UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
repositorio.upsc.edu.pe

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL SECTOR HUARAMAYA, CENTRO POBLADO DE THUNUHUAYA, DISTRITO DE ACORA - 2025

PRESENTADA POR:

JOEL FREDY FLORES CONDORI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2026

Repositorio Institucional ALCIRA by Universidad Privada San Carlos is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

PLAGIARISM CHECK.ORG

6.32%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 4 JAN 2026, 5:52 PM

Originality & Authorship Report

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

IDENTICAL 1.13%

CHANGED TEXT 5.19%

Report #30873381

JOEL FREDY FLORES CONDORI // CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMA NO DEL SECTOR HUARAMAYA, CENTRO POBLADO DE THUNUHUAYA, DISTRITO DE ACORA - 2025 RESUMEN El presente estudio tuvo como objetivo determinar la calidad del agua para consumo humano en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, distrito de Acora (Puno), evaluando parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos conforme al D. 34 S. N.° 031-2010-SA. 34 La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, diseño descriptivo - transversal y muestreo no probabilístico por conveniencia; en cuatro puntos representativos del sistema de abastecimiento: manantial, reservorio, primera vivienda y última vivienda, siguiendo los protocolos de muestreo DIGESA (R.D. N.° 160-2015-DIGESA-S.A.). Los resultados revelaron que el componente más crítico fue el microbiológico, los coliformes totales registraron valores entre 3 y 10 NMP/100 mL en los cuatro puntos evaluados, superando el valor permitido, mientras que los coliformes termotolerantes se mantuvieron <3 NMP/ 100 mL. Estos resultados demuestran la presencia de contaminación microbiológica, por lo tanto un riesgo sanitario para la población. En contraste, todos los parámetros organolépticos se mantuvieron dentro de los límites normativos: la turbidez (2.5 y 4.0 NTU); el pH (7.93 y 8.09); la CE (0.34 y 0.36 mS/cm); y los TDS

Yudy Roxana ALANIA LAQUI
Oficina de Repositorio Institucional

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
repositorio.upsc.edu.pe

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL SECTOR HUARAMAYA, CENTRO POBLADO DE THUNUHUAYA, DISTRITO DE ACORA - 2025

PRESENTADA POR:

JOEL FREDY FLORES CONDORI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE : _____
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO : _____
Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

SEGUNDO MIEMBRO : _____
M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

ASESOR DE TESIS : _____
Mg. LUIS ALBERTH ROSSEL BERNEDO

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 06 de enero del 2026.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, desde lo más profundo de mi corazón, a mi **Señor Jesucristo**. Sin Él no habría propósito de vivir. Todo sería vano. ¡A ti! Mi Amado Salvador te agradezco todo lo que tengo y lo que soy. Gloria a Dios.

A mis padres y hermanos, que son mi fortaleza y guía. Mi familia, mi más grande tesoro.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Privada San Carlos**, por haberme brindado una formación profesional integral, basada en valores, conocimientos y compromiso social; por su constante dedicación a la excelencia académica y por ofrecer una enseñanza de calidad.

A los **miembros del jurado** calificador, por su valiosa participación en la evaluación de este trabajo de investigación. Sus observaciones, comentarios, sugerencias y aportes han sido fundamentales para mejorar la calidad científica y técnica del presente estudio.

A mi **asesor de tesis** por su permanente apoyo, orientación y compromiso durante el desarrollo de esta investigación. Su experiencia, paciencia y guía académica fueron esenciales para la culminación satisfactoria de este proyecto.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA 1

