

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO HUANCANÉ EN EL TRAMO DE PAMPILLA

AZANGARILLO PARA USO EN RIEGO DE VEGETALES, 2025

PRESENTADA POR:

HELDER GERMAN SALCEDO MAYTA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2026



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](https://www.upsc.edu.pe/) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



9.12%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 4 JAN 2026, 6:28 PM

Originality & Authorship Report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL
2.5%

● CHANGED TEXT
6.61%

Report #30873673

HELDER SALCEDO MAYTA // CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO HUANCANÉ EN EL TRAMO DE PAMPILLA AZANGARILLO PARA USO EN RIEGO DE VEGETALES, 2025 RESUMEN

El recurso hídrico desempeña un papel esencial en la actividad agrícola, pues su calidad influye directamente en la productividad, la salud del suelo y la inocuidad de los cultivos; por ello, la evaluación del agua para riego resulta indispensable.. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo, con fines de uso en el riego de vegetales. **1 3** Para la obtención de muestras se aplicaron los procedimientos establecidos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

Se consideraron dos puntos de muestreo —aguas arriba y aguas abajo del tramo—, cuyos análisis físico-químicos e inorgánicos se realizaron en el Laboratorio Experimental Agraria Illpa-Puno, mientras que los análisis microbiológicos se llevaron a cabo en el Laboratorio de DIRESA. Los resultados muestran que los parámetros fisicoquímicos (temperatura, conductividad eléctrica, pH, bicarbonatos, nitratos, cloruros y sulfatos) y los parámetros inorgánicos (magnesio y aluminio) se encuentran dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para riego de vegetales. Sin embargo, los parámetros microbiológicos presentan una condición desfavorable; en el punto de monitoreo PMH1, los coliformes termotolerantes presentaron valores de 1100 y 1110 NMP/100 ml, superando

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS

**CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO HUANCANÉ EN EL TRAMO DE PAMPILLA
AZANGARILLO PARA USO EN RIEGO DE VEGETALES, 2025**

PRESENTADA POR:

HELDER GERMAN SALCEDO MAYTA


PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:


Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

PRIMER MIEMBRO

:


Mtra. NATALY SILVIA GARCIA VILCA

SEGUNDO MIEMBRO

:


M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

ASESOR DE TESIS

:


Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área Ingeniería Ambiental

Línea de Investigación: Ciencias ambientales

Puno, 08 de enero del 2026.

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Armando Germán Salcedo Anccori y Rut Balbina Mayta Jaén, por su tenacidad, sacrificio inmenso y esfuerzo incansable, que han sido el pilar fundamental para alcanzar este logro.

A mis tíos, Sabina Salcedo Anccori y Silverio Salcedo Anccori, con profundo cariño y reconocimiento, por su apoyo constante y comprensión en cada etapa de mi vida. A ellos, mi eterna gratitud.

Y cómo olvidar a aquellos seres con quienes crecí, compartí alegrías y lágrimas, y aprendí el verdadero significado de la unión: mis hermanos Helder Guido Salcedo Mayta, Selima Milagros Salcedo Mayta, Drexler Gustavo Salcedo Mayta y Leopoldo Dante Salcedo Mayta. A ustedes, gracias por su apoyo incondicional y por ser parte esencial de mi camino.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme llegar a este trascendental momento de mi vida y ser mi guía constante en cada paso de este camino.

A la Universidad Privada San Carlos y a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por brindarme la formación académica y las herramientas necesarias para alcanzar este logro.

A mi asesor de tesis, Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda, por su valiosa orientación, paciencia y constante apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y a los ingenieros Jorge Canihua Rojas, Selima Milagros Salcedo Mayta y Madeleyde Cynthia Quispe Vilca, así como a todos los colaboradores, por las facilidades otorgadas y el permanente asesoramiento que hicieron posible la realización de este trabajo en sus instalaciones.

A los docentes Dra. Marlene Cusi Montesinos, M.Sc. Katia Elizabeth Andrade Linarez y M.Sc. Fredy Aparicio Castillo Suaquita, por su significativa contribución y valiosos aportes que enriquecieron este estudio.

A mis amistades de la universidad, quienes con su compañía, apoyo y aliento en diversos momentos hicieron más llevadero el proceso y me motivaron a culminar con éxito esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	13
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	13
1.2. ANTECEDENTES	14
1.2.1. INTERNACIONALES	14
1.2.2. NACIONALES	15
1.2.3. LOCALES	16
1.3. OBJETIVOS	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	19
2.1.1. AGUA	19

2.1.2. CALIDAD DE AGUA	20
2.1.3. CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO	20
2.1.4. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS	21
2.1.5. PARÁMETROS INORGÁNICOS	22
2.1.6. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	23
2.1.7. CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES	24
2.1.8. MARCO NORMATIVO	26
2.2. MARCO CONCEPTUAL	27
2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	28
2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	28
2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	29
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	30
3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	30
3.1.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	31
3.1.3. GEOLOGÍA E HIDROLOGÍA	31
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	32
3.2.1. POBLACIÓN	32
3.2.2. MUESTRA	32
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	33
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	33
3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.3.3. MATERIALES	33
3.3.4. EQUIPOS	34
3.3.5. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETO ESPECÍFICO.	34
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	38
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	39

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS DEL AGUA DEL RÍO HUANCANÉ EN EL TRAMO DE PAMPILLA AZANGARILLO PARA USO EN RIEGO DE VEGETALES	40
4.1.1. TEMPERATURA	40
4.1.2. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	42
4.1.3. PH	43
4.1.4. NITRATOS	45
4.1.5. BICARBONATOS	46
4.1.6. CLORUROS	47
4.1.7. SULFATOS	49
4.2. PARA PARÁMETROS INORGÁNICOS DEL AGUA DEL RÍO HUANCANÉ EN EL TRAMO PAMPILLA AZANGARILLO PARA PARA USO EN RIEGO DE VEGETALES	50
4.2.1. MAGNESIO	50
4.2.2. ALUMINIO	51
4.3. PARA PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DEL RÍO HUANCANÉ EN EL TRAMO DE PAMPILLA AZANGARILLO PARA USO EN RIEGO DE VEGETALES	53
4.3.1. COLIFORMES TERMOTOLERANTES	53
4.3.2. ESCHERICHIA COLI	54
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Tipos de contaminación y efectos en el agua para riego	24
Tabla 02: Coordenadas geográficas	30
Tabla 03: Coordenadas de los puntos de muestreo	32
Tabla 04: Condiciones de preservación y almacenamiento	36
Tabla 05: Métodos a emplear para el análisis de parámetros físicos según el INIA	37
Tabla 06: Métodos para análisis de parámetros químicos según el INIA	37
Tabla 07: Métodos para el análisis de parámetros Inorgánicos según el INIA	37
Tabla 08: Métodos para análisis de parámetros microbiológicos - DIRESA	38
Tabla 09: Operacionalización de variables	38
Tabla 10: Temperatura en los puntos de evaluación	40
Tabla 11: Resultados del análisis de la conductividad eléctrica	42
Tabla 12: Resultados del análisis del pH	43
Tabla 13: Resultados del análisis de nitratos	45
Tabla 14: Resultados del análisis de bicarbonatos	46
Tabla 15: Resultados del análisis de cloruros	47
Tabla 16: Resultados del análisis de sulfatos	49
Tabla 17: Resultados de los análisis de magnesio	50
Tabla 18: Resultados de los análisis de magnesio	51
Tabla 19: Resultado de análisis de coliformes termotolerantes	53
Tabla 20: Resultado de análisis de Escherichia coli	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Río Huancané, tramo Pampilla Azangarillo	31
Figura 02: Ubicación de puntos en el tramo Pampilla Azangarillo	33
Figura 03: Variación de temperatura, según el ECA	41
Figura 04: Comparación de valores obtenidos de la conductividad eléctrica con el ECA	42
Figura 05: Comparación de los valores obtenidos del pH con el ECA	44
Figura 06: Comparación de los valores obtenidos del pH con el ECA	45
Figura 07: Comparación de los valores obtenidos de bicarbonatos con el ECA	46
Figura 08: Comparación de los valores obtenidos de cloruros con el ECA	48
Figura 09: Comparación de los valores obtenidos de sulfatos con el ECA	49
Figura 10: Comparación de los valores obtenidos de magnesio con el ECA	50
Figura 11: Comparación de los valores obtenidos de Aluminio con el ECA	52
Figura 12: Comparación de los valores obtenidos de coliformes termotolerantes con el ECA	53
Figura 13: Comparación de los valores obtenidos de Escherichia coli con el ECA	54
Figura 14: Tramo de Pampilla Azangarillo	70
Figura 15: Georreferenciación de puntos de muestreo	70
Figura 16: Toma de muestra de agua en recipiente	71
Figura 17: Enjuague de recipiente	71
Figura 18: Etiquetado de muestra	72
Figura 19: Toma de temperatura y parámetros de campo como pH y CE	72
Figura 20: Muestra en el primer punto	73
Figura 21: Muestreo de agua en el segundo punto	73

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia	64
Anexo 02: Estándares de Calidad Ambiental	66
Anexo 03: Formato de etiqueta para muestreo	67
Anexo 04: Media, mediana, desviación estándar, mínimo y máximo de los parámetros evaluados	67
Anexo 05: Informe de ensayo físico químico e inorgánico - INIA	68
Anexo 06: Panel fotográfico	70

RESUMEN

El recurso hídrico desempeña un papel esencial en la actividad agrícola, pues su calidad influye directamente en la productividad, la salud del suelo y la inocuidad de los cultivos; por ello, la evaluación del agua para riego resulta indispensable.. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo, con fines de uso en el riego de vegetales. Para la obtención de muestras se aplicaron los procedimientos establecidos en el *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Se consideraron dos puntos de muestreo —aguas arriba y aguas abajo del tramo—, cuyos análisis físico-químicos e inorgánicos se realizaron en el Laboratorio Experimental Agraria Illpa-Puno, mientras que los análisis microbiológicos se llevaron a cabo en el Laboratorio de DIRESA. Los resultados muestran que los parámetros fisicoquímicos (temperatura, conductividad eléctrica, pH, bicarbonatos, nitratos, cloruros y sulfatos) y los parámetros inorgánicos (magnesio y aluminio) se encuentran dentro de los límites establecidos por los *Estándares de Calidad Ambiental* para riego de vegetales. Sin embargo, los parámetros microbiológicos presentan una condición desfavorable; en el punto de monitoreo PMH1, los coliformes termotolerantes presentaron valores de 1100 y 1110 NMP/100 ml, superando el límite de 1000 NMP/100 ml para riego no restringido, aunque por debajo del máximo de 2000 NMP/100 ml para riego restringido; comportamiento similar se observó en el punto PMH2, con valores de 1201 y 1200 NMP/100 ml. Asimismo, *Escherichia coli* registró concentraciones de 1050 y 1055 NMP/100 ml en PMH1 y de 1067 y 1074 NMP/100 ml en PMH2, superando los valores máximos permisibles establecidos por la normativa vigente. Concluyendo que la calidad del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo no es apta para el riego de vegetales, debido a la contaminación microbiológica presente en sus aguas.

Palabras clave: Calidad de agua, Parámetros fisicoquímicos, Parámetros inorgánicos, Parámetros microbiológicos, Riego de vegetales

ABSTRACT

Water resources play a fundamental role in agricultural activity, as their quality directly affects productivity, soil health, and crop safety. In this context, assessing the quality of irrigation water is essential to ensure sustainable agricultural development and protect public health. The objective of this research was to evaluate the quality of the Huancané River water in the Pampilla Azangarillo section for use in vegetable irrigation. Sampling procedures followed the guidelines of the *National Protocol for Monitoring the Quality of Surface Water Resources* (Chief Resolution No. 010-2016-ANA), considering two sampling points upstream and downstream of the section. The physicochemical and inorganic analyses were carried out at the Experimental Agrarian Laboratory Illpa-Puno, while microbiological analyses were conducted at the DIRESA Laboratory. Results indicate that physicochemical parameters such as temperature, electrical conductivity, pH, bicarbonates, nitrates, chlorides, and sulfates, as well as inorganic parameters like magnesium and aluminum, do not exceed the Environmental Quality Standards for vegetable irrigation. However, the microbiological parameters show an unfavorable condition; at monitoring point PMH1, thermotolerant coliforms showed values of 1100 and 1110 MPN/100 ml, exceeding the limit of 1000 MPN/100 ml for unrestricted irrigation, although below the maximum of 2000 MPN/100 ml for restricted irrigation. Similar behavior was observed at point PMH2, with values of 1201 and 1200 MPN/100 ml. Likewise, *Escherichia coli* registered concentrations of 1050 and 1055 MPN/100 ml at PMH1 and 1067 and 1074 MPN/100 ml at PMH2, exceeding the maximum permissible values established by current regulations. Concluding that the water quality of the Huancané River in the Pampilla Azangarillo section is not suitable for irrigating vegetables, due to the microbiological contamination present in its waters.

Keywords: Water quality, Physicochemical parameters, Inorganic parameters, Microbiological parameters, Irrigation of vegetables

INTRODUCCIÓN

El río Huancané constituye una fuente hídrica esencial para las comunidades rurales del altiplano puneño, donde el riego de vegetales depende directamente de la disponibilidad y calidad del recurso. En cuencas altoandinas, diversos estudios han evidenciado variaciones en la calidad del agua asociadas a descargas domésticas, arrastre de sedimentos y actividades agropecuarias, factores que influyen en el uso del agua para agricultura (Petrovič, 2021). La calidad del agua para riego se determina mediante parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y parámetros microbiológicos que indican riesgo sanitario en cultivos de consumo directo. La literatura internacional señala que la presencia de sales, sodio intercambiable o contaminantes microbiológicos puede afectar el rendimiento agrícola y la salubridad de los productos (Huanca et al., 2020). Por ello, la caracterización integral del agua es esencial para garantizar sostenibilidad y seguridad alimentaria en zonas rurales.

En el Perú, la evaluación de calidad del agua se enmarca en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y en lineamientos sectoriales para su uso en riego, los cuales establecen límites permisibles para proteger la salud humana y el desempeño agronómico (Quinteros et al., 2019). Estudios realizados en cuencas del altiplano han reportado presencia de metales, variabilidad de sales y aportes microbiológicos que pueden limitar el uso directo del agua sin tratamiento o sin buenas prácticas agrícolas (Costa, 2021). Estas evidencias justifican la necesidad de un monitoreo detallado en el tramo Azangarillo del río Huancané.

En este contexto, el objetivo general de la presente investigación es evaluar la calidad del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo para uso en riego de vegetales, categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM, 2025. Este análisis permitirá identificar riesgos potenciales, establecer el nivel de aptitud del agua y mejorar la gestión del recurso hídrico utilizado en la producción agrícola local.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El deterioro de la calidad del agua para riego constituye una problemática a nivel global que afecta directamente a la seguridad alimentaria mundial. El 70% del agua dulce se emplea para la agricultura (Pereira, 2017). Según CEPAL et al., (2021) aproximadamente 38 millones de hectáreas de tierras agrícolas son afectadas por salinización derivado de prácticas inadecuadas de riego y uso de aguas de baja calidad. La FAO, (2022) estima que la contaminación del agua reduce la producción agrícola en un 16% lo que podría generar pérdidas económicas.

