

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Evaluación de la potabilidad del agua en conformidad con el D.S.
N° 031-2010-SA en la zona rural del caserío Quicacan, distrito de
Tomaykichua – Región Huánuco**

Para optar el título profesional de:
Ingeniero Ambiental

Autor:

Bach. Gilmer Samuel Hinostroza Pineda

Asesor:

Dr. David Johnny Cuyubamba Zevallos

Cerro de Pasco – Perú - 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Evaluación de la potabilidad del agua en conformidad con el D.S.
N° 031-2010-SA en la zona rural del caserío Quicacan, distrito de
Tomaykichua – Región Huánuco**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA
PRESIDENTE

Mg. Josué Hermilio DÍAZ LAZO
MIEMBRO

Mg. Lucio ROJAS VITOR
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 288-2025-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

Evaluación de la potabilidad del agua en conformidad con el D.S. N° 031-

2010-SA en la zona rural del caserío Quicacan, distrito de Tomaykichua –

Región Huánuco

Apellidos y nombres del tesista

Bach. Gilmer Samuel HINOSTROZA PINEDA

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

3 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 20 de junio del 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Ruben Edgar FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 20.06.2025 08:18:09 -05:00

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mis familiares y amigos, quienes han sido esenciales en cada paso de mi camino hacia este punto crucial de mi desarrollo profesional.

Primero, agradezco a Dios por darme la vida y permitirme alcanzar este logro tan significativo. A mi madre, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido los cimientos de mi vida. Aunque a veces hemos tenido diferencias, su cariño siempre ha sido un faro que me ha guiado.

A mis queridos padres, por su constante presencia y, aunque nuestras experiencias juntos han sido limitadas, sé que este logro sería tan importante para ustedes como lo es para mí.

A mis hermanos y hermanas, les agradezco por compartir momentos importantes conmigo y por estar siempre dispuestos a escucharme y brindarme su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Primero, agradezco a Dios por ser mi protector y por darme la fuerza necesaria para superar los obstáculos y desafíos que se presentaron a lo largo de mi formación profesional.

Agradezco profundamente a mis docentes, el Dr. Héctor Oscanoa Salazar, el Dr. Rommel López Alvarado, el M Sc. Edgar Walter Pérez Juzcamauta y el Mg. Julio Asto Liñán. Su dedicación en mi formación profesional me ha enseñado el valor de la perseverancia y la determinación. Sus sabios consejos han sido una guía invaluable en los momentos difíciles.

También quiero expresar mi sincero agradecimiento al doctor David Johnny Cuyubamba Zevallos, asesor de esta tesis, y al director de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Dr. Eleuterio Andrés Zavaleta Sánchez. Su orientación y asesoramiento han sido cruciales para la realización de este proyecto.

Finalmente, extendiendo mi gratitud a todas las personas que, de una u otra manera, han contribuido directa o indirectamente a la realización de esta tesis. Su apoyo ha sido fundamental en este camino hacia el éxito.

RESUMEN

La presente investigación evaluó la calidad del agua destinada al consumo humano en las zonas rurales del caserío Quicacan, ubicado en el distrito de Tomay Kichwa, provincia de Ambo, conforme a lo establecido en el D.S. N.° 031-2010-SA. El análisis se realizó en tres puntos estratégicos del sistema de abastecimiento: la toma en el manantial, los reservorios y la red domiciliaria.

Los parámetros fisicoquímicos evaluados indicaron un pH ligeramente alcalino (7.51–7.56), una conductividad eléctrica entre 173 y 192 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un total de sólidos disueltos (TDS) de 84 mg/L, todos dentro de los límites permisibles. La turbidez (1 NTU) y el color verdadero (2 UCV) reflejaron una buena calidad visual del agua. En cuanto a los elementos inorgánicos, los niveles de zinc y cobre se encontraron por debajo de los valores máximos establecidos; sin embargo, el hierro presentó concentraciones elevadas (0.4525–1.4256 mg/L). Por otro lado, las concentraciones de manganeso, magnesio, sodio y potasio fueron bajas, siendo adecuadas para el consumo humano.

Respecto a los parámetros microbiológicos, se detectó la presencia de coliformes termotolerantes en el centro poblado de Quicacan, con una concentración de 6.3 NMP/100 ml en los canales de ingreso a los sedimentadores de la planta. En los tanques de almacenamiento, la concentración fue de 1 NMP/100 ml, mientras que en las piletas no se detectaron coliformes (0 NMP/100 ml).

En conjunto, los resultados indican que el agua tratada cumple con los estándares de calidad y es apta para el consumo humano.

Palabras clave: calidad del agua, tratamiento, normativa, parámetros microbiológicos, consumo humano.

ABSTRACT

This study evaluated the quality of water intended for human consumption in the rural areas of the Quicacan hamlet, located in the district of Tomay Kichwa, province of Ambo, in accordance with Supreme Decree No. 031-2010-SA. The analysis was carried out at three strategic points of the water supply system: the spring intake, the storage reservoirs, and the household distribution network.

The physicochemical parameters indicated a slightly alkaline pH (7.51–7.56), electrical conductivity ranging from 173 to 192 $\mu\text{S}/\text{cm}$, and total dissolved solids (TDS) of 84 mg/L, all within permissible limits. Turbidity (1 NTU) and true color (2 CU) reflected good visual water quality. Regarding inorganic elements, zinc and copper levels were below the maximum allowable limits; however, iron concentrations were elevated (0.4525–1.4256 mg/L). On the other hand, manganese, magnesium, sodium, and potassium concentrations were low and suitable for human consumption.

Microbiological analysis revealed the presence of thermotolerant coliforms in the Quicacan population center, with a concentration of 6.3 MPN/100 mL at the inlet channels of the plant's sedimentation units. In the storage tanks, the concentration was 1 MPN/100 mL, while no coliforms (0 MPN/100 mL) were detected in the public taps.

Overall, the results indicate that the treated water meets quality standards and is safe for human consumption.

Key words: water quality, treatment, regulations, microbiological parameters, human consumption.

INTRODUCCIÓN

El agua potable es un recurso esencial para la vida humana, ya que debe estar libre de contaminantes y cumplir con estándares que la hagan apta para el consumo humano. La presencia de contaminantes en el agua no solo afecta la calidad del recurso, sino que también puede tener consecuencias negativas para la salud pública. Por ello, garantizar su potabilización y calidad es una prioridad en cualquier comunidad.

Con esta premisa, la presente investigación se enfocó en analizar la calidad del agua destinada al consumo humano en la zona rural del caserío Quicacan, distrito de Tomaykichua, región Huánuco, donde se ha identificado un aparente incumplimiento de los estándares establecidos en la normativa ambiental vigente, según el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Este estudio es relevante para identificar posibles fuentes de contaminación, proponer soluciones técnicas que mejoren la calidad del agua y, en última instancia, garantizar la salud de la población. Los hallazgos fueron compartidos con los responsables del sistema de agua potable (JAS), promoviendo la mejora de la gestión y calidad del recurso hídrico en la comunidad.

El contenido de la investigación se organiza en los siguientes capítulos:

Capítulo I: Se planteó y formuló el problema central relacionado con la contaminación del agua en la zona rural del caserío Quicacan. Se establecieron los objetivos generales y específicos de la investigación, justificando su importancia como una herramienta clave para la toma de decisiones y la mejora continua de la calidad de vida de los habitantes.

Capítulo II: Se revisaron los antecedentes y la bibliografía relevante que sustentan la investigación. Este capítulo presenta las bases teóricas y conceptuales sobre la calidad del agua potable. También se formularon hipótesis, se definieron las variables de estudio y se elaboró la matriz de operacionalización de variables.

Capítulo III: Se definió el enfoque metodológico, describiendo el tipo de investigación como aplicada y de nivel descriptivo. La población fue el sistema de agua

para consumo humano del caserío Quicacan, y la muestra comprendió tres puntos clave de muestreo. Se empleó una técnica de observación no experimental con el uso de fichas de recolección de datos. Asimismo, se detallaron los protocolos para la toma de muestras y el análisis de los resultados mediante estadística descriptiva.

Capítulo IV: Se presentaron e interpretaron los resultados a través de herramientas estadísticas, analizando los datos en relación con los antecedentes investigativos y discutiendo las hipótesis planteadas. Finalmente, se formularon conclusiones y recomendaciones basadas en los objetivos y hallazgos obtenidos.

La estructura de este estudio asegura un análisis riguroso y sistemático, proporcionando información clave para mejorar la calidad del agua y la salud de las comunidades rurales del caserío Quicacan.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.3.	Formulación del problema	4
1.3.1.	Problema general.....	4
1.3.2.	Problemas específicos	4
1.4.	Formulación de objetivos.....	5
1.4.1.	Objetivo general	5
1.4.2.	Objetivos específicos	5
1.5.	Justificación de la investigación.....	5
1.6.	Limitaciones de la investigación	6

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes de estudio	8
2.1.1.	Nivel internacional.....	8
2.1.2.	Nivel nacional.....	12
2.1.3.	Nivel Local	16
2.2.	Bases teóricas - científicas	16
2.2.1.	El Agua	16
2.2.2.	Propiedades del agua	17

2.2.3.	Características de la calidad del agua	18
2.2.4.	Problemas de Escasez de agua en el Perú	21
2.2.6.	Parámetros microbiológicos de la calidad del agua del estudio	27
2.2.7.	Procedimiento para la toma de muestras de agua consumo humano	29
2.2.8.	Acondicionamiento preservación y traslado de muestras de agua para el consumo	34
2.2.9.	Marco legal de la calidad del agua para el consumo humano.	35
2.3.	Definición de términos básicos	40
2.4.	Formulación de la hipótesis	45
2.4.1.	Hipótesis general	45
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	45
2.5.	Identificación de variables	46
2.5.1.	Variable independiente.....	46
2.5.2.	Variable dependiente	46
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	47

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1.	Tipo de Investigación.....	48
3.2.	Nivel de investigación	48
3.3.	Método de investigación	48
3.4.	Diseño de la investigación	49
3.5.	Población y muestra	50
3.5.1.	Población	50
3.5.2.	Muestra.....	51
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	52
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.	52
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.	52
3.9.	Tratamiento estadístico	53

3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	53
-------	--	----

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	54
4.1.1.	Determinación de los puntos de muestreo:	54
4.1.2.	Toma de muestras	56
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	61
4.2.1.	Parámetros de calidad organoléptica	61
4.2.2.	Parámetros microbiológicos y parasitológicos	84
4.3.	Prueba de hipótesis.....	87
4.4.	Discusión de resultados.....	88

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista satelital del centro poblado Quicacacn	3
Figura 2. Estructura del agua	18
Figura 3. Esquema de los solidos	24
Figura 4. Zona rural Quicacacn.....	51
Figura 5. Muestreo en el punto E1, ubicado en el manantial.	54
Figura 6. Toma de muestra en los reservorios	55
Figura 7. Toma de muestra en la pileta de uso del agua potable del caserío Quicacacán	56
Figura 8. Muestras de agua para análisis en el laboratorio.	59
Figura 9. Realizando las mediciones de los parámetros fisicoquímicos	60
Figura 10. Análisis de metales con el equipo de absorción atómica UNAS	60
Figura 11. Resultados del potencial de hidrogeno (pH)	62
Figura 12. Resultados de la conductividad eléctrica.....	63
Figura 13. Resultados solidos totales disueltos (STD).....	65
Figura 14. Resultados de la temperatura	66
Figura 15. Resultados de turbiedad	68
Figura 16. Resultados del color	69
Figura 17. Resultados del contenido de zinc	71
Figura 18. Resultados del contenido de cobre	72
Figura 19. Resultados del contenido de hierro	74
Figura 20. Resultados del contenido de manganeso.....	75
Figura 21. Resultados del contenido de calcio	77
Figura 22. Resultados del contenido de magnesio	78
Figura 23. Resultados del contenido de sodio.....	79
Figura 24. Resultados del contenido de potasio.....	80
Figura 25. Resultados del contenido de cloruros.....	81
Figura 26. Resultados del contenido de bicarbonatos	83

Figura 27. Resultados del contenido de dureza	84
Figura 28. Resultados del contenido de coliformes totales.....	85
Figura 29. Resultados del contenido de coliformes termotolerantes.....	86
Figura 30. Resultados del contenido de E. Coli.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos	39
Tabla 2. Parámetros de Calidad Organoléptica	39
Tabla 3. Parámetros Químicos Inorgánicos y Orgánicos (ejemplos comunes)	40
Tabla 4. Parámetros Radiactivos	40
Tabla 5. Operación de variables e indicadores	47
Tabla 6. Coordenadas Geográficas	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Diseño de investigación	50
---	----

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

Actualmente, el acceso a agua potable en las áreas rurales de nuestro país, particularmente en la región de Huánuco, enfrenta serias dificultades debido a la escasez de este recurso. La necesidad de asegurar un suministro constante y seguro se ha vuelto esencial para la población local. El ciclo natural del agua desempeña un papel vital en el suministro de agua de calidad, especialmente en zonas montañosas y de altitudes elevadas, como la cordillera de los Andes, adaptándose a las particularidades geográficas y sociales de cada región.

A nivel global, la calidad del agua sigue siendo una preocupación importante y a menudo es fuente de conflictos sociales. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU han destacado este desafío en el Objetivo 6: Agua Limpia y Saneamiento. A pesar de los esfuerzos realizados para mejorar el acceso al agua potable, una gran cantidad de personas en áreas rurales todavía no cuenta con este recurso en calidad y cantidad suficiente para el consumo humano.

En Perú, en el año 2010, el Ministerio de Salud promulgó el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, que establece el reglamento de la calidad del agua destinada al consumo humano. Este reglamento busca garantizar la pureza del agua y proteger la salud de la población. Si bien su implementación avanza progresivamente en todo el territorio, especialmente en las áreas rurales, es fundamental el compromiso de la sociedad civil y la responsabilidad de las autoridades locales y regionales para gestionar y financiar estudios de monitoreo de la calidad del agua.

En la provincia de Ambo y en otros lugares del país, tanto la cantidad como la calidad del agua potable varían según la densidad poblacional. En el distrito de Tomay Kichwa, una importante zona rural, se propone evaluar la calidad del agua para prevenir posibles riesgos de salud asociados con el consumo de agua contaminada. Los centros poblados de la provincia de Ambo cuentan con Juntas Administradoras de Servicio y Saneamiento (JASS), encargadas de gestionar y mantener la calidad del agua para la comunidad.

El propósito de este estudio es llevar a cabo una evaluación ambiental de los parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos del agua, comparando los resultados con los de otras áreas rurales. Dado el entorno ambiental diverso del caserío de Quicacan, en Tomay Kichwa, este análisis busca verificar el cumplimiento de estándares para indicadores como cloro residual libre, pH, temperatura, turbidez, conductividad, sólidos disueltos totales, coliformes totales y coliformes termotolerantes.

1.2. Delimitación de la investigación.

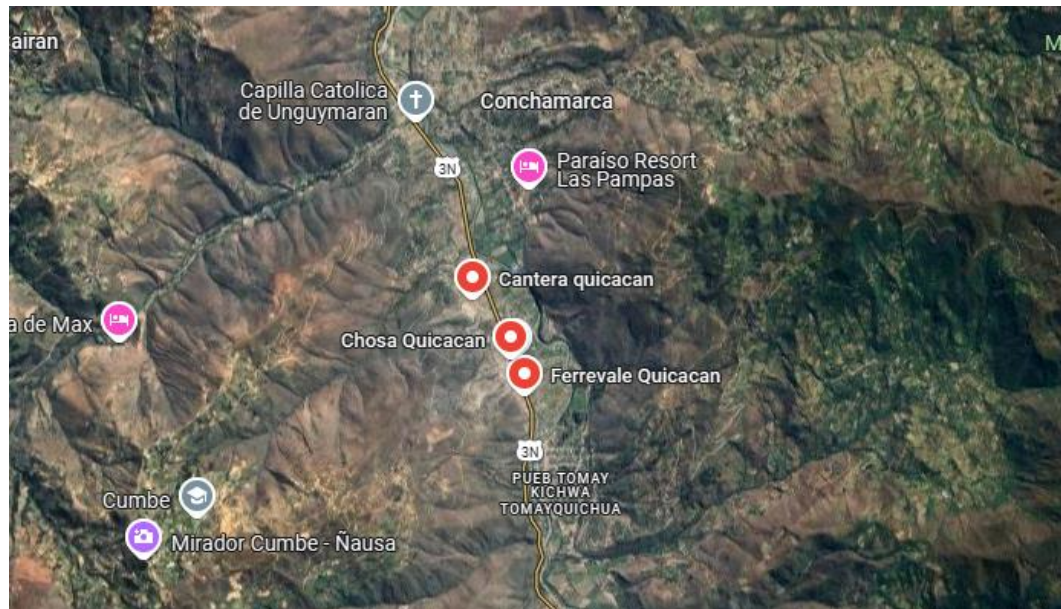
Para delimitar adecuadamente el estudio y mantener el enfoque en los aspectos más relevantes, se considera los siguientes puntos:

A. Enfoque Geográfico:

Dado que la investigación se realizó en el caserío Quicacan, se puede delimitar aún más el área especificando las comunidades o sectores dentro

del caserío, si es relevante, para obtener datos más precisos y representativos de las condiciones locales.

Figura 1. Vista satelital del centro poblado Quicacan



B. Periodo de Evaluación:

La frecuencia de las mediciones o recolección de datos durante los cinco meses va a ser útil, se realizó visitas mensuales, semanales, en los puntos que se indican la toma de muestra, dado que los factores meteorológicos pueden influir en la calidad del agua y el estilo de vida.

C. Subpoblación de Interés

Si se espera que las normativas afecten de manera distinta a subgrupos, como niños, adultos mayores, o agricultores, delimitar la población específica ayudará a concentrar el análisis en quienes pueden tener mayor riesgo o exposición a las condiciones del agua.

D. Variables Ambientales y de Estilo de Vida

Se considera especificar las variables ambientales (como fuentes de agua, estaciones lluviosas, etc.) y del estilo de vida (prácticas de higiene, costumbres de consumo de agua, entre otras) que podrían estar

directamente relacionadas con el cumplimiento del Decreto Supremo N° 031-2010-SA.

E. Cumplimiento de Normativas

Se determinó si la evaluación del cumplimiento es solo a nivel documental (revisión de registros) o si incluye observaciones in situ y encuestas que permitan contrastar la percepción de la comunidad con la realidad normativa. Esto te permite delimitar los métodos y la profundidad del análisis.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el estado de la calidad del agua destinada al consumo humano en la comunidad rural del caserío Quicacan, distrito de Tomay Kichwa, provincia de Ambo, en cuanto a los parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos, y cómo se alinea con lo establecido en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuál es el estado de la calidad del agua destinada al consumo humano en el caserío rural de Quicacan, distrito de Tomay Kichwa y provincia de Ambo, en relación con los parámetros fisicoquímicos?
- b. ¿Cuál es la situación de la calidad del agua de consumo humano en el caserío rural de Quicacan, en el distrito de Tomay Kichwa y provincia de Ambo, respecto a los parámetros inorgánicos?
- c. ¿Cómo se encuentra la calidad del agua destinada al consumo humano en el caserío rural de Quicacan, en cuanto a los parámetros microbiológicos y en cumplimiento con el DS N° 031-2010-SA?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar la calidad del agua destinada al consumo humano en la comunidad rural del caserío Quicacan, en el distrito de Tomay Kichwa, provincia de Ambo, considerando parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos, y su cumplimiento con las normas del Decreto Supremo N° 031-2010-SA.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Analizar el estado de la calidad del agua destinada al consumo humano en el caserío rural de Quicacan, distrito de Tomay Kichwa y provincia de Ambo, en relación con los parámetros fisicoquímicos, siguiendo lo establecido en el DS N° 031-2010-SA.
- b. Examinar la calidad del agua de consumo humano en el caserío rural de Quicacan, en el distrito de Tomay Kichwa y provincia de Ambo, con respecto a los parámetros inorgánicos, conforme al DS N° 031-2010-SA.
- c. Revisar la situación de la calidad del agua de consumo humano en el caserío rural de Quicacan, en el distrito de Tomay Kichwa y provincia de Ambo, en cuanto a los parámetros microbiológicos, de acuerdo con lo estipulado en el DS N° 031-2010-SA.

1.5. Justificación de la investigación

A continuación, se detallan las siguientes justificaciones identificadas durante el desarrollo de la investigación:

A. Justificación Ambiental

El proyecto es crucial para enfrentar la creciente contaminación y el deterioro de los ecosistemas en Tomay Kichwa y Ambo. El uso irresponsable de los ríos y lagunas pone en peligro la biodiversidad local, afectando no solo a las especies acuáticas, sino también a los ecosistemas

dependientes. Proteger estos recursos hídricos garantiza la preservación del equilibrio ecológico, ayuda a mitigar los impactos del cambio climático a nivel local y asegura un ambiente saludable para las generaciones presentes y futuras.

B. Justificación Social

El acceso a agua limpia y de calidad es un derecho fundamental que influye directamente en la salud, bienestar y desarrollo de las comunidades rurales. El monitoreo de parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos permitirá identificar problemas críticos en la calidad del agua y adoptar soluciones concretas. Esto no solo reducirá enfermedades relacionadas con el agua, sino que fortalecerá la confianza comunitaria y promoverá una mayor participación social en la protección del entorno.

C. Justificación Económica

Aunque la implementación de medidas bajo el Decreto Supremo N° 031-2010-SA supone una inversión considerable, los beneficios económicos a largo plazo superan los costos iniciales. Invertir en la mejora de la calidad del agua evita gastos mayores en salud pública, fomenta la productividad de las comunidades al reducir enfermedades y sienta las bases para actividades económicas sostenibles (como la agricultura y el turismo ecológico). Además, el financiamiento estatal para el tratamiento y monitoreo constante del agua asegura que los recursos sean gestionados eficientemente y con impacto duradero.

1.6. Limitaciones de la investigación

A continuación, se detalla las siguientes limitaciones, durante el desarrollo de la investigación:

A. Limitaciones técnicas

La investigación puede estar limitada por la disponibilidad y precisión de los equipos de medición, así como por la capacidad técnica del personal

encargado de recolectar y analizar las muestras. Esto puede afectar la exactitud de los datos obtenidos.

B. Limitaciones geográficas

Dado que el estudio se centra solo en el caserío Quicacan, los resultados no necesariamente son representativos de todo el distrito de Tomay Kichwa ni de la provincia de Ambo. Las diferencias geográficas y ambientales pueden generar variaciones significativas en la calidad del agua que no serán capturadas por el estudio.

C. Limitaciones temporales

El monitoreo puntual (o realizado en una ventana corta de tiempo) puede no reflejar variaciones estacionales o cambios en la calidad del agua debido a factores climáticos, agrícolas o de uso local a lo largo del año.