AGRADECIMIENTOS 2

ÍNDICE GENERAL 3

ÍNDICE DE TABLAS 8

ÍNDICE DE FIGURAS 9

ÍNDICE DE ANEXOS 11

RESUMEN 12

ABSTRACT 13

INTRODUCCIÓN 14

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 16

1.1.1. PROBLEMA GENERAL 17

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS 17

1.2. ANTECEDENTES 18

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES 18

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES 19

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES 21

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 25

1.3.1. OBJETIVO GENERAL 25

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 25

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

2.1. MARCO TEÓRICO **27**

2.1.1. AGUA 27

2.1.2. FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA 27

2.1.3. CALIDAD DEL AGUA 28

2.1.4. CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO 29

2.1.5. IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SALUD PÚBLICA 30

2.1.6. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO 30

2.1.7. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA 31

2.1.8. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS 32

2.1.9. PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS 33

2.1.10. PARÁMETROS QUÍMICOS 36

2.1.11. PARAMETROS QUIMICOS - INORGANICOS 36

2.1.12. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP) 39

2.2. MARCO CONCEPTUAL **39**

2.2.1. AGUA POTABLE 39

2.2.2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA 39

2.2.3. INOCUIDAD MICROBIOLÓGICA 40

2.2.4. RIESGO SANITARIO 40

2.2.5. CAPTACIÓN DE AGUA 40

2.2.6. TRATAMIENTO DEL AGUA 40

2.2.7. CLORACIÓN 41

2.2.8. CLORO RESIDUAL 41

2.2.9. SALUD PÚBLICA 41

2.2.10. METAHEMOGLOBINEMIA 41

2.2.11. RIESGO EPIDEMIOLÓGICO 41

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

2.2.12. DIGESA 42

2.2.13. OMS 42

2.2.14. PROTOCOLO DE MUESTREO 42

2.2.15. VIGILANCIA SANITARIA 42

2.3. MARCO NORMATIVO 43

2.3.1. ARTÍCULO 66° - CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL PERÚ DE 1993 43

2.3.2. LEY Nº 28611 - LEY GENERAL DEL AMBIENTE 43

2.3.3. LEY N° 29338 - LEY DE RECURSOS HÍDRICOS 43

2.3.4. LEY N° 26842 - LEY GENERAL DE SALUD 43

2.3.5. D.S. Nº 031- 2010- SA. - REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO 44

2.3.6. R.D. N° 160-2015-DIGESA-S.A. - PROTOCOLO DE PROCEDIMIENTOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS, PRESERVACIÓN, CONSERVACIÓN, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y RECEPCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. 44

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 45

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL 45

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS 45

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO 46

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA 48

3.2.1. POBLACIÓN 48

3.2.2. MUESTRA 48

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS 50

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN 50

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN 50

3.3.3. MÉTODO 50

3.3.4. MATERIALES A UTILIZAR 50

3.3.5. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO 51

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES 57

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO 60

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, EN EL SECTOR HUARAMAYA DEL CENTRO POBLADO DE THUNUHUAYA 61

4.1.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS Y COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL 63

4.2. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA SEGÚN PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS 64

4.2.1. COLIFORMES TOTALES 64

4.1.2. COLIFORMES TERMOTOLERANTES O FECALES 69

4.2.3. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS Y COMPROBACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 71

4.3. ANÁLISIS LA CALIDAD DEL AGUA SEGÚN PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS 73

4.3.1. TURBIEDAD 73

4.3.2. PH 76

4.3.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) 79

4.3.4. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS 81

4.3.5. CLORUROS 85

4.3.6. SULFATOS 88

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

4.3.7. DUREZA TOTAL 91

4.3.8. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS Y COMPROBACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 94

4.4. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA, SEGÚN PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS 95

4.4.1. ARSÉNICO 95

4.4.2. CADMIO 97

4.4.3. CROMO TOTAL 100

4.4.4. MERCURIO 103

4.4.5. NITRATOS 105

4.4.6. PLOMO 108

4.4.7. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS Y COMPROBACIÓN DE LA TERCERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 111

4.5. COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, SEGÚN PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS, ORGANOLÉPTICOS Y QUÍMICOS INORGÁNICOS, ENTRE LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO DEL SECTOR HUARAMAYA DEL CENTRO POBLADO DE THUNUHUAYA 112

4.5.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS Y COMPROBACIÓN DE LA CUARTA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 115

4.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 117

CONCLUSIONES 120

RECOMENDACIONES 122

BIBLIOGRAFÍA 124

ANEXOS 133

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 01: Coordenadas UTM de los puntos de muestreo. 49

Tabla 02: Listado de materiales 50

Tabla 03: Operacionalización de variables 58

Tabla 04: Valores obtenidos del análisis microbiológico para Coliformes totales 64

Tabla 05: Valores obtenidos del análisis microbiológico para coliformes termotolerantes 69

Tabla 06: Valores obtenidos del análisis organoléptico para turbiedad 73

Tabla 07: Valores obtenidos del análisis organoléptico para pH 76

Tabla 08: Valores obtenidos del análisis organoléptico para CE 79

Tabla 09: Valores obtenidos del análisis organoléptico para sólidos totales disueltos 81

Tabla 10: Valores obtenidos del análisis organoléptico para Cloruros 85

Tabla 11: Valores obtenidos del análisis organoléptico para Sulfatos 88

Tabla 12: Valores obtenidos del análisis organoléptico para Dureza Total 91

Tabla 13: Arsénico - Valores obtenidos del análisis a parámetros Químicos Inorgánicos 95