En el Perú la problemática se agrava debido a la distribución asimétrica de recursos hídricos y las diversas fuentes de contaminación. La Autoridad Nacional del Agua, (2015) dispone que el 64% de los ríos monitoreados presentan parámetros físico químicos superiores a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y su uso en irrigación. En la región de Puno, la situación sobre los recursos hídricos adquiere características particulares por su ubicación en la cuenca del Titicaca. Diversas investigaciones sobre los ríos situados en la zona muestran que a pesar que algunos parámetros se encuentran dentro de los establecido, otros exceden ampliamente, lo cual lo hace no apta para riego (Calizaya, 2021; Paredes, 2023).

Las causas del deterioro de la calidad del agua de río posiblemente se deba a operaciones mineras en la cuenca alta, los drenajes y el uso intensivo de agroquímicos. Todo esto ocasiona consecuencias severas como la disminución de producción agrícola

que trae consigo pérdidas económicas. Por otro lado, se generan incidencias de enfermedades gastrointestinales que llegan a los vegetales por irrigación con un agua alterada (Rodríguez, 2021).

La investigación aporta una caracterización sistemática de los parámetros físicos químicos, inorgánicos y microbiológicos del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo enfocado en su aptitud para riego. Se comparó directamente con los Estándares de Calidad Ambiental para agua Categoría 3, riego de vegetales establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM. Esta comparación permitirá identificar los parámetros que no cumplen con la normativa vigente. Los datos obtenidos permitirán en un futuro implementar programas de monitoreo permanente, sistemas de alerta temprana y políticas orientadas a mejorar la gestión del recurso hídrico, favoreciendo la sostenibilidad agrícola y la seguridad alimentaria en la zona.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo es la calidad del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo para uso en riego de vegetales categoría 3 D1 - DS 004 -2017 MINAM, 2025?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Los valores de los parámetros físicos químicos del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo serán aptos para el riego de vegetales categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM?

¿Los valores de los parámetros inorgánicos del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo serán aptos para el riego de vegetales categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM?

¿Los valores de los parámetros microbiológicos del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo serán aptos para el riego de vegetales categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. INTERNACIONALES

Mejía et al., (2025) la metodología consistió en un muestreo sistemático de 15 puntos (captación, almacenamiento y distribución), de los cuales se seleccionaron 8 representativos, con recolectas quincenales durante tres meses de la temporada lluviosa, totalizando 48 muestras fisicoquímicas y 48 microbiológicas, y análisis de parámetros como temperatura, pH, conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (SDT), cloruros, sulfatos, entre otros; los resultados, por ejemplo, el pH osciló en distintos puntos entre ~ 7.45 y ~ 7.80 ; la CE presentó valores de ~ 170.5 a ~ 357.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$; los sólidos disueltos totales variaron alrededor de 87.9 a 181.5 mg/L; los cloruros se registraron en rangos cercanos a 7.7-8.9 mg/L dependiendo del punto; y el índice de adsorción de sodio (RAS) osciló entre ~ 0.20 y ~ 0.45 meq/L, lo que junto con un índice Carbonato de Sodio Residual (CSR) inferior a 0.5 meq/L indica bajo riesgo de sodicidad.

Can et al., (2024) establecieron sitios de muestreo en el cauce del río Santiago, antes y después de cada fuente de afectación, y se realizó muestreos en cada temporada. Se analizaron parámetros fisicoquímicos del agua y se aplicó un análisis espacio-temporal con índices y diagramas de calidad para uso agrícola. En los resultados se encontró mayores valores de pH (7,8) y CE (1034 $\mu\text{S cm}^{-1}$) en sequía que en lluvias (6,7 y 414 $\mu\text{S cm}^{-1}$), con concentraciones elevadas de nutrientes en el sitio 5; predominaron Ca^{2+} y Mg^{2+} en lluvias, Na^+ en sequía y HCO_3^- en ambas. Concluyendo que el agua residual afecta la calidad, pero afluentes y presas la mejoran, siendo el agua apta para riego en la cuenca baja de Nayarit.

Nugra et al., (2023) en su investigación tuvieron como objetivo determinar por métodos físico-químicos y microbiológicos, la calidad del agua en el punto de captación del canal de riego "Toma de Narváez", San Joaquín. Materiales y Métodos. Se realizó un estudio cuantitativo no experimental. Se tomaron 30 muestras durante un mes del río Tomebamba en el sector de Balzay Alto de la parroquia San Joaquín en el año 2023. Se analizó la media de los parámetros estudiados, en donde, la conductividad eléctrica (CE)

de 0,087317 mho/cm, nitritos de 0,017 mg/L, pH de 6,89, coliformes fecales (*E. coli*) de 282,97 NMP/100 ml y ausencia de huevos de parásitos. Se concluyó que los parámetros fisicoquímicos, como microbiológicos estudiados se encuentran dentro de los valores establecidos en la norma de calidad ambiental de Ecuador.

Escandón y Cáceres, (2022) desarrollaron una investigación en la microcuenca del río San Francisco, cantón Gualaceo, con el objetivo de evaluar la calidad del agua mediante parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y la presencia de macroinvertebrados bentónicos, para lo cual se estableció seis estaciones de muestreo en cuatro campañas (dos en época lluviosa y dos en seca) y se recolectaron 2892 macroinvertebrados pertenecientes a 25 familias y 11 órdenes. Los resultados indicaron una diversidad media y una calidad del agua entre regular y buena, mientras que los parámetros fisicoquímicos como temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez, sólidos totales, nitrato de hierro estuvieron por debajo de los límites (TULSMA), y otros como dureza, alcalinidad, fosfato y coliformes se mantuvieron dentro de lo permitido.

1.2.2. NACIONALES

Cerna et al., (2022) realizaron un estudio donde el objetivo fue evaluar la calidad del agua superficial destinada para riego en la cuenca Huallaga. Se trabajaron con los datos de monitoreo de calidad del agua en la cuenca realizados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) contando con 139 puntos de monitoreo, evaluando 41 parámetros para el periodo 2014 – 2019, se calculó el Índice de Calidad de Agua peruano (ICA – PE) destinado para riego, usando como valores de referencias al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para aguas superficiales en la categoría 3 D1 (aguas de regadío). Los resultados mostraron que, de los 139 puntos de monitoreo, 26 (18,71%) de ellos tienen una calidad excelente, 62 (44,60%) calidad buena, 35 (25,18%) con calidad regular, 13 (9,35%) con calidad mala y 3 (2,16%) con pésima calidad.

Costa, (2021) analizó 12 muestras por mes (enero a junio 2019) en seis efluentes del margen del Río Chillón, midiendo parámetros físico-químicos como turbidez, pH, temperatura, conductividad, dureza total, cloruros y nitratos, y microbiológicos (coliformes

totales y termotolerantes, presencia de *Escherichia coli* y *Clostridium spp.*); los resultados mostraron que en ciertos meses — especialmente febrero — y en los puntos de estaciones 4, 5 y 6 se registraron las mayor concentración de sales; en cuanto a la contaminación microbiológica, todos los puntos resultaron positivos para coliformes totales, coliformes termotolerantes, *E. coli* y *Clostridium spp.*

Rodríguez, (2021) evaluaron la calidad del agua en la cuenca Chancay–Lambayeque que se encuentra ubicada en el norte del Perú, donde se hizo un análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en relación con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (ECA-agua), para lo cual se utilizó los índices NSF-WQI e ICA-PE; los principales ríos de la cuenca Chancay presentaron valores fisicoquímicos por debajo de los límites permitidos para la Categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales), mientras que en las quebradas se registraron valores fuera de normativa; como pH menor a 6,5 y concentraciones elevadas de metales como aluminio, hierro, cobre y zinc. Finalmente, los índices de calidad del agua indicaron una calificación de “buena”.

Bendezu y Hernández, (2021) realizaron una investigación en el río Pisco con el objetivo de evaluar su calidad mediante indicadores fisicoquímicos y microbiológicos para determinar su aptitud en el riego de vegetales y bebida de animales; se tomaron muestras en cuatro puntos durante la época seca en el 2019, midiendo en campo parámetros como temperatura, pH, conductividad, cloruro de sodio y turbidez, los cuales cumplieron con la normativa, mientras que los metales pesados (Al, Cu, Fe y Zn) presentaron concentraciones por encima de los límites permitidos en todos los puntos, y los parámetros microbiológicos no cumplieron en dos estaciones, lo que indica que el agua no es apta para los usos evaluados.

1.2.3. LOCALES

Mamani, (2024) evaluaron parámetros físico-químicos del agua del río Ramis, Región Puno. Se realizó muestreos en cuatro puntos del río (RAM-1 a RAM-4), se evaluó parámetros como temperatura, turbidez, conductividad eléctrica, pH, Eh, oxígeno disuelto, y presencia de algunos iones; los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de

UNESP-SP/Brasil utilizando espectrofotometría y espectrometría de absorción atómica. En los resultados, la temperatura, conductividad eléctrica y cloruro se mantenían dentro de los límites establecidos por las normas ambientales peruanas y brasileñas, pero la turbidez excede en RAM-1 y el pH supera el límite en RAM-3.

Paredes, (2023) analizaron la calidad del agua del río Choquechaca en el distrito de Yunguyo mediante parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, comparándolos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua Categoría 3: "Riego de vegetales y bebida de animales" La metodología del estudio fue de tipo descriptivo y no experimental; se tomaron muestras de agua en tres puntos del río (RC1, RC2 y RC3) durante los meses de marzo y abril de 2023, siguiendo un protocolo de muestreo y realizando análisis de laboratorio para medir parámetros como conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, DQO, y coliformes termotolerantes. Se encontró que, aunque varios parámetros se mantenían dentro de los límites permisibles, algunos excedieron ampliamente los valores aceptables, concluyendo que el agua del río no es apta para el riego de vegetales ni para bebida de animales.

Calizaya, (2021) evaluaron la calidad del agua del río Zapatilla para uso de riego de vegetales en el distrito de Pilcuyo, región Puno – 2021. La metodología utilizada es el análisis descriptivo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos encontrados en las muestras de las aguas del río para los cuales se establecieron cuatro puntos de muestreo, RZ-1, RZ-2, RZ-3, RZ-4 donde se realizó mediciones in situ y se tomaron muestras para el análisis en el laboratorio para luego ser comparado con los estándares de calidad ambiental para agua categoría 3 subcategoría D1. La mayoría de los parámetros se encontraban dentro de lo permitido. Sin embargo, algunos valores de pH y coliformes termotolerantes superaron lo permitido concluyendo que la calidad del agua del río Zapatilla en el distrito de Pilcuyo no es apta para riego de vegetales.

Lopez, (2019) cuyo propósito de estudio fue evaluar la calidad del agua del río Challamayo (Tiquillaca-Puno) mediante los parámetros de pH, conductividad eléctrica (CE), concentraciones de cationes y aniones, para uso agrícola mediante la valoración

del índice de calidad del agua. Se tomó muestras de agua en 10 puntos durante los meses de enero a abril de 2019, empleando el protocolo nacional de monitoreo de recursos hídricos; los análisis se realizaron en el Laboratorio de la Estación Experimental Agraria Illpa-Puno, evaluando los resultados conforme a los estándares de la FAO y los ECA. Los resultados mostraron que las aguas son alcalinas en los primeros tres meses, con alta conductividad eléctrica en algunos puntos; los cationes como sodio y potasio, y aniones como carbonatos y cloruros, excedieron los rangos establecidos en el afluente Coltamayo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo para uso en riego de vegetales, categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM, 2025

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo para uso en riego de vegetales categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM.

Determinar la concentración de los parámetros inorgánicos del agua del río Huancané en el tramo Pampilla Azangarillo para uso en riego de vegetales categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM.

Determinar si la concentración de los parámetros microbiológicos del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo para uso en riego de vegetales categoría 3 D1 - D.S. 004-2017 MINAM

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. AGUA

La forma líquida de la combinación de hidrógeno y oxígeno se conoce comúnmente como agua. La fórmula contemporánea «H₂O» representa el hecho de que el agua está compuesta por un volumen de oxígeno y dos volúmenes de hidrógeno, tal y como determinaron el científico francés Joseph Louis Gay-Lussac y el naturalista alemán Alexander Von Humboldt en un artículo científico publicado en 1804. (Jaramillo, 2016)

El agua es un recurso esencial para el ecosistema y todos los seres vivos. Es crucial para el avance de la sociedad y desempeña una función crítica en la regulación del medio ambiente. El agua se renueva gracias al ciclo hidrológico, pero debido a los continuos cambios en la superficie terrestre y el clima, este ciclo tiende a fluctuar tanto en el lugar como en el tiempo (Yang et al., 2021).

Sierra Ramírez, (2011) demuestra que, a diferencia de las aguas cristalinas de ríos y lagunas, que constituyen la menor cantidad de agua disponible en el mundo, los volúmenes más importantes de agua se encuentran en el océano, pero no pueden utilizarse debido a su elevada salinidad. El uso de este valioso recurso se ve distorsionado y perjudicado por el hecho de que las aguas de fondo son las más contaminadas debido al vertido de diferentes efluentes procedentes tanto de actividades naturales como antropogénicas.

2.1.2. CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua es una variable fundamental del medio hídrico, tanto en lo que respecta a la caracterización ambiental como la perspectiva de la planificación hidrológica. A lo largo del tiempo, la legislación ha recogido distintas definiciones del término.

Tradicionalmente, se ha denominado calidad del agua al conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas que la hacen apta para un determinado uso. Debido a este concepto, se han creado una serie de normas que garantizan una calidad suficiente para soportar usos específicos, pero no tienen en cuenta los impactos y repercusiones que la actividad humana tiene sobre las aguas naturales (Rojas, 2009).

2.1.3. CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO

El término «calidad del agua para riego» se refiere a la facilidad o restricción de su uso en relación con el cultivo agrícola, y esta determinación se basa típicamente en las características químicas del agua, incluyendo la tolerancia de los cultivos a las sales, sus propiedades, las condiciones de manejo de los suelos y aguas, y las condiciones climatológicas (Bautista et al., 2016).

Indica que la calidad del agua para uso agrícola depende de su efecto sobre el suelo y el cultivo, para mantener la calidad y productividad de los suelos, se debe controlar la calidad del agua para irrigación (Sierra, 2011); la cual está influida principalmente por las siguientes características:

Acumulación de boro y otros elementos que pueden ser tóxicos.

En ciertas situaciones, la relación entre la concentración de bicarbonatos y la dureza.

Concentración total de sales solubles o salinidad.

Porcentaje relativo de sodio con respecto a otros cationes.

La calidad del agua para irrigación se determina por la estructura y concentración de los componentes disueltas en ella; por lo tanto, la calidad del agua es un factor importante para el análisis de las condiciones de salinidad o la cantidad de sodio intercambiable en cualquier zona de irrigación (Castellón et al., 2015).

2.1.4. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS

2.1.4.1. Temperatura

La temperatura del agua de riego es un elemento crucial que puede afectar a la actividad microbiana del suelo y a la absorción de nutrientes por las plantas. Un agua demasiado fría puede obstaculizar la capacidad de las raíces para absorber el agua con eficacia, y un agua demasiado caliente puede favorecer una evaporación excesiva, lo que puede repercutir en el suministro de agua. Según (Bornare et al., 2018) , el intervalo de temperatura ideal para el riego agrícola suele situarse entre 15 y 25 grados Celsius.