D. Limitaciones institucionales

La coordinación entre autoridades locales, instituciones de salud y medio ambiente puede ser deficiente, lo que dificulta la implementación de medidas correctivas o de seguimiento una vez identificados los problemas.

E. Limitaciones culturales y sociales

Más allá de la falta de conciencia, pueden existir resistencias culturales al cambio de prácticas tradicionales relacionadas con el uso del agua, lo que ralentiza la adopción de recomendaciones técnicas.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Nivel internacional

Babanejad y otros (2019) Antecedentes y objetivo: Las propiedades físicas, químicas y microbianas del agua potable son la base para juzgar su potabilidad. Los cambios indeseables en la calidad del agua potable pueden poner en peligro la salud de los consumidores. El objetivo de este estudio era evaluar la calidad física, química y bacteriológica del agua potable de la ciudad de Gatab y compararla con las normas nacionales de Irán.

Materiales y métodos: Este estudio descriptivo transversal se realizó sobre la base de un muestreo aleatorio estratificado y se seleccionó aproximadamente el 10% de los hogares como comunidad estadística. Se recogieron aproximadamente 15 muestras de agua potable en los puntos de consumo y se trasladaron al laboratorio de química del agua y las aguas residuales para su análisis. Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos se midieron utilizando métodos estándar para el examen del agua y las aguas residuales.

Resultados: Los valores medios de los parámetros medidos fueron respectivamente turbidez (4,39 NTU), (PH = 7,41), conductividad eléctrica (744

µm/cm), sólidos solubles totales (517 mg/l), fluoruro (0,48 mg/l), nitrito (0,027 mg/l), hierro (0,74 mg/l), sulfato (745 mg/l), manganeso (0,17 mg/l)) y cloro residual (0,43 mg/l). Además, en el 0,6% de las muestras, los coliformes fecales y en el 6% de ellas, el recuento en placa de bacterias heterótrofas fue positivo.

Conclusiones: La calidad física, química y microbiana del agua potable es adecuada para la red de distribución de Gatab. Aumento de la turbidez, hierro y sulfato en el sistema de distribución de agua debido al sabor, color, olor y turbidez en el agua potable.

Adekanmi y otros (2020) La calidad del suministro de agua se evalúa por sus propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas. Este estudio se llevó a cabo con el objetivo de determinar el nivel de contaminación de las fuentes de agua domésticas de la comunidad de Samaru, Zaria, Nigeria Centro-Norte, para observar la tendencia de cambio en la calidad de estas fuentes de agua, si la hubiera. Todo ello con vistas a salvaguardar la salud pública de los usuarios ribereños frente a un posible brote de enfermedades transmitidas por el agua. Se recogieron muestras de agua y se analizó su calidad bacteriológica y fisicoquímica mediante procedimientos estándar. Los resultados mostraron que los valores medios registrados para los parámetros fisicoquímicos entre las fuentes de agua domésticas estaban dentro de los límites estipulados por la OMS para el agua potable, excepto para el valor medio de cloruro de $314 \pm 142,4$ mg/L registrado en el agua de pozo. Los recuentos totales de bacterias heterótrofas registrados en las muestras de agua de grifo, perforación, pozo, embalse y río ($3,67 \times 10^6 \pm 1,25 \times 10^6$, $5,67 \times 10^6 \pm 8,49 \times 10^5$, $2,60 \times 10^7 \pm 6,09 \times 10^6$, $5,07 \times 10^6 \pm 1,59 \times 10^6$ y $6,02 \times 10^7 \pm 3,69 \times 10^6$) superaban los límites permitidos por la OMS para el agua potable (<500 ufc/ml). En los sistemas de agua de pozo, río y embalse se registró una gran abundancia de géneros bacterianos aislados, como Enterobacter, Proteus, Escherichia, Salmonella y Shigella. Había una fuerte correlación positiva entre el recuento

total de bacterias y los parámetros fisicoquímicos, lo que sugería que los parámetros influían en el crecimiento bacteriano. La presencia de estos genes bacterianos en las fuentes de agua se considera capaz de causar consecuencias potenciales para la salud de los consumidores. Por lo tanto, debe garantizarse una purificación y un tratamiento adecuados de las fuentes de agua domésticas de la comunidad de Samaru antes de que sean utilizadas por los usuarios ribereños.

Shabankareh fard, Hayati, & Dobaradaran (2015) Antecedentes: Las propiedades físicas, químicas y microbianas del agua son los criterios para considerarla agua potable de calidad. Los cambios desfavorables en dichos parámetros pueden poner en peligro la salud de los consumidores. El objetivo de este estudio es ofrecer una visión clara de la calidad física, química y microbiana del agua potable de la red de distribución de Bushehr y compararla con las normas nacionales y de la EPA. Materiales y métodos: Este estudio descriptivo seccional se realizó durante Sep 2012 a Feb 2013 (6 meses). Se recogieron 50 muestras directamente de la red de distribución de agua potable en Bushehr. Los análisis físicos y químicos se realizaron de acuerdo con los métodos estándar. Se utilizó el método de fermentación en tubo múltiple para determinar las bacterias coliformes fecales y totales y el método de placa extendida para medir las bacterias heterótrofas. Resultados: Los valores medios de los parámetros medidos fueron los siguientes: conductividad eléctrica 1155,5 $\mu\text{s/cm}$, turbidez 0,27 NTU, pH 7,12, alcalinidad 171,5, dureza total 458,96, dureza cálcica 390. 96, dureza magnésica 68 mg/L como CaCO_3 , calcio 156.38, magnesio 16.95, cloro residual 0.61, cloruro 83.26, TDS 577.7, hierro 0.115, fluoruro 0.48, fosfato 0.059, nitrato 3.08, nitrito 0.003 y sulfato 728.38 mg/L. Coliformes totales (0), coliformes fecales (0) MPN/100 ml y HPC 309,8 UFC/mL. Excepto el TDS y el sulfato, todos los resultados citados cumplían las normas nacionales y de la EPA. Conclusiones: La calidad del agua de la red de

distribución de Bushehr no era problemática desde el punto de vista sanitario. Sin embargo, el alto contenido de SDT y sulfato puede aumentar el riesgo de diarrea en los consumidores, así como el efecto corrosivo del agua.

Hicham, y otros (2022) La idea de la susceptibilidad de las aguas subterráneas se aborda generalmente en términos de la capacidad de un medio para transportar un contaminante verticalmente desde la superficie hacia la zona saturada. La salvaguarda y gestión efectiva de los recursos hídricos subterráneos son cruciales. Este estudio se enmarca en el seguimiento de la evolución hidrogeoquímica y la calidad de las aguas subterráneas en la cuenca del Oued Kert, ubicada en la zona mediterránea de la provincia de Driouch, al este de Marruecos. Se logró esto determinando las concentraciones de iones principales y evaluando los índices de contaminación, utilizando la norma ISO 5665 para la toma de muestras.

Además del análisis estadístico aritmético mediante el análisis de componentes principales, se llevó a cabo una interpretación detallada de los datos analíticos relacionados con los fenómenos responsables de la mineralización. Esto se logró mediante la clasificación hidroquímica, representada en el diagrama de Piper. En términos de mineralización, las aguas de la cuenca exhiben una variabilidad de fuerte a débil, con valores medios a bajos ($760 < EC < 9500 \mu S \cdot cm^{-1}$). Más del 30% de las muestras superan las concentraciones de nitrato establecidas por las normas internacionales.

A nivel microbiológico, el estudio identifica la presencia de bacterias, incluyendo coliformes ($0 \text{ UFC} \cdot 100 \text{ mL}^{-1} < FC < 850 \text{ UFC} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$) y *Streptococcus Fecal* ($0 \text{ UFC} \cdot 100 \text{ mL}^{-1} < FS < 330 \text{ UFC} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$). La detección de niveles elevados de bacterias fecales confirma la influencia de fosas sépticas y la aplicación de residuos animales en la vulnerabilidad de las aguas subterráneas en la región.

2.1.2. Nivel nacional

Palimo & Sanchez (2022) La investigación titulada "Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de fuentes de agua en los centros poblados de Muquecc Alto y Ayaccocha, Huancavelica" se centró en analizar las características fisicoquímicas y bacteriológicas de las fuentes de agua en estas localidades de Huancavelica. El estudio tuvo un enfoque aplicado, descriptivo y utilizó un diseño no experimental. Se empleó el método científico y se enfocó en las fuentes de agua de estos centros poblados como población de estudio.

Para la muestra, se seleccionaron 5 fuentes de agua en Ayaccocha (Amañacayniyocc 1, Amañacayniyocc 2, Accopuquio) y Muquecc Alto (Negropuquio, Cachihuaycco), mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Parámetros físicos: pH: entre 6.9 y 7.8, Conductividad eléctrica: de 88 a 291 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Cloro residual: inferior a 0.1 mg/L, Turbiedad: inferior a 0.40 NTU, Color: menor de 5, Dureza: entre 28.05 y 192.3 mg/L de CaCO_3 , y Sólidos disueltos totales: entre 68 y 254 mg/L
- Parámetros químicos: Aluminio: de 0.004 a 0.06 mg/L, Hierro: de 0.00336 a 0.04441 mg/L, Cobre: de 0.0005 a 0.0009 mg/L, Zinc: de 0.00123 a 0.00243 mg/L, Arsénico: de 0.00073 a 0.00974 mg/L, Mercurio: inferior a 0.00002 mg/L, Plomo: entre 0.0001 y 0.0003 mg/L y Sulfatos: entre 1.50 y 5.47 mg/L
- Parámetros bacteriológicos: Coliformes totales: entre <1.8 y 79 NMP/100 mL, Coliformes fecales: <1.8 NMP/100 mL, Escherichia coli: <1.8 NMP/100 mL y Formas parasitarias: <1 organismos/L

Las conclusiones del estudio revelan que los parámetros físicos y químicos analizados cumplen con los estándares de calidad ambiental para agua destinada al consumo humano. Sin embargo, en cuanto a los parámetros bacteriológicos, aunque la cantidad de coliformes fecales se encuentra dentro del rango permitido, los demás indicadores bacteriológicos sugieren que podría

ser necesario un tratamiento adicional para asegurar la seguridad microbiológica del agua.

Blanco (2018) La investigación se llevó a cabo en el distrito de Cabanillas, provincia de San Román, en la región de Puno, durante los meses de agosto a octubre de 2018. El estudio tuvo como objetivos principales la medición de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos claves en el ojo de agua Cohallaca, en el reservorio y en la red de distribución domiciliaria del distrito.

La metodología empleada se basó en la Resolución Jefatural N° 010 – 2016 - ANA, el manual de análisis HACH (2000) y el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano del MINAM (2015). Se realizaron tres muestreos en cada punto durante los tres meses de evaluación.

Los resultados obtenidos arrojaron datos significativos para los parámetros fisicoquímicos. En el ojo de agua, se registró una temperatura de 11.69 °C, una conductividad eléctrica de 906.67 $\mu\text{S}/\text{cm} \pm 92.91$, cloruros de 151.27 ± 53.07 , y un pH de 7.20. En la red domiciliaria, se encontraron niveles de dureza total de 394.13 mg/L ± 31.29 y una alcalinidad de 252.91 mg/L ± 150.12 .

En cuanto a los parámetros bacteriológicos, el análisis del reservorio reveló sólidos disueltos totales de 370 mg/L ± 34.64 , coliformes totales con 303.33 ± 136.50 , y coliformes fecales con 200 NMP/100 ml ± 45.83 .

Estos resultados indican una contaminación significativa en las aguas destinadas al consumo humano, destacando especialmente los coliformes fecales y totales como indicadores críticos de la calidad del agua. Los valores obtenidos sugieren que estas aguas no son aptas para el consumo humano, lo que tiene serias implicaciones para la salud pública.

Gonzales y otros (2023) En las zonas rurales de alta altitud en Perú, es esencial monitorear la calidad del agua para cumplir con los objetivos e

indicadores de desarrollo sostenible que se enfocan en asegurar la disponibilidad, accesibilidad y pureza del agua, tanto en términos de contaminación fecal como química. La falta de información detallada sobre la calidad del agua destinada al consumo humano representa un obstáculo significativo para implementar estrategias de intervención efectivas por parte de quienes gestionan este recurso vital.

En este contexto, esta investigación se propuso recopilar datos actualizados sobre la calidad del agua en seis comunidades rurales de alta altitud en el departamento de Huancavelica, Perú. Las comunidades estudiadas fueron Antacocha, Huaylacucho, Pampachacra, Pueblo Libre, San Gerónimo y Sachapite, situadas a altitudes que varían entre 3782 y 4196 metros sobre el nivel del mar. En total, se evaluaron 17 reservorios de agua en estas comunidades.

El análisis fisicoquímico incluyó la evaluación de variables como turbidez, conductividad eléctrica, pH, sólidos disueltos totales y potencial de oxidación. En el ámbito microbiológico, se investigaron los niveles de *Escherichia coli*, coliformes termotolerantes y coliformes fecales. Los resultados mostraron que solo 1 de los 17 puntos de muestreo (5,9%) superó el límite permitido de turbidez de 5 NTU según la normativa peruana. El resto de los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron dentro de los límites establecidos. Sin embargo, en cuanto a los parámetros microbiológicos, 4 de los 17 puntos de monitoreo (23,5%) excedieron los límites permitidos para *Escherichia coli* y coliformes termotolerantes y fecales, según el reglamento de agua para consumo humano. Además, se observó una correlación entre estos tres indicadores microbiológicos..

Curo (2017) La investigación se realizó en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, provincia de Puno, entre diciembre de 2016 y febrero de 2017. El objetivo principal fue medir la cantidad de coliformes totales y termotolerantes

usando UFC, y analizar los principales parámetros fisicoquímicos en muestras de agua de pozos destinados al consumo humano.

El estudio incluyó el análisis de agua de 12 pozos, distribuidos en tres pozos por parcialidad, con dos repeticiones por pozo. Se aplicaron métodos establecidos en la Norma Técnica Peruana (2001) y el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS. 031-2010 DIGESA, y los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de control de calidad de la EPS EMSA – Puno. Los datos fueron procesados con el software estadístico Infostat.

Los resultados indicaron diferencias significativas en el recuento de coliformes totales entre las parcialidades, con un máximo de 360.0 UFC/100ml en Collana I y un mínimo de 82.3 UFC/100ml en Collana II. Para los coliformes termotolerantes, no se encontraron diferencias significativas entre las parcialidades, aunque ambos tipos de coliformes superaron los límites máximos permitidos por el Reglamento de calidad de agua para consumo humano D.S. 031-2010 DIGESA.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, como pH, temperatura, turbidez, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, dureza total, alcalinidad, sulfatos, cloruros, hierro y cobre, se observaron variaciones, pero la mayoría no presentó diferencias significativas entre las parcialidades.

En conclusión, la calidad del agua de los pozos en las parcialidades del distrito de Huata supera los límites permitidos en términos de parámetros microbiológicos, y se detecta una deficiencia en la calidad del agua relacionada con algunos parámetros fisicoquímicos, especialmente la conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, hierro y cobre, lo que sugiere la prevalencia de aguas subterráneas de baja calidad según el Reglamento de la Calidad de Agua para el Consumo Humano D.S. N° 031-2010 S.A. DIGESA.

2.1.3. Nivel Local

Rojas (2018) El objetivo principal de este estudio fue analizar la calidad del agua consumida por los residentes de San Marcos, una localidad en el distrito de Chontabamba, provincia de Oxapampa. Se eligió como punto de muestreo la captación de agua, dado que los habitantes consumen agua sin ningún proceso de desinfección. Los análisis realizados incluyeron mediciones en campo de parámetros como temperatura, pH y oxígeno disuelto, así como pruebas fisicoquímicas que abarcaron la conductividad eléctrica, color verdadero, sólidos totales disueltos, turbidez, cianuro, nitritos, nitratos, DBO₅, fosfato, cloruros, dureza y flúor. Todos estos parámetros se encontraron dentro de los límites permitidos por las normativas nacionales.

No obstante, los análisis bacteriológicos revelaron que los niveles de coliformes totales, coliformes termotolerantes y organismos de vida libre excedieron los límites máximos establecidos.

La recolección de muestras se llevó a cabo en el lugar y luego se enviaron a Lima para realizar análisis químicos y bacteriológicos detallados. Los resultados mostraron que el Índice de Calidad del Agua (ICA) para San Marcos es de 82,35, según el método NSF. Este índice se basa en la evaluación de nueve parámetros clave: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DBO₅, NO₃-N, fosfatos, desviación de temperatura, turbidez y sólidos totales disueltos, cada uno con su correspondiente ponderación. Un ICA de 82,35 indica que el agua que consume la población de San Marcos se clasifica como de buena calidad (Rojas, 2018).

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. El Agua

Perú es un país rico en recursos naturales y posee una biodiversidad extraordinaria. No obstante, el manejo inadecuado de los recursos hídricos por parte muchas actividades humanas desmejoran la calidad del agua. Los líquidos

residuales de las operaciones mineras y los fertilizantes o plaguicidas que se emplean en la agricultura introducen en las fuentes de agua sustancias insalubres. Los residuos cloacales que se vierten en lagos y ríos aportan variados agentes de contaminación biológica. Los materiales disueltos y suspendidos hacen del agua un medio nutritivo que facilita el crecimiento de virus y microorganismos infecciosos. A menudo el cólera, la gastroenteritis, la meningitis y la hepatitis infecciosa se transmiten por el consumo de agua contaminada con excrementos durante décadas, los efectos adversos del cambio climático, el crecimiento de la población y las prácticas agrícolas inapropiadas han intensificado la escasez de agua, complicando los esfuerzos por lograr un desarrollo sostenible. Además, la distribución del agua en el país es desequilibrada, en gran parte debido a la gestión deficiente. Por ejemplo, aunque la costa peruana alberga a más del 55% de la población, solo tiene acceso a menos del 2% del suministro de agua dulce.

2.2.2. Propiedades del agua

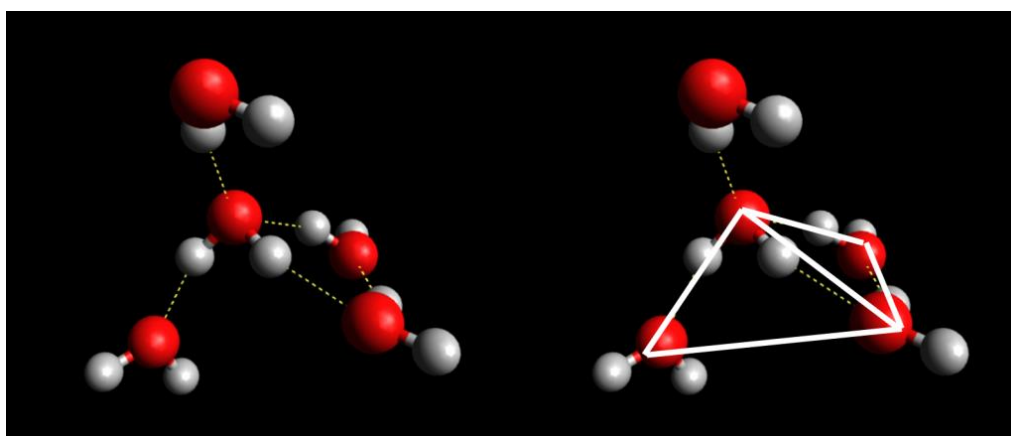
El agua, esencial para la vida, tiene propiedades únicas gracias a su composición y estructura molecular. Conformada por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, la molécula de agua forma enlaces polares que permiten la creación de puentes de hidrógeno entre moléculas vecinas. Estos enlaces son cruciales, ya que otorgan al agua características notables, como su alto punto de fusión y ebullición, lo que permite que se mantenga en estado líquido a las temperaturas habituales de la Tierra.

El agua también se distingue por su elevado calor específico, lo que la convierte en un excelente regulador térmico, ayudando a mantener la temperatura corporal constante. Su alto calor de vaporización facilita la disipación de calor a través del sudor, protegiéndonos de cambios extremos de temperatura. Además, su capacidad para disolver sustancias polares es vital, ya que muchas reacciones químicas en nuestro cuerpo ocurren en un entorno

acuoso, lo que facilita el transporte de nutrientes y la eliminación de desechos. Dado que el agua constituye una gran parte de nuestro cuerpo, estas propiedades son fundamentales para mantener nuestras funciones vitales y garantizar nuestra supervivencia (Carbajal Azcanoa & Gonzalez Fernandez, 2012).

En su estado natural, el agua es incolora, insípida e inodora. Se comporta como un buen conductor y disolvente, adaptándose a la forma del recipiente que la contiene. Sin embargo, el agua puede desarrollar un color y olor distintivos cuando entra en contacto con materia orgánica y productos químicos. Estos cambios en sus propiedades suelen ser indicativos de la presencia de impurezas o contaminantes. (Cova, 2018).

Figura 2. Estructura del agua



2.2.3. Características de la calidad del agua

La calidad del agua se refiere a sus propiedades químicas, físicas, biológicas y radiológicas. Este concepto se usa para describir cómo se ajusta a un conjunto de normas establecidas para evaluar su adecuación (Diersing, Fancy, 1994). Sin embargo, la calidad del agua no es una característica universal; más bien, se define en función del uso previsto (Harmon, 1986). Cada uso específico requiere diferentes estándares de calidad, por lo que es crucial considerar el propósito del agua al evaluarla.

Para evaluar la calidad del agua, se consideran parámetros clave como la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto y la conductividad. A nivel global, en muchos países en desarrollo, menos del 10% del agua recibe tratamiento. En áreas urbanas e industriales, la tasa de tratamiento se acerca al 90%, aunque la mayoría del agua tratada se descarga en cuerpos de agua sin un tratamiento adecuado, lo que causa contaminación y reduce la disponibilidad de agua para otros usos.

Las normas para la calidad del agua en la industria se establecen en función del agua de abastecimiento y varían según la industria, los procesos y los estándares de cada empresa. En el ámbito industrial, la calidad del agua depende de las materias primas y del producto final, siendo crucial que el agua utilizada para productos alimenticios cumpla con estándares de potabilidad.

Cada vez más, las industrias tratan y reutilizan el agua internamente, lo que contribuye al ahorro de agua potable y reduce los costos. Este enfoque es especialmente relevante en la industria alimentaria, donde los costos de tratamiento del agua varían según su calidad inicial.

