en el agua.
- ✓ Sólidos Totales en Suspensión (STS): Se obtuvo un valor de 7 mg/L. Aunque no se indica un estándar en los ECA, un aumento en los STS podría afectar la transparencia y calidad del agua del río.
- ✓ Aceites y grasas: Se registró un valor de 3.6 mg/L, que se encuentra dentro de los límites establecidos por los ECA, cumpliendo tanto para riego de vegetales (≤ 5 mg/L) como para bebida de animales (≤ 10 mg/L).
- ✓ Oxígeno disuelto: Se obtuvo 5.2 mg/L, que cumple con los límites establecidos por los ECA para riego de vegetales (≥ 4 mg/L) y bebida de animales (≥ 5 mg/L), indicando una adecuada oxigenación del agua tras el vertimiento.
- ✓ Conductividad: Se reportó 572.7 μ S/cm, valor que está dentro del rango permitido por los ECA (≤ 500 μ S/cm para riego de vegetales y ≤ 5000 μ S/cm para bebida de animales).
- ✓ Dureza total: Se midió 264 mg/L de CaCO₃, sin un estándar específico en los ECA. Sin embargo, valores elevados pueden indicar una alta presencia de sales disueltas que pueden afectar la calidad del agua.
- ✓ Sulfatos: Se obtuvo un valor de 217.2 mg/L, dentro de los límites establecidos en los ECA (≤ 1000 mg/L), indicando que el agua es apta en este parámetro.

- ✓ Cloruros: Se registró 66.98 mg/L, muy por debajo del límite máximo de 500 mg/L para riego de vegetales. En el caso de bebida de animales, no se establece un límite específico.
- ✓ Bicarbonato: Se obtuvo 394 mg/L de CaCO_3 , que cumple con el estándar permitido para riego de vegetales restringido (≤ 518 mg/L). No se establece un límite específico para bebida de animales.
- ✓ Temperatura: Se midió 19.8 °C, dentro del límite de variación máxima de $\pm 3^\circ\text{C}$ permitido por los ECA con respecto a la temperatura ambiental.

Después del vertimiento de las aguas residuales tratadas de la PTAR Kunturkanki, los parámetros DBO_5 y DQO no cumplen con los ECA para riego de vegetales ni para bebida de animales, lo que indica un incremento en la carga orgánica del agua y una posible afectación a su calidad para ambos usos. Sin embargo, otros parámetros como pH, oxígeno disuelto, aceites y grasas, conductividad, sulfatos y cloruros cumplen con los estándares ambientales establecidos para riego y consumo animal.

Implicaciones ambientales:

- Para riego de vegetales:
 - ✓ El aumento en DBO_5 y DQO podría afectar el desarrollo de cultivos, ya que valores elevados de materia orgánica pueden alterar la calidad del agua utilizada en la irrigación.
 - ✓ La presencia de sólidos en suspensión podría afectar la infiltración del agua en el suelo y el transporte de nutrientes hacia las raíces de las plantas.
- Para bebida de animales:
 - ✓ El exceso de carga orgánica en el agua puede afectar la salud del ganado, ya que niveles altos de DBO_5 y DQO pueden favorecer el crecimiento de microorganismos perjudiciales.
 - ✓ Aunque la mayoría de los parámetros cumplen con los estándares de calidad para el consumo animal, el incremento de materia orgánica y sólidos podría comprometer su potabilidad a largo plazo.

Tabla 16

Comparación de las características bacteriológicas del agua del río Huaccrahuacho después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), Cusco – 2023

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)	ECA Riego de vegetales (No restringido)	ECA Riego de vegetales (Restringido)	ECA Bebida para animal es
Coliformes fecales	NMP/10 0 ml Número	92×10 ⁴	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	de modelo 100	54×10 ⁴	1 000	**	**
Numeración de huevos y larvas de helminths.	Organiza ción/L	-	1	1	**

Después del vertimiento de las aguas residuales tratadas de la PTAR Kunturkanki, los resultados microbiológicos del agua del río Huaccrahuacho evidencian un alto nivel de contaminación bacteriana. Se registró un valor de 92×10⁴ NMP/100 ml de coliformes fecales, superando ampliamente los límites establecidos por los ECA para riego de vegetales (1 000 - 2 000 NMP/100 ml) y para bebidas de animales (1 000 NMP/100 ml). Asimismo, la presencia de *Escherichia coli* alcanzó 54×10⁴ NMP/100 ml, excediendo significativamente el límite permitido para riego de vegetales no restringido (1 000 NMP/100 ml). Aunque la numeración de huevos y larvas de helmintos no presentó valores detectables, la alta concentración de bacterias indica un riesgo sanitario considerable.

Estos resultados indican que el agua no es apta para su uso en riego sin un tratamiento previo adecuado, ya que el exceso de coliformes y *E. coli* representa un riesgo de contaminación de cultivos y potenciales enfermedades para los consumidores. En el caso de la bebida de animales, el incumplimiento de los estándares microbiológicos puede afectar la salud del ganado, incrementando la probabilidad de enfermedades gastrointestinales y zoonóticas, lo que a su vez impacta la seguridad alimentaria de la comunidad.

Los resultados muestran que el agua del río Huaccrahuacho, tras recibir las aguas

residuales tratadas, no cumple con los estándares microbiológicos establecidos en los ECA para riego de vegetales ni para bebidas de animales.

4.1.2. Resultados para objetivo general

Objetivo general: Evaluar el impacto de las aguas residuales de la PTAR Kunturkanki en la calidad del río Huaccrahuacho, provincia de Canas, Cusco – 2023.

Tabla 17

Variación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, Cusco – 2023.

	Antes del vertimiento	Después del vertimiento	
pH	8.63	7.6	-12%
DBO ₅	8.61	37.45	335%
DQO	15.97	76.65	380%
Sólidos totales en suspensión (STS)	2	7	250%
Aceites y grasas	1.67	3.6	116%
Sólidos totales disueltos	266.5	284.2	7%
Oxígeno disuelto	6.9	5.2	-25%
Conductividad	539.1	572.7	6%
Dureza total	250	264	6%
Sulfatos	219.74	217.2	-1%
Cloruros	55.98	66.98	20%
Bicarbonato	381	394	3%
Temperatura	20.4	19.8	-3%
Coliformes fecales	22×10 ⁴	92×10 ⁴	318%
<i>Escherichia coli</i>	17×10 ⁴	54×10 ⁴	218%

La tabla muestra la variación porcentual de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales tratadas de la PTAR Kunturkanki. Se evidencian cambios significativos en varios parámetros, lo que indica una alteración en la calidad del agua tras la descarga del efluente tratado.