El crecimiento y la productividad de las plantas pueden verse afectados por el estrés térmico causado por temperaturas fuera de este rango.

2.1.4.2. Conductividad eléctrica

La cantidad de sales disueltas en el agua de riego puede determinarse midiendo su conductividad eléctrica (CE). Una CE elevada puede provocar la acumulación de sales en el suelo, lo que puede afectar a la absorción de agua por las plantas al aumentar el potencial osmótico del suelo. Esto puede provocar la salinización del suelo y una reducción de la producción de los cultivos (Richards, 1954).

2.1.4.3. pH

En una escala de 0 a 14, el pH del agua indica lo ácida o alcalina que es; los números inferiores a 7 denotan acidez, mientras que los valores superiores a 7 denotan alcalinidad. El rango ideal de pH para el riego y el uso agrícola se sitúa entre 6,5 y 8,4, ya que cualquier valor fuera de este rango puede afectar a la disponibilidad de nutrientes y a la actividad biológica del suelo (Bornare et al., 2018).

2.1.4.4. Cloruros

Los cloruros son sales disueltas que se encuentran con frecuencia en el agua de riego y que se deben sobre todo a la actividad humana o a la disolución de minerales. Las concentraciones elevadas pueden ser peligrosas, ya que influyen en la ingesta de nutrientes y atrofian el crecimiento de las plantas, aunque son necesarias en cantidades mínimas para su metabolismo (Sadeghi et al., 2015; Sarmiento & Febres, 2021).

2.1.4.5. Nitratos

Dado que los nitratos son un componente de las proteínas y los aminoácidos, son la principal forma de nitrógeno que pueden utilizar las plantas y son necesarios para su crecimiento. Sin embargo, un exceso de nitratos puede provocar un crecimiento desigual de las plantas y problemas con la calidad de los productos agrícolas, y cantidades elevadas en el agua de riego pueden ser señal de contaminación por fertilizantes o aguas residuales (Vopravil et al., 2017).

2.1.4.6. Sulfatos

El sulfato es un tipo de azufre que se disuelve en el agua y es necesario para que las plantas puedan sintetizar proteínas y enzimas. En concentraciones moderadas, el sulfato no suele ser perjudicial, pero en concentraciones extremadamente altas puede alterar el equilibrio iónico del suelo, salinizarlo y dificultar el crecimiento de cultivos sensibles a él (Meme et al., 2014).

2.1.4.7. Bicarbonatos

La principal causa de la alcalinidad del agua de riego son los bicarbonatos. En cantidades elevadas pueden precipitar el calcio y el magnesio, lo que disminuye su disponibilidad para las plantas y altera la estructura del suelo, aunque son un aporte natural de carbono para los cultivos (Dhakal et al., 2015).

2.1.5. PARÁMETROS INORGÁNICOS

2.1.5.1. Magnesio

Al igual que el calcio, el magnesio desempeña un papel importante en el agua de riego y es necesario para que las plantas sintetizen clorofila. Sin embargo, una relación elevada entre magnesio y calcio puede debilitar la estructura del suelo al disminuir la permeabilidad y la aireación (Chemura et al., 2014). Para preservar la calidad del suelo y de los cultivos, debe existir un equilibrio suficiente entre calcio y magnesio

2.1.5.2. Aluminio

El aluminio en calidad de agua se evalúa porque, en concentraciones elevadas, puede afectar la potabilidad y causar problemas en la salud y en los ecosistemas acuáticos; sus

niveles pueden aumentar por procesos naturales (disolución de minerales en aguas ácidas) o por actividades humanas como descargas industriales y uso de coagulantes en plantas de tratamiento. En el análisis de agua, el aluminio es un parámetro importante ya que puede generar turbidez, afectar el sabor y color, e interferir en procesos de tratamiento, por lo que las normas establecen límites máximos permitidos para garantizar un agua segura (Rodríguez, 2021).

2.1.6. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

2.1.6.1. Coliformes termotolerantes

Los coliformes termotolerantes son bacterias que pertenecen a la familia Enterobacteriaceae, capaces de fermentar lactosa a 44,5 °C, lo que las convierte en indicadores de contaminación fecal en masas de agua; su presencia en ríos refleja aportes de aguas residuales domésticas, excretas de animales o descargas no tratadas, por lo que se utilizan en normas de calidad ambiental como parámetro microbiológico para determinar el riesgo sanitario y la aptitud del agua para consumo o riego (Calizaya, 2021).

2.1.6.2. Escherichia coli

Escherichia coli es la especie más representativa de los coliformes termotolerantes y es el indicador más específico de contaminación fecal reciente en aguas superficiales; aunque la mayoría de sus cepas son comensales, algunas pueden ser patógenas y causar enfermedades gastrointestinales, lo que incrementa la importancia de su monitoreo. En evaluaciones de calidad de agua de ríos, la detección de *E. coli* permite identificar fuentes puntuales y difusas de contaminación fecal, lo que proporciona información clave para la gestión ambiental y sanitaria (Paredes, 2023).

2.1.7. CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES

Tabla 01: Tipos de contaminación y efectos en el agua para riego

Tipo de contaminación	Descripción	Principales indicadores	Efectos en el agua para riego
Contaminación fisicoquímica	Alteración de las propiedades físicas y químicas del agua debido a pH	Conductividad eléctrica (CE)	Afecta disponibilidad de nutrientes en plantas
	descargas domésticas, agrícolas, industriales o procesos naturales. Incluye cambios en pH, temperatura, turbidez y salinidad.	Conductividad eléctrica (CE) Turbidez Temperatura Sólidos suspendidos (SST)	Incremento de salinidad Reducción del oxígeno disuelto Problemas de infiltración en suelos Incremento de sólidos que obstruyen sistemas de riego
Contaminación inorgánica	Presencia elevada de sales, metales, aniones y cationes derivados de Al)	Metales (As, Pb, Cd, Fe, Mn, Cationes (Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺)	Salinización y sodificación del suelo Toxicidad específica para cultivos
	actividades mineras, agrícolas, industriales o procesos geológicos. Puede generar toxicidad y degradación del suelo	Aniones (Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , HCO ₃ ⁻ , y NO ₃ ⁻) Salinidad total (TDS/STD)	Reducción del rendimiento agrícola Acumulación de metales en suelos y vegetales

Tipo de contaminación	Descripción	Principales indicadores	Efectos en el agua para riego
	Presencia de microorganismos patógenos o indicadores de contaminación fecal, provenientes de aguas residuales, desechos animales o escurrentia urbana	Coliformes totales Escherichia coli	Riesgo sanitario en cultivos consumidos crudos
Contaminación microbiológica			Contaminación directa de vegetales Afecta la inocuidad alimentaria Incremento del riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos

2.1.8. MARCO NORMATIVO

2.1.8.1. Protocolo nacional para el monitoreo para la calidad de los recursos hídricos superficiales

Este protocolo fue aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, con fecha 11 de enero del 2016, por la autoridad nacional del agua (ANA). El objetivo de esta resolución, es de estandarizar los criterios y procedimientos técnicos para desarrollar el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, continentales y marino-costeros. El enfoque para supervisar la calidad de los recursos hídricos superficiales se describe en el capítulo 6 del protocolo, teniendo en cuenta los requisitos mínimos de logística, planificación, ejecución y garantía de calidad del muestreo.

2.1.8.2. Estándares de calidad ambiental

Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental del Agua a través del D.S. 004-2017-MINAM, en el cual se mencionan los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua y los lineamientos para no excedernos, con el objetivo de proteger los recursos hídricos y promover el Desarrollo Sostenible. Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental se establecen mediante categorías, siendo señaladas en 4 categorías de dicha norma.

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos. En el Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Subcategoría D1: Riego de vegetales Todas aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas; hace referencia del agua para riego no restringido y agua para riego restringido. Agua

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Río: Cuerpo de agua superficial que transporta el caudal desde lugares altos a lugares bajos, constituyendo un sistema dinámico (caudal, sedimentos, régimen estacional) que controla la disponibilidad y la calidad de los recursos hídricos para usos tales como el riego. Los ríos presentan interacciones hidrológicas y antropogénicas (extracción, descargas, cambios en el uso del suelo) que afectan a su calidad a escala de cuenca (Escuela de Ciencias del Agua, 2018).

ANA (Autoridad Nacional del Agua): La Autoridad Nacional del Agua (ANA) es el ente rector del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos en el Perú, responsable de normar, supervisar y regular la calidad y cantidad del agua para sus distintos usos, incluido el riego agrícola. Asimismo, la ANA establece los protocolos oficiales para el monitoreo de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, garantizando la sostenibilidad del recurso y la protección de la salud humana y los ecosistemas

Riego: El riego es la aplicación artificial de agua al suelo con la finalidad de suplir los requerimientos hídricos de los cultivos y asegurar su desarrollo óptimo. Su correcta gestión depende tanto de la cantidad como de la calidad del agua utilizada, ya que la presencia de sales, sodio o contaminantes microbiológicos puede afectar la productividad agrícola y la inocuidad de los alimentos (Ayers & Westcot, 1985; Qadir et al., 2010). En hortalizas de consumo directo, un manejo inadecuado del riego representa un riesgo significativo para la salud pública

Parámetros físicos: Los parámetros físicos del agua describen sus características observables y su comportamiento natural, siendo los principales la temperatura, turbidez,

color, olor, sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales. Estos parámetros influyen directamente en los procesos químicos y biológicos del agua y pueden limitar su uso para riego al afectar los sistemas de conducción y la disponibilidad de oxígeno disuelto para procesos biogeoquímicos

Parámetros químicos: Los parámetros físicos del agua describen sus características observables y su comportamiento natural, siendo los principales la temperatura, turbidez, color, olor, sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales. Estos parámetros influyen directamente en los procesos químicos y biológicos del agua y pueden limitar su uso para riego al afectar los sistemas de conducción y la disponibilidad de oxígeno disuelto para procesos biogeoquímicos

Parámetros inorgánicos: Los parámetros inorgánicos comprenden los principales cationes y aniones disueltos en el agua, tales como sodio (Na^+), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), cloruros (Cl^-), sulfatos (SO_4^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-), así como metales pesados como plomo, cadmio y arsénico. Su presencia en concentraciones elevadas puede provocar problemas de salinización, alcalinización del suelo y toxicidad vegetal, limitando el uso del agua para riego.

Parámetros microbiológicos: Los parámetros microbiológicos evalúan la presencia de microorganismos patógenos indicadores de contaminación fecal, entre ellos coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. La presencia de estos organismos en aguas de riego representa un riesgo directo para la salud pública, especialmente en hortalizas de consumo crudo, al facilitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales

2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo no es apta para uso en riego de vegetales categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM, 2025.

2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Los valores de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo cumplen con los límites establecidos por los ECA para el riego de vegetales categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM.

Los valores de algunos parámetros inorgánicos del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo se encuentran fuera de los límites establecidos por los ECA para el riego de vegetales categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM.

Los valores de los parámetros microbiológicos del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo no cumplen con los límites establecidos por los ECA para el riego de vegetales categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El río Huancané se encuentra ubicado en la provincia de Huancané del departamento de Puno

Tabla 02: Coordenadas geográficas

Coordenadas Geográficas		
Latitud Sur	Longitud Oeste	Altitud
Entre 15°00' y 15°30	Entre 69°30' y 70°00'	Entre los 3 800 m.s.n.m y 3 900 m.s.n.m

El río nace en las alturas de la cordillera occidental puneña; producto de la confluencia de varios pequeños arroyos y descargas pluviales.

Su recorrido es predominantemente de dirección oeste a este cuenta con una longitud aproximada de 70 km antes de desembocar en el lago Titicaca.



Figura 01: Río Huancané, tramo Pampilla Azangarillo

Fuente:

3.1.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

La región tiene un clima frío y semiárido, típico del sur de los Andes peruanos; se asocia a un clima ET (tundra), cercano al BSk (frío semiseco) en la clasificación de Köppen; la temperatura media anual oscila entre 6 y 8 grados centígrados, con inviernos extremadamente fríos que pueden registrar mínimas nocturnas de 0 grados.

Cada año caen unos 650 mm de precipitaciones de media, sobre todo durante la estación lluviosa, que va de noviembre a marzo. Las precipitaciones son escasas o inexistentes durante la estación seca (de abril a octubre), lo que tiene un gran impacto en el caudal del río.

3.1.3. GEOLOGÍA E HIDROLOGÍA

Geológicamente, la cuenca del río Huancané está conformada por formaciones sedimentarias terciarias y cuaternarias, dominadas por lutitas, areniscas y depósitos aluviales; debido a las bajas temperaturas y a la escasa actividad biológica, los suelos de la región son principalmente francos arenosos y francos limosos, con poca materia orgánica.

El régimen hidrológico del río es generalmente pluvial, con caudales bajos o esporádicos durante la estación seca y grandes crecidas durante la estación lluviosa. Normalmente, los caudales máximos tienen lugar en diciembre y febrero. En años de escasas precipitaciones, también se producen graves inundaciones locales y, en menor medida, sequías prolongadas.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población de estudio está constituida por el agua del río Huancané del tramo de Pampilla Azangarillo, la cual fue evaluada en sus características físico-químicas, inorgánicas y microbiológicas, con el fin de determinar su calidad y aptitud para los diferentes usos en la zona de estudio.

3.2.2. MUESTRA

Se tomaron tres muestras de un litro de agua por punto de muestreo, la extensión del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo es de aproximadamente de 3,4 km, en este tramo se ubicaron dos puntos de muestreo estratégicos, separados por 2,2 km aprox. a lo largo del cauce. La elección de estos puntos responde a un criterio de representatividad, ubicando el primero aguas arriba, como referencia de la calidad previa a la influencia de actividades antrópicas, y el segundo aguas abajo, con el fin de identificar los posibles cambios ocasionados por dichos focos de contaminación y evaluar la dinámica del río en el sector de estudio.