A. Evaluación y Mejora de la Calidad del Agua en Ríos

Actualmente, la evaluación de la calidad del agua en ríos se lleva a cabo mediante diversas redes de monitoreo, que se han integrado y mejorado bajo la Red Integrada de Calidad del Agua (ICA). Además, existen redes dedicadas a monitorear las aguas subterráneas. Sin embargo, en general, estas redes no cumplen completamente con los requisitos de la normativa actual ni proporcionan la información necesaria. Es crucial, por lo tanto, realizar mejoras en estas redes, incluyendo la optimización de los puntos de muestreo, la densidad de estaciones y la frecuencia de análisis. Como parte de este proceso de mejora, sería beneficioso establecer una red de monitoreo biológico basada en comunidades de macroinvertebrados para

complementar las redes químicas existentes, ya que estas comunidades reflejan las condiciones ambientales del ecosistema fluvial.

B. Deterioro de la Calidad de las Aguas Superficiales

La calidad intrínseca o natural de las aguas fluviales se refiere a las condiciones del agua en su estado natural, sin influencia humana. En general, esta calidad permitiría el uso de las aguas para riego y abastecimiento poblacional, aunque la salinidad natural podría causar algunos problemas menores. Sin embargo, las actividades humanas han deteriorado significativamente esta calidad natural. Aunque la parte superior de muchos ríos en la mitad norte de la península presenta una buena conservación, la contaminación aumenta a medida que el agua pasa por áreas urbanas e industriales, alcanzando niveles críticos en tramos medios y finales.

C. Contaminación Difusa y Eutrofización

La contaminación difusa, especialmente la proveniente de la agricultura y el uso de fertilizantes y plaguicidas, es una preocupación importante debido a su potencial para causar eutrofización en embalses y contaminar aguas subterráneas. En los últimos años, la calidad del agua en los embalses ha empeorado considerablemente, y más de la mitad de los embalses analizados han experimentado un aumento en la eutrofización.

D. Importancia de la Coordinación Administrativa

La gestión de la calidad del agua involucra aspectos competenciales significativos. La autoridad para autorizar vertidos varía según si el tramo es intracomunitario o intercomunitario, correspondiendo a la administración autonómica o central. En cuanto a los objetivos de calidad, la administración autonómica puede establecer estándares para aguas de baño y hábitats acuáticos y definir limitaciones para la protección ambiental. En relación con

las aguas subterráneas, los principales problemas detectados incluyen la contaminación por nitratos, metales pesados y compuestos orgánicos, así como la salinización. La contaminación por nitratos proviene principalmente de la agricultura y ganadería, especialmente en el litoral mediterráneo. Los efluentes derivados de actividades urbanas, mineras e industriales contribuyen a la presencia de metales pesados en las aguas subterráneas, afectando su calidad y haciéndolas no aptas para el consumo humano en algunos casos.

2.2.4. Problemas de Escasez de agua en el Perú

(SUNASS, 22 de junio de 2023) “La escasez de agua es un problema profundamente perjudicial, que afecta la salud, la educación, el acceso al empleo y otras capacidades humanas. En Perú, 9 de cada 10 personas (3.3 millones) tienen acceso a agua potable, y 8 de cada 10 (6.4 millones) cuentan con desagüe.

A. Salud y agua

Diversos estudios han demostrado que, en hogares con acceso a agua potable, los casos de diarrea disminuyen en un 10%, y cuando también cuentan con instalaciones sanitarias, esta tasa se reduce en un 20%. Además, el acceso a agua potable y alcantarillado reduce la desnutrición crónica infantil en un 13% al prevenir enfermedades diarreicas agudas. Un aumento del 10% en la cobertura de agua potable también se ha asociado con una reducción del 7.9% en los casos de anemia en una comunidad.

“En las zonas rurales, 2 de cada 10 niños menores de 5 años sufren de desnutrición, y 5 de cada 10 niños de 6 a 36 meses padecen anemia. Por ello, el acceso a agua segura es crucial, ya que está comprobado que disminuye los episodios de diarrea en la niñez y, por ende, reduce el riesgo de desnutrición crónica infantil”, señaló Fanny Montellanos Carbajal,

viceministra de Políticas y Evaluación Social del Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social; Katia Anahí Granados Guibovich, directora ejecutiva de la Unidad de Desarrollo de Investigación, Tecnologías y Docencia del Instituto Nacional de Salud del Niño San Borja, subrayó que el acceso al agua reduce las infecciones intrahospitalarias mediante el lavado de manos y mejora los indicadores de salud. Además, destacó que la falta de agua potable y saneamiento está vinculada al aumento de enfermedades transmitidas por vectores, como dengue, zika y chikungunya.

B. Educación y agua

En áreas rurales, solo 3 de cada 100 personas reciben agua adecuadamente clorada. Se ha comprobado que el acceso a servicios de saneamiento mejora el rendimiento escolar, disminuye las enfermedades y reduce el ausentismo. Beber agua saludable durante la jornada escolar también mejora la concentración de los estudiantes, permitiéndoles mantener la atención hasta 8 minutos más.

“El último Censo Educativo revela que el 83% de los locales públicos en zonas urbanas están conectados a la red de agua potable, mientras que en áreas rurales solo el 25% tiene acceso a esta red. Las regiones con menores porcentajes de conexión son Huánuco con un 25%, Ucayali con un 15% y Loreto con apenas un 10%”, destacó Daniel Alfaro Paredes, fundador de PIRKA Consultoría.

C. Medio ambiente y agua

Un estudio realizado por el Senamhi y Sunass proyecta que entre 2036 y 2065 la disponibilidad de agua en las cuencas que abastecen a las empresas prestadoras de servicios de saneamiento podría disminuir hasta en un 25% debido al cambio climático.

“Las políticas públicas efectivas necesitan continuidad para fortalecer el Estado. La gestión de los servicios ecosistémicos hídricos es estratégica, al

igual que la calidad de las fuentes y del servicio. Es fundamental participar activamente en el debate para dar mayor visibilidad a los recursos hídricos”, indicó Manuel Pulgar-Vidal, líder de la Práctica Global de Clima & Energía de WWF Internacional.

2.2.5. Parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua del estudio

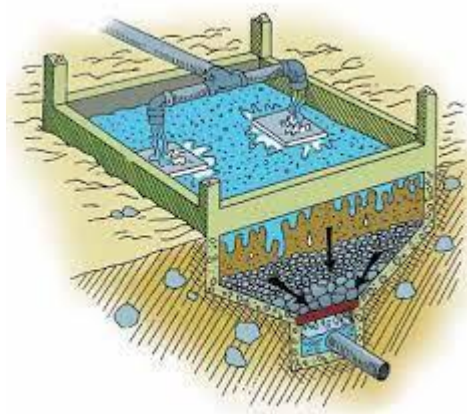
A. Sólidos

El total de sólidos disueltos es una medida de la cantidad de material disuelto en el agua. Este material puede incluir los siguientes: carbonato, bicarbonato, cloruro, sulfato, fosfato, nitrato, calcio, magnesio, sodio, iones orgánicos, y otros iones. Cierta nivel de estos iones en el agua es necesario para la vida acuática. Los cambios en concentraciones de los sólidos totales disueltos (TDS) pueden ser dañinos debido a que la densidad del agua determina el flujo del agua hacia y desde las células de un organismo. Sin embargo, si las concentraciones del TDS son demasiado altas o demasiado bajas, el crecimiento de la vida acuática puede ser limitado, y la muerte puede ocurrir.

El objetivo del tratamiento es la eliminación de los TDS se realiza por medio de un proceso de sedimentación simple por gravedad o asistida por sustancias químicas. El agua es depositada en estanques decantadores y queda retenida allí de 1 a 2 horas.

Se le agregan compuestos químicos como aluminio, polielectrolitos floculantes y sales de hierro para completar el proceso. Además, se logra la precipitación del fósforo, los sólidos en estado de coloides en un 70% o en suspensión muy finos. Este proceso es desarrollado a través del uso de maquinaria hidráulica, por lo que se le reconoce como tratamiento mecánico.

Figura 3. Esquema de los solidos



A.1. Sólidos disueltos totales (SDT).

Para medir los sólidos disueltos totales (SDT), se extrae una muestra de agua con un volumen específico y se somete a un proceso de evaporación de la fase líquida a temperaturas superiores a 100 °C. Luego, se pesa la cantidad de sólidos residuales y, con base en este peso, se calcula la concentración de los SDT presentes en la muestra de agua. Este análisis se realiza mediante técnicas gravimétricas (OMS, 2006).

En el agua destinada al consumo humano, gran parte de la materia orgánica aparece en forma de sólidos disueltos, compuesta principalmente por sales y gases disueltos. Entre los iones más comunes se encuentran el bicarbonato, cloruro, sulfato, nitrato, sodio, potasio, calcio y magnesio. La presencia de estos compuestos afecta otras propiedades del agua, como su sabor, dureza y propensión a formar incrustaciones. (APHA, WPCF, & AWWA:, 1995)

B. pH

La determinación del potencial de hidrógeno (pH) en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad. Un pH menor de 7.0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor de 7.0 muestra una tendencia hacia lo alcalino. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. El valor del pH en el agua, es utilizado cuando nos interesa conocer su tendencia corrosiva o incrustante (Petro & Wees, 2014)

Un pH bajo también puede permitir a los elementos tóxicos y compuestos ser más móviles y disponibles para ser tomados por los organismos y plantas acuáticas. Esto puede producir condiciones que son tóxicas para la vida acuática, particularmente para las especies sensibles (Minaverly, 2014).

C. Turbiedad

Es una manifestación de la propiedad óptica de una muestra, que provoca que, al atravesarla un haz de luz, esta se disperse y absorba en lugar de transmitirse de forma directa y lineal. En términos generales, no hay relación entre turbidez y concentración de sólidos suspendidos. La turbiedad varía de acuerdo a:

- a. La fuente de luz y el método de medición,
- b. Las propiedades de absorción de luz del material suspendido.

Esto implica que se debe ser muy cauteloso al comparar valores de turbiedad provenientes de diversas fuentes bibliográficas. No obstante, dentro de un mismo sistema o proceso, los valores de turbiedad sirven como indicadores útiles para su análisis y control. En Colombia, el método nefelométrico 2130 es el estándar utilizado

para medir la turbiedad. Este método permite realizar comparaciones entre distintas referencias literarias, siempre que se aplique de manera rigurosa. (Trujillo, y otros, 2014).

La turbiedad es una característica ampliamente utilizada como criterio de calidad del agua en fuentes de abastecimiento, procesos de potabilización y sistemas de distribución. Su popularidad se debe a que es una medición rápida, económica y fácil de interpretar para los operadores. Kawamura (2000) sugiere aplicar presedimentación cuando la turbiedad del agua cruda supera los 1000 UNT, y establece un límite máximo de 3000 UNT para los tratamientos convencionales (Montoya et al, 2011).

D. Conductividad

La conductividad eléctrica mide la capacidad del agua para transmitir electricidad. El agua pura casi no conduce electricidad; por lo tanto, la conductividad registrada depende de las impurezas presentes en el agua. Para medirla se utiliza un conductivímetro, que mide la resistencia al paso de corriente entre dos electrodos sumergidos en el agua, calibrándose con una solución tampón de KCl a igual temperatura.

Aunque el agua pura es un mal conductor eléctrico, al disolver sales adquiere una conductividad proporcional a la cantidad de sales presentes. Este principio se emplea para evaluar la salinidad del agua en términos de conductividad eléctrica, expresada en Siemens por metro. (S.m-1) (García, 2012).

La medida de la conductividad es una buena forma de control de calidad de un agua, siempre que: 1. No se trate de contaminación orgánica por sustancias no ionizables. 2. Las mediciones se realizan

a la misma temperatura. 3. La composición del agua se mantenga relativamente constante (Ros Moreno, 2011).

E. Cloro residual libre

El cloro es un compuesto químico económico y de fácil acceso que, al disolverse en agua limpia en la cantidad adecuada, elimina la mayoría de los microorganismos patógenos sin riesgo para la salud humana. No obstante, el cloro se va consumiendo a medida que destruye estos organismos. Si se añade una cantidad suficiente de cloro, una pequeña porción permanecerá en el agua tras eliminar todos los microorganismos; a esta porción se le denomina cloro libre. El cloro libre continúa presente en el agua hasta que se disipa en el ambiente o se utiliza para neutralizar una nueva fuente de contaminación (OMS, 2009).

La cloración es uno de los métodos de desinfección más utilizados a nivel mundial para la potabilización del agua, principalmente por su bajo costo, facilidad de uso y efecto residual que permite una desinfección prolongada. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que este proceso puede generar subproductos perjudiciales para la salud, entre ellos los trihalometanos, que se forman a través de reacciones secundarias con la materia orgánica presente en el agua. Estos compuestos han sido identificados como potencialmente cancerígenos, lo cual plantea la necesidad de evaluar cuidadosamente el uso de cloro en el tratamiento de agua (Espinosa & González, 2009).

2.2.6. Parámetros microbiológicos de la calidad del agua del estudio

A. Coliformes Totales

Los coliformes son bacterias en forma de bacilos, Gram negativas, que pueden crecer en presencia de sales biliares o agentes

tensoactivos. Estas bacterias fermentan la lactosa produciendo ácido y gas en un período de 24 a 48 horas. La mayoría pertenecen a la familia Enterobacteriaceae, con géneros predominantes como *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Citrobacter*.

La definición actual de coliformes abarca un grupo diverso de bacterias que pueden habitar tanto en las heces como en el medio ambiente, encontrándose en suelos, aguas con alto contenido de nutrientes y materia vegetal en descomposición. A diferencia de otras especies del grupo, *Escherichia* se considera estrictamente de origen fecal, ya que reside exclusivamente en organismos de sangre caliente, como humanos y animales (Roldán, 2006).

Las bacterias Coliformes totales son una colección de microorganismos relativamente no dañinos, que viven en gran número en el intestino de los humanos y animales de sangre caliente. Un subgrupo específico de esta colección son las bacterias Coliformes fecales, y dentro de ellas la más común es la *Escherichia coli*. Este organismo se separa del grupo total de Coliformes fecales por su habilidad de crecer a elevadas temperaturas y están asociadas solamente con la materia fecal de animales de sangre caliente (Erdal, Erdal, & Randall, 2003)

Los coliformes fecales presentan similitudes con los totales en lo que se refiere a morfología, la capacidad de fermentar lactosa, ser aerobios y anaerobios, pero difieren en la capacidad de soportar temperaturas, a diferencia de los totales, los fecales pueden fermentar lactosa con producción de ácido y gas en periodos de incubación de 24 a 48 horas a una temperatura de 44.5 C en condiciones de laboratorio (Ramos Pérez, 2011)

B. Coliformes fecales o termo tolerantes

Son especies de coliformes de origen fecal, por ello se denominan coliformes fecales. Se diferencian por fermentar lactosa con producción de ácido y gas a 44.5°C a 24 horas (luego de haber sido confirmadas como coliformes totales). *Escherichia coli* es la especie más representativa de este grupo.

Los coliformes termo tolerantes provienen de aguas enriquecidas como afluentes o de materias vegetales y suelos en descomposición.

2.2.7. Procedimiento para la toma de muestras de agua consumo humano

Según el DS 160-2015-DIGESA se aplica el “Protocolo de Procedimientos para la toma de muestras, Preservación, Conservación, Transporte Almacenamiento y Recepción de agua para Consumo Humano”.

que la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, comprende la ejecución de actividades como caracterización de las fuentes de abastecimiento, inspecciones del sistema de abastecimiento del agua para consumo humano, muestreo y análisis de los parámetros establecidos en el Decreto Supremo 031 – 2010 – SA, que aprueba el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, dispone de procedimientos uniformes que aseguren la representatividad e invariabilidad de las muestras. (MINSA, 2015)

a. Ubicación de Puntos de Muestreo

La ubicación y número de muestras a tomar, previo estudio de las facilidades de acceso y medio de transporte hasta el punto de muestreo.

La localización de los puntos de recolección de las muestras de agua, en el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano, deberá ser determinada por:

a.1 Puntos fijos

- En la captación

- A la salida del sistema de tratamiento de agua
- A la salida de la infraestructura(s) de almacenamiento (reservorio(s))
- En las áreas intermedias y extremos más alejados de la red de distribución

a.2 Puntos de interés colectivo

Se deben localizar otros puntos de muestreo teniendo en cuenta que deben representar el funcionamiento hidráulico del sistema de distribución de agua en su conjunto y en sus principales componentes, a saber:

- En las redes de distribución sectorizadas se debe determinar al menos un punto de muestreo por cada entrada de agua al sector correspondiente.
- En los sectores de mayor riesgo del sistema de distribución por posible contaminación del agua para consumo humano
- Distribuidos de forma uniforme a la largo y ancho del sistema de distribución de agua.
- En aquellos puntos después de la mezcla del agua proveniente de las diferentes fuentes de abastecimiento o tratamiento de agua que ingresan al sistema de distribución
- En aquellos puntos de abastecimiento para la población, por otros mecanismos que tienen algunas redes de distribución, tales como piletas públicas y surtidores de camiones cisterna.

a.3 Puntos de muestreo provisionales

Los puntos de muestreo provisionales, deberán ser fijados teniendo en cuenta las siguientes situaciones

- Cuando se presenta riesgo en la población por algún evento natural o antrópico que pueda alterar la calidad del agua.
- Donde inusualmente surjan quejas de los usuarios relacionadas con la calidad del agua, daños en las tuberías o baja presión.

b. Toma de muestras

b.1 Consideraciones generales

La toma de muestra debe ser realizada por personal autorizada para la actividad a fin de asegurar que las muestras sean representativas del agua que está siendo suministrada a los consumidores y que durante el muestreo y transporte su composición no se modifique.

El punto de muestreo debe ser identificado, en la determinación de la ubicación se utilizará el sistema de posicionamiento Satelital (GPS), la misma que se registrará en coordenadas UTM y utilizará para el registro de información.

Considerar un espacio de 2.5 cm aproximadamente de la capacidad del envase (espacio de cabeza) para permitir la expansión, adición de preservantes y homogenización de la muestra.

b.2 Tomar en cuenta:

• Captación

Para el caso de manantiales, remover todo tipo de maleza, residuos y/o desechos ubicados alrededor de la tapa de la cámara húmeda.

Para el caso de aguas superficiales (con excepción de las estructuras tipo barraje), remover todo tipo de malezas, residuos y/o desechos de la rejilla, malla o canastilla salida.

- **Reservorios y Cisternas**

Remueva todo tipo de residuos ubicados alrededor de la tapa con la ayuda de una escobilla.

Remueva la tapa cuidadosamente, teniendo la precaución de que no caiga al interior ningún tipo de residuo.

- **Grifos o caños**

Se elige un grifo que esté conectado directamente con una cañería de distribución, es decir, que el ramal del grifo no este comunicado con tanques domiciliarios, filtros, ablandadores u otros artefactos similares. Tampoco conviene extraer muestras de grifos colocados en puntos muertos de la cañería.

Remueva cualquier dispositivo ajeno al grifo, como pedazos de manguera y otros objetos.

Verifique que no existan fugas a través de los sellos o empaquetaduras del caño. De existir fugas, deberán ser reparadas antes de tomar una muestra o seleccionar otro lugar de muestreo.

Desinfectar el grifo interna y externamente previo a la toma de muestra con algodón o hisopo con hipoclorito de sodio (100 mg NaOCl/ l) o alcohol al 70%.

Abra la llave y deje que el agua fluya durante dos a tres minutos, antes de tomar la muestra. Este procedimiento limpia la salida y descarga el agua que ha estado almacenada en la tubería.

Cuando se tomen muestras de grifos mezcladores, se retirarán los filtros, protectores contra salpicaduras y demás accesorios semejantes; el agua fría durante 3 minutos, se realizará la toma de muestra de la forma anteriormente señalada.

b.3 Condiciones para la medición de parámetros de campo

Utilizar guantes al momento de la toma de muestra, De acuerdo al DS 031 – 2010- SA, Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, corresponde evaluar los siguientes parámetros de campo: cloro Residual Libre, Turbiedad, Conductividad, pH y Temperatura.

La información recabada de la medición de parámetros de campo, así como la ubicación y descripción del punto de monitoreo se debe ingresar en la ficha de datos del campo, deberá estar llena con letra imprenta legible, sin borrones ni enmendaduras consignando la información de la toma de muestras (tener en cuenta el mantenimiento, calibración de equipos de campo, revisión de los equipos de campo antes del muestreo)

c. Frecuencia de Muestreo y Parámetros

La frecuencia de muestreo, puede afectar el grado de representatividad, cuando el intervalo seleccionado no permita la detección de cambios importantes de las características de calidad de las aguas, por lo que es recomendable establecer una frecuencia mínima de muestreo, que además de evidenciar tales cambios, sea razonable técnica y económicamente.

Parámetros de Control Obligatorio (PCO). Son parámetros de control obligatorio, los siguientes:

- Coliformes totales
- Coliformes termo tolerantes
- Turbiedad
- Residual de desinfectante (cloro residual)
- pH

En caso que el cloro residual sea menor a 0.5 mg/l, se procederá a tomar la muestra para el análisis de coliformes totales y termo tolerantes.

Para sistemas de agua del ámbito rural la determinación de color, turbiedad, cloro residual, se realizará mensualmente.

2.2.8. Acondicionamiento preservación y traslado de muestras de agua para el consumo

a. Rotulado e Identificación de la Muestras de Agua

Los frascos deben ser identificados antes de la toma de muestra con una etiqueta, escriba con letra clara y legible, de preferencia utilizar plumón de tinta indeleble, sin borrones no enmendaduras, la cual debe ser protegida con cinta adhesiva transparente conteniendo los siguientes datos:

- Código de identificación de campo
- Coordenadas
- Localidad, distrito, provincia, región.
- Punto de Muestreo.
- Matriz.
- Fecha y hora de muestreo.
- Tipo de análisis requerido.
- Preservada, nombre del preservante
- Muestreador

b. Acondicionamiento y Preservación de Muestras

Debe asegurarse que las muestras para el análisis de cada parámetro considerado, cumplan con los requisitos (tiempo de vigencia y temperatura).

Una vez tomada la muestra de agua, se procederá a adicionar el reactivo de preservación requerido, cuando se necesario.

Una vez presentada la muestra, cerrar herméticamente el frasco y para mayor seguridad sellar la tapa para evitar cualquier derrame del líquido y agitar para uniformizar las muestras.

c. Conservación y envío de muestras

Las muestras recolectadas deberán conservarse en cajas térmicas (coolers) a temperatura indicadas de menor a 2 °C.

Los recipientes de vidrio deben ser embalados con cuidado para evitar roturas derrames y contaminación.

Las muestras deben ser enviadas en cajas térmicas, aisladas de la influencia de la luz solar y con disponibilidad de espacio para la colocación del material refrigerante.

d. Medio de Transporte

Deben ser transportados en caja adecuadas (cooler) con refrigerantes tan pronto como sea posible. No se debe transportar las muestras de agua en mochilas, maletines, cajas de cartón, bolsas, etc.