Tabla 14: Cadmio - Valores obtenidos del análisis a parámetros Químicos Inorgánicos 97

Tabla 15: Cromo total - Valores obtenidos del análisis a parámetros Químicos Inorgánicos 100

Tabla 16: Mercurio - Valores obtenidos del análisis a parámetros Químicos Inorgánicos 103

Tabla 17: Nitratos - Valores obtenidos del análisis a parámetros Químicos Inorgánicos 105

Tabla 18: Plomo - Valores obtenidos del análisis a parámetros Químicos Inorgánicos 108

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 01: Ubicación del Distrito de Acora, en el departamento de Puno. 47

Figura 02: Ubicación del sector Huaramaya, del centro poblado de Thunuhuaya. 47

Figura 03: Puntos de muestreo en la red de abastecimiento de agua. 49

Figura 04: Variación de los coliformes totales entre los diferentes puntos de muestreo. 66

Figura 05: Variación de los coliformes termotolerantes entre los diferentes puntos de muestreo. 71

Figura 06: Variación de la turbidez entre los diferentes puntos de muestreo. 75

Figura 07: Variación del pH entre los diferentes puntos de muestreo. 78

Figura 08: Comparación de la CE de los diferentes puntos de muestreo y los LMP. 80

Figura 09: Variación de la CE entre los diferentes puntos de muestreo. 81

Figura 10: Comparación de los Sólidos Disueltos Totales de los diferentes puntos de muestreo y el LMP. 83

Figura 11: Variación de los Sólidos Disueltos Totales entre los diferentes puntos de muestreo. 84

Figura 12: Comparación de los Cloruros de los diferentes puntos de muestreo y el LMP. 87

Figura 13: Variación de los Cloruros entre los diferentes puntos de muestreo. 87

Figura 14: Variación de los Sulfatos entre los diferentes puntos de muestreo. 90

Figura 15: Comparación de la Dureza total de los diferentes puntos de muestreo. 93

Figura 16: Variación de la Dureza total entre los diferentes puntos de muestreo. 93

Figura 17: Variación del Arsénico entre los diferentes puntos de muestreo. 97

Figura 18: Variación del Cadmio entre los diferentes puntos de muestreo. 99

Figura 19: Comparación del Cromo de los diferentes puntos de muestreo y el LMP. 101

Figura 20: Variación del Cromo entre los diferentes puntos de muestreo. 102

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Figura 21: Variación del Mercurio entre los diferentes puntos de muestreo. 104

Figura 22: Comparación de los Nitratos de los diferentes puntos de muestreo y el LMP. 107

Figura 23: Variación de los Nitratos entre los diferentes puntos de muestreo. 108

Figura 24: Variación del Plomo entre los diferentes puntos de muestreo 110

Figura 25: Punto de partida para muestreo de agua - Parcialidad Huaramaya 141

Figura 26: Punto 01 - Manantial 142

Figura 27: Toma de muestra de agua en el Manantial - Punto 01 143

Figura 28: Toma de muestra de agua en el Reservorio - Punto 02 144

Figura 29: Muestras de agua obtenidas del Punto 02 145

Figura 30: Toma de muestra de agua en la primera vivienda - Punto 03 146

Figura 31: Rotulado de la muestra de agua en el Punto 03 147

Figura 32: Toma de muestra de agua en la última vivienda - Punto 04 148

Figura 33: Preservación de muestras de agua, para su traslado a laboratorio 149

Figura 34: Entrega de muestras de agua a laboratorio, para análisis organoléptico y químico inorgánico 150

Figura 35: Entrega de muestras de agua a laboratorio, para análisis microbiológico 151

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

Anexo 01: Matriz de consistencia 134

Anexo 02: Resultados de análisis en laboratorio (Microbiológico; Organoléptico y Químico inorgánico) 135

Anexo 03: Límites máximos permisibles (LMP) D.S. Nº 031- 2010- SA. - Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano; para los parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos. 136