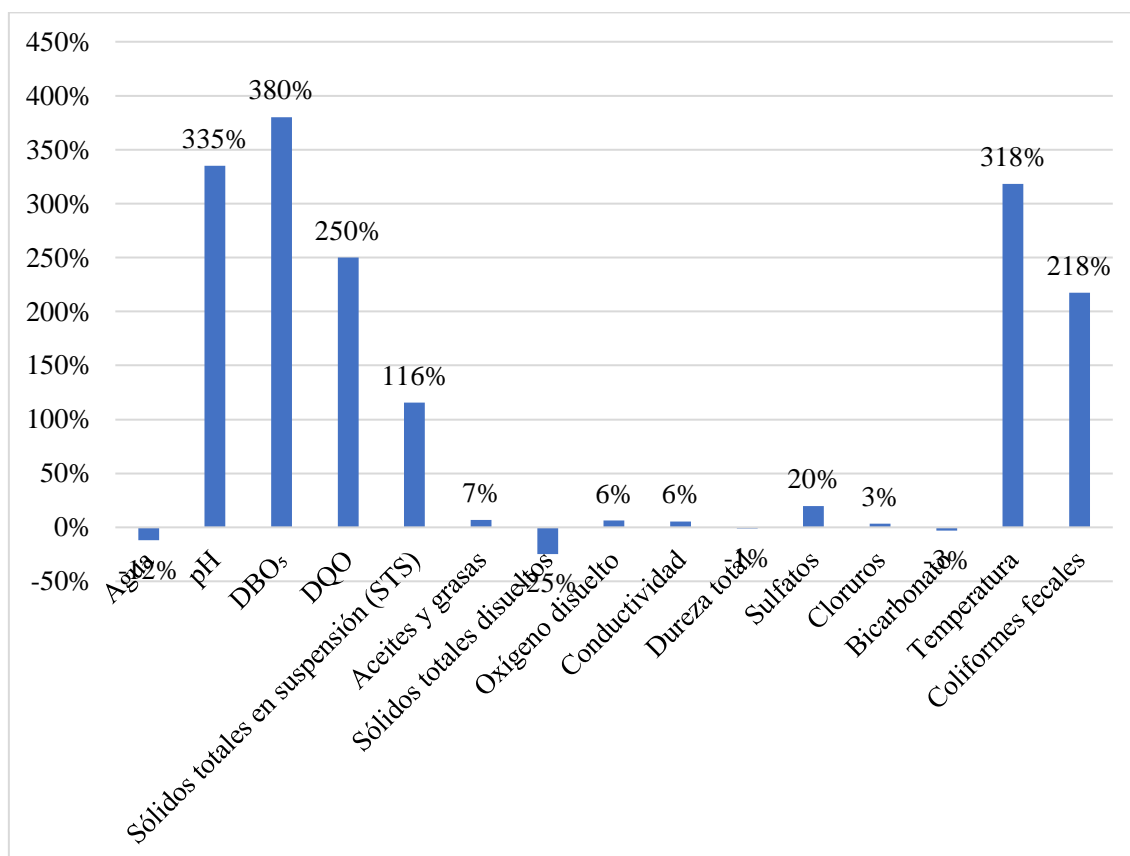
- Disminución del pH: El pH bajó de 8.63 a 7.6 (-12%), acercándose al límite inferior de los ECA para riego, lo cual puede indicar un incremento en la acidez del agua debido a la mezcla con aguas residuales.
- Aumento de la carga orgánica: La DBO₅ y la DQO aumentaron de 8.61 a 37.45 mg/L (335%) y de 15.97 a 76.65 mg/L (380%), respectivamente, lo

que indica un incremento en la materia orgánica biodegradable y no biodegradable. Este cambio refleja una mayor presión sobre el ecosistema acuático, ya que estas sustancias consumen oxígeno disuelto al descomponerse.

- Reducción del oxígeno disuelto: El oxígeno disuelto disminuyó de 6.9 a 5.2 mg/L (-25%), posiblemente como consecuencia del incremento en la materia orgánica, lo que puede comprometer la vida acuática, especialmente en tramos con bajo caudal.
- Incremento de sólidos y sales disueltas: Los sólidos totales en suspensión (STS) aumentaron de 2 a 7 mg/L (250%), lo que puede afectar la turbidez del agua. Los sólidos totales disueltos, la conductividad y la dureza total también aumentaron ligeramente (7%, 6% y 6%, respectivamente), lo que indica una mayor presencia de sales minerales.
- Contaminación bacteriológica: Los coliformes fecales pasaron de 22×10^4 a 92×10^4 NMP/100 ml (318%) y *Escherichia coli* de 17×10^4 a 54×10^4 NMP/100 ml (218%), superando los límites permitidos por los ECA. Esto representa un riesgo para la salud y restringe el uso del agua en riego de cultivos o consumo por animales.
- Otros compuestos químicos: Se observó un leve aumento en los cloruros (20%) y bicarbonatos (3%), mientras que los sulfatos presentaron una variación mínima (-1%). Estos cambios reflejan alteraciones en la composición iónica del agua, aunque dentro de límites permisibles.
- Temperatura: La temperatura descendió levemente de 20.4 °C a 19.8 °C (-3%), y no 318% como indicaba erróneamente la versión anterior. Esta variación es pequeña y se encuentra dentro del rango aceptado por los ECA ($\Delta \pm 3$ °C).

Figura 3

Comparación de los parámetros bacteriológicos del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, Cusco – 2023.



Los resultados evidencian que el vertimiento de aguas residuales tratadas de la PTAR Kunturkanki generó cambios significativos en la calidad del agua del río Huaccrahuacho. El incremento de la materia orgánica, la reducción del oxígeno disuelto y la elevada presencia de microorganismos patógenos sugieren que la capacidad de tratamiento de la PTAR puede ser insuficiente para garantizar un efluente que no comprometa la calidad ambiental del río.

Hipótesis nula (H_0): Las aguas residuales tratadas de la PTAR Kunturkanki no generan un impacto significativo en la calidad del agua del río Huaccrahuacho, provincia de Canas, Cusco – 2023. Es decir, las diferencias en los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos antes y después del vertimiento no son estadísticamente significativas.

Hipótesis alterna (H_1): Las aguas residuales tratadas de la PTAR Kunturkanki generan un impacto significativo en la calidad del agua del río Huaccrahuacho, provincia de Canas, Cusco – 2023. Es decir, existen diferencias estadísticamente

significativas en los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos antes y después del vertimiento.

Tabla 18

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Después del vertimiento	-Rangos negativos	4 ^a	2,75	11,00
Antes del vertimiento	Rangos positivos	11 ^b	9,91	109,00
	Empates	0 ^c		
	Total	15		

a. Después del vertimiento < Antes del vertimiento
b. Después del vertimiento > Antes del vertimiento
c. Después del vertimiento = Antes del vertimiento

La tabla 17 presenta los resultados de la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, utilizada para evaluar la diferencia entre los valores de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de las aguas residuales tratadas de la PTAR Kunturkanki. Se observa que 4 parámetros presentan rangos negativos, lo que indica una disminución en sus valores después del vertimiento. En contraste, 11 parámetros presentan rangos positivos, lo que indica un incremento en sus valores tras el vertimiento. No se reportaron empates, lo que significa que en ningún caso los valores antes y después del vertimiento fueron iguales. La predominancia de rangos positivos indica que la mayoría de los parámetros aumentaron tras el vertimiento, lo que podría evidenciar un impacto en la calidad del agua del río.

Tabla 19

Estadísticos de prueba

	Después del vertimiento - Antes del vertimiento
Z	-2,783 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,005

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon
b. Se basa en rangos negativos.