Para el ingreso de las muestras al laboratorio, deberán entregarse debidamente rotuladas y con la solicitud de ensayo debidamente completada.

2.2.9. Marco legal de la calidad del agua para el consumo humano.

A. Constitución Política del Perú (1993)

Siendo uno de nuestro mayor y principal norma del estado peruano donde el Artículo 2.- Derechos fundamentales de la persona Toda persona tiene derecho:

Numeral 22. A la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un **ambiente equilibrado** y adecuado al desarrollo de su vida.

En consideración de los **gobiernos locales**:

En el Artículo 195.- Los **gobiernos locales** promueven el desarrollo y la economía local, y la prestación de los servicios públicos de su responsabilidad, en armonía con las políticas y planes nacionales y regionales de desarrollo.

Numeral 8 Desarrollar y regular actividades y/o servicios en materia de educación, salud, vivienda, saneamiento, **medio ambiente**, sustentabilidad de los recursos naturales, transporte colectivo, circulación y tránsito, turismo, conservación de monumentos arqueológicos e históricos, cultura, recreación y deporte, conforme a ley.

B. Ley General del Ambiente - Ley N° 28611

Artículo 1.- Del objetivo La presente Ley es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

Artículo 2.- Del ámbito

La presente Ley regula las acciones destinadas a la protección del ambiente que deben adoptarse en el desarrollo de todas las actividades humanas. La regulación de las actividades productivas y el aprovechamiento de los recursos naturales se rigen por sus respectivas leyes, debiendo aplicarse la presente Ley en lo que concierne a las políticas, normas e instrumentos de gestión ambiental.

Entiéndase, para los efectos de la presente Ley, que toda mención hecha al “ambiente” o a “sus componentes” comprende a los elementos físicos, químicos y biológicos de origen natural o antropogénico que, en forma individual o asociada, conforman el medio en el que se desarrolla la vida, siendo los factores que aseguran la salud individual y colectiva de las personas y la conservación de los recursos naturales, la diversidad biológica y el patrimonio cultural asociado a ellos, entre otros.

Artículo 32.- Del Límite Máximo Permisible

32.1 El Límite Máximo Permisible - LMP, es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

32.2 El LMP guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los ECA. La implementación de estos instrumentos debe asegurar que no se exceda la capacidad de carga de los ecosistemas, de acuerdo con las normas sobre la materia.

Artículo 66.- De La Salud Ambiental

66.1 La prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental. Es responsabilidad del Estado, a través de la Autoridad de Salud y de las personas naturales y jurídicas dentro del territorio nacional, contribuir a una efectiva

gestión del ambiente y de los factores que generan riesgos a la salud de las personas.

66.2 La Política Nacional de Salud incorpora la política de salud ambiental como área prioritaria, a fin de velar por la minimización de riesgos ambientales derivados de las actividades y materias comprendidas bajo el ámbito de este sector.

C. Ley General de Salud (N° 26842)

En el Artículo 103° se indica que la protección del ambiente es responsabilidad del Estado y de las personas naturales y jurídicas, los que tienen la obligación de mantenerlo dentro de los estándares para preservar la salud de las personas, establece la Autoridad de Salud competente.

Artículo 107: Establece que el abastecimiento del agua para consumo humano queda sujeto a las disposiciones que dicte la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento.

D. Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo: DS N° 031 – 2010 – SA / Ministerio de Salud

Art. 19: Control de Calidad

El control de calidad del agua para consumo humano es ejercido por el proveedor en el sistema de abastecimiento de agua potable. En este sentido, el proveedor a través de sus procedimientos garantiza el cumplimiento de las disposiciones y requisitos sanitarios del presente reglamento, y a través de prácticas de autocontrol, identifica fallas y adopta las medidas correctivas necesarias para asegurar la inocuidad del agua que provee.

Art. 66: Parámetros de control obligatorio

Son parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, los siguientes:

1. Coliformes totales;
2. Coliformes termo tolerantes;
3. Color;
4. Turbiedad;
5. Residual de desinfectante; y
6. pH

Los **Anexos del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N.º 031-2010-SA)**, los cuales establecen los **Límites Máximos Permisibles (LMP)** para diversos parámetros que garantizan la calidad del agua destinada al consumo humano en Perú.

Tabla 1. *Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos*

Parámetro	Límite Máximo Permissible (LMP)	Unidad
Coliformes totales	0	UFC/100 mL
Coliformes termotolerantes	0	UFC/100 mL
Escherichia coli	0	UFC/100 mL
Bacterias heterotróficas	≤ 500	UFC/mL a 35 °C
Parásitos (quistes, huevos, etc.)	Ausentes	—

Tabla 2. *Parámetros de Calidad Organoléptica*

Parámetro	Límite Máximo Permissible (LMP)	Unidad
Color	≤ 15	UCV
Turbiedad	≤ 5	UNT
Olor	Aceptable	—
Sabor	Aceptable	—

Tabla 3. *Parámetros Químicos Inorgánicos y Orgánicos (ejemplos comunes)*

Parámetro Límite Máximo Permisible (LMP) Unidad		
Arsénico	≤ 0.01	mg/L
Plomo	≤ 0.01	mg/L
Mercurio	≤ 0.001	mg/L
Nitratos	≤ 50	mg/L
Fluoruros	≤ 1.5	mg/L
Cloruros	≤ 250	mg/L
Sulfatos	≤ 250	mg/L

Tabla 4. *Parámetros Radiactivos*

Parámetro	Límite Máximo Permisible (LMP) Unidad	
Actividad alfa total	≤ 0.1	Bq/L
Actividad beta total	≤ 1.0	Bq/L

2.3. Definición de términos básicos

a. Agua cruda.

Se refiere al agua en su estado natural, obtenida para su suministro sin haber sido sometida a ningún proceso de tratamiento. Es decir, es el agua que se obtiene directamente de su fuente, como ríos, lagos, manantiales o pozos, sin haber pasado por procedimientos específicos de purificación, desinfección u otros tratamientos destinados a mejorar su calidad o eliminar contaminantes. Este tipo de agua se utiliza para abastecimiento doméstico, industrial u otros usos sin haber sido sometida a procesos de alteración intencionada.

b. Agua natural.

Son los recursos acuáticos son esenciales para la vida y desempeñan un papel crucial en los ecosistemas, así como en la satisfacción de las necesidades humanas, la agricultura, la industria y otras actividades. La gestión sostenible de estos recursos es vital para garantizar su disponibilidad a largo plazo (González Leal, 2012)

c. Agua natural superficial.

Es la que se encuentra en la superficie del terreno formando los ríos, lagos, manantiales

d. Agua natural subterránea.

Es la que se encuentra bajo la superficie del terreno pudiendo ser su afloramiento natural o extracción artificial (González Leal, 2012)

e. Agua para consumo humano.

Se refiere a aquella agua que es segura y adecuada para el consumo humano, así como para todos los usos domésticos habituales, incluyendo la higiene personal. Este tipo de agua cumple con los estándares y normativas establecidos para garantizar su potabilidad, es decir, que no contiene contaminantes o microorganismos perjudiciales para la salud. El agua apta para consumo humano es esencial para satisfacer las necesidades básicas de las personas y asegurar un entorno doméstico saludable.

f. Análisis físico y químico del agua.

Son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas. (DIGESA, 2015).

g. Análisis microbiológico del agua.

Los análisis microbiológicos son los procedimientos de laboratorio que se realizan en una muestra de agua destinada al consumo humano con el fin

de evaluar la presencia o ausencia, así como el tipo y la cantidad de microorganismos presentes en la muestra. Estos análisis son fundamentales para determinar la calidad microbiológica del agua y garantizar que sea segura para su consumo, identificando posibles contaminantes biológicos que podrían representar riesgos para la salud.

h. Características bacteriológicas.

Las enfermedades transmitidas por el agua son aquellas que se generan debido a la presencia de bacterias perjudiciales para la salud humana en el agua. Estas bacterias pueden causar enfermedades cuando el agua contaminada se consume o entra en contacto con el cuerpo de alguna manera (González Leal, 2012)

i. Contaminación.

Alteración de las características físicas, químicas o biológicas del agua, resultante de la incorporación deliberada o accidental en la misma de productos o residuos que afectan los usos del agua (González Leal, 2012)

j. Coliformes.

Grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos (APHA, WPCF, & AWWA:, 1995)

k. Coliformes fecales.

Sub grupo de coliformes que habitan en el intestino del hombre y animales de sangre caliente y que fermentan la lactosa con formación de gas a las 24 horas a 44,5°C (APHA, WPCF, & AWWA:, 1995).

l. Coliformes totales.

Coliformes que son capaces de fermentar lactosa a 44-45°C. En muestras de agua, predominan los generos *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*. *Escherichia coli* se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o

por la producción de la enzima β - glucuronidasa (APHA, WPCF, & AWWA:, 1995)

m. Consumidor.

Persona que hace uso del agua suministrada por el proveedor para su consumo.

n. Características físico-químicas.

Son aquellas que se originan por la presencia de bacterias nocivas a la salud humana (González Leal, 2012).

o. Conductividad eléctrica.

La conductividad es un parámetro que indica la concentración de minerales disueltos en una muestra de agua. Cuanto mayor sea esta concentración, mayor será la capacidad del agua para conducir electricidad. En otras palabras, la conductividad eléctrica del agua está directamente relacionada con la cantidad de minerales presentes en ella. (Severiche Sierra, Castillo Berte, & Acevedo Barrios, 2013)

p. Grupo coliforme.

Los coliformes totales son un grupo de bacterias que se encuentran comúnmente en el tracto intestinal de seres humanos y animales de sangre caliente. Estas bacterias pueden hallarse en suelos, plantas y entornos acuáticos. Son bacterias aeróbicas y anaeróbicas facultativas, adoptan una forma bacilar y no forman esporas. Además, son gramnegativas y tienen la capacidad de fermentar lactosa, produciendo ácido y gas como subproductos. (González Leal, 2012).

q. Límite máximo permisible.

Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua para consumo humano.

r. Monitoreo.

Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos u otros señalados en el presente Reglamento, y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua.

s. Muestra de agua.

Volumen de agua representativa para ser analizada según requerimiento de laboratorio o del método de ensayo específico en puntos del sistema de agua potable, en forma aleatoria (en relación con el momento y emplazamiento).

t. Parámetros de Campo.

Los parámetros de las muestras de agua se refieren a los indicadores o valores que resultan de las mediciones de diversas propiedades físicas y químicas en un punto específico de toma de muestra. Estos parámetros incluyen variables como la temperatura, conductividad, pH, cloro residual y turbidez. Estos valores son fundamentales para evaluar y entender las características de la calidad del agua en ese punto en particular.

u. pH.

El pH es una medida estándar que indica si una solución acuosa es ácida o básica. En términos sencillos, se calcula tomando el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno presentes en la solución. Cuanto menor sea el pH, más ácida será la solución, mientras que un pH más alto indica que la solución tiende a ser básica. Es una forma de expresar la acidez o basicidad de una sustancia en términos numéricos, proporcionando una comprensión cuantitativa de la naturaleza química de la solución (APHA, WPCF, & AWWA:, 1995)

v. Sólidos disueltos totales.

La concentración de sólidos disueltos totales en una muestra de agua es una medida que abarca partículas muy pequeñas, menores a 2 micras, que

no pueden ser eliminadas mediante un filtro convencional. Esta medición engloba la suma de minerales, metales y sales que están disueltos en el agua. En esencia, proporciona un indicador integral de la calidad del agua al considerar diversos componentes que pueden afectar sus propiedades y composición. (Severiche Sierra, Castillo Berte, & Acevedo Barrios, 2013)

w. Toma de muestra de Agua para Consumo Humano.

La toma de muestras de agua en puntos específicos del sistema de abastecimiento para consumo humano es un procedimiento que busca obtener volúmenes representativos. El objetivo principal es evaluar diversas características del agua, como sus aspectos físicos, químicos, biológicos y/o microbiológicos. Este proceso se lleva a cabo para analizar la calidad del agua en diferentes puntos del sistema y garantizar que cumpla con los estándares y requisitos establecidos para su uso humano.

2.4. Formulación de la hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Al evaluar la situación de la calidad del agua destinada al consumo humano en términos de parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos en la comunidad de la zona rural del caserío Quicacan, ubicado en el distrito de Tomay Kichwa y la provincia de Ambo, cumplen los límites establecidos en el DS N° 031-2010-SA

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. La calidad del agua de consumo, en los parámetros fisicoquímico cumple con los límites establecidos en el DS N° 031-2010-SA, en las poblaciones de la zona rural del caserío Quicacan en el distrito de Tomay Kichwa y provincia de Ambo
- b. La calidad del agua de consumo, en los parámetros inorgánicos cumple con los límites establecidos en el DS N° 031-2010-SA, en las

poblaciones de la zona rural del caserío Quicacan en el distrito de Tomay Kichwa y provincia de Ambo

- c. La calidad del agua de consumo humano en la zona rural del caserío Quicacan en el distrito de Tomay Kichwa y provincia de Ambo, en el parámetro microbiológico cumple con el reglamento del DS N° 031-2010-SA.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

- Decreto Supremo N.° 031-2010-SA Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

2.5.2. Variable dependiente

- Valor de los parámetros fisicoquímico, inorgánico y microbiológico

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 5. Operación de variables e indicadores

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Variable Independiente Decreto Supremo N.º 031-2010-SA Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano	La calidad del agua para el consumo humano asegura el bienestar de la población	Límites Máximos Permisibles	Cumplimiento de los LMP	Aptos No Aptos
Variable dependiente Valor de los parámetros fisicoquímico, inorgánico y microbiológico.	Los valores de los parámetros físico químicos y los parámetros microbiológicos representan el cumplimiento de los LMP del DS N° 031-2010-SA.	Parámetros físico químicos y microbiológicos	Número de unidades de los parámetros físicos químicos y microbiológicos - Cloro residual libre - pH - Temperatura - Turbiedad - Conductividad - sólidos totales disueltos - Coliformes Totales - Coliformes Termotolerantes.	- mg L-1 - Valor de pH - °C - UNT - µmho/cm - mgL-1 - UFC/100 mL a 44,5°C - UFC/100 mL a 35°C

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación

La investigación que se ha elegido sigue un enfoque no experimental. Al analizar las muestras seleccionadas, se describe la interacción de los datos relacionados con la calidad del agua, centrándose en los parámetros físicoquímicos y microbiológicos. En lugar de realizar experimentos controlados, se realiza un análisis observacional de las muestras recopiladas para comprender y examinar la calidad del agua en función de estos parámetros específicos.

3.2. Nivel de investigación

Descriptiva - correlacional

3.3. Método de investigación

El enfoque de esta investigación se basa en dos métodos complementarios: el método analítico y el método sintético. El método analítico implica la descripción detallada y el análisis de cada uno de los parámetros físicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos específicos relacionados con la calidad del agua, según lo establecido en el DS N° 031-2010-SA.

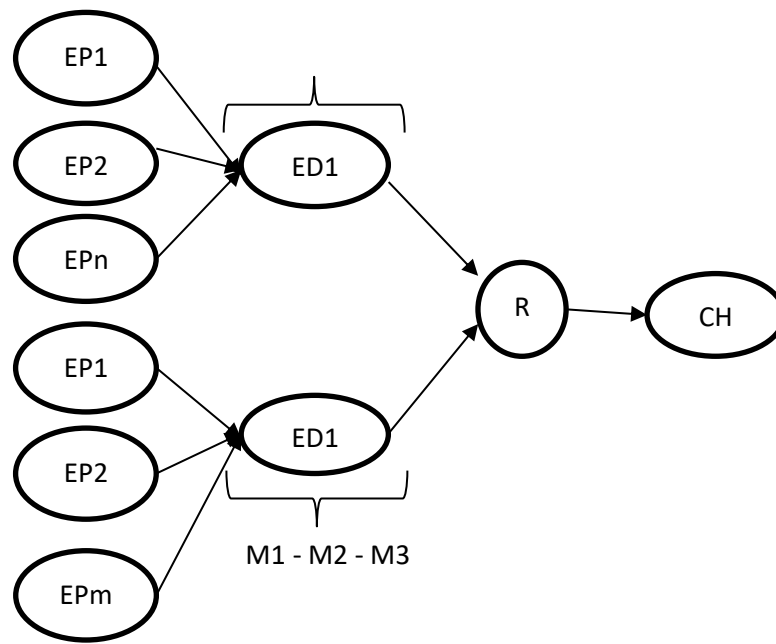
Por otro lado, el método sintético se centra en analizar de manera integral los parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos en la zona rural de Quicacan distrito de Tomay Kichua, Provincia de Ambo. Esta aproximación permite una evaluación global para comparar los valores obtenidos con los Límites Máximos Permisibles establecidos por el DS N° 031-2010-SA. En conjunto, estos métodos proporcionan una visión completa de la calidad del agua en las áreas de estudio.

3.4. Diseño de la investigación

La investigación adopta un diseño descriptivo comparativo para abordar la examinación detallada de la calidad del agua. Este enfoque busca proporcionar una descripción completa de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos relevantes. A través de este diseño, se pretende comparar y contrastar las distintas características de la calidad del agua en las zonas de estudio.

El esquema de investigación detalla cómo se llevará a cabo el proceso de examinación y comparación, proporcionando una estructura clara para obtener información detallada sobre la calidad del agua en las áreas específicas de interés.

Gráfico 1. Diseño de investigación



Fuente: Propio

Donde:

EP1, EP2, EPn, EPm: Examinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológico de cada punto de muestreo.

ED1 y ED2: Examinación de los distritos.

M1 - M2 – M3: Momento de la examinación por mes (enero, febrero y marzo)

R: Resultados

CH: Comprobación de Hipótesis

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población de esta investigación está constituida por todas las muestras de agua destinada al consumo humano provenientes de los sistemas de abastecimiento de agua de la zona rural del caserío Quicacan en el distrito

de Tomay Kichwa y provincia de Ambo. En otras palabras, se busca examinar y evaluar la calidad del agua utilizada para el consumo en las comunidades rurales de dicha región. Este enfoque permitirá obtener una visión integral de la situación de la calidad del agua en el ámbito rural de los distritos mencionados.

3.5.2. Muestra

Como muestra de la investigación representa cada muestra de agua para el consumo humano de los sistemas de abastecimiento de la zona rural del caserío Quicacan c en el distrito de Tomay Kichwa y provincia de Ambo

Las muestras representan monitoreos en cada sistema de abastecimiento (al inicio del sistema, intermedio o/ intermedios del sistema y al final del sistema)

Figura 4. Zona rural Quicacan

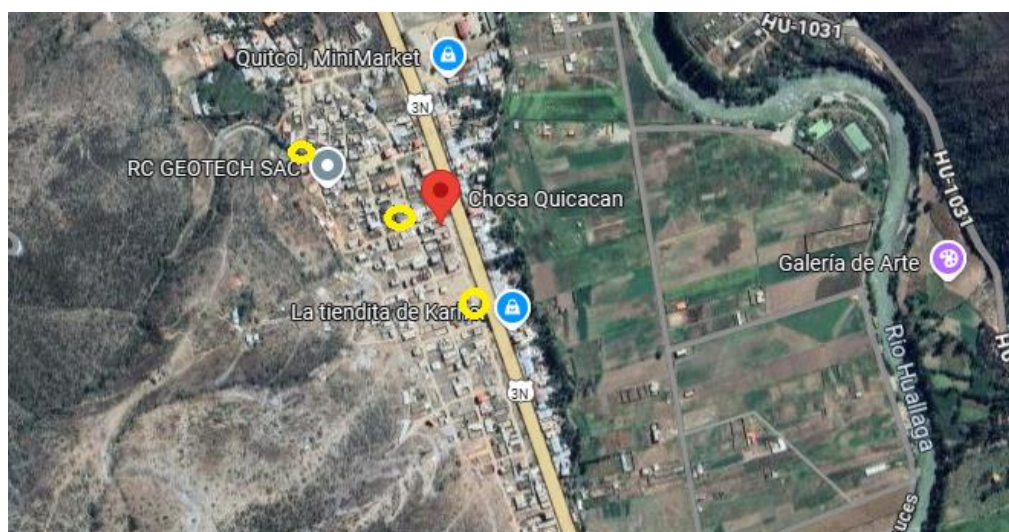


Tabla 6. Coordenadas Geográficas

Punto	Latitud	Longitud
1	-10.063510	-76.222245
2	-10.064377	-76.221258
3	-10.066151	-76.219799

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de los datos se utiliza las siguientes técnicas e instrumentos:

Muestreadores: Personal de recolección de las muestras del campo, donde recogen las muestras de cada sistema de abastecimiento (al inicio del sistema, intermedio o/ intermedios del sistema y al final del sistema).

Recolectando la muestra en el campo, se utiliza los equipos de medición para algunos parámetros. Para llevar al laboratorio las muestras se emplea cooler y envases esterilizados.

Cuadros de recolección de información: Persisten la información del sistema de abastecimiento de la zona rural y demás características.

Internet: Es utilizada de manera remota, como complemento de la información recopilada en campo.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

Basándonos en los datos recopilados mediante el cuadro detallado en el Anexo 1 (instrumento de recolección de datos), el cual nos permite clasificar la información de la zona rural del caserío Quicacan en el distrito de Tomay Kichwa y provincia de Ambo. Se optó por la modificación del formato de vigilancia de la calidad del agua (Anexo 1) proporcionado por la Dirección Regional de Salud e Inocuidad. La validez de este enfoque se respalda mediante la experiencia del asesor de esta investigación, y su confiabilidad como instrumento de investigación se sustenta en las medidas de análisis y síntesis de cada vivienda en las zonas rurales, ofreciendo un marco de intervención significativo para los encargados de llevar a cabo el estudio sobre la calidad del agua.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

La información recopilada de los cuadros es procesada y digitalizada en una base de datos. Esta base de datos se utiliza para llevar a cabo análisis

estadísticos, que incluyen técnicas de estadística descriptiva, como tablas de frecuencias y gráficos, entre otros. Estos análisis estadísticos tienen como objetivo principal realizar una evaluación exhaustiva y obtener inferencias significativas a partir de los datos recabados. En última instancia, estos análisis permiten verificar la hipótesis planteada en el marco de esta investigación.

3.9. Tratamiento estadístico

La información recopilada a partir del monitoreo de parámetros de campo y los resultados microbiológicos obtenidos en el laboratorio se procesa utilizando programas de hojas de cálculo en una computadora. Los softwares estadísticos empleados para este propósito son Excel y SPSS. Estas herramientas informáticas facilitan el análisis, organización y presentación de los datos, permitiendo obtener conclusiones significativas y realizar interpretaciones estadísticas de manera eficiente.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

La orientación que realiza la investigación es el estudio del medio natural que rodea a la zona rural del caserío Quicacan en el distrito de Tomay Kichwa y provincia de Ambo, vinculando ante la necesidad de conocer la calidad del agua de la zona estudiada, contribuyendo con la información de los valores de los parámetros obligatorios, correspondientes al DS N° 031-2010-SA.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Para realizar esta investigación, se efectuaron las siguientes actividades en los puntos de muestreo:

4.1.1. Determinación de los puntos de muestreo:

A. Captación

El primer punto de muestreo se ubica en la captación de agua, que corresponde a la fuente principal de abastecimiento para la planta de tratamiento del caserío Quicacan. Este procedimiento aplica a la fuente superficial que se encuentra en operación (Atencio, 2018).