Tabla 03: Coordenadas de los puntos de muestreo

PUNTOS DE MUESTREO	CÓDIGO	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE
PUNTO 1	PMH 1	412447.00 m E	8315901.00 m S
PUNTO 2	PMH 2	414073.00 m E	8330203.00 m S

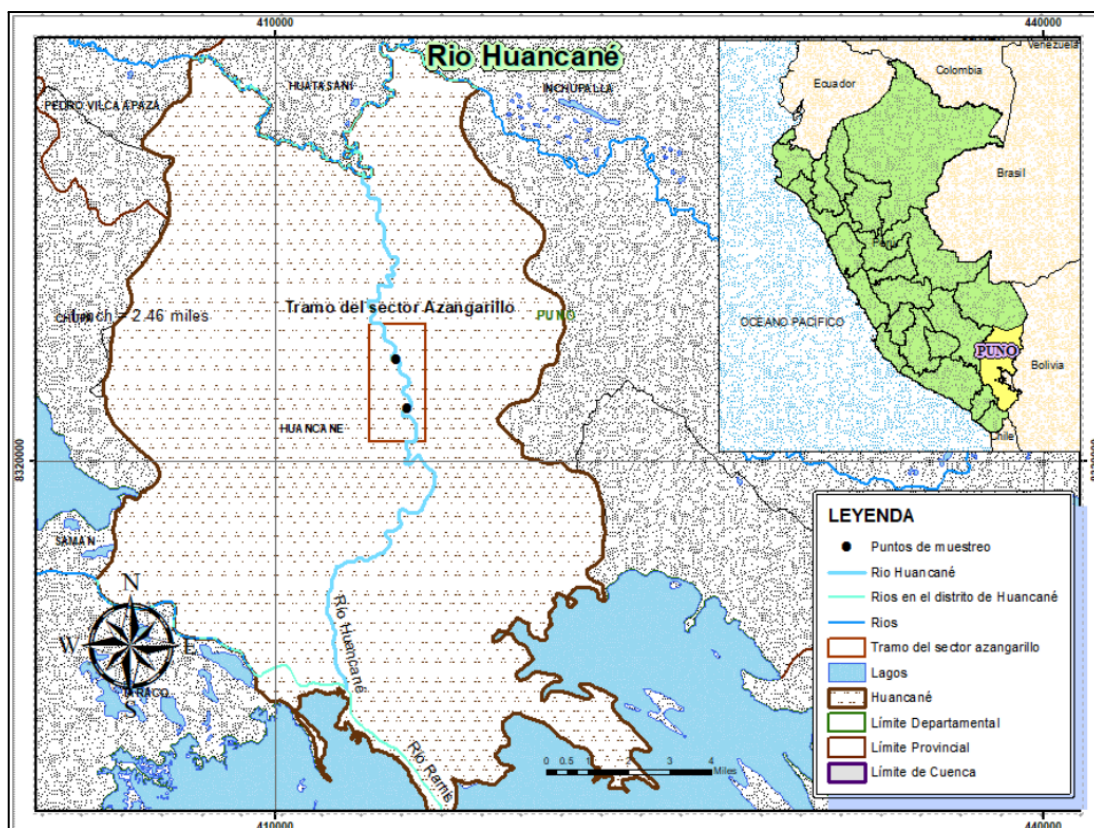


Figura 02: Ubicación de puntos en el tramo Pampilla Azangarillo

Fuente:

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue descriptiva ya que se evaluó y detallaron los parámetros físicos químicos, inorgánicos y microbiológicos del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo

3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación fue no experimental ya que no se manipularon las variables. El estudio se limitó a observar y analizar los parámetros tal como se encontraba.

3.3.3. MATERIALES

- Botellas
- Cooler
- Mascarilla
- Refrigerantes
- Guantes descartables
- Agua destilada
- Etiquetas

- Indumentaria de protección (botas, chalecos, polo de manga larga, entre otros)
- Libreta de apuntes
- Bolígrafos indelebles

3.3.4. EQUIPOS

- GPS
- Cámara fotográfica

3.3.5. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETO ESPECÍFICO.

Objetivo específico 1 y 2

- Determinar la concentración de los parámetros físicos del agua del río Huancané
- Evaluar la concentración de los parámetros inorgánicos del agua del río Huancané

Procedimiento de Muestreo

Se realizó un muestreo aleatorio simple de dos puntos para lo cual se tomó en cuenta las consideraciones dispuestas por Mamani, (2024):

- Los puntos fueron seleccionados teniendo en cuenta las anomalías antropogénicas esperadas, es decir, la cercanía a una fuente de contaminación.
- Los puntos fueron elegidos por su facilidad de acceso a las zonas de orilla, ubicaciones centrales y lugares relativamente profundos minimizando para minimizar el riesgo a accidentes.

Antes del muestreo se utilizó ropa de protección adecuada y guantes, con el fin de garantizar la seguridad y evitar la contaminación de las muestras.

Luego fue necesario ubicarse en un punto medio de la corriente principal, donde la corriente es homogénea y poco profunda.

Por otro lado, para la toma de muestra se siguió las recomendaciones establecidas en el Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (ANA-Perú, 2016).

Se tomaron tres muestras de un mismo punto; una muestra para análisis físico químico (envase de polietileno sin adición de preservante), otra muestra para análisis inorgánico

(envase de polietileno con adición de preservante) y una última muestra para análisis microbiológico (envase vidrio) un litro por muestra, cumpliendo el siguiente procedimiento:

- Antes de recoger la muestra se lavó las botellas tres veces con la misma agua
- Los envases se llenaron hasta el borde (excepto la muestra para el análisis microbiológico)
- Se deberá evitar la formación de burbujas en los recipientes y se tapó correctamente
- Finalmente, en esta etapa será rotulado con la etiqueta previamente preparada

Conservación y traslado de muestras

Fueron almacenadas y transportadas en un cooler (a 4 °C), para lo cual se emplearon bolsas de hielo, siguiendo las recomendaciones dispuestas por el ANA, con el fin de asegurar la calidad de las muestras, evitando el contacto con la luz y el calentamiento de la muestra, para luego ser llevado al laboratorio de la Estación Experimental Agraria Illpa Puno - INIA para análisis físico químico e inorgánicos

Objetivo específico 3.

- Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos del río Huancané
- Preparación de materiales estériles: Frascos, guantes, y etiquetas y equipos de protección personal.

Procedimiento de Muestreo

- Volumen requerido: 500 ml.
- Para evitar contaminación cruzada: Se cambiaron los guantes entre muestras, y se usaron recipientes individuales para cada punto de muestreo

Conservación y traslado de muestras

Fueron almacenadas y transportadas en un cooler (2-8 °C) para lo cual se emplearon bolsas de hielo, siguiendo las recomendaciones dispuestas por el Protocolo, con el fin de asegurar la calidad de las muestras, evitando el contacto con la luz y el calentamiento de la muestra, para luego ser llevado al laboratorio de DIRESA - Puno, para análisis microbiológico.

Tabla 04: Condiciones de preservación y almacenamiento

Parámetros	Tipo de recipiente	Condiciones de preservación y almacenamiento	Tiempo máximo de almacenamiento
Temperatura		Analizar preferentemente	Inmediatamente
CE	Plástico	In situ	24 horas
pH		Analizar preferentemente In situ	24 horas
Nitratos	Plástico	Filtrar In situ	4 días
Bicarbonatos		Conservadas a 3 ± 5 °C	14 días
Cloruros		Conservadas a 3 ± 5 °C	1 mes
Sulfatos		Conservadas a 3 ± 5 °C	1 mes
Magnesio		Acidificar a pH 1 - 2 con ácido nítrico	1 mes
Aluminio	Polietileno	Acidificar a pH 1 - 2 con ácido nítrico o clorhídrico	1 mes
Coliformes termotolerantes		Dejar un espacio para aireación y mezcla de	24 horas
Escherichia coli	Vidrio esteril	1/3 del frasco de muestreo. Almacenar a ≤ 6 °C y en oscuridad.	

Tabla 05: Métodos a emplear para el análisis de parámetros físicos según el INIA

Parámetro Físico	Método que se emplea para su análisis
Temperatura	NTP 214.029: 2023 CALIDAD DE AGUA. Determinación
Conductividad eléctrica	de CE en agua. Método electrométrico.

Tabla 06: Métodos para análisis de parámetros químicos según el INIA

Parámetro Químico	Método que se emplea para su análisis
pH	NTP 214.029: 2023, 4ta Edición 2023-06-13. CALIDAD DE AGUA. Determinación de pH en agua. Método electrométrico.
Cloruros	Manual de procedimientos de los análisis de suelos y
Nitratos	aguas con fines de riego - INIA. Ed.1ra 2017. ítem 6.4.2.
Sulfato	Pág. 84-88. Determinación de aniones.
Bicarbonatos	

Tabla 07: Métodos para el análisis de parámetros Inorgánicos según el INIA

Parámetro orgánico	Método que se emplea para su análisis
Magnesio	Manual de procedimientos de los análisis de suelos y
Aluminio	aguas con fines de riego - INIA. Ed.1ra 2017. ítem 6.4.1. Pág. 83-84. Determinación de cationes.

Tabla 08: Métodos para análisis de parámetros microbiológicos - DIRESA

Parámetro	Método que se emplea para su análisis
Microbiológico	
Coliformes termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E.1, 24th Ed. 2023 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).
<i>Escherichia Coli</i>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F, Item 1, 24th Ed. 2023 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Escherichia coli test (EC-MUG Medium).

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 09: Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicador	Escala de medición
	Física	Temperatura	°C
		CE	uS/cm
	Química	pH	unid. pH
		Nitratos	
Parámetros	Inorgánicos	Bicarbonatos	mg/L
		Cloruros	
		Sulfatos	
	Microbiológica		mg/L
		Magnesio	
		Aluminio	

Variables	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Calidad del agua	Aptitud para riego de vegetales	Coliformes termotolerantes <i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml Apta
		Si cumple o no con los valores establecidos en el ECA para uso en riego de vegetales	No Apta

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Los resultados fueron evaluados estadísticamente para determinar si existían variaciones significativas entre los puntos de muestreo.

Los datos estadísticos descriptivos básicos incluyen la media, mediana, desviación estándar, máximo y mínimo para lo cual se utilizará el software Microsoft Office Excel.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS DEL AGUA DEL RÍO HUANCANÉ EN EL TRAMO DE PAMPILLA AZANGARILLO PARA USO EN RIEGO DE VEGETALES

4.1.1. TEMPERATURA

Tabla 10: Temperatura en los puntos de evaluación

Parámetro	ECA	PMH 1		PMH 2	
		PMH1 - R1	PMH1 - R2	PMH 2 - R1	PMH 2 - R2
Temperatura	Δ3	18.5	18	18.8	18.7

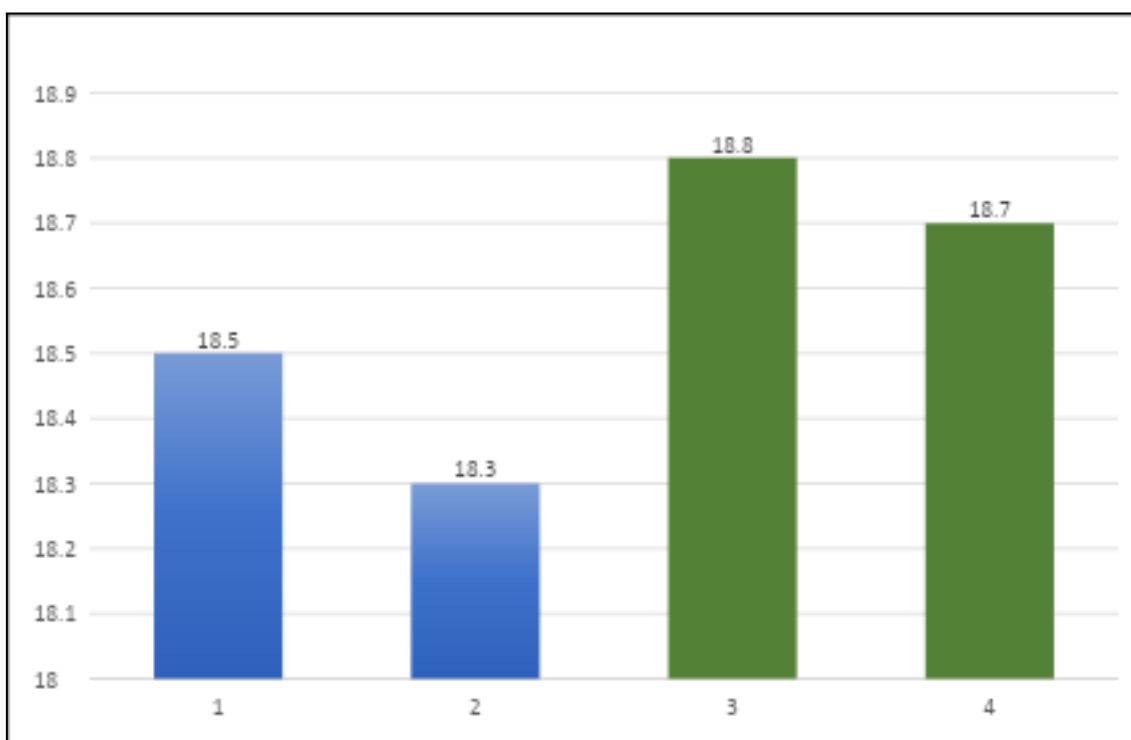


Figura 03: Variación de temperatura, según el ECA

Los valores obtenidos en la temperatura en el punto PMH1 fueron 18.5 en la primera repetición y 18.3 en la segunda repetición; para el punto PMH 2 se registraron valores de 18.8 y 18.7, haciendo un análisis no tienen una variación mayor a 0.5, demostrando que cumple con la normativa establecida en el ECA categoría 3, establecidos en el Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM, que permite una fluctuación de 3 °C respecto a la temperatura natural del cuerpo de agua.

Estos valores son comparables con los reportados por Mamani, (2024) en el río Ramis de Puno, quien registró temperaturas entre 17.9 °C y 19.6 °C en cuatro puntos de monitoreo, manteniéndose dentro de los límites normativos, lo que confirma condiciones térmicas adecuadas para uso agrícola. De forma similar, Bendezu y Hernández, (2021) en el río Pisco reportaron temperaturas que oscilaron entre 19.2 °C y 22.1 °C durante la época seca, cumpliendo igualmente con los valores establecidos por la normativa ambiental para riego.

Asimismo, Escandón y Cáceres, (2022) en la microcuenca del río San Francisco obtuvieron temperaturas comprendidas entre 16.5 °C y 20.3 °C en época seca y lluviosa, asociando estos valores a una calidad de agua entre regular y buena. Por su parte, Paredes, (2023) en el río Choquechaca (Yunguyo) reportó temperaturas entre 17.2 °C y 18.9 °C, valores muy cercanos a los obtenidos en los puntos PMH1 y PMH2, lo que indica un comportamiento térmico similar en cuerpos de agua de la región sur del país.