Dado que el p-valor (0.005) es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H₀)

y se acepta la hipótesis alterna (H_1). Esto significa que las aguas residuales tratadas de la PTAR Kunturkanki afectan significativamente la calidad del agua del río Huaccrahuacho, generando cambios estadísticamente significativos en los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos evaluados.

Estos resultados indican que, aunque la PTAR realiza un proceso de tratamiento, el vertimiento sigue teniendo un impacto en la calidad del agua, especialmente en la carga orgánica (DBO₅ y DQO), lo que puede alterar el equilibrio del ecosistema acuático.

4.2. Discusión de resultados

Objetivo general: Evaluar el impacto de las aguas residuales de la PTAR Kunturkanki en la calidad del río Huaccrahuacho, provincia de Canas, Cusco – 2023. El análisis estadístico mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon ($Z = -2.783$; $p = 0.005$) evidenció una diferencia significativa en la calidad del agua antes y después del vertimiento de las aguas residuales tratadas. Este hallazgo es consistente con la investigación realizada en el río Babahoyo (Ecuador), donde los vertimientos de aguas residuales industriales y urbanas generaron incrementos en DBO₅, DQO y coliformes fecales, afectando la calidad del agua y su aptitud para diversos usos. Asimismo, en la cuenca del río Chillón (Perú), se encontró que el vertimiento de aguas residuales aumentó los niveles de contaminantes orgánicos y bacteriológicos por encima de los límites permitidos. Desde una perspectiva teórica, los resultados se alinean con la clasificación y gestión de aguas residuales expuesta por Cruz et al. (2022), donde se destaca que los vertimientos no controlados pueden incrementar la carga orgánica y bacteriana del agua receptora. Además, la UNESCO (2022) enfatiza que una gestión inadecuada de aguas residuales puede alterar el balance ecológico de los cuerpos de agua y comprometer su uso sostenible.

Objetivo específico 1: Identificar las características fisicoquímicas del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, provincia de Canas, Cusco – 2023. Los resultados muestran un aumento en la DBO₅ (de 8.61 mg/L a 37.45 mg/L) y la DQO (de 15.97 mg/L a 76.65 mg/L), lo que indica un incremento en la carga orgánica del agua. Un hallazgo similar se reportó en el río Pindo Chico (Ecuador), donde la construcción de una PTAR no logró reducir eficazmente estos parámetros, evidenciando que el

tratamiento aplicado no fue suficiente para minimizar la contaminación. De igual manera, en el río Moquegua (Perú), los vertimientos residuales elevaron significativamente estos parámetros, afectando la calidad del agua para el riego agrícola.

Según la teoría de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2022), los valores elevados de DBO₅ y DQO reflejan la presencia de materia orgánica que demanda oxígeno para su descomposición, lo que puede generar zonas hipóxicas en cuerpos de agua. Además, la OEFA (2022) señala que el aumento de sólidos totales en suspensión (STS), como el registrado en el presente estudio (de 2 mg/L a 7 mg/L), reduce la transparencia del agua y afecta a los ecosistemas acuáticos.

Objetivo específico 2: Determinar las características bacteriológicas del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, provincia de Canas, Cusco – 2023. Se observó un aumento significativo en la concentración de coliformes fecales, que pasó de 22×10^4 NMP/100 ml a 92×10^4 NMP/100 ml, y de *Escherichia coli*, que subió de 17×10^4 NMP/100 ml a 54×10^4 NMP/100 ml. Este comportamiento es similar al reportado en el río Lalicucho (Perú), donde la PTAR no eliminó bacterias patógenas, afectando la calidad del agua. De igual manera, en la parroquia del Tena (Ecuador), las PTAR evaluadas no redujeron efectivamente estos microorganismos, generando un riesgo sanitario importante.

La teoría de Mogens et al. (2021) sostiene que los contaminantes microbiológicos en aguas residuales pueden provenir de fuentes domésticas e industriales y que su presencia en cuerpos de agua indica un tratamiento inadecuado o un proceso de desinfección insuficiente. Además, según la OMS (2022), la presencia de coliformes fecales y *Escherichia coli* por encima de los límites permitidos representa un alto riesgo para la salud pública, ya que estos microorganismos pueden causar enfermedades gastrointestinales y afectar la seguridad del agua para consumo humano y riego.

Objetivo específico 3: Verificar el cumplimiento de la calidad del agua del río Huaccrahuacho, antes y después del vertimiento de la PTAR Kunturkanki, con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Los valores obtenidos para DBO₅ (37.45 mg/L) y DQO (76.65 mg/L) exceden los límites permitidos por

los ECA para riego de vegetales y bebida de animales (15 mg/L y 40 mg/L, respectivamente). Un caso similar se reportó en el río Chili (Perú), donde los vertimientos de aguas residuales incrementaron estos valores más allá de lo establecido por la normativa ambiental. Igualmente, en el río Vilcanota (Cusco), aunque la PTAR Sicuani mejoró la calidad del agua, aún se identificaron niveles elevados de materia orgánica.

Desde la perspectiva de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA, MINAM 2017), el incumplimiento de estos valores refiere que el agua del río no es apta para riego sin restricciones ni para consumo animal, lo que podría generar impactos negativos en la agricultura local y en los ecosistemas acuáticos. Según la UNESCO (2022), un mal tratamiento de aguas residuales genera alteraciones en los cuerpos de agua receptores, afectando su calidad y restringiendo su uso.

En resumen, los resultados indican que la PTAR Kunturkanki no logra cumplir con los ECA en varios parámetros clave, lo que evidencia la necesidad de optimizar los procesos de tratamiento y monitorear continuamente la calidad del agua del río Huaccrahuacho para mitigar su impacto ambiental.