Anexo 04: Ficha de datos de campo 139

Anexo 05: Rótulo de identificación de muestra 140

Anexo 06: Panel fotográfico 141

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la calidad del agua para consumo humano en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, distrito de Acora (Puno), evaluando parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos conforme al D.S. N.º 031-2010-SA. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, diseño descriptivo - transversal y muestreo no probabilístico por conveniencia; en cuatro puntos representativos del sistema de abastecimiento: manantial, reservorio, primera vivienda y última vivienda, siguiendo los protocolos de muestreo de la R.D. N.º 160-2015-DIGESA-S.A.; Los resultados revelaron que el componente más crítico fue el microbiológico, los coliformes totales registraron valores entre 3 y 10 NMP/100 mL en los cuatro puntos evaluados, superando el valor permitido, mientras que los coliformes termotolerantes se mantuvieron <3 NMP/100 mL. Estos resultados demuestran la presencia de contaminación microbiológica, por lo tanto un riesgo sanitario para la población. En contraste, todos los parámetros organolépticos se mantuvieron dentro de los límites normativos: la turbidez (2.5 y 4.0 NTU); el pH (7.93 y 8.09); la CE (0.34 y 0.36 mS/cm); y los TDS alcanzaron 180 mg/L. Asimismo, los parámetros químicos inorgánicos como arsénico: 0.005 - 0.010 mg/L; cadmio: 0.0003 - 0.0010 mg/L; cromo total: 0.005 - 0.015 mg/L; mercurio: <0.0001 mg/L; plomo: 0.0015 - 0.005 mg/L; nitratos: 0.03 - 0.09 mg/L, mostraron concentraciones muy por debajo de los límites máximos permisibles. Conclusión los datos evidencian que, aunque la calidad organoléptica y química cumple con la normativa sanitaria, la calidad microbiológica del agua no es apta para consumo humano.

Palabras clave: Calidad del agua; Consumo humano; Coliformes totales; LMP.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

ABSTRACT

The present study aimed to determine the quality of drinking water in the Huaramaya Sector of the Thunuhuaya Population Center, Acora district (Puno), by evaluating microbiological, organoleptic, and inorganic chemical parameters in accordance with Supreme Decree No. 031-2010-SA. The research was conducted using a quantitative approach, a descriptive–cross-sectional design, and non-probabilistic convenience sampling at four representative points of the water supply system: spring, reservoir, first household, and last household, following the DIGESA sampling protocols (R.D. No. 160-2015-DIGESA-S.A.). The results revealed that the most critical component was the microbiological one: total coliforms ranged from 3 to 10 MPN/100 mL at the four sampling points, exceeding the permissible value, while thermotolerant coliforms remained below <3 MPN/100 mL. These findings indicate the presence of microbiological contamination and therefore a sanitary risk for the population. In contrast, all organoleptic parameters remained within regulatory limits: turbidity (2.5-4.0 NTU); pH (7.93-8.09); electrical conductivity (0.34-0.36 mS/cm); and total dissolved solids reached 180 mg/L. Likewise, inorganic chemical parameters such as arsenic: 0.005-0.010 mg/L; cadmium: 0.0003-0.0010 mg/L; total chromium: 0.005-0.015 mg/L; mercury: <0.0001 mg/L; lead: 0.0015-0.005 mg/L; nitrates: 0.03-0.09 mg/L, showed concentrations well below the maximum permissible limits. In conclusion, the data show that although the organoleptic and chemical quality meets sanitary regulations, the microbiological quality of the water is not suitable for human consumption.

Keywords: Water quality; Human consumption; Total coliforms; Maximum Permissible Limits (MPL).

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

INTRODUCCIÓN

El acceso al agua segura para consumo humano constituye uno de los retos más urgentes del siglo XXI, especialmente en comunidades rurales donde persisten brechas en infraestructura sanitaria, tratamiento del recurso y vigilancia de su calidad. En el Perú, aunque la normativa vigente reconoce el agua potable como un derecho fundamental, aún existen zonas donde las fuentes de abastecimiento presentan riesgos asociados a contaminación microbiológica, presencia de minerales en concentraciones elevadas o deficiencias en los sistemas de tratamiento. Este es el caso del Sector Huaramaya, ubicado en el Centro Poblado de Thunuhuaya, distrito de Acora, donde no se cuenta con información actualizada que permita determinar si el agua que consume la población cumple con los Límites Máximos Permisibles establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N.º 031-2010-SA).

Los antecedentes revisados evidencian que diversos estudios nacionales, internacionales y locales han identificado problemas similares en comunidades rurales: contaminación microbiológica recurrente, variaciones en parámetros físico-químicos, ausencia de cloro residual y presencia de metales o compuestos inorgánicos que superan los estándares permitidos. Estas investigaciones muestran que, incluso cuando el agua presenta apariencia aceptable, puede no ser apta para consumo debido a la presencia de coliformes, sulfatos, metales o alteraciones organolépticas. Los estudios realizados en Puno, Huancavelica, Cajamarca, Áncash y otras regiones permiten comprender que la problemática es frecuente y requiere evaluaciones específicas para cada sector. En este contexto, la presente investigación se sustenta en la necesidad de generar evidencia científica sobre la calidad del agua que consume la población de Huaramaya.