4.1.2. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Tabla 11: Resultados del análisis de la conductividad eléctrica

Parámetro	ECA	PMH 1		PMH 2	
		PMH1 - R1	PMH1 - R2	PMH 2 - R1	PMH 2 - R2
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2500	1445	1360	1304	1338

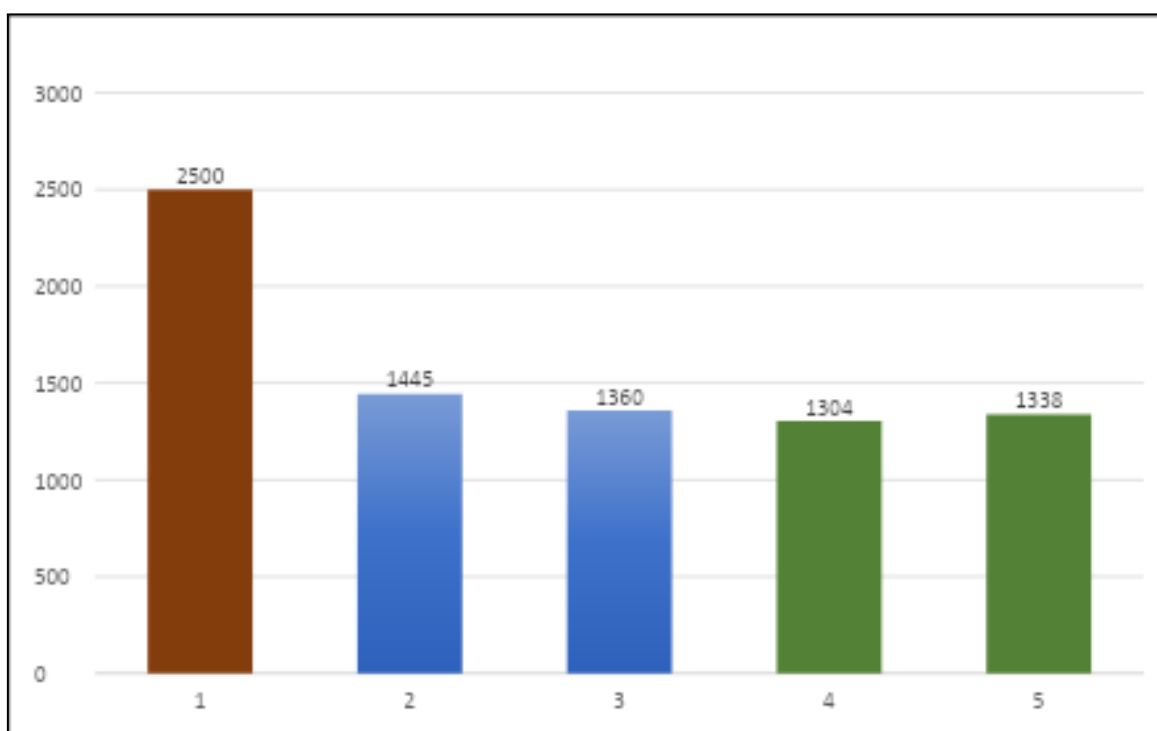


Figura 04: Comparación de valores obtenidos de la conductividad eléctrica con el ECA

Interpretación: En la figura 3 se observa que en el punto PMH 1 en la primera réplica se obtuvo valores de 1445 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1360 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en el punto PMH 2 valores de 1304 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1338 $\mu\text{S}/\text{cm}$; en ambos puntos, los valores no superan el límite máximo permisible de

2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ establecido por el Estándar de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 3 (Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM), lo que indica que el agua es apta para riego desde el punto de vista de salinidad.

Estos resultados son comparables con los reportados por Can et al., (2024) en el río Santiago, donde la conductividad eléctrica alcanzó valores de hasta 1034 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en época seca y 414 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en época de lluvias, siendo inferiores a los obtenidos en los puntos PMH1 y PMH 2, pero igualmente clasificados como aptos para uso agrícola. De manera similar, Mamani, (2024) en el río Ramis, registró valores de conductividad que se mantuvieron dentro de los límites normativos, con registros cercanos a 1200-1800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, rango en el cual también se encuentran los valores de la presente investigación.

4.1.3. PH

Tabla 12: Resultados del análisis del pH

Parámetro	ECA	PMH1		PMH2	
		PMH1 - R1	PMH1 - R2	PMH2 - R1	PMH2 - R2
pH	8.5	8.2	8.2	8.4	8.4

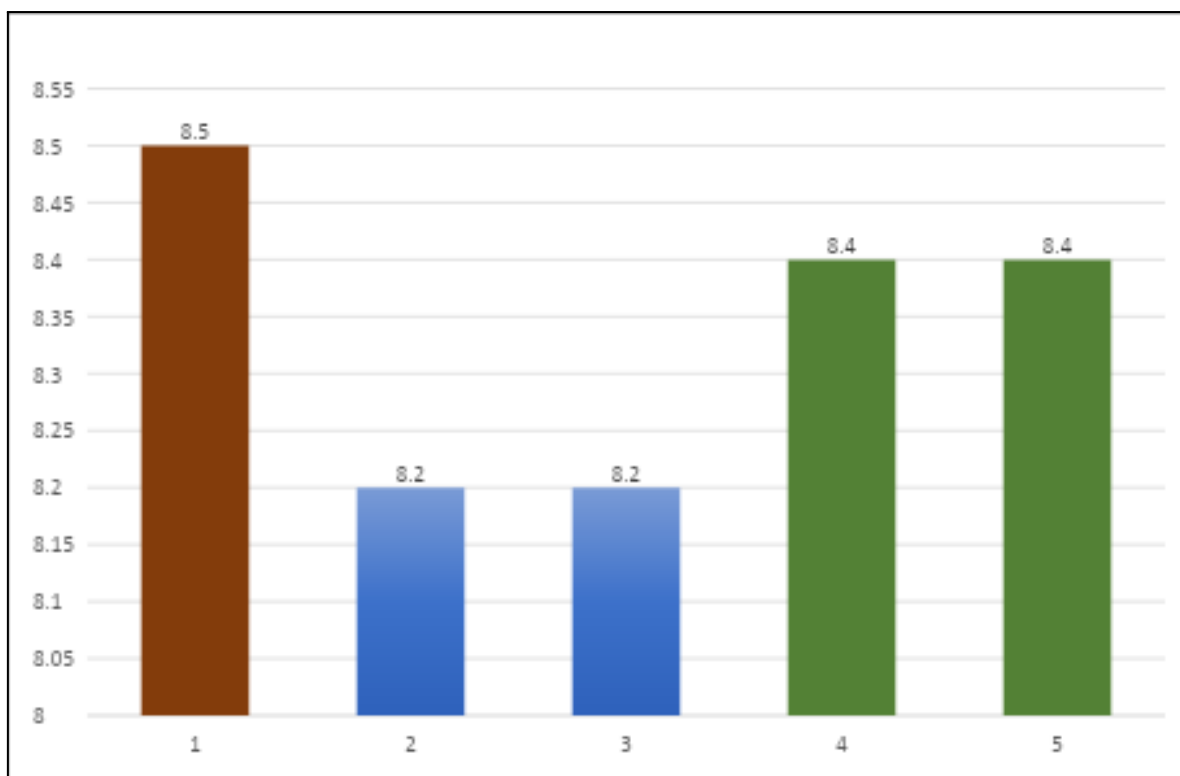


Figura 05: Comparación de los valores obtenidos del pH con el ECA

Interpretación: En la figura 4 se observa que el pH que en el punto PMH 1 en ambas réplicas se determinó un valor de 8.2 y en el punto PHM 2 el valor incrementó a valores de 8.4 Unidad de pH en ambas réplicas. En comparación con el ECA todos los puntos de muestreo están dentro del rango establecido en dicha normativa cuyo valor máximo es de 8.5.

Estos resultados son comparables con lo reportado por Mejía et al., (2025), quienes registraron valores de pH entre 7.45 y 7.80 en sistemas de riego, mostrando aguas ligeramente alcalinas, pero dentro de la normativa. De igual manera, Can et al., (2024) reportaron valores de pH de hasta 7.8 en época de sequía y 6.7 en temporada de lluvias, valores ligeramente inferiores a los obtenidos en el presente estudio, pero igualmente dentro del rango permisible para riego.

Por su parte, Calizaya, (2021) en el río Zapatilla encontró algunos puntos donde el pH superó ligeramente los límites normativos, situación que no se presenta en este estudio, donde el valor máximo registrado fue de 8.4.

4.1.4. NITRATOS

Tabla 13: Resultados del análisis de nitratos

Parámetro	PMH1		PMH 2		
	ECA	PMH1 - R1	PMH1 - R2	PMH 2 - R1	PMH 2 - R2
NITRATOS	100	31.00245	37.2029	37.20294	37.20294

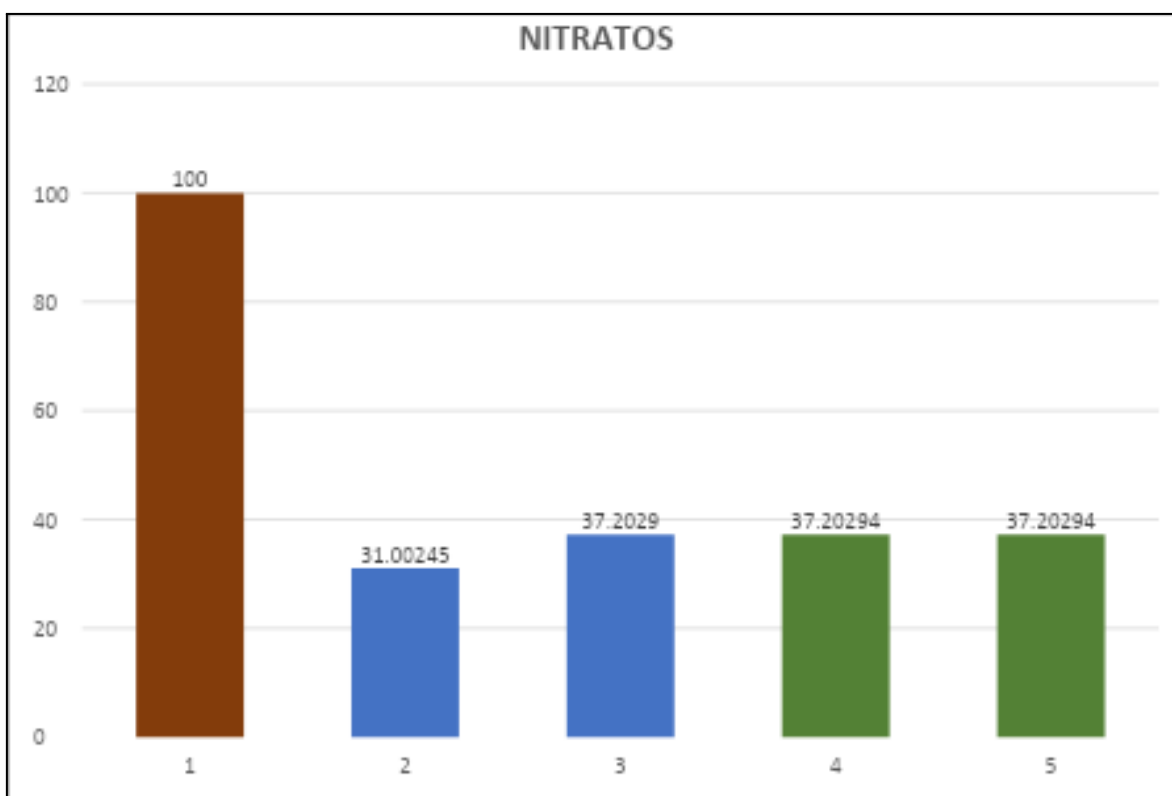


Figura 06: Comparación de los valores obtenidos del pH con el ECA

Interpretación: Los valores obtenidos de nitrato en la muestra de agua fue de 31.00245 mg/L y 37.2029 mg/L en el punto PMH1 y en el PMH 2 los valores fueron de 37.20294 mg/L tanto en la primera repetición como en la segunda; estos valores se encuentran dentro del límite máximo permisible de 100 mg/L establecido por el Estándar de Calidad Ambiental para Agua - Categoría 3 (riego de vegetales), según el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Estos resultados son comparables con lo reportado por Can et al., (2024) en el río Santiago, donde se identificaron concentraciones elevadas de nutrientes en algunos

puntos, especialmente en sectores influenciados por actividades antrópicas, aunque sin sobrepasar los límites críticos para uso agrícola en todos los sectores. Asimismo, Costa, (2021), en los efluentes del río Chillón, evidenció la presencia de nitratos en concentraciones variables a lo largo de los meses de monitoreo, con incrementos asociados a descargas urbanas y agrícolas, situación que explica la presencia moderada de este nutriente en el presente estudio.

4.1.5. BICARBONATOS

Tabla 14: Resultados del análisis de bicarbonatos

Parámetro	ECA	PMH1		PMH 2	
		PMH1 - R1	PMH1 - R2	PMH 2 - R1	PMH 2 - R2
BICARBONATOS (mg/L)	518	25.203	8.401	25.203	33.604

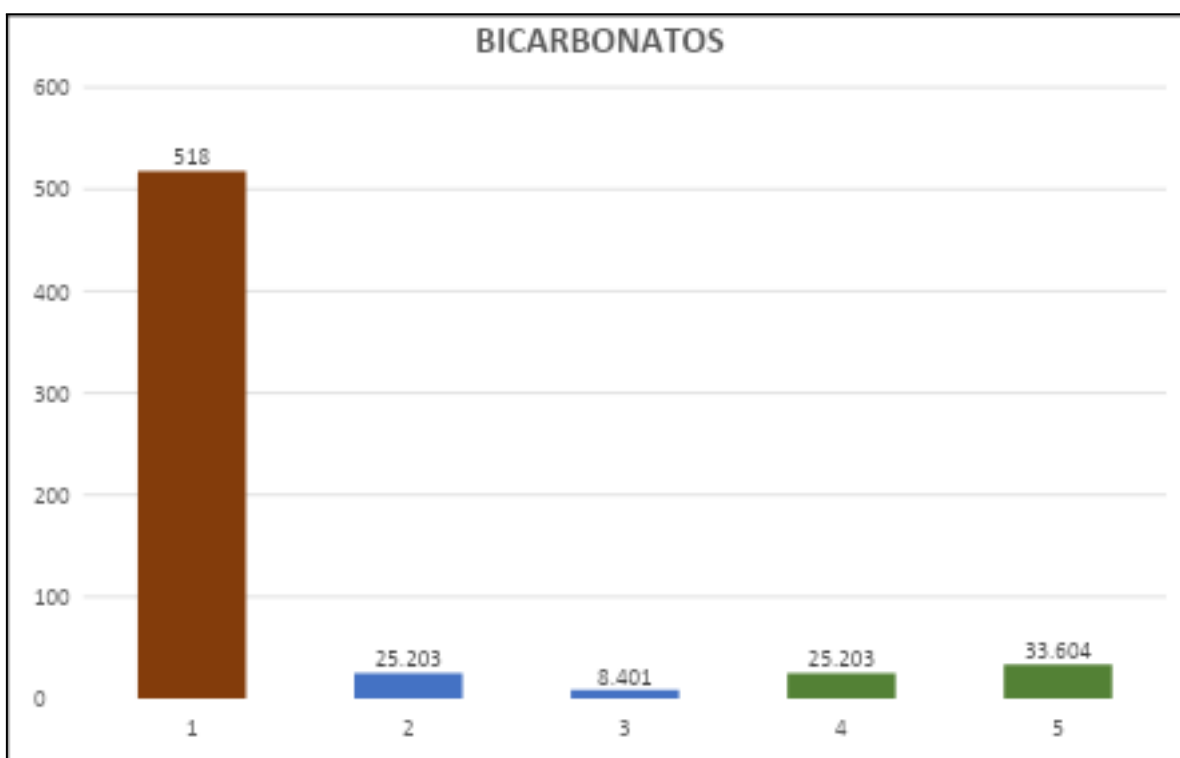


Figura 07: Comparación de los valores obtenidos de bicarbonatos con el ECA

Interpretación: En la figura 6 se observa el contenido de bicarbonatos, para el primer punto PMH1 se muestran valores de 25.203 y 8.401 y en el PMH 2 se obtuvo 25.203 y

33.604 en la primera y segunda repetición respectivamente, dichos resultados son ampliamente inferiores a lo establecido por el Estándar de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 3, según el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, lo que indica que el agua evaluada es totalmente apta para el riego desde el punto de vista del contenido de bicarbonatos.