CONCLUSIONES

1. Objetivo general: El impacto de la PTAR Kunturkanki en la calidad del río Huaccrahuacho, provincia de Canas, Cusco – 2023, ($p = 0.005$, prueba de Wilcoxon), evidenciándose un deterioro en la calidad del agua tras el vertimiento. Se registraron incrementos considerables en la DBO₅ (de 8.61 a 37.45 mg/L) y en la DQO (de 15.97 a 76.65 mg/L), lo cual reflejó un aumento en la carga orgánica. Asimismo, los niveles de coliformes fecales y *Escherichia coli* aumentaron, indicando una mayor contaminación bacteriológica.
2. Objetivo específico 1: Antes del vertimiento, el agua presentó pH de 8.63, oxígeno disuelto de 6.9 mg/L, DBO₅ de 8.61 mg/L y DQO de 15.97 mg/L. Después del vertimiento, el pH disminuyó a 7.6, el oxígeno disuelto a 5.2 mg/L, y aumentaron la DBO₅ a 37.45 mg/L y la DQO a 76.65 mg/L. También se elevaron los sólidos totales en suspensión (de 2 a 7 mg/L) y los aceites y grasas (de 1.67 a 3.6 mg/L), evidenciando un aumento de materia orgánica y compuestos contaminantes en el agua.
3. Objetivo específico 2: Antes del vertimiento, se registraron 22×10^4 NMP/100 ml de coliformes fecales y 17×10^4 NMP/100 ml de *Escherichia coli*. Después del vertimiento, estas concentraciones aumentaron a 92×10^4 y 54×10^4 NMP/100 ml, respectivamente, indicando un incremento sustancial en la carga bacteriana del agua.
4. Objetivo específico 3: Antes del vertimiento, varios parámetros cumplían con los ECA, excepto los indicadores bacteriológicos. Después del vertimiento, los valores de DBO₅ (37.45 mg/L) y DQO (76.65 mg/L) excedieron los límites permisibles (15 y 40 mg/L), mientras que el oxígeno disuelto (5.2 mg/L) y la conductividad (572.7 μ S/cm) sí se mantuvieron dentro de lo permitido. En conjunto, los resultados indican que el agua no cumple con los ECA, principalmente debido al aumento de materia orgánica y contaminación bacteriana.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda optimizar el proceso de tratamiento en la PTAR Kunturkanki para mejorar la remoción de materia orgánica y reducir la concentración de DBO₅ y DQO en los efluentes, asegurando que cumplan con los estándares ambientales antes de su vertimiento en el río Huaccrahuacho.
2. Se recomienda implementar un programa de monitoreo continuo de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Huaccrahuacho, con el fin de evaluar de manera periódica el impacto de la PTAR Kunturkanki y aplicar medidas correctivas cuando sea necesario.
3. Se recomienda reforzar el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) mediante la aplicación de tratamientos complementarios como filtración y desinfección, reduciendo la contaminación del agua y garantizando su aptitud para riego y consumo animal.
4. Se recomienda que las autoridades ambientales y municipales fortalezcan la supervisión del funcionamiento de la PTAR Kunturkanki, promoviendo mejoras en la infraestructura de tratamiento y exigiendo el cumplimiento de regulaciones para minimizar el impacto ambiental en el río Huaccrahuacho.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **UNESCO.** *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017, Aguas residuales: El recursos desaprovechado.* París : UNESCO, 2017.
2. **Banco Mundial.** *El agua residual puede generar beneficios para la gente, el medioambiente y las economías, según el Banco Mundial.* s.l. : Banco Mundial, 2020.
3. **Rivera.** ¿Cómo va el progreso a nivel mundial en el Tratamiento de Aguas Residuales? [En línea] 02 de SEPTIEMBRE de 2021. [https://agua.org.mx/editoriales/progreso-mundial-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales/#:~:text=Respecto%20a%20las%20aguas%20residuales,\)%20\(Ver%20ilustraci%C3%B3n%201\)..](https://agua.org.mx/editoriales/progreso-mundial-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales/#:~:text=Respecto%20a%20las%20aguas%20residuales,)%20(Ver%20ilustraci%C3%B3n%201)..)
4. **DoinGlobal.** ¿Qué son las aguas residuales? [En línea] 29 de Setiembre de 2021. <https://doinglobal.com/aguas-residuales-latinoamerica/#:~:text=residuales%20en%20Latinoam%C3%A9rica%3F,En%20Am%C3%A9rica%20Latina%2C%20m%C3%A1s%20del%2070%25%20de%20las%20aguas%20residuales,cada%20pa%C3%ADs%20de%20la%20regi%C3%B3n..>
5. **De la Peña, Maria, y otros.** *El reúso de agua residual tratada en América Latina y el Caribe: 10 estudios de caso.* <https://publications.iadb.org/es/el-reuso-de-agua-residual-tratada-en-america-latina-y-el-caribe-10-estudios-de-caso> : Banco Interamericano de Desarrollo, 2022.
6. **Banco Mundial.** El agua residual puede generar beneficios para la gente, el medioambiente y las economías, según el Banco Mundial. [En línea] 19 de Marzo de 2020. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/03/19/wastewater-a-resource-that-can-pay-dividends-for-people-the-environment-and-economies-says-world-bank>.
7. **Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS].** El tratamiento de aguas residuales en el Perú aumentó en 11 %, entre el 2016 y el 2020. [En línea] 8 de Junio de 2022. <https://www.sunass.gob.pe/lima/el-tratamiento-de-aguas-residuales-en-el-peru-aumento-en-11-entre-el-2016-y-el-2020/>.
8. *Alternativas para mejorar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba – Cajamarca.* **Núñez, Mariela.** 2020, Revista Ciencia Nor@ndina, págs. 90 - 102.

9. **Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos [ONU-Hábitat].** *Progreso en el tratamiento de las aguas residuales.* (Portugal : Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, 2021 .
10. **Autoridad Administrativa del Agua Pampas.** *Resolución Directoral N°371-2020-ANA-AAA.PA.* Apurímac : Autoridad Administrativa del Agua Pampas, 2020.
11. *Evaluación del impacto ambiental de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales. Caso río Pindo Chico, Puyo, Pastaza, Ecuador.* **Montero, Fernando, y otros.** 1, 2020, Ciencia, Ambiente y Clima, Vol. 3, págs. 23-39.
12. **Salazar, Tatiana.** *Evaluación ambiental de las plantas de tratamiento de aguas residuales en la parroquia del Tena de la provincia del Napo a fin de proponer estrategias de reducción de los impactos negativos al ambiente.* Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito, Ecuador : 2020.
13. **Pillapa, Jorge.** *Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Parroquia el Corazón, Cantón Pangua, provincia Cotopaxi.* Universidad Técnica de Ambato UTA, Ambato, Ecuador : 2021.
14. **Sandal, Mariano.** *Efecto de las descargas de aguas residuales de la empresa Emsaba EP sobre la calidad del agua del río Babahoyo. año 2018.* Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador : 2019.
15. **López, Douglas.** *Evaluación al proceso técnico, operativo y ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Jipijapa.* Universidad Estatal Del Sur De Manabi, Manabi, Ecuador : 2019.
16. **Quispe, Jhener.** *Eficiencia de remoción de parámetros bacteriológicos y parasitológicos en la planta de tratamiento de aguas residuales y su impacto en el río Lalicucho – Cajabamba.* Universidad Nacional De Cajamarca, Cajamarca, Perú : 2021.
17. **Hanco, Cynthia.** *Evaluación de la influencia de la Ptar en la parte baja de la Intercuenca del río Moquegua.* Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú : 2020.
18. **Salazar, Joel y Yarin, Tiffany.** *Impacto de los efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales de Puente Piedra en la calidad de las aguas superficiales de la cuenca baja del Río Chillón, 2021.* Universidad Privada del Norte, Lima, Perú : 2023.
19. **Ordoñez, Noe.** *Análisis de la calidad del agua en el río chili (distritos de Tiabaya y Uchumayo) antes y después de la puesta en marcha y operación de la planta de tratamiento de agua residuales “La Enlozada” aplicando un modelo matemático.*