Considerando esta problemática y los vacíos de información diagnosticada en el sector, se planteó la hipótesis general de que el agua destinada al consumo humano en el Sector Huaramaya no es apta, debido a que podría presentar alteraciones en parámetros

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

microbiológicos, organolépticos o químicos inorgánicos. De manera específica, se plantearon hipótesis orientadas a verificar si el agua excede los límites permisibles en cada uno de estos grupos de parámetros, así como si existen diferencias significativas entre los distintos puntos de muestreo.

El desarrollo de esta tesis se estructura en cuatro capítulos principales. El **Capítulo I** expone el **planteamiento del problema**, los **antecedentes** y los **objetivos** de la investigación. El **Capítulo II** presenta el **marco teórico y conceptual** fundamentado en autores nacionales e internacionales, además de la normativa vigente aplicable a la calidad del agua para consumo humano; así mismo la **hipótesis** general y específicas, El **Capítulo III** describe la **metodología** empleada, detallando el tipo y diseño de estudio, la zona de investigación, el muestreo, los procedimientos analíticos y la operacionalización de las variables. Finalmente, el **Capítulo IV** muestra la **exposición, análisis e interpretación de los resultados** obtenidos, comparándolos con los Límites Máximos Permisibles establecidos por la normativa sanitaria, permitiendo así determinar si el agua consumida en el Sector Huaramaya es apta o no para el consumo humano.

En conjunto, esta investigación aporta información técnica imprescindible para la toma de decisiones de las autoridades locales y regionales, y busca contribuir a la mejora de las condiciones de salud y calidad de vida de la población del Sector Huaramaya.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La escasez y la contaminación del agua potable constituyen uno de los problemas más críticos del siglo XXI. Según la OMS y UNICEF (2021), miles de millones de personas aún carecen de acceso a servicios de agua gestionados de manera segura, lo que genera enfermedades de origen hídrico. En respuesta, la Agenda 2030 establece la meta de garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua (Naciones Unidas, 2015).

En nuestro país, el acceso al agua potable de calidad constituye un derecho fundamental reconocido por la normativa peruana; sin embargo, su cumplimiento aún enfrenta notorias brechas, especialmente en las zonas rurales y en las comunidades de la sierra. Siendo imperativo regular, supervisar y garantizar que el agua destinada al consumo humano cumpla con las condiciones adecuadas para preservar la salud de la población (DIGESA, 2011). A pesar de los avances en cobertura, un porcentaje considerable de la población rural aún no cuenta con servicios de agua potable gestionados de forma segura, o en muchos casos, el agua que reciben no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) ni con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos para consumo humano según el (INEI, 2020).

El sector Huaramaya, perteneciente al Centro Poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora; en la región de Puno, es una comunidad rural que, al igual que muchas otras en el

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

altiplano, podría enfrentar desafíos específicos en relación con el acceso y la calidad del agua para consumo humano. Las fuentes de abastecimiento de agua en estas zonas suelen provenir de manantiales, ríos o pozos, que son susceptibles a la contaminación por diversas fuentes, como actividades agrícolas y pecuarias (fertilizantes, pesticidas, residuos animales), descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento, y la geología propia de la zona que puede liberar metales pesados o minerales perjudiciales. Esta situación representa un riesgo directo para la salud de los habitantes de Huaramaya, especialmente para niños y adultos mayores, quienes son más vulnerables a enfermedades gastrointestinales y otras afecciones relacionadas con el consumo de agua contaminada. Existe una incertidumbre sobre si el agua que consumen los pobladores de Huaramaya cumple con los parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos establecidos por la normativa, lo que justifica la necesidad imperante de investigar y determinar la calidad actual del agua para consumo humano en este sector específico.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano, en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, Distrito de Acora, 2025?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano, según parámetros microbiológicos en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, Distrito de Acora, 2025?
- ¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano, según parámetros organolépticos en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, Distrito de Acora, 2025?
- ¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano, según parámetros químicos inorgánicos en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya; Distrito de

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Acora; 2025?.

- ¿Existen diferencias significativas en la calidad del agua para consumo humano, en cuanto a los parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos, entre los diferentes puntos de muestreo del Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora; 2025?.