Estos valores son comparables con los reportados por Rodríguez Flores, (2021) en la cuenca Chancay–Lambayeque, donde los bicarbonatos se mantuvieron dentro de los rangos permisibles para riego en los ríos principales, sin generar restricciones para el uso agrícola. De manera similar, Cerna et al., (2022) al evaluar la cuenca del Huallaga mediante el ICA-PE, encontraron que los parámetros asociados a sales disueltas, incluidos los bicarbonatos, en más del 63 % de los puntos presentaron calidad buena a excelente, lo que evidencia condiciones favorables para el riego.

4.1.6. CLORUROS

Tabla 15: Resultados del análisis de cloruros

Parámetro	ECA	PMH1		PMH 2	
		PMH1 - R1	PMH1 - R2	PMH 2 - R1	PMH 2 - R2
CLORUROS	500	134.71	127.62	134.71	134.71

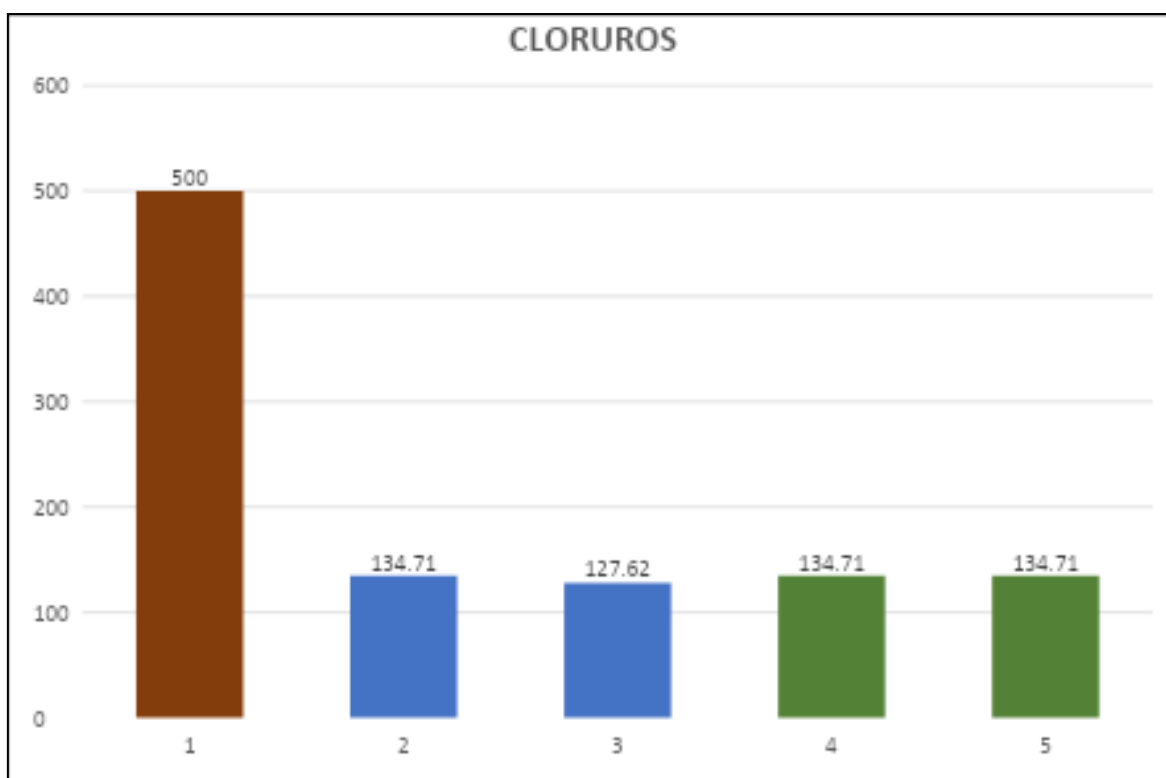


Figura 08: Comparación de los valores obtenidos de cloruros con el ECA

Interpretación: En la figura 7 los resultados muestran valores de 134.71 mg/L y 127.62 mg/L en el punto PMH1 y 134.71 mg/L en ambas repeticiones del punto PMH 2, en ambos puntos evaluados los valores no superan lo establecido por el Estándar de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 3 (riego de vegetales), según el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, lo que indica que el agua es apta para uso agrícola respecto al contenido de cloruros.

Estos resultados son comparables con los reportados por Costa, (2021) en los efluentes del río Chillón, donde las concentraciones de cloruros variaron según la estación, presentando incrementos en meses con mayor carga de sales, aunque en varios puntos se mantuvieron dentro de los límites permitidos para riego, de forma similar a lo observado en los puntos PMH1 y PMH 2. Asimismo, Nugra et al., (2023) reportaron concentraciones de sales disueltas dentro de los rangos normativos en el punto de captación del canal de riego “Toma de Narváez”, indicando condiciones adecuadas para el uso agrícola.

4.1.7. SULFATOS

Tabla 16: Resultados del análisis de sulfatos

Parámetro	ECA	PMH1		PMH 2	
		PMH1 - R1	PMH1 - R2	PMH 2 - R1	PMH 2 - R2
SULFATOS	1000	96.06	86.454	96.06	134.484

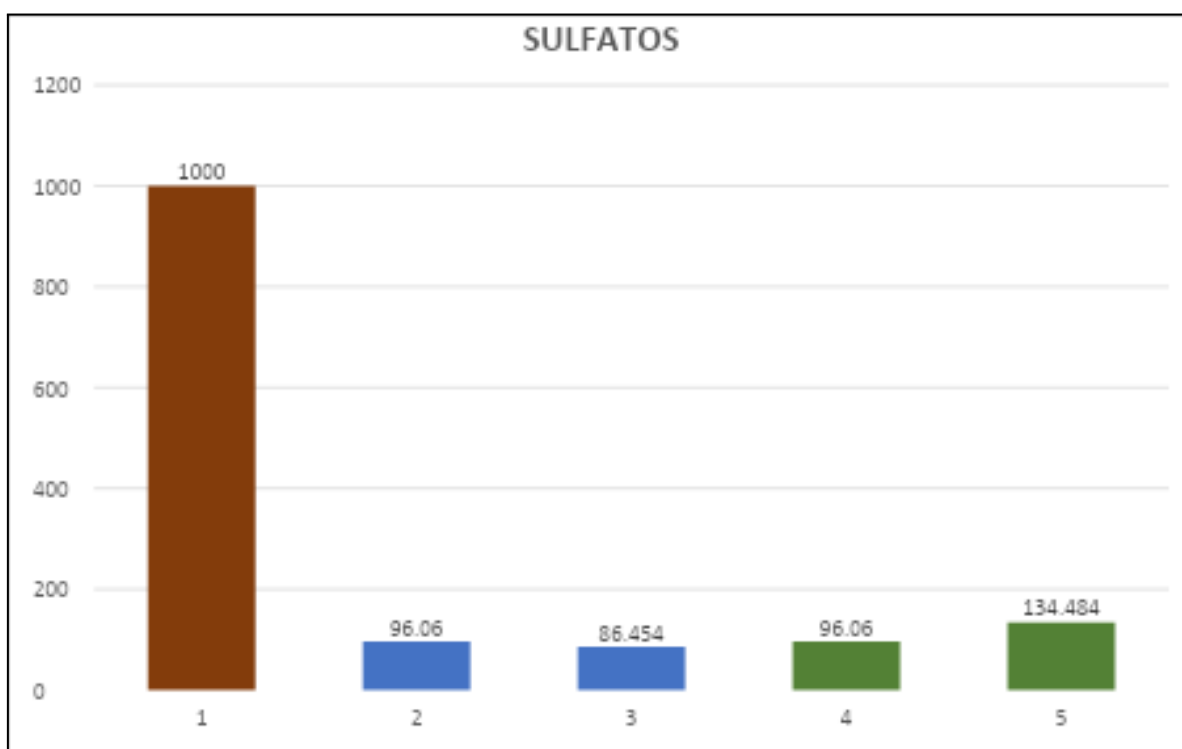


Figura 09: Comparación de los valores obtenidos de sulfatos con el ECA

Interpretación: Los resultados muestran valores inferiores a lo establecido en la normativa peruana; en el punto PMH1 cuyos datos fueron 96.06 mg/L y 86.454 mg/L, para el punto PMH 2 los valores llegaron a 96.06 mg/L y 134.484 mg/L.

Estos resultados son comparables con los reportados por Mejía et al., (2025) quienes registraron concentraciones de sulfatos inferiores a los límites normativos en sistemas de riego, asociándose a una baja influencia de fuentes de contaminación minera o industrial. De manera similar, Rodríguez Flores, (2021) en la cuenca Chancay–Lambayeque reportó que, a pesar de la presencia de metales en algunas quebradas, los sulfatos en los ríos principales se mantuvieron dentro del rango permisible para riego.

4.2. PARA PARÁMETROS INORGÁNICOS DEL AGUA DEL RÍO HUANCANÉ EN EL TRAMO PAMPILLA AZANGARILLO PARA PARA USO EN RIEGO DE VEGETALES

4.2.1. MAGNESIO

Tabla 17: Resultados de los análisis de magnesio

Parámetro	ECA	PMH1		PMH 2	
		PMH1 - R1	PMH1 - R2	PMH 2 - R1	PMH 2 - R2
MAGNESIO	150	39.6	45.6	69.6	80.4

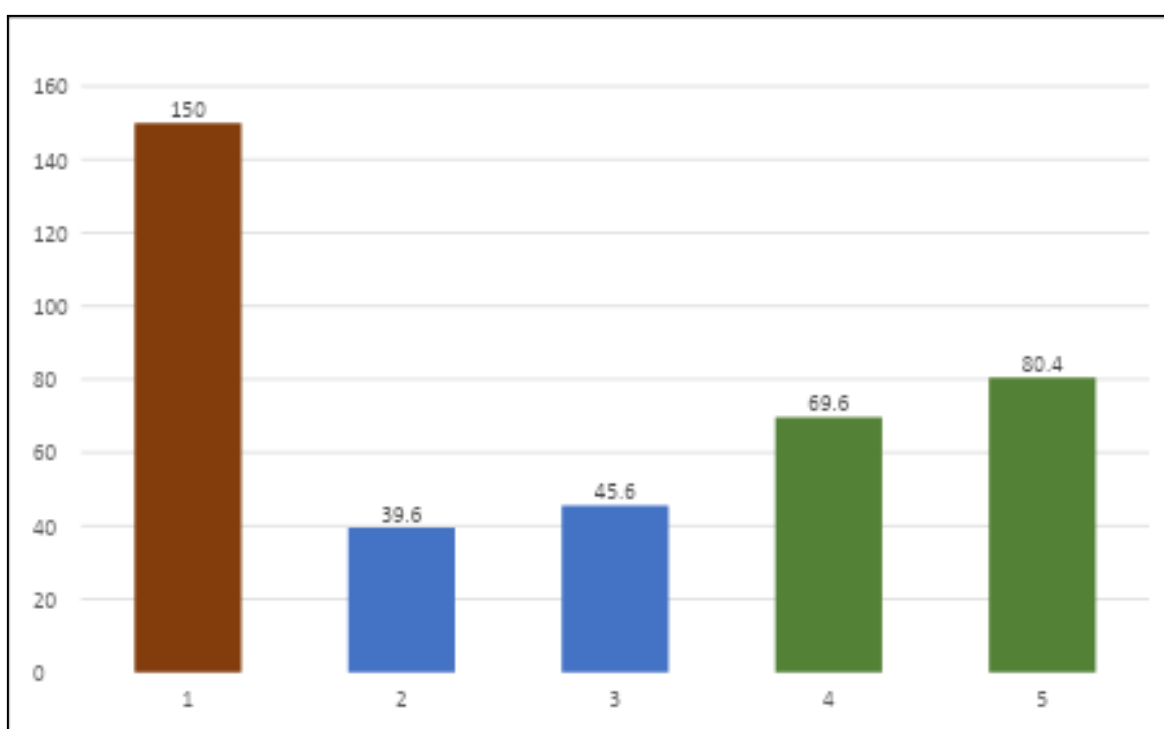


Figura 10: Comparación de los valores obtenidos de magnesio con el ECA

Interpretación: Los resultados para magnesio en el punto PMH1 fueron 39.6 mg/L y 45.6 mg/L, en la primera y segunda repetición respectivamente; en el punto PMH 2 se obtuvo valores de 69.6 mg/L y 80.4 mg/L; al comparar estos resultados con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 3 (D.S. N.º 004-2017-MINAM), se observa que este parámetro no cuenta con un valor límite específico establecido para esta categoría; sin embargo, al contrastarlos con la normativa de referencia del año 2013, cuyo valor guía para magnesio es de 150 mg/L, se evidencia que ninguno de los valores obtenidos

supera dicho límite, confirmando que el agua es apta para riego respecto al contenido de magnesio.

Estos resultados son comparables con lo reportado por Can et al., (2024) en el río Santiago, donde el magnesio, junto con el calcio, predominó especialmente en la temporada de lluvias, manteniéndose dentro de rangos permisibles para uso agrícola. Asimismo, (Rodríguez Flores, 2021) en la cuenca Chancay–Lambayeque encontró concentraciones de magnesio que no superaron los valores referenciales, aun en sectores donde otros parámetros sí presentaban alteraciones, lo que evidencia un comportamiento relativamente estable de este catión.

4.2.2. ALUMINIO

Tabla 18: Resultados de los análisis de magnesio

Parámetro	ECA	PMH1		PMH 2	
		PMH1 - R1	PMH1 - R2	PMH 2 - R1	PMH 2 - R2
ALUMINIO	5	0	0	0	0

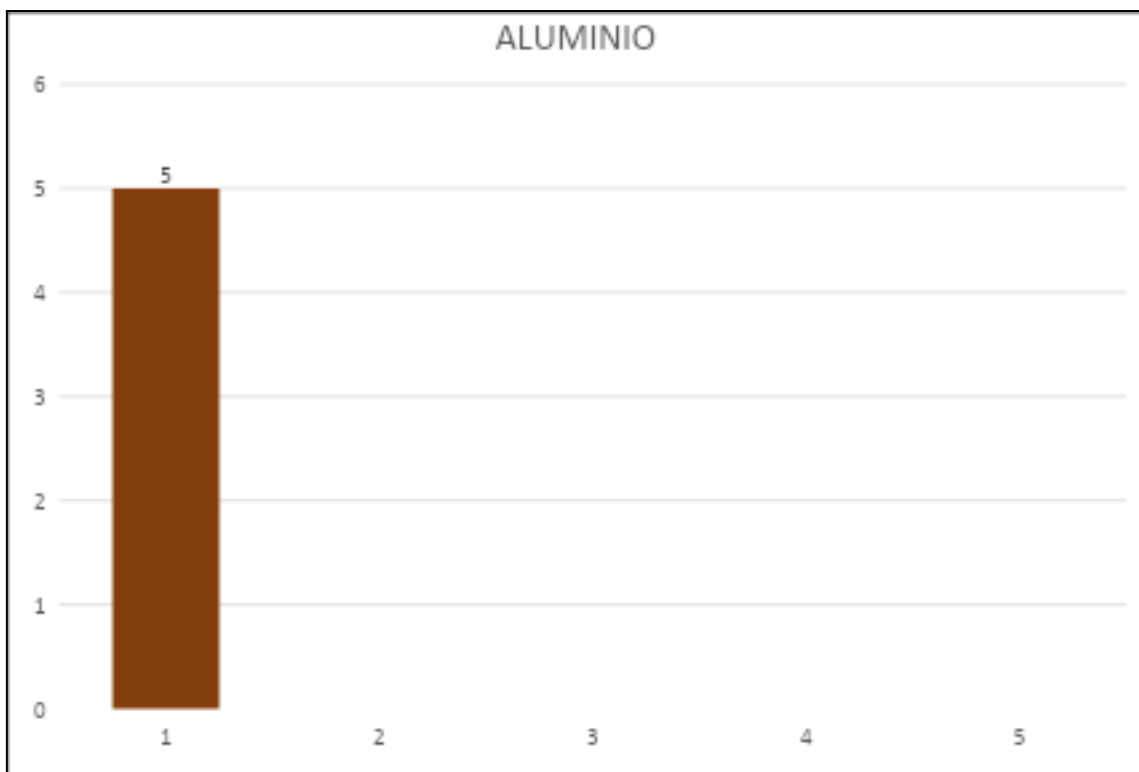


Figura 11: Comparación de los valores obtenidos de Aluminio con el ECA

Interpretación: Como se evidencia en la figura 10, el contenido de aluminio en las aguas de río Huancané, en el tramo de Pampilla Azangarillo es nula.