- Universidad Nacional De San Agustín Arequipa, Arequipa, Perú : 2020.
20. **Andrade, Reyna.** *Evaluación de la eficiencia en la planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Macusani, región Puno – 2020.* Universidad Privada San Carlos, Puno, Perú : 2020.
 21. **Cayllahua, Nohemi.** *Evaluación de la PTAR Sicuani y su impacto en la calidad del agua del río Vilcanota.* Universidad Nacional San Antonio Abad Del Cusco, Cusco, Perú : 2022.
 22. **Flores, Alvaro.** *Influencia de la gestión de aguas residuales de la ciudad del Cusco, en la calidad del río Huatanay, año 2022.* Universidad César Vallejo, Cusco, Perú : 2022.
 23. **OEFA.** *Fiscalizaicon ambiental en aguas residuales.* Lima : Ministerio del ambiente, 2018.
 24. **INCYTU.** *Tratamiento de aguas residuales.* Ciudad de México : INCYTU, 2019.
 25. *Revisión rápida: monitoreo de la presencia e infectividad del virus SARS-CoV-2 y otros coronavirus en aguas residuales.* **Cruz, Copytzy, y otros.** 1, 2021, Salud pública de México, Vol. 63, págs. 109-119.
 26. **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.** *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Introducción al Tratamiento de Aguas Residuales Municipales.* Ciudad de México : Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015.
 27. **UNESCO.** *Aguas residuales el recurso desaprovechado.* Francia : Unesco, 2017.
 28. **Mogens, Mark, y otros.** *Desarrollo del Tratamiento de Aguas Residuales .* EE.UU : IWA Publishing, 2017.
 29. **Ministerio de Agricultura y Riego.** *Reúso de aguas residuales tratadas en la agricultura.* Lima : Autoridad Nacional del Agua, 2018.
 30. **Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.** *Desarrollo de rutas de instrumentación de las contribuciones nacionalmente determinadas en materia de mitigación de gases y compuestos de fecto invernadero (GyCEI) del sector aguas residuales de México.* Ciudad de México : INECC, 2018.
 31. **Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.** *Guía Técnica para la Evaluación de Impacto Ambiental de Aguas Residuales.* El Salvador : Gobierno de El Salvador, 2019.
 32. *Calidad del agua y desarrollo sostenible.* **Villena, Jorge.** 2, 2018, Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica, Vol. 35, págs. 304-308.

33. **D.S. N° 004-2017-MINAM.** *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.* Lima : Diario El Peruano, 2017.
34. **MINAM.** *Decreto Supremo N° 003-2010 Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.* Lima : Minam, 2010.
35. **WWDR.** *Aguas residuales el recurso desaprovechado.* Francia : Unesco, 2017.
36. **Fondo para el logro de los ODM.** *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco.* Lima : ECOFLUIDOS, 2012.
37. **Autoridad Nacional del Servicio Civil.** *Gestión Sostenible del Agua.* Primera edición. Lima : SERVIR, 2021.
38. *Contaminación del agua y aire por agentes químicos.* **Grijalva, Ana de las Mercedes, Jiménez, María y Ponce, Henry.** 4, 2020, Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento, Vol. 4, págs. 79-93.
39. **Ministerio del Ambiente.** *Estándares de Calidad Ambiental.* Lima : Ministerio del Ambiente, 2017.
40. **Ruiz, José.** Marco Conceptual. *Universidad de Colima.* [En línea] 15 de Setiembre de 2023.
https://recursos.ucol.mx/tesis/glosario_terminos_investigacion.php?letter=M#:~:text=M%C3%89TODO%20HIPOT%C3%89TICO%20DEDUCTIVO%3A,vez%20son%20so%20medidas%20a%20verificaci%C3%B3n..
41. **Carrasco, Sergio.** *Metodología de la investigación.* Lima : San Marcos, 2019.
42. **Hernández, Roberto y Mendoza, Christian.** *Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta.* México : McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V, 2018.
43. **Arias, Jose.** *Diseño Y Metodología De La Investigación .* Peru : Enfoques Consulting Eirl, 2021.
44. **Neill, David y Cortez, Liliana.** *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica.* Machala : Editorial UTMACH, 2018.
45. **Ñaupas, Humberto, y otros.** *Metodología de la investigación. Cuantitativa – Cualitativa y redacción de la tesis. 5ª Edición.* México : Ediciones de la U, 2018.
46. **Baena, Guillermina.** *Metodología de la investigación.* México : Grupo Editorial Patria, 2017.

47. **Baiker, Jan y Kómetter, Roberto.** *Siembra y cosecha de agua en la mancomunidad Saywite-Choquequirao-Ampay y en la microcuenca del río Mariño (Apurímac, Perú). Experiencias, retos y oportunidades.* Apurímac : Programa Bosques Andinos de la Agencia Suiza, 2022.

ANEXOS

Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Problema general	Objetivo general	Objetivo general	Aguas residuales tratadas (PTAR Kunturkanki)	Impacto en la calidad del agua del río	Comparación de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos antes y después del vertimiento	Método: Hipotético-deductivo Tipo: Aplicada Nivel: descriptivo-correlacional Diseño: no experimental-transversal Población: Río Huaccrahuacho, ubicado en el distrito de Kunturkanki. Muestra: Puntos de monitoreo del río Huaccrahuacho Técnica: Observación Instrumento: Guía de observación
Problemas específicos	Objetivos específicos	Objetivos específicos				
¿Cuál es el impacto de las aguas residuales de la PTAR Kunturkanki en la calidad del río Huaccrahuacho, provincia de Canas, Cusco - 2023?	Evaluar el impacto de las aguas residuales de la PTAR Kunturkanki en la calidad del río Huaccrahuacho, provincia de Canas, Cusco – 2023.	Las aguas residuales tratadas de la PTAR Kunturkanki generan un impacto significativo en la calidad del agua del río Huaccrahuacho, provincia de Canas, Cusco – 2023.	Calidad del río	Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de calidad del agua	OD pH Temperatura Calcio Magnesio Sodio Cloruros Conductividad Sulfatos Bicarbonatos	
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, provincia de Canas, Cusco - 2023? ¿Cuáles son las características bacteriológicas del 	<ul style="list-style-type: none"> Identificar las características fisicoquímicas del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, provincia de Canas, Cusco – 2023. Determinar las características bacteriológicas del 	<ul style="list-style-type: none"> Ha1: Existen diferencias significativas en las características fisicoquímicas del agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales tratadas. Ha2: Existen diferencias significativas en las características bacteriológicas del agua del río 				

<p>agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, provincia de Canas, Cusco - 2023?</p> <p>• ¿La calidad del agua del río Huaccrahuacho, antes y después del vertimiento de la PTAR Kunturkanki, cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)?</p>	<p>agua del río Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales de la PTAR Kunturkanki, provincia de Canas, Cusco - 2023.</p> <p>• Verificar el cumplimiento de la calidad del agua del río Huaccrahuacho, antes y después del vertimiento de la PTAR Kunturkanki, con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).</p>	<p>Huaccrahuacho antes y después del vertimiento de aguas residuales tratadas.</p> <p>• Haz: La calidad del agua del río Huaccrahuacho, después del vertimiento de aguas residuales tratadas, no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).</p>			<p>Hierro Boro Dureza total CaCO3 Total, de solidos disueltos Coliformes termotolerantes</p>	
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Resultados de laboratorio