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Sánchez et al. (2022), analizaron la calidad del agua para consumo humano en las comunidades de Carmen Pampa y Chovacollo, en Coroico (Bolivia), evaluando parámetros físico-químicos y microbiológicos, tomando muestras en la captación, el tanque y el grifo, midiendo pH, conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), turbidez y coliformes fecales (E. coli). El pH varió entre 6.78 y 7.57, la CE entre 27.5 y 28.27 µS/cm, con un máximo de 43.06 µS/cm en el tanque de Chovacollo; el OD se registró entre 98.7 % y 104.3 %, y la turbidez de 0.14 a 1.81 NTU. En el análisis microbiológico, cuatro puntos presentaron 0 UFC de E. coli, sin embargo en el tanque de Chovacollo se hallaron 28 UFC y en la toma de Carmen Pampa 14 UFC. Los parámetros físico-químicos cumplieron la normativa boliviana NB-512; por otro lado los dos puntos mencionados superaron los límites de E. coli, clasificando el agua como de “máxima calidad, apta para consumo sólo previa desinfección”.

Mejía (2005), investigó la calidad del agua para consumo humano y la percepción local sobre tecnologías apropiadas de desinfección domiciliaria en la microcuenca El Limón, San Jerónimo (Honduras). El estudio abarcó cinco comunidades, tomando muestras en fuentes y domicilios en época seca y lluviosa. Se analizaron parámetros microbiológicos (coliformes totales y E. coli), organolépticos (color, olor y sabor) y químicos inorgánicos (pH y cloro residual) según Standard Methods, comparando con la norma CAPRE y la OMS. El 88% de las muestras presentó E. coli, excediendo el límite de 0 UFC/100 mL; el

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

pH varió entre 6,3 y 7,2, dentro del rango recomendado (6,5–8,5). El color aparente superó el límite en el 25% de las muestras y el cloro residual fue nulo en el 92%, indicando ausencia de desinfección efectiva. Se concluyó que la calidad microbiológica era deficiente y representa alto riesgo sanitario, hecho que la convierte en no apta para el consumo humano.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Araujo et al. (2022), realizaron un estudio en la ciudad de Huancavelica, cuyo objetivo fue determinar la calidad del agua para consumo humano mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos en tres estaciones de muestreo. De acuerdo a los resultados en las 4 estaciones de muestreo la conductividad se encuentra entre 165 y 220 uS/cm, y la dureza entre 498 mg/L hasta 685 mg/L; indicativos de presencia de metales en las muestras de agua; valores de pH 7.46 a 8.46 ligeramente alcalino, la DO, DBO5, la concentración de sulfatos y nitratos se encuentran en concentraciones mínimas y en los rangos permitidos por los ECA; las estaciones de muestras E1, E2 y E3 no presentan coliformes totales mientras en la E4 se encontró 3 NMP/mL, estos resultados son menores que 50 NMP/mL que recomienda los ECA; Asimismo, las cuatro estaciones analizadas no presentan coliformes fecales, es decir las fuentes de agua muestreadas son aptas para el consumo humano.

Ñahui (2023), evaluó la calidad del agua para consumo humano en los centros poblados del distrito de Yauli, Huancavelica, considerando parámetros físico-químicos y microbiológicos según el D.S. N.° 004-2017-MINAM. En Izcumachay, todos los parámetros estuvieron dentro de los límites y el agua fue apta para consumo. En Villa Hermoza, los físico-químicos fueron adecuados, pero los coliformes totales llegaron a 55 UFC (límite: 50) y los fecales a 30 UFC (límite: 30), aunque E. coli estuvo en rango. En Torreccacca, los físico-químicos cumplieron, pero los coliformes totales alcanzaron 60 UFC (límite: 50) y los fecales 25 UFC (límite: 20), con E. coli permitido. En Choca I, todos

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

los valores analizados cumplieron la normativa. El estudio evidenció que Izcumachay y Choca I eran aptos para consumo, mientras que Torreccacca y Villa Hermoza presentaban riesgos microbiológicos, resaltando la importancia de evaluar de forma conjunta parámetros físico-químicos y microbiológicos en zonas altoandinas.