Mamani, (2024) en el río Ramis reportó concentraciones de aluminio bajas y dentro de la normativa, aunque presentes en algunos puntos, situación que difiere del presente estudio, donde el aluminio fue totalmente nulo. Esta ausencia puede estar asociada a condiciones geoquímicas favorables del cauce, pH ligeramente alcalino y baja influencia de actividades mineras en el tramo evaluado.

4.3. PARA PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DEL RÍO HUANCANÉ EN EL TRAMO DE PAMPILLA AZANGARILLO PARA USO EN RIEGO DE VEGETALES

4.3.1. COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Tabla 19: Resultado de análisis de coliformes termotolerantes

Parámetro	ECA 1	ECA 2	PMH1		PMH 2	
			PMH1 - R1	PMH1 - R2	PMH 2 - R1	PMH 2 - R2
CT	1000	2000	1100	1110	1201	1200

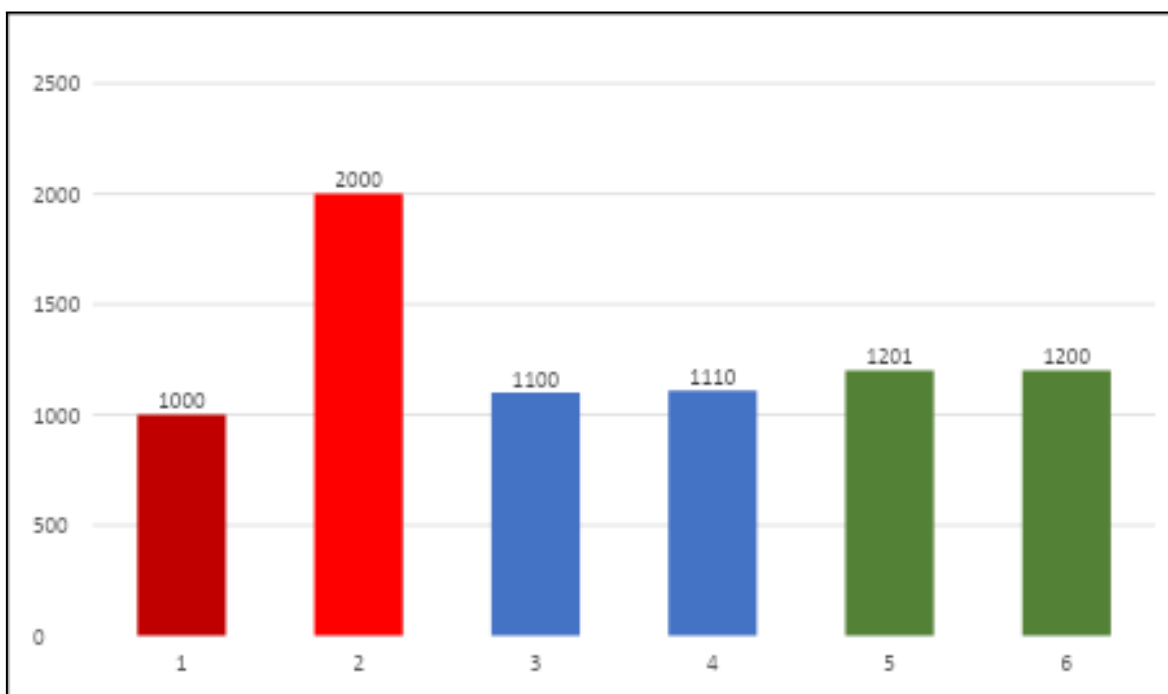


Figura 12: Comparación de los valores obtenidos de coliformes termotolerantes con el ECA

Interpretación: En la figura 11, se observa el ECA 1 1000 NMP/100 ml que es el valor máximo de coliformes termotolerantes para agua con riego no restringido y el ECA 2 2000 NMP/100 ml representa el valor máximo para agua con riego restringido, según el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM; Asimismo, los resultados fueron de 1100 NMP/100 ml y 1110 NMP/100 ml en el punto PMH1, para el punto PMH 2 los valores llegaron a 1201 NMP/100ml y 1200 NMP/100 ml. Resultados similares fueron reportados

por Costa, (2021) en los efluentes del río Chillón, donde se registraron valores que superaron los límites para riego no restringido en todos los puntos muestreados debido a la influencia de descargas domésticas. Asimismo, Paredes, (2023) en el río Choquechaca (Yunguyo) reportó concentraciones que superaron ampliamente los 2000 NMP/100 ml, determinando la no aptitud del agua incluso para riego restringido, situación más crítica que la observada en el presente estudio.

4.3.2. ESCHERICHIA COLI

Tabla 20: Resultado de análisis de Escherichia coli

Parámetro	ECA	PMH1		PMH 2	
		PMH1 - R1	PMH1 - R2	PMH 2 - R1	PMH 2 - R2
E. Coli	1000	1050	1055	1067	1074

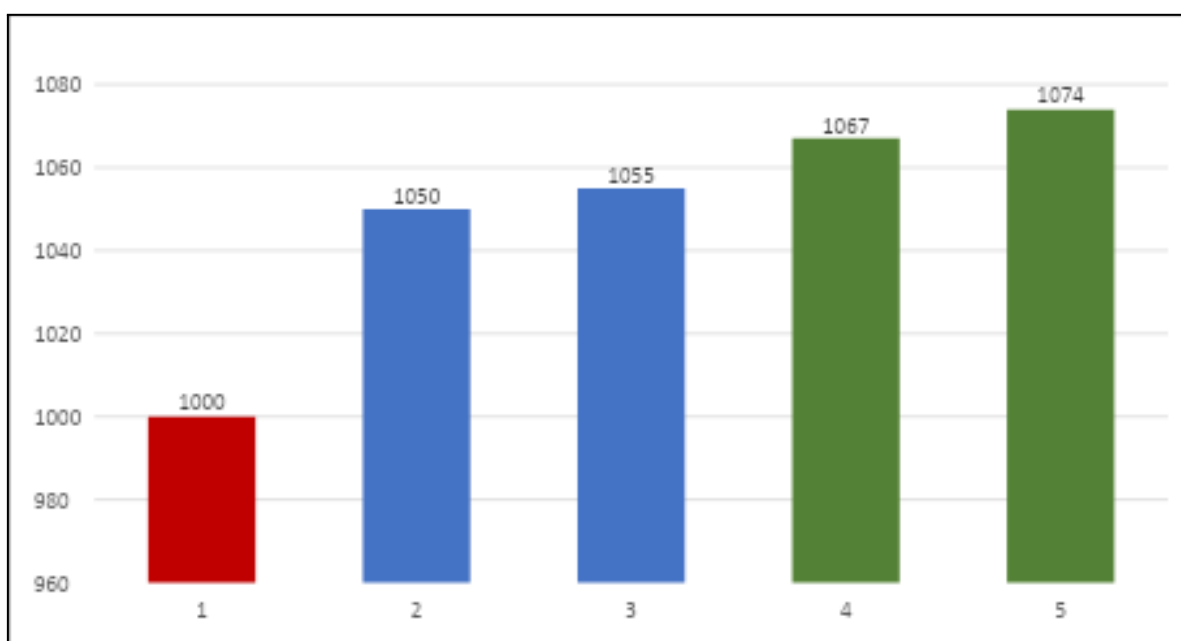


Figura 13: Comparación de los valores obtenidos de Escherichia coli con el ECA

Interpretación: Los resultados evidencian el contenido de *Escherichia coli*, donde el punto PMH1 sobrepasa los Estándares de Calidad para agua, con valores de 1050 NMP/100 ml y 1055 NMP/100 ml. Asimismo, para el punto PMH 2 se reportan valores de 1067 NMP/100 ml y 1074 NMP/100 ml sobrepasando lo máximo permitido

Estos resultados son comparables con lo reportado por Costa, (2021) en el río Chillón, quien encontró presencia de *Escherichia coli* en concentraciones elevadas en todos los puntos de muestreo, confirmando una fuerte influencia de descargas domésticas sin tratamiento adecuado. De manera similar, Paredes, (2023), en el río Choquechaca (Yunguyo), registró valores elevados de coliformes termotolerantes que superaron los límites del ECA, concluyendo que el agua no era apta para riego de vegetales ni bebida de animales, situación que coincide con lo observado en el presente estudio.

Asimismo, Bendezu y Hernández, (2021) en el río Pisco también reportaron incumplimiento de los parámetros microbiológicos, aun cuando los parámetros fisicoquímicos se encontraban dentro de los límites permisibles, lo que demuestra que la contaminación microbiológica puede mantenerse independientemente de la calidad fisicoquímica del agua.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Los parámetros fisicoquímicos del agua del río Huancané, en el tramo Pampilla Azangarillo, muestran que la temperatura se mantuvo entre 18.3 y 18.8 °C, la conductividad eléctrica entre 1304 y 1445 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el pH en condiciones ligeramente alcalinas, con valores de 8.2 en PMH1 y 8.4 en PMH 2. Asimismo, los nitratos presentaron concentraciones entre 31.00245 y 37.2029 mg/L, los bicarbonatos entre 8.401 y 33.604 mg/L, los cloruros entre 127.62 y 134.71 mg/L y los sulfatos entre 86.45 y 134.484 mg/L, encontrándose todos dentro de los límites establecidos por los *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para riego de vegetales*. Esto evidencia que, desde el punto de vista fisicoquímico, el recurso hídrico presenta condiciones adecuadas para su aprovechamiento agrícola.

SEGUNDA: Los parámetros inorgánicos, específicamente el magnesio y el aluminio, cumplen con los valores permisibles establecidos en los *Estándares de Calidad Ambiental (ECA)*; el magnesio presentó concentraciones entre 39.6 y 80.4 mg/L, mientras que el aluminio no fue detectado en ninguna de las muestras analizadas. En consecuencia, no representan un factor limitante ni un riesgo químico para los suelos agrícolas ni para el desarrollo de los cultivos en el área de estudio.

TERCERA: Los parámetros microbiológicos, específicamente coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, superan los valores máximos permisibles establecidos por los *Estándares de Calidad Ambiental (ECA)*; los coliformes termotolerantes registraron valores de 1100 y 1110 NMP/100 ml, superando el límite para riego no restringido, mientras que en PMH 2 se reportaron valores de 1201 y 1200 NMP/100 mL, evidenciando una condición similar. Asimismo, *Escherichia coli* presentó concentraciones de 1050 y

1055 NMP/100 mL en PMH1 y de 1067 y 1074 NMP/100 mL en PMH 2, excediendo los valores máximos permisibles. Por ello, el agua del río Huancané en el tramo Pampilla Azangarillo no es apta para el riego de vegetales desde el punto de vista microbiológico, constituyendo un riesgo potencial para la salud pública y la inocuidad de los productos agrícolas.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Implementar medidas de tratamiento del agua antes de su uso agrícola: Dado que los parámetros microbiológicos exceden los valores máximos permisibles, se recomienda aplicar procesos de desinfección o tratamiento (como cloración, filtración o tecnologías alternativas) para reducir la carga microbiana y garantizar la inocuidad de los cultivos.

SEGUNDA: Fortalecer el monitoreo continuo de la calidad del agua del río Huancané: Establecer un programa de vigilancia periódica que incluya análisis fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos, con el fin de detectar oportunamente variaciones en la calidad del recurso hídrico y tomar decisiones preventivas para el uso agrícola.

TERCERA: Promover prácticas de gestión ambiental en la cuenca: Impulsar acciones de sensibilización y control de fuentes de contaminación, especialmente las de origen doméstico y agrícola, para reducir el ingreso de microorganismos patógenos al río y asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico en beneficio de la salud pública y la producción agrícola