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Urb. Velasco Astete D-18-B
 Wanchaq - Cusco - Perú
 Telefono: 084-771906
 Celular: 975 713500 - 974787151
 laboratoriolouispasteur@yahoo.es
 www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-5141-2024
SO-1477-2024



Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Nardo Mamani Berna, Yimy Yilsin Thacca Quispe.
 Dirección Legal: Cusco.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua superficial
 Fecha de Ingreso de Muestra: 2024/12/07
 Fecha de Ensayo: 2024/12/07
 Nro. De Cotización: 01-12-2024

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):

Muestreo realizado por: Nardo Mamani Berna
 Fecha de Muestreo: 2024/12/06
 Hora de Muestreo: 14:56
 Procedencia de la Muestra: Coordenadas: N 14.537838 E:71.31918 – Rio Huacrahuacho – distrito El Descanso – provincia de Canas – Cusco.
 Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 frasco de polietileno estéril de 500ml, 04 frascos de polietileno de 1000ml c/u, 01 frasco de polietileno de 500ml, 01 frasco de polietileno de 250ml y 01 frasco de vidrio ambar de 1000ml, transportadas en cadena de frío.
 Cadena de custodia LLP-MP14-F04 de fecha: 2024/12/06
 Proyecto: Impacto de las aguas residuales PTAR Kunturkanki en la calidad del Rio Huacrahuacho provincia Canas, Cusco, 2024.

REPORTE DE RESULTADOS

Fecha de finalización de Ensayo: 2024/12/20
 Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2024/12/20

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió, de acuerdo a los datos declarados por el cliente.

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes fecales	NMP/100ml	22x10 ⁴
Escherichia coli	NMP/100ml	17x10 ⁴
Numeración de huevos y larvas de helmintos	Org/L	0

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	Unidades de pH	8,63
DBO ₅	DBO ₅ , mg/L	8,61
DQO	DQO as mg/L O ₂	15,97
Sólidos totales en suspensión	STS mg/L	2,00
Aceites y grasas	A y G mg/L	1,67
Solidos totales disueltos	ppm	266,50
Oxígeno disuelto	mg/L	6,90
Conductividad	µS/cm	536,1
Dureza total	mg/L CaCO ₃	250,00
Sulfatos	mg/L SO ₄ ²⁻	219,74
Cloruros	Cl ⁻ mg/L	55,98
Temperatura	°C	20,4

Métodos de Referencia:

Coliformes Fecales (MFC)
 Escherichia coli
 Numeración de huevos y larvas de helmintos
 pH
 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)
 Demanda Química de Oxígeno (DQO)
 Sólidos Totales en Suspensión
 Aceites y Grasas
 Sólidos Totales Disueltos (STD)
 Oxígeno Disuelto (OD)
 Dureza Total
 Conductividad
 Cloruros
 Sulfatos
 Temperatura

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 24th Ed. (2023) Multiple Tube fermentation technique for Members of the Coliform Group.
 Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part, 9221 F, 24th Ed. (2023), Escherichia coli Procedure using fluorogenic substrate.
 Analysis of Wastewater for Use in Agriculture - A Laboratory Manual of Parasitological and Bacteriological Techniques Cap. 2 (1996)
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 H+ B, 24th Ed. (2023) pH, Electrometric Method
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5216 B, 24th Ed. (2023) Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test.
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 24th Ed. (2023) Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Titrimetric Method.
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. (2023) Solids, Total Suspended Solids Dried from 103 to 105°C
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5620 D, 24th Ed. (2023) Oil and Grease, Soxhlet Extraction Method.
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part, 2510 - B, 24th Ed. (2023) Solids, Laboratory Method.
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part, 4500 - D C, 24th Ed. (2023) Ed Oxygen (Dissolved), Azide Modification
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF part, 2340 C, 24th Ed. (2023) Hardness, EDTA Titrimetric Method.
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part, 2510 - B, 24th Ed. (2023) Conductivity, Laboratory Method.
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part, 4500 - B, 24th Ed. (2023) Chloride, Argentometric Method.
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part, 4500 - E, 24th Ed. (2023) Sulfate, Turbidimetric Method.
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2390 B, 24th Ed. (2023) Laboratory and Field Methods Method.

Biga. Mierza Yimy Yilsin Thacca Quispe Flórez
 DIRECTOR DE CALIDAD
 LABORATORIO LOUIS PASTEUR



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada. **El Laboratorio Louis Pasteur S. R. Ltda. no se responsabiliza por la información de la muestra declarada por el cliente.**

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Urb. Velasco Astete D-18-B
 Wanchaq - Cusco - Perú
 Telefono: 084-771906
 Celular: 975 713500 - 974787151
 laboratoriolouispasteur@yahoo.es
 www.lablouispasteur.pe

OPINIONES E INTERPRETACIONES**INFORME DE ENSAYO****LLP-5141-2024****LABORATORIO LOUIS PASTEUR**

Pág. 1 de 1

**DECRETO SUPREMO N°031/2010 MINSA – Aprueban Reglamento de la Calidad
 del Agua para Consumo Humano**

Determinaciones	Unidad de Medida	Límite Máximo permisible	Valores Hallados
Coliformes Fecales	NMP / 100ml a 44.5°C	< 1,8	22x10⁴
E. Coli	UFC/ 100mL a 44,5°C	< 1,8	17x10⁴
Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0	0
pH	Valor de pH	6.5 -8.5	8,63
Dureza	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500	250,00
Conductividad	µS/cm	1 500	536,1
Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000	266,50
Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250	219,74
Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250	55,98

Observaciones

De acuerdo a los ensayos realizados la muestra analizada **no se encuentra dentro de los límites establecidos por el D. S. N°031/2010 MINSA – APRUEBAN REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.**



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada. **El Laboratorio Louis Pasteur S. R. Ltda. no se responsabiliza por la información de la muestra declarada por el cliente.**

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Urb. Velasco Astete D-18-B
Wanchaq - Cusco - Perú
Teléfono: 084-771906
Celular: 975 713500 - 974787151
laboratorioulouispasteur@yahoo.es
www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-5142-2024
SO-1477-2024



INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Nardo Mamani Berna, Yimy Yilsin Thacca Quispe.
Dirección Legal: Cusco.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua superficial
Fecha de Ingreso de Muestra: 2024/12/07
Fecha de Ensayo: 2024/12/07
Nro. De Cotización: 01-12-2024

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):

Muestreo realizado por: Nardo Mamani Berna
Fecha de Muestreo: 2024/12/06
Hora de Muestreo: 15:45
Procedencia de la Muestra: Coordenadas: N 14.537714 E:71.31976 – Rio Huacrahuacho – distrito El Descanso – provincia de Canas – Cusco.
Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 frasco de polietileno estéril de 500ml, 04 frascos de polietileno de 1000ml c/u, 01 frasco de polietileno de 500ml, 01 frasco de polietileno de 250ml y 01 frasco de vidrio ambar de 1000ml, transportadas en cadena de frío.
Cadena de custodia LLP-MP14-F04 de fecha: 2024/12/06
Proyecto: Impacto de las aguas residuales PTAR Kunturkanki en la calidad del Rio Huacrahuacho provincia Canas, Cusco, 2024.