Suárez y Vargas (2023), realizaron un estudio en la zona urbana del distrito de San Marcos, provincia de Huari (Áncash), con el propósito de determinar la relación entre el desempeño en la gestión de abastecimiento y la calidad del agua para consumo humano. Los resultados mostraron que el agua no es apta para consumo. El Área Técnica Municipal (ATM), con desempeño regular, distribuyó agua de calidad aceptable en Lucmapampa y no aceptable en Tucuhuaganan; mientras que las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS), con desempeño malo, distribuyeron agua no aceptable en Huallanca y Garrapatac. En cuanto a parámetros microbiológicos, el 17% de las muestras de Tucuhuaganan presentaron E. Coli, y el 50% superó el LMP de turbidez (5,99 UNT); en Garrapatac y Huallanca, el 100% de las muestras evidenció contaminación microbiológica. Asimismo, se detectaron excesos de plomo disuelto (0,02 mg/L) y cromo disuelto (0,31 mg/L) en reservorios.

Cabrera y Gallardo (2023), en el sector Perla Escondida, analizaron la calidad del agua en el 2021 (invierno) y 2022 (verano) mediante análisis en laboratorios acreditados: Lab. MINSA – Salud Jaén y Lab. UNTRM-A. Los parámetros físicos registraron temperaturas de 13.7 °C, 14.2 °C, 24.9 °C y 25.1 °C; turbidez de 0.52, 2.89, 5.62 y 51.9 UNT, superando el límite de 5 UNT del D.S. 031-2010-SA; y conductividad eléctrica de 634 y 1038 µS/cm (límite 1500). El pH varió entre 6.75, 6.86, 7.09 y 7.75 (rango permitido: 6.5 – 8.5). Los cloruros fueron de 16.24 y 55.39 ppm; la dureza de 82.61, 250, 376 y 411.55 ppm (límite 500) y la alcalinidad de 83.44 y 429.12 ppm. En 2021, los coliformes totales fueron >1600 y 5600 NMP/100 mL, y los fecales 280 y 3600 NMP/100 mL; en 2022, coliformes totales de 5600 y 6800 NMP/100 mL y fecales de 30 y 3600 NMP/100 mL,

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

excediendo ampliamente el estándar (0.0 NMP/100 mL) para ambos. La carga bacteriana determina que el agua no fuera apta para consumo humano sin tratamiento previo.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

Contreras (2021), evaluó la calidad del agua de tres manantiales (M1, M2 y M3) en la parcialidad de Jiscullaya - Ilave, entre agosto y diciembre, según el D.S. N.° 031-2010-SA. La temperatura osciló entre 8,4 °C (M3, sept.) y 11,5 °C (M2, nov.); el pH entre 6,93 (M3, sept.) y 7,54 (M1, nov.); la conductividad eléctrica entre 215,3 µS/cm (M1, agto.) y 296,7 µS/cm (M3, dic). La turbiedad fue de 0,73 UNT (M1, agto.) a 2,47 UNT (M3, dic.), bajo el límite de 5 UNT; los SDT entre 140,2 mg/L (M1, agto.) y 203,1 mg/L (M3, dic.), menores al límite de 1000 mg/L; el oxígeno disuelto varió de 6,20 mg/L (M2, dic.) a 8,50 mg/L (M1, agto.). En microbiológicos, coliformes totales oscilaron entre 7 NMP/100 mL (M1, agto.) y 210 NMP/100 mL (M3, dic.), y Escherichia coli entre 0 NMP/100 mL (M1, agto.) y 93 NMP/100 mL (M3, dic.), superando el límite de 0 NMP/100 mL en varios casos. Concluyendo que el agua de la captación es apta para consumo, aunque presenta contaminación microbiológica en M3, lo que implica riesgo y necesidad de desinfección.

Ccapa (2024), evaluó la calidad del agua para consumo humano del Sector Tunuhuiri Grande, Centro Poblado de Ichu-Puno, analizando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. La investigación fue de tipo descriptivo, no experimental y transversal, aplicando el protocolo de toma y manejo de muestras del R.D. Nº 160-2015-DIGESA/SA. Se tomaron 5 puntos de muestreo estratégicos En los análisis físico-químicos, la turbiedad osciló entre 0,0012 y 0,0015 UNT, el color entre 11 y 14 UCV (escala Pt/Co) y el pH entre 6,5 y 7,26, dentro de los LMP, excepto el cloro residual, que fue de 0 mg/L en todos los puntos, evidenciando ausencia de tratamiento o desinfección. En los parámetros microbiológicos, los coliformes totales variaron entre 7,2 y 290 NMP/100 mL, y los coliformes termotolerantes o fecales entre 3,6 y 93 NMP/100 mL, superando ampliamente los LMP. Se concluyó que el agua consumida por los pobladores del sector

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

no es apta para consumo humano.