BIBLIOGRAFÍA

- Autoridad Nacional del Agua. (2015). *Calidad de cuencas hidrográficas a nivel nacional*.
22. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2673?show=full>
- Bautista, F., Delgado, C., & Pacheco, A. (2016). *Evaluación de la Calidad del Agua (Agridwater) Conceptos, ecuaciones y uso del sistema*.
- Bendezu, M. A. B., & Hernández, C. V. B. (2021). Efecto de los parámetros fisicoquímicos y biológicos sobre la calidad del agua del río pisco. *South Florida Journal of Development*, 2(4), 5606–5614. <https://doi.org/10.46932/sfjdv2n4-049>
- Bornare, D., Nagarajan, R., & Barge, R. (2018). Improvement of Supplementary Irrigation Water Quality for Rain-Fed Agriculture in the Semi-Arid Region Using Magnetization Techniques. *Journal of Water Resource and Protection*, 10(12), 1198–1209. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2018.1012071>
- Calizaya, W. (2021). Evaluación de la calidad del agua del río Zapatilla para uso de riego de vegetales en el distrito de Pilcuyo, Región Puno – 2021. En *Universidad Privada San Carlos-Puno* (Vol. 1). <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/403>
- Can, Á., Cruz, E., Ortega, H. M., Bojórquez, J. I., Mancilla, Ó. R., Pinedo, J. A., & Fletes, J. A. L. (2024). Índices de calidad del agua para uso agrícola y contaminación del río Santiago, México. *Idesia (Arica)*, 42(4), 50–60. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292024000400050>
- Castellón, J. J., Bernal, R., & Hernández, M. (2015). Irrigation water quality in greenhouse in Tlaxcala. *Ingeniería*, 19(1), 39–50. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46750924004>
- CEPAL, FAO, & IICA. (2021). Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas. En *Una mirada hacia América Latina y el Caribe*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/ec3e9a9f-593e-4c55-85a3-b5eefbeca839/content>
- Cerna, A., Aguirre, C., Wong, B., Tello, J., & Pinchi, W. (2022). Calidad de agua para riego en la cuenca Huallaga, Perú. *Scientia Agropecuaria*.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.022>
- Cerna, A. F., Aguirre, C., Wong, B. L., Tello, J. L., & Pinchi, W. (2022). Water quality for irrigation in the Huallaga basin, Peru. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 239–248. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.022>
- Chemura, A., Kutuywayo, D., Chagwasha, T. M., & Chidoko, P. (2014). An Assessment of Irrigation Water Quality and Selected Soil Parameters at Mutema Irrigation Scheme, Zimbabwe. *Journal of Water Resource and Protection*, 06(02), 132–140. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2014.62018>
- Costa, C. (2021). Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de efluentes del Río Chillón durante los meses de Enero a Junio del 2019. *Universidad Ricardo Palma*, 149. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/1040>
- Dhakal, R. S., Syme, G., Andre, E., & Sabato, C. (2015). Sustainable Water Management for Urban Agriculture, Gardens and Public Open Space Irrigation: A Case Study in Perth. *Agricultural Sciences*, 06(07), 676–685. <https://doi.org/10.4236/as.2015.67065>
- Escandón, C., & Cáceres, M. (2022). Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo. En *[Tesis pregrado]*, *Universidad Politécnica Salesiana*, Sede *Cuenca*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21649/1/UPS-CT009509.pdf>
- Escuela de Ciencias del Agua. (2018). *Ríos, arroyos y riachuelos*. USGS. <https://www.usgs.gov/water-science-school/science/rivers-streams-and-creeks>
- FAO. (2022). Perspectivas alimentarias. En *Perspectivas Alimentarias. Leche y productos lácteos*. <https://www.fao.org/3/cc3762es/cc3762es.pdf>
- Huanca, J., Butrón, S., Supo, L., & Supo, F. (2020). Evaluación y monitoreo de la calidad ambiental del agua en el proyecto sistema de riego Canal N, provincia de Melgar – Puno, Perú. *Ciencia & Desarrollo*.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.33326/26176033.2020.26.936>
- Jaramillo, H. (2016). El agua. En *Aguateros* (pp. 9–14). Sello Editorial Javeriano.
<https://doi.org/10.2307/j.ctv2kjcwk8.4>
- Lopez, J. (2019). Evaluación de la calidad del agua para uso agrícola del río challamayo, Tiquillaca-Puno. En *Universidad Nacional del Altiplano de Puno*.
<http://portal.unap.edu.pe/?q=organigrama>
- Mamani, J. (2024). Evaluación de parámetros físico químicos del agua del río Ramis, región Puno. En *Universidad Nacional del Altiplano de Puno*.
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/23650>
- Mejía, A., García, M., Lliguin, T., & Robalino, R. (2025). *Evaluación de la calidad física , química y microbiológica del agua en el sistema de riego Guangopud-Gatazo , provincia de Chimborazo, Ecuador.* 4, 94–110.
<https://doi.org/https://orcid.org/0009-0001-1266-6526> Tatiana
- Meme, F. K., Arimoro, F. O., & Nwudukwe, F. O. (2014). Analyses of Physical and Chemical Parameters in Surface Waters nearby a Cement Factory in North Central, Nigeria. *Journal of Environmental Protection*, 05(10), 826–834.
<https://doi.org/10.4236/jep.2014.510085>
- Nugra, W. M., Arias, L. N., Torres, S. M., & Baculima, J. A. (2023). Análisis fisicoquímico y microbiológico del agua de riego en San Joaquín-Cuenca. *Revista Alfa*, 7(20), 299–308. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.216>
- Paredes, K. (2023). *Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del río Choquechaca para el riego de vegetales y bebida de animales distrito de Yunguyo, 2023.* <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/582>
- Pereira, L. S. (2017). Water, Agriculture and Food: Challenges and Issues. *Water Resources Management*, 31(10), 2985–2999.
<https://doi.org/10.1007/s11269-017-1664-z>
- Petrovič, F. (2021). Hydrological impacts of Climate change and land use. *Water*, 3.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w13060799>

- Quinteros, J. A., Gómez, J., Solano, M., Llumiquinga, G., Burgos, C., & Carrera-Villacrés, D. (2019). Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Togllahuayco. *Siembra*, 6(2), 046–057. <https://doi.org/10.29166/siembra.v6i2.1641>
- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. *Soil Science*, 78(2), 154. <https://doi.org/10.1097/00010694-195408000-00012>
- Rodríguez Flores, R. G. (2021). Análisis de la calidad del agua en ríos de la cuenca Chancay - Lambayeque, Perú. *REVISTA VERITAS ET SCIENTIA - UPT*, 10(2), 298–309. <https://doi.org/10.47796/ves.v10i2.568>
- Sadeghi, S., Dehviri, M., Bahmani, P., Teymouri, P., Fattahi, A., Sadeghnia, M., & Fallahzadeh, R. A. (2015). Physical-Chemical Analysis and Comparison with Standards of the Compost Produced in Sanandaj, Iran. *OALib*, 02(10), 1–3. <https://doi.org/10.4236/oalib.1101855>
- Sarmiento, G., & Febres, S. (2021). Lead recovery in artificially contaminated agricultural soil as a remediation strategy using sunflower and vermicompost. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 27(3), 199–212. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2021.04.007>
- Sierra, C. A. (2011). *Calidad del agua. Evaluación y Gestión*.
- Vopravil, J., Khel, T., Vráblík, P., & Vráblíková, J. (2017). Changes in Physical and Chemical Soil Characteristics as a Result of Subsurface Tile Drainage. *Open Journal of Soil Science*, 07(12), 367–377. <https://doi.org/10.4236/ojss.2017.712026>
- Yang, D., Yang, Y., & Xia, J. (2021). Hydrological cycle and water resources in a changing world: A review. *Geography and Sustainability*, 2(2), 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2021.05.003>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>GENERAL ¿Cómo es la calidad del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo para uso en riego de vegetales categoría 3 D1 - DS 004 -2017 MINAM, 2025?</p> <p>ESPECÍFICOS a) ¿Los valores de los parámetros físicos químicos del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo serán aptos para el riego de vegetales categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM?</p> <p>b) ¿Los valores de los parámetros inorgánicos del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo para</p>	<p>GENERAL Evaluar la calidad del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo para uso en riego de vegetales, categoría 3 D1 DS 004 -2017 MINAM, 2025.</p> <p>ESPECÍFICOS a) Determinar la concentración de los parámetros físicos químicos del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo para uso en riego de vegetales categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM.</p> <p>b) Determinar la concentración de los parámetros inorgánicos del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo para</p>	<p>GENERAL La calidad del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo no es apta para uso en riego de vegetales categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM, 2025.</p> <p>ESPECÍFICOS a) Los valores de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo cumplen con los límites establecidos por los ECA para el riego de vegetales categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM.</p> <p>b) Los valores de algunos parámetros inorgánicos del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo se encuentran fuera de</p>	<p>INDEPENDIENTE</p> <p>Parámetros: Físicos Químicos Inorgánicos Microbiológicos</p> <p>DEPENDIENTE</p> <p>Calidad de agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo para uso en</p>	<p>Físico</p> <p>Químico</p> <p>Inorgánicos</p> <p>Microbiológico</p> <p>Aptitud para riego de vegetales</p>	<p>Temperatura Conductividad Eléctrica</p> <p>pH Cloruros Nitratos Sulfatos Bicarbonatos</p> <p>Magnesio Aluminio</p> <p>Coliformes termotolerantes Escherichia coli.</p> <p>ECA DS 004 -2017 MINAM Categoría 3 subcategoría D1</p> <p>Si cumple o no con los valores establecidos para uso en riego de vegetales</p>	<p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Tipo: Descriptivo</p> <p>Diseño: No experimental Población: Aguas del Río Huancané</p> <p>Muestra: Un litro de cada punto de muestreo - Dos puntos de muestreo</p> <p>Tipo de muestreo: Superficial - aleatorio</p> <p>Técnicas: Observación directa y análisis en laboratorio</p> <p>Instrumentos: Guía de muestreo, equipos (Temperatura (termómetro), CE (conductímetro), pH (potenciómetro), Magnesio (titulación), Cloruros (titulación), Nitratos y Sulfato (UV),</p>

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo serán aptos para el riego de vegetales categoría 3 D1 - 2017 D.S. 004 -2017 MINAM?	para uso en riego de vegetales categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM . c)Determinar si la concentración de los parámetros microbiológicos del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo para uso en riego de vegetales categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM.	los límites establecidos por los ECA para el riego de vegetales categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM. c)Los valores de los parámetros microbiológicos del agua del río Huancané en el tramo de Pampilla Azangarillo no cumplen con los límites establecidos por los ECA para el riego de vegetales categoría 3 D1 - D.S. 004 -2017 MINAM.	riego de vegetales			Carbonato y Bicarbonatos, (titulación ácido base), Coliformes termotolerantes y Escherichia coli (fermentación en tubos múltiples)) y métodos estandarizados de laboratorios Diseño estadístico: Estadística descriptiva

Anexo 02: Estándares de Calidad Ambiental

El Peruano / Miércoles 7 de junio de 2017

NORMAS LEGALES
17
Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	36		36
Organoclorados				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difetil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrin	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminths	Huevo/L	1	1	**

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

(b): Después de filtración simple.

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

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

Nota 4:

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

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Anexo 03: Formato de etiqueta para muestreo

Solicitante/cliente:			
Nombre laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:		Hora:	
Muestreado por:			
Parámetro requerido:			
Preservada:	SÍ	NO	Tipo reactivo:

Anexo 04: Media, mediana, desviación estándar, mínimo y máximo de los parámetros evaluados

Parámetro	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Temperatura (T°)	18.58	18.6	0.22	18.3	18.8
Conductividad (µS/cm)	1361.75	1349	52.04	1304	1445
pH	8.3	8.3	0.1	8.2	8.4
Nitratos (mg/L)	35.6528	37.2029	2.6849	31.0024	37.2029
Bicarbonatos (mg/L)	23.1028	25.203	9.1548	5	4
Cloruros (mg/L)	132.937	134.71	3.0701	8.401	33.604
Sulfatos (mg/L)	5	96.06	18.4463	127.62	134.71
Magnesio (mg/L)	103.264	57.6	16.7786	86.454	134.484
Aluminio (mg/L)	58.8	0	0	39.6	80.4
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	0	0	0	0	0
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	1152.75	1155	47.882	1100	1201
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	1061.5	1061	9.5	1050	1074


Anexo 05: Informe de ensayo físico químico e inorgánico - INIA



Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO LABSAF ILLPA N° 100024-25NA / AG / ILL

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: Helder German Salcedo Mayta/45899305		Firmado digitalmente por: CANIHUA ROJAS Jorge FAU 20131385904 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 17/11/2025 14:43:57-0500
Propietario / Productor	: Helder German Salcedo Mayta		
Dirección del cliente	: Puno		
Solicitado por	: Helder German Salcedo Mayta		
Muestreado por	: Cliente		
Referencia del muestreo	: Reservado por el cliente		
Procedencia de muestra(s) (***)	: Huancane/Huancane/Puno		
Fecha(s) de muestreo (***)	: 2025-10-19		
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2025-10-22		
Lugar de ensayo	: LABSAF ILLPA		
Fecha(s) de análisis	: 2025-45952-22		
Cotización del servicio	: 351-25-ILL		
Fecha de emisión	: 2025-10-23		

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	-	-
Código de Laboratorio	AG0108-ILL-25	AG0108-ILL-25	AG0109-ILL-25	AG0109-ILL-25	-	-
Matriz Analizada	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	-	-
Fecha de Muestreo (***)	2025-10-	2025-10-	2025-10-19	2025-10-19	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (****)	12:10	12:10	13:14	13:14	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (****)	Muestra 1	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 2	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	-	8.2	8.2	8.4	8.3
Conductividad Eléctrica	uS/cm	-	1445.0	1360.0	1304.0	1338.0
Calcio (Ca)	meq/L	-	3.3	3.4	3.0	2.7
Magnesio (Mg)	meq/L	-	3.3	3.8	5.8	6.7
Potasio (K)	meq/L	-	0.2	0.2	0.2	0.2
Sodio (Na)	meq/L	-	3.2	3.3	3.3	3.4
Suma de Cationes (Σ)	meq/L	-	10.0	10.7	12.3	13.0
Cloruros (Cl)	meq/L	-	3.8	3.6	3.8	3.8
Sulfatos (S-SO ₄)	meq/L	-	2.0	1.8	2.0	2.8
Nitratos (N-NO ₃)	meq/L	-	0.5	0.6	0.6	0.6
Carbonatos (CO ₃)	meq/L	-	0.0	0.0	0.0	0.0
Bicarbonatos (HCO ₃)	meq/L	-	0.3	0.1	0.3	0.4
Aluminio	mg/L	-	0.0	0.0	0.0	0.0
Suma de Aniones (Σ)	meq/L	-	6.6	6.1	6.8	7.6
R.A.S.	-	-	1.8	1.7	1.6	1.5
Dureza	-	-	33,06 DURA	26,07 SEMI DURA	44,08 DURA	47,09 DURA
Clasificación	-	-	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliaves
 Acreditado con la Norma
 NTP-ISO/IEC 17025:2017
 LABSAF Illpa

Dirección: Anexo Rinconada Salcedo s/n, Puno- Puno.
 Email: labsafilpa@inia.gov.pe

F-45 / Ver.06
 www.inia.gov.pe



Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO

LABSAF ILLPA

N° 100024-25NA / AG / ILL

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	NTP 214.029: 2023 CALIDAD DE AGUA. Determinación de pH en agua. Método electrométrico
Conductividad Eléctrica	NTP 214.049:2023 2023 CALIDAD DE AGUA. Conductividad eléctrica en agua. Método de ensayo
Aniones (Cl, S-SO ₄ , N-NO ₃ , CO ₃ y HCO ₃)	Manual de procedimientos de los análisis de suelos y aguas con fines de riego - INIA. Ed.1ra 2017.Ítem 6.4.2. Pág.84-88. Determinación de aniones
Cationes (Ca, Mg, Na y K)	Manual de procedimientos de los análisis de suelos y aguas con fines de riego - INIA. Ed.1ra 2017.Ítem 6.4.1. Pág.83-84. Determinación de cationes (Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Cu y Zn)

IV. CONSIDERACIONES

- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C.
- Medición de Conductividad Eléctrica realizada a 25 °C.

(***) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Karla Chávez Zea - Responsable de laboratorio del LABSAF - ILLPA



Firmado digitalmente por:
CANIHUA ROJAS Jorge FAU
20131385904 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 17/11/2025 14:44:15-0500

Firma

Jorge Canihua Rojas
Responsable del Laboratorio EEA Illpa - Puno

FIN DE INFORME DE ENSAYO



Página 2 de 2

Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliareos
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
LABSAF Illpa
Dirección: Anexo Rinconada Salcedo s/n, Puno- Puno.
Email: labsafilpa@inia.gov.pe

F-46 / Ver.06
www.inia.gov.pe

Anexo 06: Panel fotográfico



Figura 14: Tramo de Pampilla Azangarillo



Figura 15: Georreferenciación de puntos de muestreo



Figura 16: Toma de muestra de agua en recipiente



Figura 17: Enjuague de recipiente



Figura 18: Etiquetado de muestra



Figura 19: Toma de temperatura y parámetros de campo como pH y CE



Figura 20: Muestra en el primer punto



Figura 21: Muestreo de agua en el segundo punto