REPORTE DE RESULTADOS

Fecha de finalización de Ensayo: 2024/12/20
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2024/12/20

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió, de acuerdo a los datos declarados por el cliente.

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes fecales	NMP/100ml	92x10 ³
Escherichia coli	NMP/100ml	54x10 ³
Numeración de huevos y larvas de helmintos	Org/L	0

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	Unidades de pH	7,60
DBO ₅	DBO ₅ , mg/L	37,45
DQO	DQO as mg/L O ₂	76,65
Sólidos totales en suspensión	STS mg/L	7,00
Aceites y grasas	A y G mg/L	3,06
Solidos totales disueltos	284,20	
Oxígeno disuelto	mg/L	5,20
Conductividad	µS/cm	572,7
Dureza total	mg/L CaCO ₃	264,00
Sulfatos	mg/L SO ₄ ²⁻	217,20
Cloruros	Cl mg/L	66,98
Temperatura	°C	19,8



Métodos de Referencia:

- Coliforms Fecales (NMP) SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 24th Ed. (2023). Multiple Tube fermentation technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thymotolerant Coliform Test (EC Medium).
- Escherichia coli SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F, 24th Ed. (2023). Escherichia coli Procedure using fluorogenic substrate.
- Numeración de huevos y larvas de helmintos Analysis of Wastewater for Use in Agriculture - A Laboratory Manual of Parasitological and Bacteriological Techniques Cap 2 (1996)
- pH SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24th Ed. (2023) pH, Electrometric Method
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. (2023) Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
- Demanda Química de Oxígeno (DQO) SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 24th Ed. (2023) Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Titrimetric Method.
- Sólidos Totales en Suspensión SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. (2023) Solids, Total Suspended Solids Dried from 103 to 105°C
- Aceites y Grasas SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 D, 24th Ed. (2023) Oil and Grease, Soxhlet Extraction Method.
- Sólidos totales disueltos SMEIWW-APHA-AWWA-WEF, Part. 2510 - B, 24th Ed. (2023). Solids, Laboratory Method.
- Oxígeno Disuelto (O₂) SMEIWW-APHA-AWWA-WEF, Part. 4500 - C, 24th Ed. (2023) Ed. Oxygen (Dissolved), Acide Modification
- Conductividad SMEIWW-APHA-AWWA-WEF, Part. 2540 - C, 24th Ed. (2023). Hardness, Edita Titrimetric Method.
- Dureza Total SMEIWW-APHA-AWWA-WEF, Part. 2510 - B, 24th Ed. (2023) Conductivity, Laboratory Method.
- Sulfatos SMEIWW-APHA-AWWA-WEF, Part. 4500- E, 24th Ed. (2023) Chloride, Argentometric Method.
- Cloruros SMEIWW-APHA-AWWA-WEF, Part. 4500- E, 24th Ed. (2023) Sulfate, Turbidimetric Method.
- Temperatura SMEIWW-APHA-AWWA-WEF, Part. 2550 B, 24th Ed. (2023) Laboratory and Field Methods Method.

[Handwritten signature]
Begoña María del Pilar Flores
LABORATORIO LOUIS PASTEUR

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada. **El Laboratorio Louis Pasteur S. R. Ltda. no se responsabiliza por la información de la muestra declarada por el cliente.**

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Urb. Velasco Astete D-18-B
Wanchaq - Cusco - Perú
Teléfono: 084-771906
Celular: 975 713500 - 974787151
laboratoriolouispasteur@yahoo.es
www.lablouispasteur.pe

**OPINIONES E INTERPRETACIONES
INFORME DE ENSAYO
LLP-5142-2024****LABORATORIO LOUIS PASTEUR**

Pág. 1 de 1

DECRETO SUPREMO N°031/2010 MINSA – Aprueban Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Determinaciones	Unidad de Medida	Límite Máximo permisible	Valores Hallados
Coliformes Fecales	NMP / 100ml a 44.5°C	< 1,8	92x10 ³
E. Coli	UFC/ 100mL a 44,5°C	< 1,8	54x10 ³
Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	N° org/L	0	0
pH	Valor de pH	6.5 -8.5	7,60
Dureza	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500	264,00
Conductividad	µS/cm	1 500	572,7
Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000	284,20
Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250	217,20
Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250	66,98

Observaciones

De acuerdo a los ensayos realizados la muestra analizada **no** se encuentra dentro de los límites establecidos por el D. S. N°031/2010 MINSA – APRUEBAN REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada. **El Laboratorio Louis Pasteur S. R. Ltda. no se responsabiliza por la información de la muestra declarada por el cliente.**

INFORME DE ENSAYO

N° de Referencia: A-24/187891	Registrada en: AGQ Perú	Cliente (^): LABORATORIO LOUIS PASTEUR S.R.LTDA
Análisis: PE01-00022102-243	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio (^): MZA. D LOTE. B-18 URB. ALEJANDRO VELASCO ASTETE - WANCHAQ, CUSCO - CUSCO 0
Tipo Muestra: Agua Río	Fecha Recepción: 13/12/2024	Contrato: QSP-PE240300015
Fecha Inicio: 13/12/2024	Fecha Fin: 20/12/2024	Cliente 3º(^): NARDO MAMANI BERNA ; YIMY YILSIN THACCA QUISPE
Descripción(^): RIO HUACRAHUACHO		
Fecha/Hora Muestreo: 06/12/2024 14:56	Muestreado por: *Cliente (^)	Este: Norte:
Área de Muestreo: DISTRITO EL DESCANSO - PROVINCIA DE CANAS - CUSCO		
Zona de Muestreo: RIO HUACRAHUACHO		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los resultados reflejados en el presente informe se refieren únicamente a la muestra tal como es recibida en el laboratorio y sometida a ensayo. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, tanto la asociada a la toma de muestras realizada por él como a otros datos descriptivos, marcados con (^) y que se encuentran fuera de nuestro alcance de Acreditación.



Roberto Chuquimayo Arellano
CQP-779

FECHA EMISIÓN: 20/12/2024



Código de verificación

OBSERVACIONES (*):

PROYECTO: " IMPACTO DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS PTAR KUNTURKANKI EN LA CALIDAD DE RIO HUACRAHUACHO PROVINCIA CANAS CUSCO 2024"

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia: A-24/187891	Tipo Muestra: Agua Río
Descripción(*): RIO HUACRAHUACHO	Fecha Fin: 20/12/2024

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Aniones -				
Bicarbonato	381	mg/L CaCO ₃	±19,1	

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Los resultados emitidos, no han sido corregidos con valores de recuperación. Las Incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

INFORME DE ENSAYO

N° de Referencia: A-24/187891	Tipo Muestra: Agua Río
Descripción(*): RIO HUACRAHUACHO	Fecha Fin: 20/12/2024

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
Aniones -				
Bicarbonato	SMEWW 2320 B. 24th Ed. 2023	Volumetría		4,00 mg/L CaCO3

(*) El Lim. Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim. Detec es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