Figura 5. Muestreo en el punto E1, ubicado en el manantial.



B. Ingreso del agua potable al reservorio

En esta fase el agua es conducida a los reservorios, donde se realiza un análisis de la calidad del agua a lo largo de la línea de conducción hacia la comunidad, con el objetivo de identificar posibles contaminantes que puedan infiltrarse a través de los reservorios construidos. Este procedimiento es fundamental para asegurar que el agua conserve su calidad durante el transporte y previo a su distribución final (Aguilar & Navarro, 2018).

Figura 6. Toma de muestra en los reservorios



C. Sistema de distribución en el poblado

El muestreo se lleva a cabo en el punto donde el agua tratada sale de los reservorios, tras haber pasado por los procesos físicos y químicos requeridos para su potabilización, y después de ser sometida a un sistema de cloración. Este procedimiento incluye la toma de muestras tanto en las piletas como en el grifo de muestreo, asegurando que el agua cumpla con los estándares de calidad

establecidos antes de su distribución para el consumo humano (Atencio, 2018).

Figura 7. Toma de muestra en la pileta de uso del agua potable del caserío Quicacán



D. Áreas extremas de la red de distribución

El muestreo se lleva a cabo en el punto más lejano de la red, tomando en cuenta el recorrido más extenso y el punto más bajo de la red de distribución. Este enfoque permite evaluar posibles variaciones en la calidad del agua debido a factores como la pérdida de cloro residual, la acumulación de sedimentos o la contaminación secundaria que pueda ocurrir durante el transporte, garantizando así un monitoreo exhaustivo y representativo de toda la red (Atencio, 2018).

4.1.2. Toma de muestras

El muestreo fue realizado por mi persona, contando con la capacitación necesaria para garantizar que las muestras fueran representativas y que su composición se mantuviera intacta durante todo el proceso, desde la toma de muestra hasta su transporte al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria de

la Selva en Tingo María (Atencio, 2018). Además, para asegurar la precisión en la localización de los puntos de muestreo, se empleó un sistema GPS, que permitió registrar las coordenadas UTM de cada sitio con exactitud.

A. Procedimientos de Muestreo

a. Espacio en el recipiente

Se dejó un espacio de aproximadamente 2.5 cm en cada recipiente de muestreo. Este espacio fue necesario para permitir la expansión de la muestra, la adición de conservantes y su adecuada homogenización (Atencio, 2018).

b. Captación de muestras

En los puntos de captación, se eliminó cualquier residuo o vegetación presente alrededor de la zona antes de recolectar la muestra. El recipiente de muestreo se sumergió a una profundidad de 30 cm para obtener una muestra representativa y evitar la recolección de elementos superficiales contaminantes.

c. Muestreo en reservorios

En el caso de los reservorios, se limpió cuidadosamente la zona alrededor de la tapa antes de retirarla. El recipiente fue introducido con precaución, evitando tocar las paredes internas del reservorio, y se tomó la muestra a una profundidad de 30 cm para garantizar su representatividad.

d. Muestreo en grifos o caños

Para las muestras de agua provenientes de la red de distribución, se seleccionó un grifo directamente conectado a esta. Antes de recolectar la muestra, el grifo fue desinfectado y se dejó correr agua durante varios minutos para eliminar posibles contaminantes acumulados en el sistema.

B. Consideraciones en el Muestreo

a. Medición de parámetros en campo

Se llevaron a cabo mediciones inmediatas de parámetros fisicoquímicos, tales como el pH, conductividad eléctrica, temperatura, turbidez, color, sólidos totales disueltos (STD), y las concentraciones de elementos químicos como cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe), manganeso (Mn), magnesio (Mg), calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K), cloruros, bicarbonatos y dureza. Todos estos datos fueron registrados en fichas de campo específicas para cada punto de muestreo (Atencio, 2018).

b. Análisis microbiológico

Se evaluaron coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* (*E. coli*). Las muestras se recolectaron utilizando guantes para evitar la contaminación, asegurándose de no tocar el interior del frasco ni su tapa. Además, se dejó un pequeño espacio en el recipiente para facilitar los análisis posteriores (Atencio, 2018).

C. Registro de datos:

Durante el muestreo, se registraron aspectos como el código de identificación del punto, el origen de la fuente, la descripción del sitio, la fecha y hora, las coordenadas geográficas, las condiciones climáticas en el momento y cualquier observación relevante (Atencio, 2018).

D. Conservación y Transporte

Las muestras recolectadas fueron etiquetadas utilizando marcadores resistentes al agua, indicando datos clave como la fecha de recolección, el origen de la muestra y el fijador utilizado en caso de ser necesario. Posteriormente, las muestras fueron almacenadas en un lugar fresco y oscuro para preservar su integridad durante el transporte hacia el laboratorio (Atencio, 2018).

Este protocolo riguroso asegura que las muestras sean representativas y confiables, lo cual es esencial para el análisis y evaluación de la calidad del agua en cada punto de la red de distribución.

Figura 8. Muestras de agua para análisis en el laboratorio.



E. Procedimiento analítico

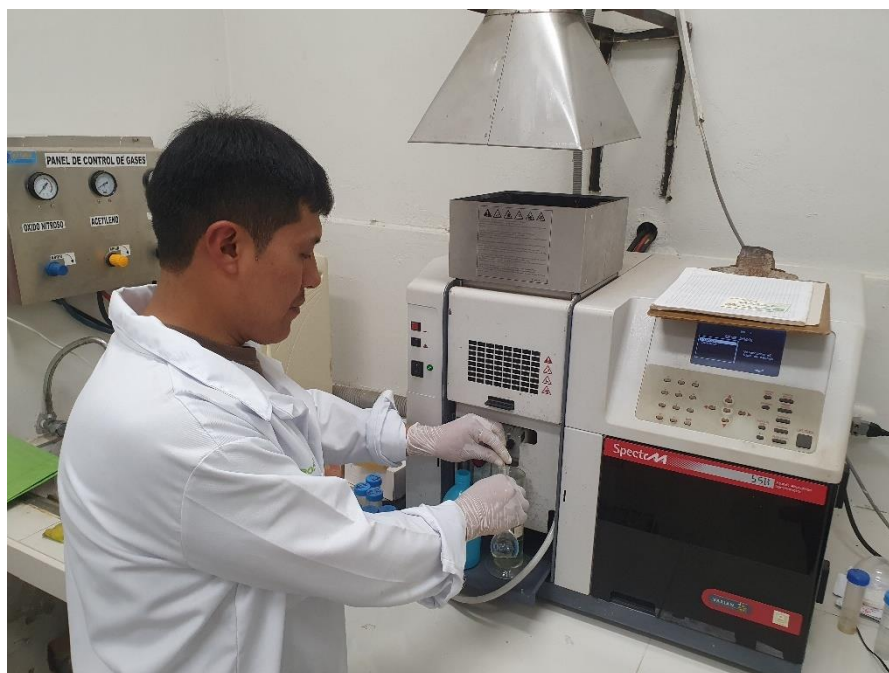
Los análisis fueron realizados en los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y del Ministerio de Salud en Huánuco, los cuales están equipados con infraestructura moderna y tecnología avanzada para garantizar resultados confiables. Estos laboratorios cuentan con equipos de alta precisión capaces de detectar sustancias presentes incluso en bajas concentraciones, asegurando que el agua cumpla con los estándares establecidos para el consumo humano. Además, los procedimientos implementados están alineados con las normativas nacionales e internacionales, lo que refuerza la validez y la calidad de los análisis realizados.

Las muestras se procesaron en los laboratorios especializados en suelos, agua y ecotoxicología de la Universidad Nacional Agraria de La Selva, así como en el laboratorio referencial del Ministerio de Salud de Huánuco.

Figura 9. Realizando las mediciones de los parámetros fisicoquímicos



Figura 10. Análisis de metales con el equipo de absorción atómica UNAS



4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Parámetros de calidad organoléptica

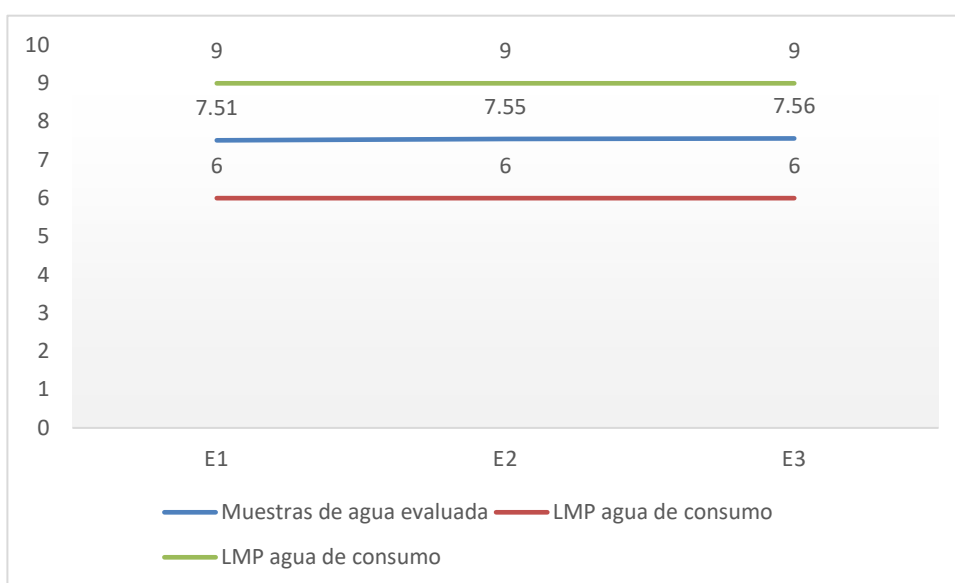
A. Potencial de Hidrogeno /pH)

El pH, o Potencial de Hidrógeno, es un parámetro fundamental que permite determinar si el agua destinada al consumo humano en el caserío Quicacán, distrito de Tomay Kichwa, es ácida, neutra o alcalina. Esta medida se basa en la concentración de iones de hidrógeno (H^+) presentes en el agua, cuya relación se expresa mediante la fórmula matemática: $pH = -\log[aH^+]$, que corresponde al logaritmo negativo en base 10 de dicha concentración.

En este estudio, se registraron valores de pH que oscilan entre 7.51 y 7.56, indicando que el agua tiene una naturaleza ligeramente alcalina. Estos valores cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, que regula los parámetros de calidad del agua para el consumo humano.

Es importante destacar que la ligera alcalinidad del agua no solo la hace apta para el consumo, sino que también contribuye a prevenir la corrosión en la red de distribución y a mejorar su potabilidad. Además, mantener el pH dentro de estos rangos es crucial, ya que valores fuera de los límites podrían alterar la eficacia de los procesos de tratamiento y afectar la salud de los consumidores. Esto refuerza la importancia de un monitoreo constante para garantizar la calidad y seguridad del recurso hídrico.

Figura 11. Resultados del potencial de hidrogeno (pH)



B. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) es un parámetro clave que mide la capacidad del agua para conducir electricidad, la cual está directamente relacionada con la cantidad y tipo de iones disueltos, así como con su carga y movilidad. En términos simples, a mayor concentración y movilidad de iones, mayor será la conductividad del agua.

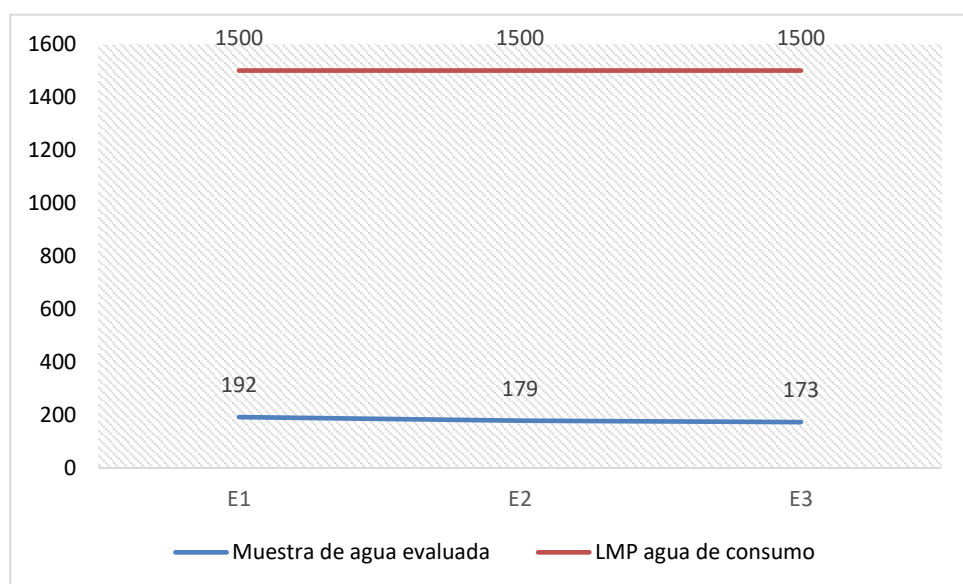
Este parámetro está influenciado significativamente por la temperatura. A medida que la temperatura aumenta, la viscosidad del agua disminuye, permitiendo que los iones se desplacen con mayor facilidad. Como resultado, el agua presenta una mayor capacidad para conducir electricidad en condiciones de temperaturas elevadas.

En los monitoreos realizados, se determinó que la conductividad eléctrica del agua osciló entre 173 y 192 $\mu\text{S}/\text{cm}$, un rango que cumple con los límites establecidos por el Decreto Supremo N° 031-

2010-SA, normativa que regula los parámetros de calidad del agua para el consumo humano.

También mencionar que la CE puede ser utilizada como un indicador indirecto de la calidad del agua. Por ejemplo, al tener valores elevados podrían sugerir la presencia de contaminantes o sales disueltas en niveles superiores a los recomendados, mientras que valores demasiado bajos podrían indicar un agua desmineralizada, lo que también podría tener implicaciones para la salud y la distribución. Además, los cambios en la CE se relacionan con la composición geológica del área o con posibles actividades humanas que influyen en la calidad del agua.

Figura 12. Resultados de la conductividad eléctrica



C. Sólidos Totales Disueltos

Los sólidos disueltos, con un tamaño inferior a 2 micras, incluyen cualquier mineral, sal o metal disuelto en el agua en forma de moléculas, átomos, cationes (iones con carga positiva) o aniones (iones con carga negativa). Dentro de este grupo, los sólidos totales disueltos (TDS, por sus siglas en inglés) abarcan principalmente sales inorgánicas como calcio, magnesio, potasio, sodio,

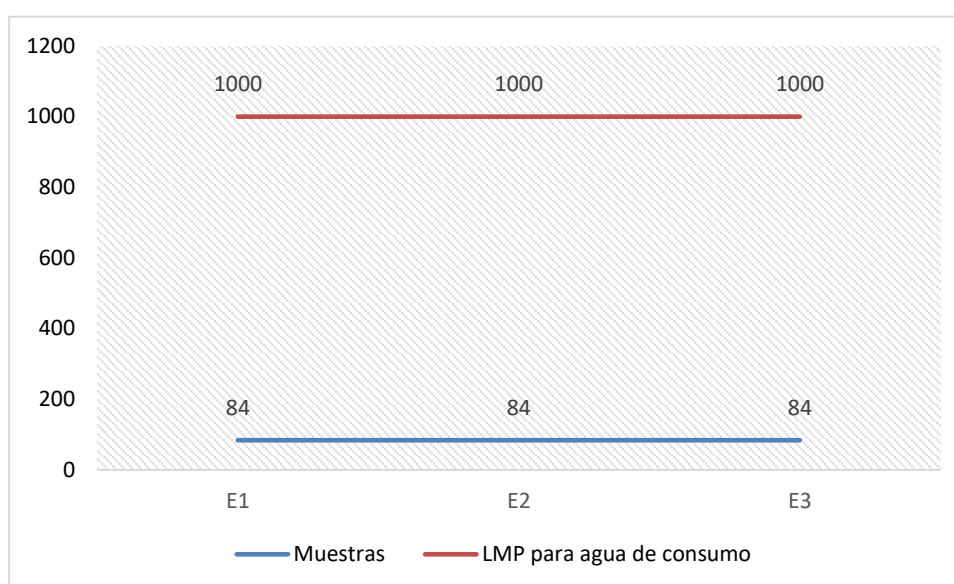
bicarbonatos, cloruros y sulfatos, así como pequeñas cantidades de materia orgánica disuelta.

La concentración de TDS es el resultado de la suma de todas las sustancias disueltas que permanecen tras filtrar el agua. Por lo general, los TDS están constituidos mayoritariamente por iones, cuya presencia es clave para definir las características químicas del agua.

En el caso del monitoreo realizado en el caserío Quicacán, se determinó que la concentración de TDS era de 84 mg/L, un valor que indica que el agua cumple con los parámetros establecidos por la normativa vigente. Este resultado no solo es significativo para evaluar la calidad del agua, sino que también señala que los niveles de sólidos disueltos están dentro de un rango saludable para el consumo humano, ya que niveles excesivamente altos podrían afectar su sabor y calidad, mientras que niveles extremadamente bajos podrían indicar una baja mineralización que también podría tener efectos negativos.

El análisis de los resultados explica cómo los TDS influyen en el tratamiento del agua y cómo diferentes fuentes de agua (subterráneas o superficiales) pueden presentar variaciones en sus niveles de TDS. También es útil mencionar la importancia del monitoreo constante para detectar posibles cambios que puedan surgir debido a factores como contaminación o alteraciones en la fuente de abastecimiento.

Figura 13. Resultados solidos totales disueltos (STD)



D. Temperatura

La temperatura es una propiedad física que refleja el grado de calor o frío de un cuerpo, en este caso, del agua. Está directamente relacionada con la cantidad de energía térmica que poseen sus moléculas. En un líquido, las moléculas más energéticas se mueven más rápido y, al chocar con moléculas menos energéticas, transfieren parte de su energía, lo que provoca que el calor fluya desde áreas más calientes hacia áreas más frías.

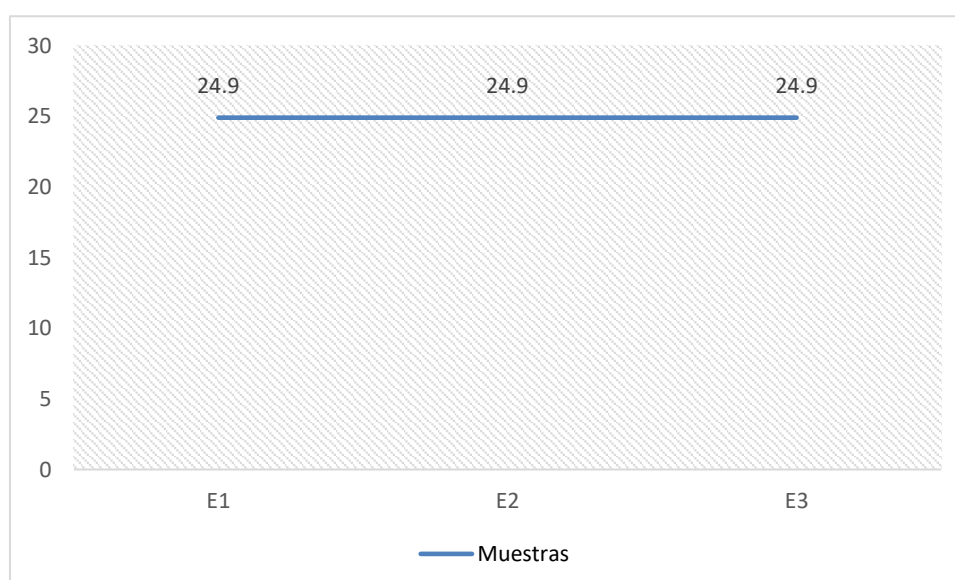
En el monitoreo realizado en el caserío Quicacán, se registró una temperatura de 24.9 °C en el agua destinada al consumo humano. Este dato es relevante porque la temperatura del agua puede influir en sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas. Por ejemplo, afecta la solubilidad de gases como el oxígeno disuelto y la velocidad de las reacciones químicas, además de incidir en el desarrollo de microorganismos.

Aunque actualmente no se establece un parámetro específico para la temperatura en la normativa vigente, su monitoreo sigue siendo

importante, ya que variaciones significativas pueden indicar alteraciones en las condiciones ambientales o en la fuente de abastecimiento. Mantener una temperatura adecuada también puede ser crucial para garantizar la calidad del agua durante su transporte y almacenamiento.

La explicación resaltando cómo la temperatura influye en la percepción sensorial del agua (como su sabor) y en la eficiencia de los procesos de tratamiento, como la cloración, cuya eficacia puede disminuir a temperaturas más altas. Asimismo, mencionar cómo el monitoreo de la temperatura puede ayudar a identificar fuentes potenciales de contaminación térmica o cambios en el entorno natural.

Figura 14. Resultados de la temperatura



E. Turbiedad

La turbidez es uno de los parámetros fundamentales para evaluar la calidad del agua, ya que mide la presencia de partículas en suspensión que afectan su claridad. Este indicador es especialmente importante porque puede revelar niveles de contaminación física, química o biológica, además de ser un criterio clave en el análisis

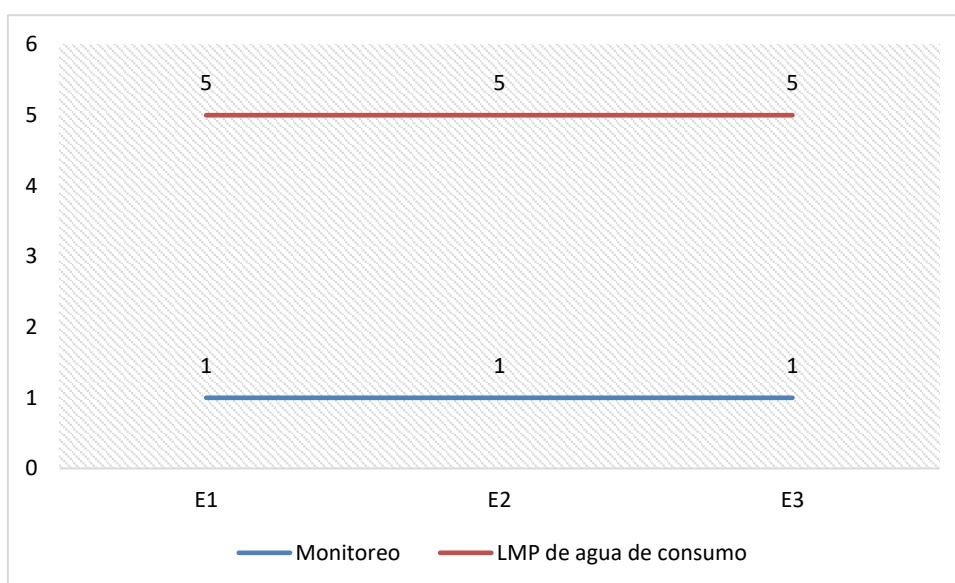
del desempeño de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano, aguas residuales y plantas purificadoras.

Las partículas suspendidas, como sedimentos y materia orgánica, pueden actuar como vehículos para patógenos, incluidos parásitos, bacterias, virus y gérmenes. Además, estas partículas pueden reducir la eficacia de la desinfección con cloro al formar una barrera física, lo que obliga a emplear concentraciones más altas de cloro para alcanzar niveles adecuados de desinfección. Esto implica costos adicionales y un aumento en los subproductos de desinfección, algunos de los cuales pueden ser nocivos para la salud.

Para garantizar la seguridad del agua potable, la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece un límite recomendado de turbidez de 5 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez), aunque valores menores son preferibles. Según los resultados del monitoreo en el caserío Quicacán el agua destinada al consumo humano presentó un valor de turbidez de 1 NTU, lo que refleja una excelente calidad y cumple ampliamente con las normativas internacionales.

La información explica cómo se mide la turbidez, empleando un turbidímetro que utiliza la dispersión de la luz para cuantificar la presencia de partículas. También sería relevante mencionar cómo niveles de turbidez consistentemente bajos no solo indican buena calidad del agua, sino que también facilitan los procesos de tratamiento posteriores, como la desinfección y la filtración.

Figura 15. Resultados de turbiedad



F. Color

El color del agua es un parámetro organoléptico importante para evaluar su calidad y aceptabilidad para el consumo humano. Este atributo está relacionado con la presencia de sustancias disueltas, como materia orgánica natural, minerales y partículas suspendidas, que pueden alterar su apariencia y afectar los procesos de tratamiento.

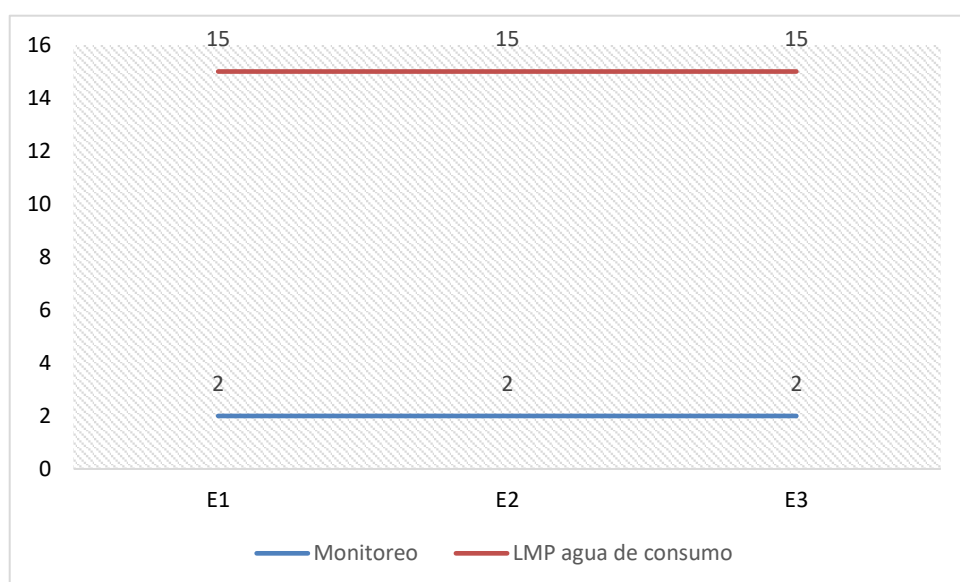
La medición del color en el agua es esencial, ya que una alta concentración de materia orgánica puede aumentar el riesgo de formación de subproductos potencialmente dañinos durante la desinfección, como los trihalometanos (THM), compuestos que se generan cuando los desinfectantes como el cloro reaccionan con la materia orgánica. Estos subproductos pueden tener efectos adversos para la salud si se encuentran en concentraciones elevadas.

En los monitoreos realizados, se registró un valor de 2 UCV (Unidades de Color Verdadero) en el agua destinada al consumo

humano en el caserío de Quicacán. Este resultado cumple con los límites establecidos por la normativa vigente en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, que garantiza que el agua sea segura y adecuada para el consumo humano.

La información sobre los métodos utilizados para medir el color del agua, como la comparación visual con estándares o el uso de espectrofotómetros. También es útil mencionar cómo el monitoreo constante del color puede ayudar a identificar cambios en la fuente de abastecimiento que podrían comprometer la calidad del agua.

Figura 16. Resultados del color



G. Zinc

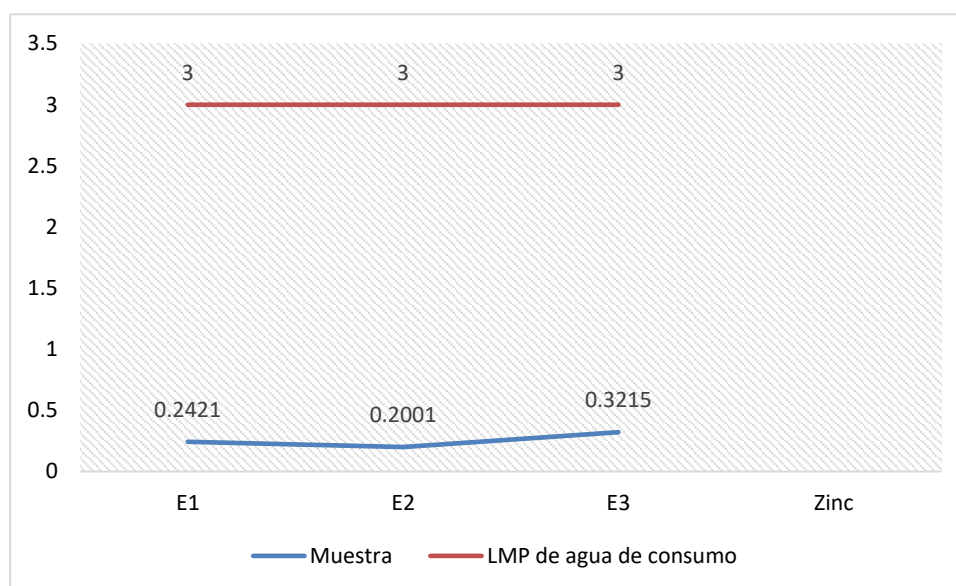
El zinc es un mineral esencial para diversas funciones del organismo humano, incluyendo el fortalecimiento del sistema inmunológico y el metabolismo celular. Sin embargo, cuando este elemento se encuentra en concentraciones elevadas en el agua de consumo humano, puede causar efectos adversos, como molestias digestivas y gastroenteritis.

Los sistemas de tratamiento de agua desempeñan un papel crucial en la eliminación de iones metálicos, incluido el zinc, garantizando que los niveles presentes en el agua potable sean seguros para la salud humana. Este control es fundamental, ya que una exposición prolongada a metales en concentraciones superiores a los límites permitidos puede representar riesgos significativos para la salud.

En los monitoreos realizados en el caserío de Quicacán, se encontró que la concentración de zinc en el agua destinada al consumo humano oscilaba entre 0.2001 y 0.2421 mg/L, valores que están muy por debajo del límite máximo permitido de 3 mg/L, establecido por el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Este resultado confirma que el agua cumple con las normativas vigentes y es apta para el consumo humano.

La información sobre las fuentes de zinc en el agua, como la corrosión de tuberías galvanizadas o actividades industriales, y destacar la importancia de monitorear regularmente su concentración para prevenir posibles incrementos relacionados con cambios en las condiciones ambientales o en la infraestructura de distribución. También mencionar los métodos utilizados para medir la concentración de zinc, como la espectrometría de absorción atómica.

Figura 17. Resultados del contenido de zinc



H. Cobre

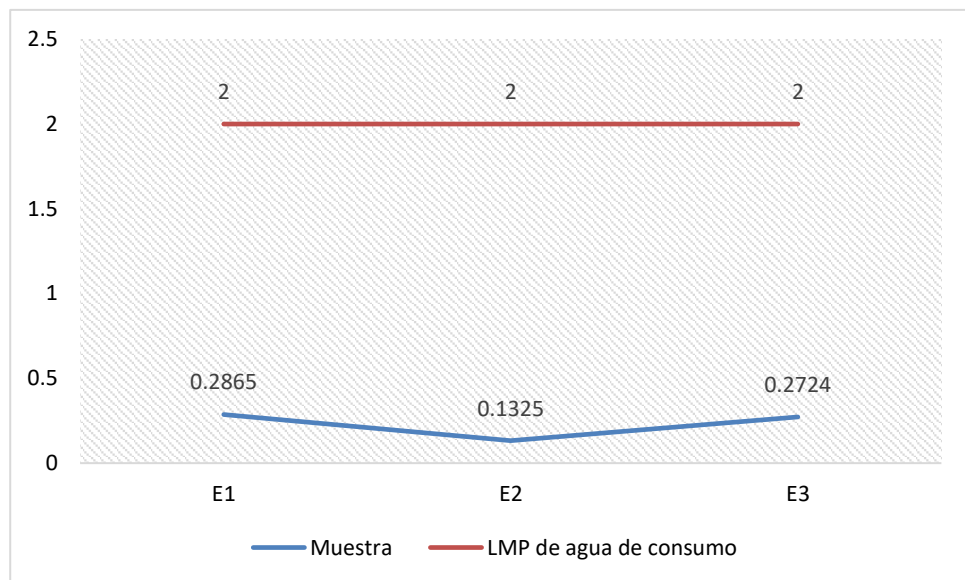
El cobre es un oligoelemento esencial para el organismo humano, necesario en pequeñas cantidades para funciones como la formación de glóbulos rojos y el mantenimiento del sistema nervioso. Sin embargo, en concentraciones elevadas, puede causar efectos adversos inmediatos, como náuseas, vómitos y gastroenteritis, aunque no se acumula de forma sistémica en el cuerpo. La intoxicación por cobre a través del agua potable es poco común, ya que su sabor metálico característico actúa como una advertencia natural, haciéndolo detectable incluso en concentraciones bajas.

A pesar de la limitada información sobre los efectos tóxicos a largo plazo del cobre, se han establecido regulaciones estrictas para garantizar la seguridad del agua destinada al consumo humano. En los monitoreos realizados en el caserío Quicacán, la concentración de cobre en el agua osciló entre 0.1325 y 0.2865 mg/L, valores muy por debajo del límite máximo permitido de 2 mg/L, según lo estipulado en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Esto indica que

el agua cumple con los estándares de calidad exigidos y es segura para el consumo.

También mencionar que: las posibles fuentes de contaminación por cobre, como la corrosión de tuberías de cobre en sistemas de distribución de agua o actividades industriales cercanas. Además, sería relevante mencionar los métodos comunes para analizar el cobre en el agua, como la espectrometría de absorción atómica, y destacar la importancia de un monitoreo continuo para prevenir exposiciones accidentales a niveles elevados.

Figura 18. Resultados del contenido de cobre



I. Hierro

El hierro es un elemento común en el agua debido a su abundancia en la corteza terrestre. Durante el proceso de filtración natural del agua a través del suelo, pequeñas cantidades de hierro pueden disolverse y ser transportadas a las fuentes subterráneas. Además, su presencia en el agua potable también puede deberse a la corrosión de infraestructuras metálicas, como tuberías y tanques de almacenamiento, que liberan hierro al agua. Este fenómeno no solo afecta la calidad del agua, sino que puede agravar los problemas de

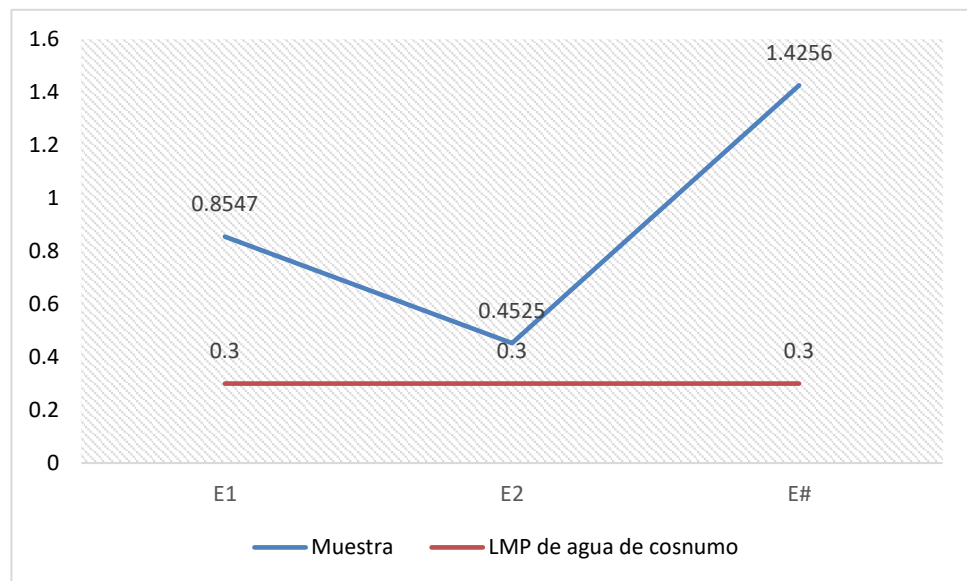
corrosión en el sistema de distribución, formando depósitos de hierro en distintas partes de la red.

Si bien las concentraciones moderadas de hierro no suelen representar riesgos graves para la salud humana, su exceso puede alterar las características organolépticas del agua. Puede impartir un sabor metálico, generar manchas rojizas en la ropa y utensilios, e incluso afectar la estética de los accesorios de plomería, dificultando su aceptación por los usuarios.

Los análisis realizados en el caserío Quicacán revelaron concentraciones de hierro que oscilan entre 0.4525 y 1.4256 mg/L, valores que exceden significativamente el límite máximo permitido de 0.3 mg/L establecido en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Esto indica un problema de calidad que podría estar asociado con factores como la naturaleza de la fuente de agua o el estado de la infraestructura del sistema de distribución.

Existe información sobre las posibles soluciones para reducir los niveles de hierro en el agua, como el uso de sistemas de filtración especializados o la rehabilitación de tuberías y tanques corroídos. También sería relevante mencionar los efectos potenciales de un consumo prolongado de agua con alto contenido de hierro y la importancia de implementar monitoreos regulares para prevenir este tipo de problemas.

Figura 19. Resultados del contenido de hierro



J. Manganese

El manganeso es un elemento que generalmente se encuentra en el agua en concentraciones menores que las del hierro, con un promedio aproximado de 0.0354 mg/L. No obstante, en condiciones específicas, como en ambientes reductores o en presencia de bacterias activas que facilitan su solubilización, sus niveles pueden incrementarse significativamente. A menudo, su aparición en el agua potable está asociada con la presencia de hierro, ya que ambos elementos tienden a coexistir en fuentes subterráneas y sistemas de distribución.

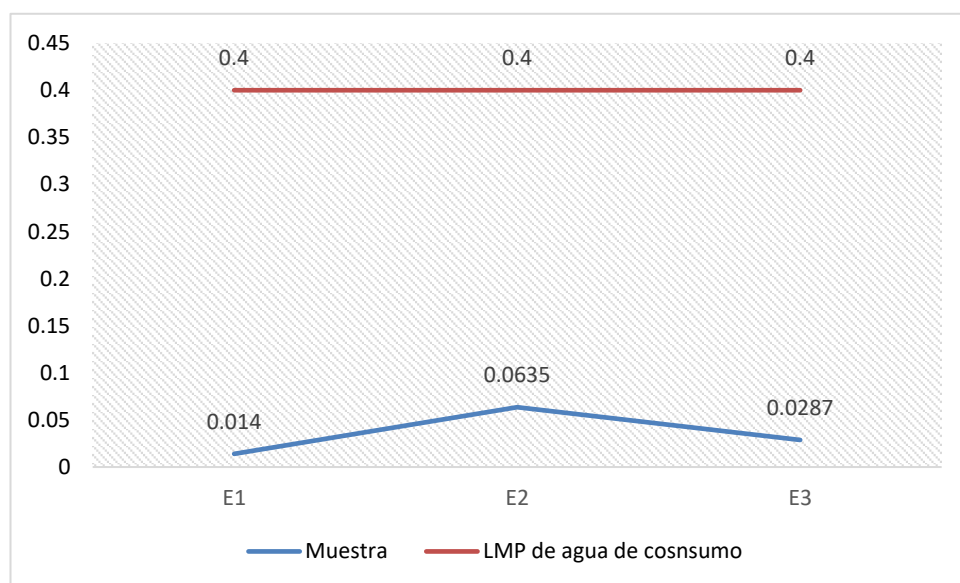
A pesar de no representar un riesgo significativo para la salud en bajas concentraciones, el manganeso puede causar problemas estéticos y operativos, como la formación de manchas negras en superficies, ropa y utensilios, además de afectar el sabor y la apariencia del agua.

Los estudios de los monitoreos realizados en el caserío Quicacán indicaron que los niveles de manganeso en el agua potable varían

entre 0.0140 y 0.0635 mg/L, lo cual está muy por debajo del límite máximo permitido de 0.4 mg/L establecido en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Estos valores aseguran que el agua cumple con los estándares de calidad exigidos y es adecuada para el consumo humano.

Es útil mencionar que existen métodos comunes, para la remoción de manganeso en sistemas de tratamiento, como la oxidación seguida de filtración, o los beneficios de un monitoreo constante para prevenir acumulaciones que puedan provocar problemas a largo plazo. También sería relevante explorar el impacto de niveles elevados de manganeso en contextos industriales o agrícolas locales.

Figura 20. Resultados del contenido de manganeso



K. Calcio

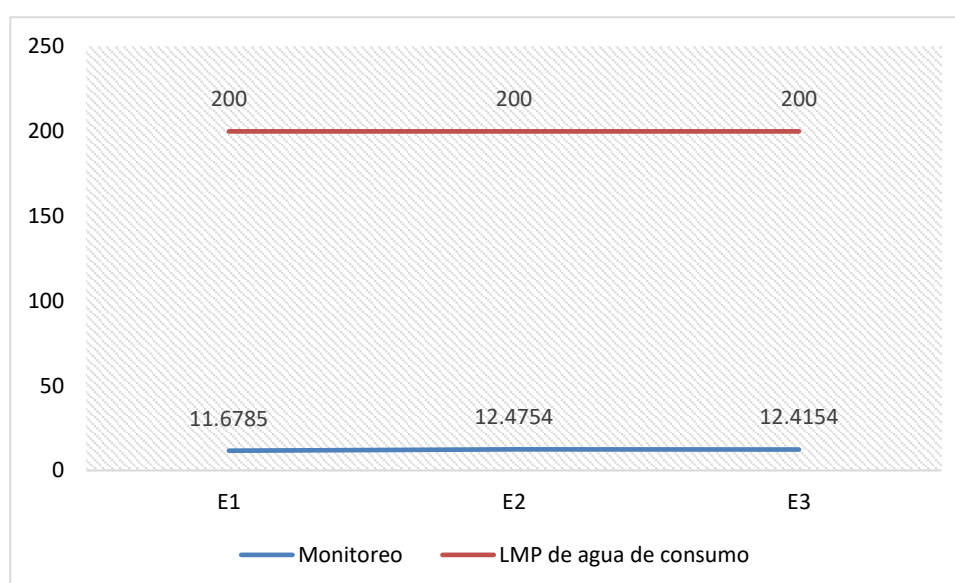
Antes de llegar a los hogares del caserío Quicacan, el agua recorre diversas formaciones geológicas que determinan la cantidad de sales de calcio y magnesio que contiene, influyendo directamente en su dureza. Estas sales se originan a partir del tipo de roca que el agua atraviesa en su recorrido subterráneo a través de los acuíferos.

En terrenos compuestos predominantemente por piedra caliza, el agua suele tener una mayor dureza debido a las altas concentraciones de calcio y magnesio que se disuelven en ella. En contraste, si el agua pasa por rocas como los silicatos, como el granito, la concentración de estos minerales será significativamente menor. Esta característica es lo que distingue al "agua dura" del "agua blanda": mientras el agua dura contiene altos niveles de calcio y magnesio, el agua blanda presenta concentraciones mucho más bajas.

Los análisis realizados en el caserío Quicacan, se confirma que los niveles de calcio y magnesio, medidos como dureza total, fluctúan entre 11.6785 y 12.4754 mg/L, valores que se encuentran ampliamente dentro del límite máximo permitido de 200 mg/L establecido por el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Estos resultados indican que el agua del caserío Quicacan tiene una dureza baja, clasificándola como agua blanda, lo que contribuye a un menor riesgo de incrustaciones en tuberías y electrodomésticos, así como a una mejor aceptación para el consumo humano.

Para complementar el análisis de los resultados, se menciona de los efectos de la dureza del agua en la salud, los sistemas domésticos, y las ventajas de contar con agua blanda en términos de eficiencia de jabones y detergentes. Además, sería útil destacar la importancia de monitorear la dureza en relación con otros parámetros de calidad del agua.

Figura 21. Resultados del contenido de calcio



L. Magnesio

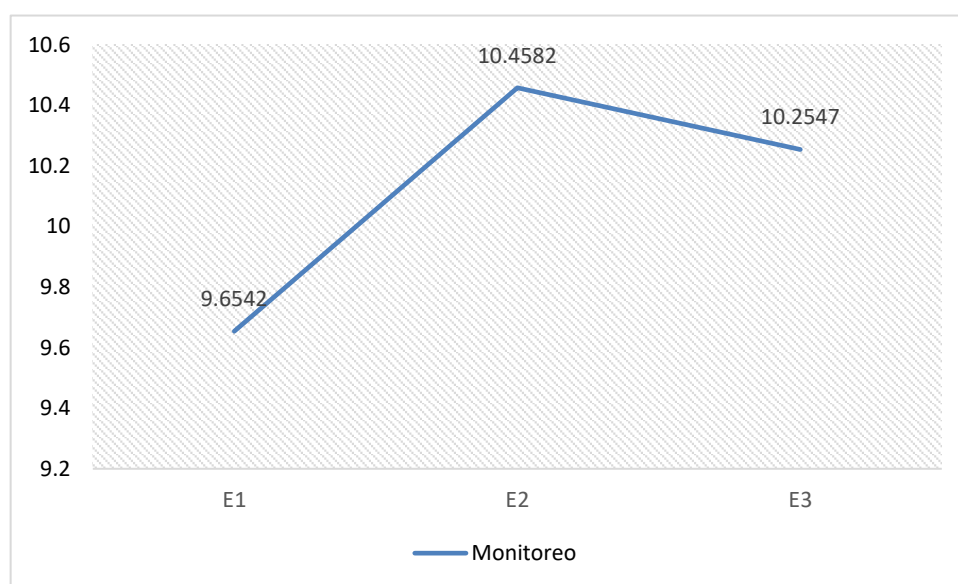
El consumo de agua con altos niveles de sales de magnesio y calcio puede tener implicaciones para la salud humana. En particular, el riñón, que actúa como un filtro natural del cuerpo, puede verse afectado por la acumulación excesiva de estas sales, lo que podría dar lugar a la formación de cálculos renales. Estas piedras, compuestas principalmente de calcio y magnesio, pueden provocar complicaciones significativas como dolor, infecciones urinarias e, incluso, obstrucciones en el sistema urinario.