INFORME DE ENSAYO

N° de Referencia: A-24/187892	Registrada en: AGQ Perú	Cliente (^): LABORATORIO LOUIS PASTEUR S.R.LTDA
Análisis: PE01-00022102-243	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio (^): MZA. D LOTE. B-18 URB. ALEJANDRO VELASCO ASTETE - WANCHAQ, CUSCO - CUSCO 0
Tipo Muestra: Agua Río	Fecha Recepción: 13/12/2024	Contrato: QSP-PE240300015
Fecha Inicio: 13/12/2024	Fecha Fin: 20/12/2024	Cliente 3º(^): NARDO MAMANI BERNA ; YIMY YILSIN THACCA QUISPE
Descripción(^): RIO HUACRAHUACHO		
Fecha/Hora Muestreo: 06/12/2024 15:45	Muestreado por: *Cliente (^)	Este: Norte:
Área de Muestreo: DISTRITO EL DESCANSO - PROVINCIA DE CANAS - CUSCO		
Zona de Muestreo: RIO HUACRAHUACHO		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los resultados reflejados en el presente informe se refieren únicamente a la muestra tal como es recibida en el laboratorio y sometida a ensayo. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, tanto la asociada a la toma de muestras realizada por él como a otros datos descriptivos, marcados con (^) y que se encuentran fuera de nuestro alcance de Acreditación.



Roberto Chuquimayo Arellano
CQP-779

FECHA EMISIÓN: 20/12/2024



Código de verificaciór

OBSERVACIONES (*):

PROYECTO: " IMPACTO DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS PTAR KUNTURKANKI EN LA CALIDAD DE RIO HUACRAHUACHO PROVINCIA CANAS CUSCO 2024"

INFORME DE ENSAYO

N° de Referencia: A-24/187892	Tipo Muestra: Agua Río
Descripción(*): RIO HUACRAHUACHO	Fecha Fin: 20/12/2024

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Aniones -				
Bicarbonato	394	mg/L CaCO ₃	±19,7	

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Los resultados emitidos, no han sido corregidos con valores de recuperación. Las Incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

INFORME DE ENSAYO

N° de Referencia: A-24/187892	Tipo Muestra: Agua Río
Descripción(*): RIO HUACRAHUACHO	Fecha Fin: 20/12/2024

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
Aniones -				
Bicarbonato	SMEWW 2320 B. 24th Ed. 2023	Volumetría		4,00 mg/L CaCO3

(*) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detec es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de Radioactividad es el AMD



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL – DA
CON REGISTRO N° LE - 072



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia: A-24/187892	Tipo Muestra: Agua Río
Descripción(*): RIO HUACRAHUACHO	Fecha Fin: 20/12/2024

Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

(*) El Lim. Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim. Detecc es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

Fotografías de campo









El Descanso, Cuzco, Perú
Fm6j+ff, El Descanso 08267, Perú
Lat -14.537813° Long -71.319209°
06/12/24 03:11 p. m. GMT -05:00

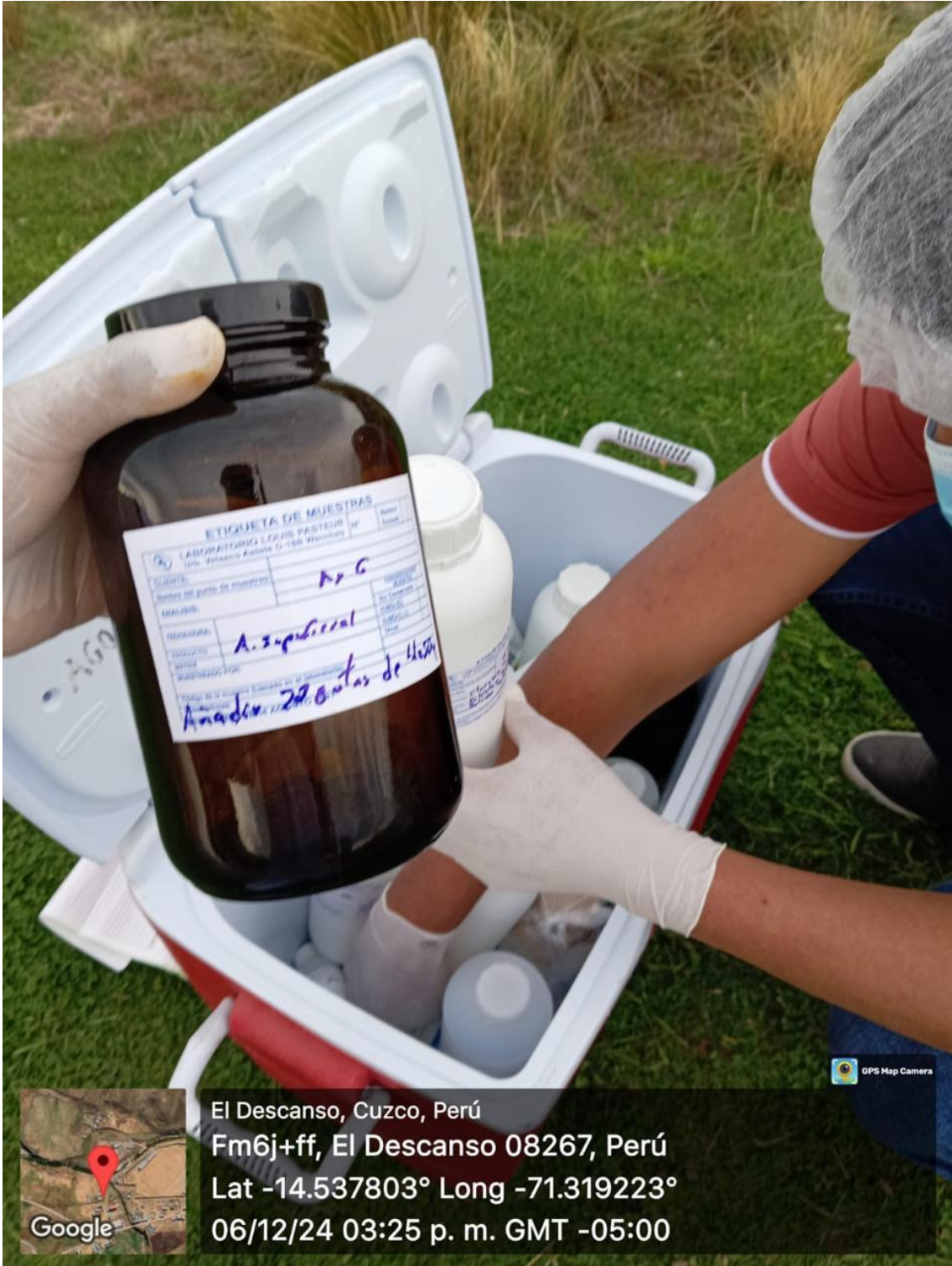


GPS Map Camera



El Descanso, Cuzco, Perú
Fm6j+ff, El Descanso 08267, Perú
Lat -14.537842° Long -71.319161°
06/12/24 02:56 p. m. GMT -05:00







GPS Map Camera



El Descanso, Cuzco, Perú
Fm6j+ff, El Descanso 08267, Perú
Lat -14.537837° Long -71.319172°
06/12/24 03:36 p. m. GMT -05:00