En el centro poblado de Quicacan, los análisis del agua potable mostraron que los niveles de magnesio oscilan entre 9.6541 y 10.4582 mg/L. Aunque estos valores son relativamente bajos y no representan un riesgo evidente, cabe destacar que la normativa vigente establecida en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA no incluye un Límite Máximo Permisible (LMP) específico para este parámetro.

También es sería útil comparar los valores obtenidos con estándares internacionales, como los de la Organización Mundial de la Salud

(OMS), para contextualizar mejor los resultados. Asimismo, se, podría incluir una recomendación sobre la importancia de monitorear regularmente la concentración de magnesio en el agua, incluso en ausencia de límites específicos en la normativa local. Esto garantizaría una evaluación más completa de la calidad del agua y sus posibles efectos en la salud.

Figura 22. Resultados del contenido de magnesio



M. Sodio

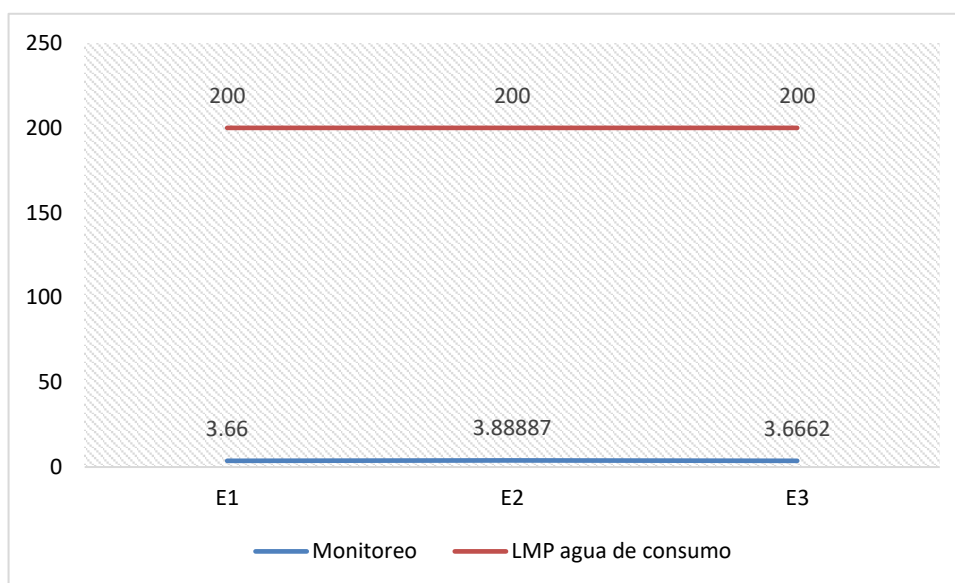
Los minerales presentes en el agua son esenciales para el funcionamiento óptimo de nuestro organismo, ya que contribuyen al mantenimiento de los músculos, huesos y órganos vitales. Sin embargo, el contenido mineral del agua que consumimos puede variar significativamente según su origen. Los minerales más comunes en el agua incluyen sodio, calcio, flúor, magnesio, hierro y potasio, cada uno de los cuales desempeña un papel importante en la salud humana.

En el caso en el Centro Poblado de Quicacan, los análisis del agua potable muestran que los niveles de sodio son bajos, oscilando entre

3.66 y 3.88 mg/L. Este bajo contenido de sodio hace que el agua sea adecuada para el consumo humano, especialmente para personas que requieren dietas bajas en sodio debido a problemas de salud como hipertensión arterial o enfermedades renales.

También es importante mencionar que estos valores se comparan con los límites establecidos por normativas internacionales, como los de la Organización Mundial de la Salud (OMS), para reforzar la seguridad del consumo de esta agua. Además, sería interesante incluir un comentario sobre los beneficios de un bajo contenido de sodio en el agua para poblaciones vulnerables.

Figura 23. Resultados del contenido de sodio



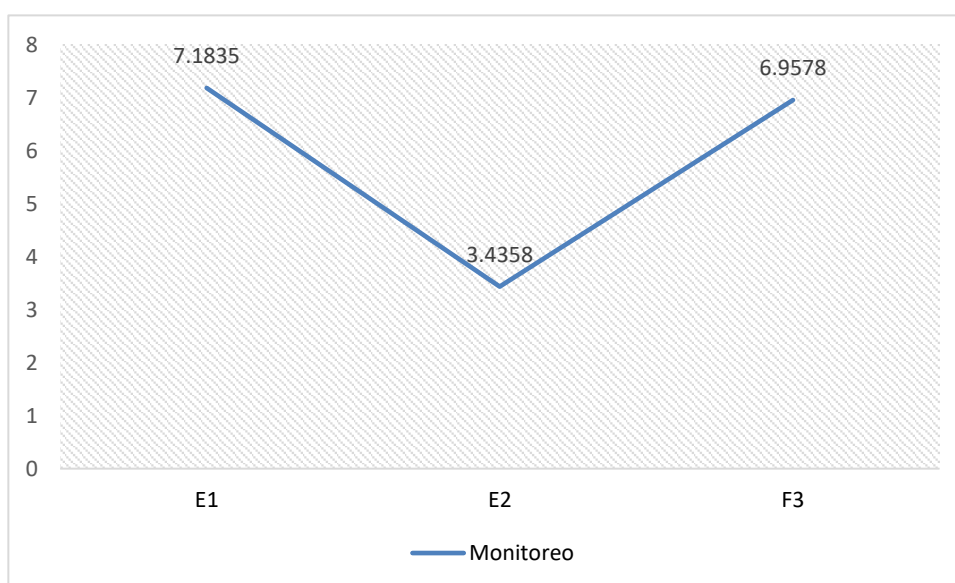
N. Potasio

El contenido de potasio en las aguas naturales tiende a ser bajo, ya que este mineral no se disuelve fácilmente en la mayoría de sus formas geológicas. En el centro poblado de Quicacan, los análisis del agua potable indican que los niveles de potasio oscilan entre 3.4358 y 7.1835 mg/L, lo que es característico de aguas naturales con bajas concentraciones de este elemento.

Aunque el potasio es un mineral esencial para el cuerpo humano, desempeñando un papel clave en la función celular, la contracción muscular y el equilibrio electrolítico, los niveles encontrados en estas aguas son típicamente seguros y no representan riesgos asociados con una ingesta elevada. Su baja solubilidad en la naturaleza explica por qué los niveles suelen ser reducidos en las fuentes de agua natural.

Estos valores se relacionan con normativas o estándares internacionales, como los de la Organización Mundial de la Salud (OMS), y discutir si estos niveles contribuyen de manera significativa a la ingesta diaria recomendada de potasio para los habitantes del centro poblado.

Figura 24. Resultados del contenido de potasio



O. Cloruros

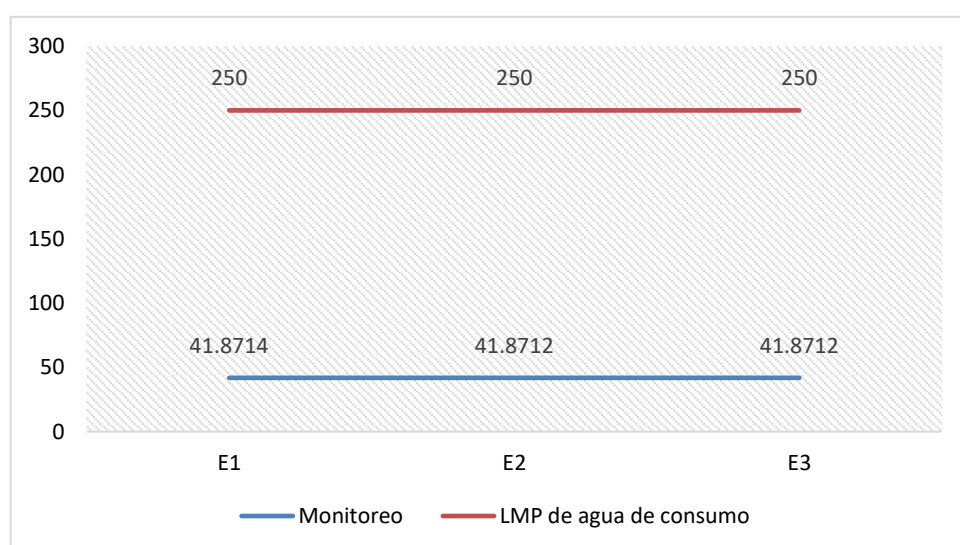
El cloruro, un ion común en el agua potable, puede tener su origen en procesos naturales, como la disolución de minerales en el suelo y las rocas por donde pasa el agua. No obstante, las actividades humanas también pueden incrementar sus concentraciones en el

agua. Entre las principales fuentes antropogénicas se encuentran las aguas residuales sin tratamiento adecuado, que pueden contaminar tanto las aguas superficiales como las subterráneas, y los fertilizantes agrícolas que contienen cloruro, los cuales son comúnmente usados y pueden filtrarse hacia los cuerpos de agua.

En el caso del agua potable del centro poblado de Quicacan, los análisis revelaron que las concentraciones de cloruros varían entre 41.87 y 41.87 mg/L, valores significativamente inferiores al límite máximo permitido de 250 mg/L según la normativa vigente en el DS N° 031-2010-SA. Esto indica que el agua cumple con los estándares de calidad en lo que respecta a este parámetro, garantizando su aptitud para el consumo humano.

También es útil destacar el impacto potencial del cloruro en el sabor del agua y cómo concentraciones elevadas pueden influir en la corrosión de las tuberías, especialmente en sistemas de distribución antiguos. Además, se podría añadir información sobre la importancia de monitorear este parámetro en zonas agrícolas o cercanas a fuentes de contaminación industrial.

Figura 25. Resultados del contenido de cloruros



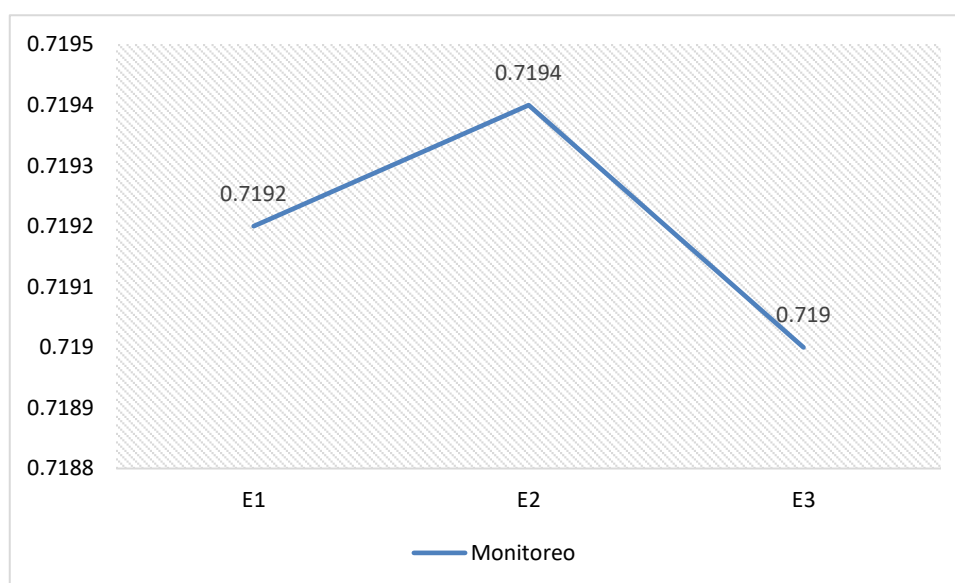
P. Bicarbonato

El bicarbonato de sodio, un recurso natural con diversas aplicaciones, tiene propiedades alcalinizantes que pueden ser beneficiosas para la salud. Cuando se disuelve en agua, puede ayudar a aliviar infecciones urinarias al reducir la acidez de la orina, creando un ambiente menos propicio para el desarrollo de bacterias. Este mecanismo de acción se debe a la capacidad del bicarbonato para neutralizar el pH, contribuyendo a prevenir el crecimiento de microorganismos patógenos.

En el análisis del agua potable del en el centro poblado de Quicacan, los niveles de bicarbonato, expresados indirectamente mediante la concentración de magnesio, fluctuaron entre 0.71 y 0.72 mg/L. Sin embargo, actualmente no se establece un Límite Máximo Permitido (LMP) para este parámetro en la normativa vigente según el DS N° 031-2010-SA.

Aunque el bicarbonato no está regulado en la normativa, sería valioso considerar su influencia en la dureza del agua y cómo puede interactuar con otros minerales presentes. Esto ayudaría a contextualizar mejor la importancia de monitorear este parámetro en zonas con aguas de origen natural alcalino.

Figura 26. Resultados del contenido de bicarbonatos

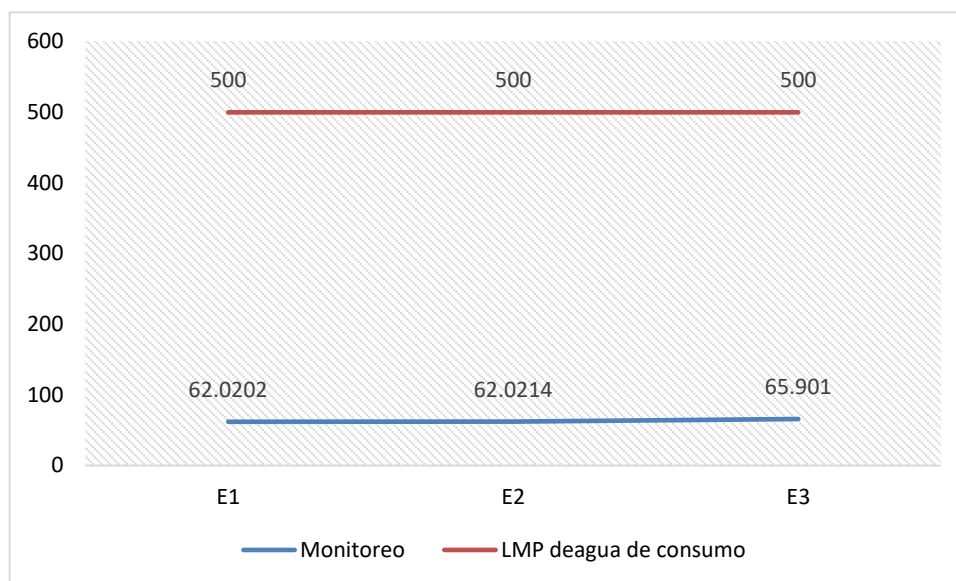


Q. Dureza

La dureza del agua está determinada por la cantidad de minerales disueltos, principalmente calcio y magnesio. Mientras que las aguas duras contienen niveles elevados de estos minerales, las aguas blandas tienen concentraciones mucho menores. La dureza del agua puede influir en el sabor, el rendimiento de los electrodomésticos, y la durabilidad de las tuberías, aunque su impacto directo en la salud humana es generalmente considerado mínimo. Además, puede afectar la formación de espuma con jabones y detergentes, lo que influye en su uso doméstico.

Los análisis realizados en el agua potable del centro poblado de Quicacan, revelaron que los niveles de magnesio oscilan entre 62.02 y 65.90 mg/L, valores que están considerablemente por debajo del límite máximo permitido de 500 mg/L establecido por la normativa vigente en el DS N° 031-2010-SA. Esto indica que el agua cumple con los estándares de calidad relacionados con la dureza.

Figura 27. Resultados del contenido de dureza



4.2.2. Parámetros microbiológicos y parasitológicos

A. Coliformes Totales

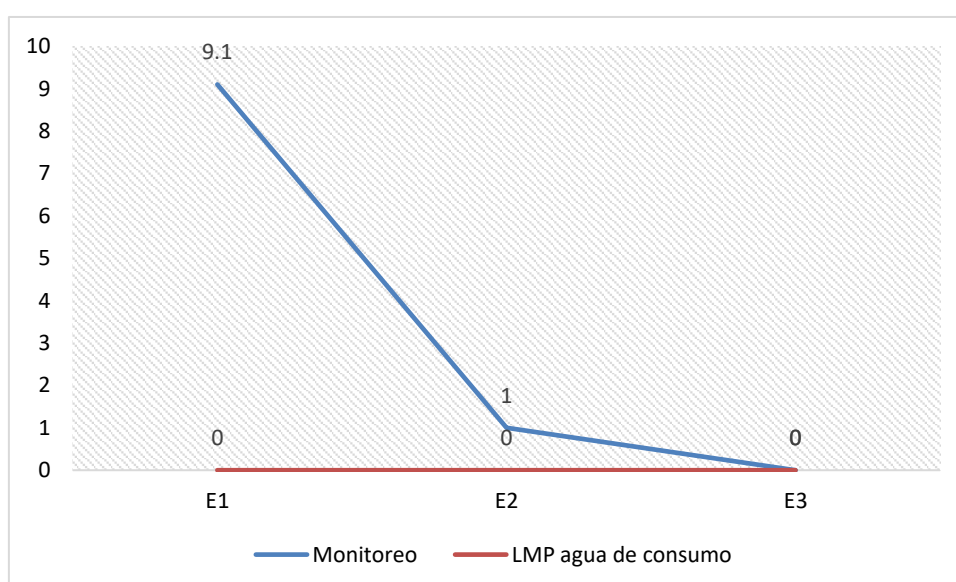
Los coliformes totales son bacterias Gram negativas en forma de bacilos, capaces de fermentar lactosa a temperaturas entre 35 y 37 °C, produciendo ácido y gas (CO₂) en un periodo de 24 horas. Estas bacterias, que incluyen especies como *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*, son aerobias o anaerobias facultativas, no forman esporas, son oxidasas negativas y poseen actividad enzimática β-galactosidasa.

La detección de coliformes totales se realizó mediante la hidrólisis de la lactosa, catalizada por la enzima β-D-galactosidasa, utilizando medios cromogénicos como el Agar Chromocult, diseñado específicamente para identificar y diferenciar estas bacterias.

En el centro poblado de Quicacan, los análisis del agua de consumo humano mostraron concentraciones de coliformes totales de 9.1 NMP/100 ml en los canales de entrada a los sedimentadores de la planta, 1 NMP/100 ml en los tanques de almacenamiento, y 0

NMP/100 ml en las piletas. Estos resultados evidencian la efectividad del proceso de cloración en reducir significativamente la presencia de coliformes, cumpliendo con los estándares establecidos en el DS N° 031-2010-SA.

Figura 28. Resultados del contenido de coliformes totales



B. Coliformes Termotolerantes

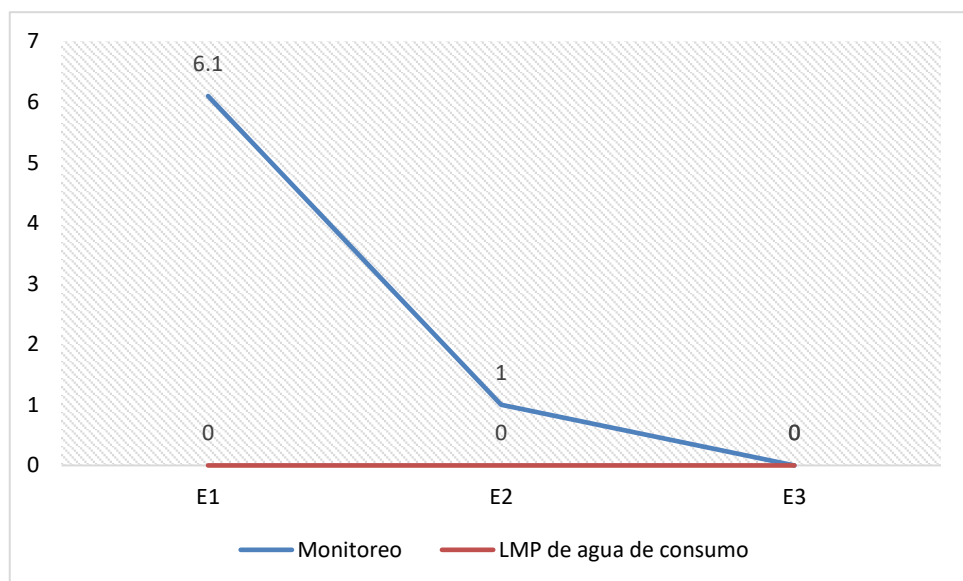
Los coliformes termotolerantes (CTE) son microorganismos capaces de sobrevivir a temperaturas de hasta 45 °C, lo que los convierte en indicadores confiables de la calidad del agua. Este grupo incluye principalmente a *Escherichia coli*, aunque también pueden encontrarse, en menor medida, especies como *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*. Mientras que *E. coli* se asocia típicamente con contaminación fecal, algunas de estas otras especies pueden tener un origen ambiental, como suelos, vegetación o cuerpos de agua, y no siempre están vinculadas al microbiota intestinal.

Por esta razón, algunos especialistas proponen sustituir el término "coliformes fecales" por "coliformes termotolerantes". Estos microorganismos forman parte del grupo de los coliformes totales,

pero se diferencian por su capacidad para crecer a temperaturas elevadas y por ser indoles positivos, características que los hacen indicadores más específicos de contaminación fecal, principalmente de origen humano o animal.

En el centro poblado de Quicacan, los análisis del agua de consumo humano reportaron concentraciones de 6.3 NMP/100 ml de coliformes termotolerantes en los canales de entrada a los sedimentadores de la planta, 1 NMP/100 ml en los tanques de almacenamiento y 0 NMP/100 ml en las piletas. Estos resultados demuestran la efectividad del proceso de cloración en la reducción de coliformes termotolerantes, cumpliendo con los parámetros establecidos en la normativa vigente del DS N° 031-2010-SA.

Figura 29. Resultados del contenido de coliformes termotolerantes



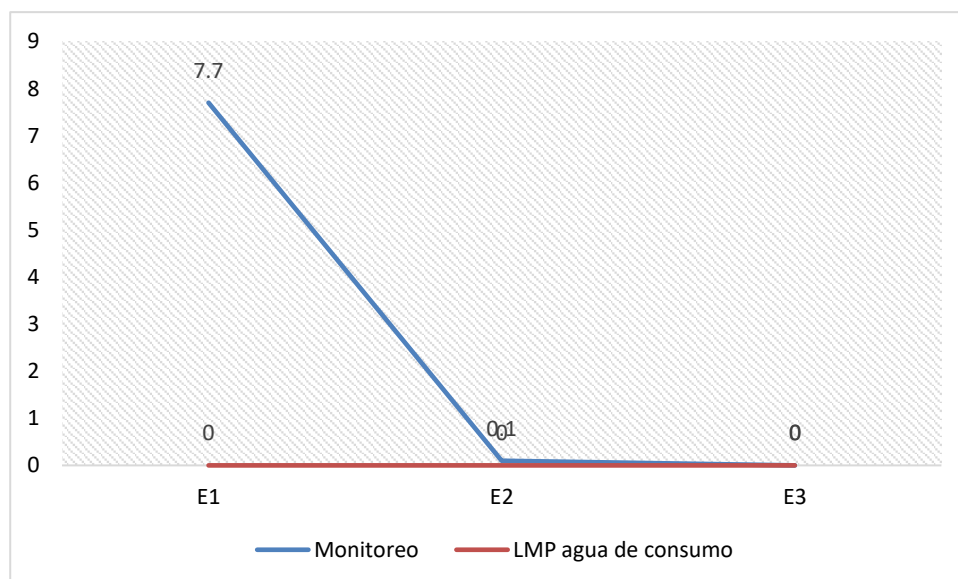
C. Escherichia coli

Escherichia coli es una bacteria perteneciente a la familia Enterobacteriaceae. Es un microorganismo Gram negativo, anaerobio facultativo, y la bacteria anaerobia facultativa más abundante en el intestino de humanos y animales de sangre caliente.

Aunque forma parte de la flora intestinal normal, su presencia en el agua indica contaminación fecal, ya que se excreta en grandes cantidades a través de las heces, en un rango de 10^8 a 10^9 UFC/g. Por esta razón, *E. coli* se utiliza ampliamente como indicador microbiológico de la calidad del agua.

En el centro poblado de Quicacan, los análisis del agua de consumo humano detectaron 7.7 NMP/100 ml de *E. coli* al ingresar a los canales de entrada de los sedimentadores de la planta. En los tanques de almacenamiento, este valor disminuyó significativamente a 0.1 NMP/100 ml, y en las piletas alcanzó 0 NMP/100 ml. Estos resultados evidencian la eficacia del proceso de cloración en la eliminación de *E. coli*, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos en el DS N° 031-2010-SA.

Figura 30. Resultados del contenido de *E. Coli*



4.3. Prueba de hipótesis

Para evaluar la hipótesis planteada, se realizó un análisis exhaustivo de la calidad del agua destinada al consumo humano, considerando los parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos en la población rural del centro

poblado de Quicacan, ubicado en el distrito de Tomay Kichwa y la provincia de Ambo.

Los resultados obtenidos demuestran que el agua cumple con los límites establecidos en el DS N° 031-2010-SA, conforme al reglamento de la calidad del agua para consumo humano. Según este reglamento, el agua es apta para el consumo humano cuando es inocua para la salud y cumple con los límites máximos permisibles (LMP). Estos valores, definidos en los anexos de la normativa, especifican los niveles aceptables para parámetros microbiológicos, organolépticos e inorgánicos.

La conformidad con los LMP se verificó mediante la comparación de los resultados de los análisis con los valores permitidos establecidos en la normativa. Cada parámetro analizado incluyó indicadores específicos que permitieron validar la hipótesis. Esto confirma que el agua evaluada en el centro poblado de Quicacan, es segura para el consumo humano, cumpliendo con los estándares nacionales de calidad.

4.4. Discusión de resultados

El análisis y los resultados de esta tesis se alcanzaron mediante la comparación de los valores obtenidos con los límites máximos permisibles (LMP) para aguas superficiales establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Los parámetros evaluados incluyeron tanto los físico-químicos como los microbiológicos: pH, Conductividad eléctrica, Temperatura, Turbidez, Color, Sólidos totales disueltos (STD), y concentraciones de Cu, Zn, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, Cloruros, Bicarbonato y Dureza. En cuanto a los parámetros microbiológicos, los coliformes totales, termotolerantes y E. coli mostraron concentraciones elevadas antes del tratamiento en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP). Sin embargo, tras el tratamiento, los niveles de estos microorganismos fueron reducidos significativamente, cumpliendo con los LMP establecidos en la normativa.

El análisis de los parámetros organolépticos mostró que el color verdadero y la turbidez del agua no representaban una preocupación, ya que ambos se encontraban dentro de los rangos permitidos por la normativa. El pH se mantuvo dentro de los valores aceptables, mientras que los niveles de desinfectante inorgánico residual mostraron valores adecuados (entre 0.5 mg/L y 5.0 mg/L) después del tratamiento, aunque hubo una ligera disminución debido al aumento del caudal del agua.

Los hallazgos de esta tesis se compararon con estudios previos de otros autores, encontrando coincidencias y diferencias. Por ejemplo, Quintuña y Concepción (2019) observaron que, aunque la mayoría de los parámetros fisicoquímicos cumplían con las normas, los coliformes totales en el agua tratada no cumplían con los estándares de la OMS. Sin embargo, en esta tesis se constató que el agua tratada sí cumplió con los LMP microbiológicos.

En relación con el estudio de Gonzales y otros (2023), que identificaron contaminación debido a actividades agrícolas y ganaderas, esta situación se asemeja a la del centro poblado de Quicacan, donde la captación de agua y la línea de conducción mostraron niveles superiores a los LMP debido a la contaminación por residuos agrícolas. No obstante, el proceso de tratamiento en esta tesis mostró ser eficaz, a diferencia de lo observado por Babanejad y otros (2019) quienes reportaron un proceso de cloración deficiente con concentraciones bajas de compuestos clorados. En el caso del centro poblado de Quicacan, la cloración fue eficiente, aunque algunos puntos presentaron concentraciones cercanas al límite inferior.

Finalmente, los resultados de esta tesis contrastan con los obtenidos por Aguilar y Navarro (2018), quienes concluyeron que el agua no era apta para consumo humano debido a la presencia de coliformes fuera de los límites permitidos. Este estudio también señala una cloración insuficiente, a diferencia de lo encontrado en este trabajo, donde el proceso de cloración demostró ser

efectivo. Asimismo, los hallazgos son consistentes con los de Canseco (2017), quien también encontró que las muestras de agua para consumo humano en Abancay cumplían con los LMP establecidos, pese a las variaciones mínimas en los resultados de laboratorio.

Por lo que puedo concluir, el agua de consumo humano en el centro poblado de Quicacan, cumple con los estándares establecidos por la normativa vigente, con parámetros microbiológicos, físico-químicos y organolépticos dentro de los rangos permitidos, asegurando que el agua es apta para el consumo humano.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta evaluación confirman que el agua en el caserío Quicacan cumple con los parámetros físico-químicos, organolépticos y microbiológicos establecidos en la normativa vigente del DS N° 031-2010-SA. A pesar de algunas concentraciones elevadas de hierro, el tratamiento con cloro ha demostrado ser eficaz en la eliminación de microorganismos patógenos, haciendo que el agua sea apta para el consumo humano

1. Calidad físico - química del agua

Los análisis realizados en el caserío Quicacan revelaron que el agua presenta una ligera alcalinidad, con un rango de pH entre 7.51 y 7.56, cumpliendo con los límites establecidos en el DS N° 031-2010-SA. En cuanto a la conductividad eléctrica, los valores oscilaron entre 173 y 192 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que también se encuentra dentro de los límites permitidos por la normativa. La concentración de sólidos disueltos totales (TDS) se registró en 84 mg/L, lo que está conforme con los estándares establecidos. La temperatura fue de 24.9 °C, un valor relevante para el análisis, aunque no existe un parámetro específico para la temperatura en la normativa vigente. En cuanto a la turbidez, el agua mostró un valor de 1 NTU, lo que indica una buena calidad del agua, ya que el límite recomendado por la OMS es de 5 NTU para agua potable. El color verdadero presentó un valor de 2 UCV, dentro de los rangos aceptables.

2. Metales presentes en el agua

Los análisis de metales revelaron niveles de zinc entre 0.20 y 0.24 mg/L, muy por debajo del límite máximo permitido de 3 mg/L según la normativa. El cobre varió entre 0.13 y 0.28 mg/L, también dentro del límite de 2 mg/L. En cuanto al hierro, los niveles fluctuaron entre 0.42 y 1.45 mg/L, superando el límite máximo permitido de 0.3 mg/L, lo que indica una concentración elevada de este metal en el agua. Por otro lado, los niveles de manganeso fueron de 0.01 a 0.06 mg/L, muy por debajo del límite de 0.4 mg/L. El magnesio osciló entre 11.68 y 12.48 mg/L, y aunque está

lejos de superar el límite de 200 mg/L, no existe un límite específico establecido para este parámetro en la normativa vigente.

3. Características de los cationes:

En cuanto a los niveles de sodio, estos fueron bajos, con un rango de 3.6600 a 3.8887 mg/L, lo que hace que el agua sea apta para el consumo humano. El potasio, que no se disuelve fácilmente en sus diversas formas, mostró concentraciones entre 3.43 y 7.18 mg/L, también dentro de niveles bajos. Los cloruros se encontraron entre 41.8712 y 41.8714 mg/L, muy por debajo del límite máximo de 250 mg/L. Además, los niveles de magnesio se mantuvieron entre 0.719 mg/L, indicando que su concentración es baja, aunque no existe un límite máximo permisible (LMP) establecido.

4. Dureza del agua:

Los niveles de dureza en el agua de Quicacan oscilaron entre 62.0202 y 65.9010 mg/L, lo cual es significativamente inferior al límite máximo permitido de 500 mg/L. Esto indica que el agua tiene una dureza baja, lo que es adecuado para el consumo humano y para el uso en electrodomésticos, evitando la acumulación de sarro.

5. Contaminación microbiológica y eficacia del tratamiento:

En cuanto a los parámetros microbiológicos, los resultados mostraron que los coliformes totales en el agua al ingresar a los canales de entrada a la planta de tratamiento fueron de 9.1 NMP/100ml. Sin embargo, tras el tratamiento con cloro, los niveles disminuyeron a 1 NMP/100ml en los tanques de almacenamiento y a 0 NMP/100ml en las piletas, lo que indica la efectividad del proceso de cloración en la eliminación de estos microorganismos, cumpliendo con los estándares establecidos por la normativa vigente.

Los niveles de coliformes termotolerantes fueron de 6.3 NMP/100ml en el agua al llegar a los sedimentadores, reduciéndose a 1 NMP/100ml en los tanques de almacenamiento y a 0 NMP/100ml en las piletas. Esto refleja la eficiencia del

tratamiento en la eliminación de estos microorganismos, cumpliendo con los requisitos del DS N° 031-2010-SA.

En cuanto a la presencia de *E. coli*, se observó una concentración de 7.7 NMP/100ml al ingresar a los sedimentadores de la planta, pero los niveles fueron reducidos a 0.1 NMP/100ml en los tanques de almacenamiento y 0 NMP/100ml en las piletas, demostrando una completa eliminación de esta bacteria y cumpliendo con los estándares microbiológicos.

RECOMENDACIONES

1. Establecer programas de vigilancia y control de la calidad del agua en el caserío Quicacan, para prevenir la contaminación antes de su captación, con la participación de la Municipalidad, el Gobierno Regional, DIGESA, Redes de Salud y el Ministerio de Vivienda.
2. Monitorear los puntos críticos del sistema de abastecimiento de agua potable para evitar infiltraciones de contaminantes en las tuberías y estructuras deterioradas; realizar regularmente la limpieza y desinfección de todos los componentes del sistema de agua en el caserío Retamayoc.
3. Divulgar los hallazgos de esta investigación a la comunidad del caserío Quicacan, para que puedan exigir a las autoridades de salud y otras instituciones la mejora en el tratamiento del agua que llega a sus hogares.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvarez, A. (1991). Salud Pública y medicina preventiva. Mexico.
- APHA, WPCF, & AWWA:. (1995). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Madrid: Editorial Díaz de Santos, S.A.
- Aznar, A. (2000). Determinación de los parámetros Físico-químicos de calidad de las aguas. Universidad Carlos III.
- Blanco Coaquira, M. (2018). *Estudio de la calidad de agua potable para consumo humano en el distrito de Cabanillas, provincia San Román, Departamento de Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- CARBAJAL A, G. M. (2003). Funciones biológicas del agua en relacion con sus características físicas y químicas. En : Agua. El arte del buen comer. pp:249 - 256. Academia española de gastronomía. Barcelona.
- Carbajal Azcanoa, Á., & Gonzalez Fernandez, M. (2012). Propiedades y funciones biológicas del agua. En Vaquero, & Toxqui, *Agua para la salud, pasado, presente y futuro* (págs. 33-45). Madrid: CSTC.
- Cava Suárez, T., & Ramos Arévalo, F. d. (2016). *Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo: Lambayeque.
- Cisneros Rosazza, R. F. (2019). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en comas (lima), Quispicanchi (Cusco) y Coronel Portillo (Ucayali) durante el 2017*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Cova, V. (2018). *Físico-química biológica*. Santa Fe de la Vera Cruz: Universidad Nacional del Litoral.
- Erdal, U., Erdal, Z., & Randall, C. (2003). A thermal adaptation of bacteria to cold temperatures in an enhanced biological phosphorus removal system. Water Sci. Technol. *Water Science Technology*, 47(11), 123-128.

- Espinosa, T. M., & González, V. (2009). Factibilidad de la implementación de desinfección por ozono para la potabilización del agua en la planta de tratamiento potabilizadora Dr. Alejo Zuloaga de la ciudad de Valencia, estado Carabobo. Venezuela. *Revista Ingenieria UC*, 51-57.
- Fawell, J., & Nieuwenhuijsen, M. J. (2003). Contaminantes en el agua potable: contaminación ambiental y salud. *British Medical Bulletin* , 199–208.
- García, A. (2012). Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica. *IAH*, 26-34.
- Gonzales Saenz, W., Acharte Lume, L. M., Poma Palacios, J. C., Sánchez Araujo, V. G., & Quispe Coica, F. A. (2023). Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en seis comunidades rurales altoandinas de Huancavelica-Perú. *Journal of High Andean Research*, 23-31.
- González Leal, G. R. (2012). *Microbiología del Agua conceptos y aplicaciones (primera ed.)*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería Jario Garavito.
- Hicham, G., Mustapha, A., Mourad, B., Abdelmajid, M., Ali, S., & Yassine, E. Y. (2022). Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de la llanura del Kert, al noreste de Marruecos. *Energ Water* , 133–147.
- Laura, E. (2009). Control de calidad de los alimentos. Puno.: U. N. Altiplano.
- Loucif, K., Neffar, S., Menasria, T., Cherif Maazi, M., & ouhamdi, M. (2020). Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de la calidad de las aguas superficiales del lago Tonga en Argelia. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 393-406.
- Mejía Taboada, L. M., Zelada Herrera, M. E., Torres García, L. A., & Cuse Quispe, J. (2019). Análisis microbiológico del agua para consumo humano de la población del centro poblado Pachapiriana, distrito de Chontalí, Provincia de Jaén. *Ciencias Naturales e Ingenieria*, 66-69.

- Minaverri, C. (2014). Análisis Jurídico Sobre la Calidad del Servicio del Agua en Buenos Aires. *Revista Ambiente & Água*. 9 (1), 173-183.
- MINSA. (2015). DS 160-2015-DIGESA se aplica el Protocolo de Procedimientos para la toma de muestras, Preservación, Conservación, Transporte Almacenamiento y Recepción de agua para Consumo Humano". 1-23.
- Montoya, C., Loaiza, D., Torres, P., Cruz, C., & Escobar, J. (2011). Efecto del incremento en la turbiedad del agua cruda sobre la eficiencia de procesos convencionales de potabilización. Medellín, Colombia. *Revista EIA*, 137-148.
- OMS. (2006). Agua, saneamiento y salud: Enfermedades. Recuperado el 20 de Agosto de 2018, de Agua, saneamiento y salud: Enfermedades. http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/diseasefact/es/index.html.
- OMS. (2009). Medición del cloro residual en el agua. Guía técnica. 11. *Organización Mundial de la Salud*, <http://www.disaster-info.net/Agua/pdf/11-CloroResidual.pdf>.
- Pantelić, N. Đ., Dramićanin, A. M., Milovanović, D. B., Popović-Đorđević, J., & Kostić, A. Z. (2017). Evaluación de la calidad del agua potable en el distrito de Rasina, Serbia: punto de vista fisicoquímico y bacteriológico . *Faculty of Chemistry Repository - Cherry*, 1-16.
- Petro Niebles, A. K., & Wees Martínez, T. D. (2014). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del municipio de Turbaco–Bolívar, Caribe Colombiano*. Cartagena de Indias: Universidad Tecnológica de Bolívar.
- Ramos Pérez, C. J. (2011). *Presencia de coliformes totales y fecales en el agua del río Matlacobalt, Xico, México*. México: Universidad Veracruzana.
- Rodas, A., & Abner, M. (2010). *Evaluación de la calidad fisicoquímica, bacteriológica y medición del caudal en agua de pozos para consumo humano, del casco urbano del municipio de Chiquimula*. Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Rojas Osorio, L. F. (2018). *Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de agua de consumo humano del centro poblado de San Marcos, distrito de chontabamba, provincia de Oxapampa*. Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion.
- Rojas, R. (2002). *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*. Lima: CEPIS/OPS. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Roldán Estrada, A. M. (2006). *Determinación de la calidad físico- química y bacteriológica del agua para consumo humano que se distribuye a la población del municipio de Guazacapán, Santa Rosa. Tesis en química bióloga. Universidad de San Carlos de Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ros Moreno, A. (2011). El agua, calidad y contaminación (1/2). *Mailxmail*.
- Sánchez, A., Cohim, E., & Kalid, R. (2015). Revisión de la contaminación fisicoquímica y microbiológica del agua de lluvia recogida en tejados de zonas urbanas. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, 119-137.
- Severiche Sierra, C. A., Castillo Berte, M. E., & Acevedo Barrios, R. L. (2013). *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas*. Cartagena de Indias: Editado por la Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso para eumed.net.
- Trujillo, D., Duque, L., Arcila, J. S., Rincón, A., Pacheco, S., & Herrera Adarme, O. (2014). Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano. Manizales, Colombia. *Revista ION*, 17-34.

ANEXOS

Instrumentos de Recolección de Datos



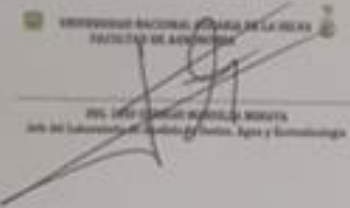
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología
Calle del Control Km 1.31 - Pango Muro - Celular 94407333
laboratorioanalisis@gmail.com



ANÁLISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: GILMER SAMUEL HINOSTROZA PINEDA							PROCEDENCIA: JARISHCURAN ARMATANGA - TOMAY-KUCHWA - AMBO - HUANUCO										
DATOS DE LA MUESTRA				RESULTADOS													
Código	Referencia	PH	CE uS/cm	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES SDT ppm	T° °C	POTENCIAL OXIDO REDUCCION mV	Cu TOTAL ppm	Fe TOTAL ppm	Zn TOTAL ppm	Mn TOTAL ppm	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	CLORUROS ppm	BICARBONATO mg HCO ₃	DUREZA ppm CaCO ₃
ED198A-1	zona alta de la población	7.81	192	84	24.9	345	0.2782	2.5629	0.2421	0.0140	11.8788	9.6542	3.6629	7.1835	41.8754	0.7192	62.0292
ED198A-2	zona intermedia de la población	7.55	179	88	24.9	346	0.2223	0.4878	0.2003	0.0635	12.4754	10.2582	3.8887	3.4358	41.8732	0.7194	62.0214
ED198A-3	zona baja de la población	7.56	172	86	24.9	340	0.3764	1.2546	0.3219	0.0287	12.4154	10.2547	3.6662	6.9578	41.8712	0.7290	65.9810

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 RECIBO N° 25776
 Pango Muro 23 de octubre del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

ING. GILMER SAMUEL HINOSTROZA PINEDA
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología





PERÚ

Ministerio
de Salud

Dirección Regional
de Salud Huánuco

Laboratorio
Referencial
Bacteriológico

GILMER HINOSTROZA PINEDO



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo."

LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE AGUAS

REG.: 119 - 2023- LMAA-LRRSP- HCO

SOLICITANTE : GILMER HINOSTROZA PINEDO
DISTRITO : TOMAYKICHUA - QUICACAN
PROVINCIA : AMBO
DEPARTAMENTO : HUANUCO

FECHA DE MUESTREO: 13-10-23 HORA 09:00 a.m. FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 13-10-23 HORA: 15:40 pm. MUESTRA TOMADA: INTERESADO
MUESTRA PRESERVADA SI (X) NO ()

RESULTADOS

MICROREDES Y ESTABLECIMIENTOS	PUNTOS DE MUESTREO	FUENTE	N°. DE MUESTRA	ENSAYOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS						ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS			
				Cond. (umho/cm)	Sol. T. mg/l	Turb. UNT	Color UCV	PH	Cl	Coli. T. NMP/100ml	Coliformes Termotolerantes. NMP/100ml	E.coli NMP/100ml	Bact. Heterot. UFC/ml
ARMATANGA - JARISHCUNAN	CAPTACION	SUBTERRANEO	157	398	199	1	2	7,8	-	9,1	6,1	7,7	-
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES ECA D.S. N° 004-2017-MINAM				1500	1000	5	15	6,5-8,5	**	50	20	0	**

MUESTRA AGOTADA EN LOS ENSAYOS.

Microorganismo	Método de Ensayo
Coliforme Fecal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 23 ^{Ed} 2017 Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group.fecal coliform procedure.
BacteriHeterotróficas	Método de placa fluida. APHA AWWA WEF. Part 9215 B. 21th Ed. 2005.
Escherichia coli	SMEWW-APHA AWWA-WEF Part.9221 f1 23 ^{Ed} Ed. 2017. Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group.

Huánuco, 19 de octubre de 2023


DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD HUANUCO
LABORATORIO REFERENCIAL BACTERIOLÓGICO
Ing. María Regina Córdova Alvarado
CNP 4543
Unidad de Microbiología de Aguas y Alimentos