Velasquez (2024), analizó la calidad del agua destinada al consumo humano en el centro poblado de Viluyo, distrito de Pichacani-Laraqueri, con el propósito de verificar su cumplimiento con la normatividad vigente (D.S. N.° 031-2010-SA.). Se tomaron muestras en 2 puntos clave: la salida del reservorio y el primer punto de llegada al centro poblado, un recorrido de 2.14 km. se analizaron 8 parámetros: temperatura de 7,50 °C, conductividad de 131,55 µS/cm, pH de 7,40, turbidez de 0,36 NTU, cloro residual de 0,01 mg/L, hierro de 0,12 mg/L, magnesio de 16,0 mg/L y coliformes totales de 0 NMP., los cuales se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos para agua potable. La ausencia de coliformes totales confirmó la inocuidad microbiológica del recurso, mientras que los parámetros físico-químicos evidenciaron estabilidad y ausencia de contaminantes críticos. En consecuencia, se concluyó que la calidad del agua que consumen los pobladores de Viluyo es apta para el consumo humano.

Ibañez (2018), en Norte, centro y sur Paylla, (Melgar-Puno), evaluó 4 puntos de muestreo: M1 (pozo tubular), M2 (pozo somero), M3 (pozo somero) y M4 (pozo tipo caisson), analizando 20 parámetros. En el análisis físico, las M1, M3 y M4 tuvieron color incoloro y olor inodoro, dentro de norma, mientras que la M2 presenta color turbio fuera de norma. En el análisis químico, los valores fueron: temp. 12,10–12,40 °C, pH 7,55–7,81, CE 658–1380 µS/cm, turbiedad 0,16–3,80 UNT, dureza total 5,20–11,94 mg/L, alcalinidad 0,90–1,10 mg/L, cloruros 2,00–7,50 mg/L, sulfatos 6,90–24,00 mg/L, nitratos 0,04–0,05 mg/L, calcio 4,77–9,80 mg/L, magnesio 23,04–81,68 mg/L, SDT 460–960 mg/L y sólidos totales 340–432 mg/L. Todos cumplieron los LMP, excepto la M2 en turbiedad con 10,47 UNT (lím. 5 UNT). En el análisis microbiológico, los coliformes totales variaron entre 4 y 28 NMP/100 mL y Escherichia coli entre 7 y 9 NMP/100 mL, superando el límite, concluyendo que la calidad del agua no es apta para consumo humano.

Mamani (2025), realizó un estudio para determinar la calidad del agua para consumo

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

humano del manantial Huallatiri, distrito de Desaguadero (Puno). Aplicó un muestreo representativo siguiendo el protocolo de DIGESA (R.D. N.° 160-2015), se analizaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, verificando su cumplimiento con el Decreto Supremo N.° 031-2010-SA. Se concluyó que el agua no es apta para consumo humano al no cumplir con los Límites Máximos Permisibles (LMP). En los parámetros fisicoquímicos se obtuvieron: temperatura 10,88 °C, pH 7,07, conductividad 1697,50 µmho/cm, sólidos disueltos totales 798,50 mg/L, salinidad 0,92 PSU y oxígeno disuelto 2,53 mg/L, excediendo la normativa nacional. En los parámetros microbiológicos se reportaron: bacterias coliformes totales < 3,0/100 mL, coliformes termotolerantes 25,0/100 mL, coliformes fecales < 1,0/100 mL, Escherichia coli < 1,0/100 mL y organismos de vida libre $4,5 \times 10^6$ N° org/L.

Ccaso (2024), desarrollo la investigación “Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de los manantiales Titin Phuju y Q’uespi Phuju para consumo humano del Centro Poblado de Huarahuarani, Provincia de El Collao - 2024”, aplicando un diseño descriptivo y no experimental con 04 muestras recolectadas en ambos manantiales. Los parámetros fisicoquímicos evaluados mostraron pH de 6,80 en Titin Phuju y 7,30 en Q’uespi Phuju, valores dentro del rango 6,5–8,5 del DS N.º 004-2017-MINAM. La conductividad fue 39,00 µS/cm y 30,30 µS/cm, sólidos disueltos totales entre 120–180 mg/L y nitratos de 2,40 y 2,10 meq/L, todos dentro de los límites establecidos. La turbidez osciló de 2,5 a 5,8 NTU, con casos cercanos al máximo permitido de 5 NTU. En el aspecto microbiológico, Titin Phuju presentó 6 NMP/100 mL de coliformes totales y <3 NMP/100 mL de termotolerantes, mientras que Q’uespi Phuju reportó 7 NMP/100 mL de coliformes totales y <3 NMP/100 mL de termotolerantes.

Callizana (2025), realizó un estudio cuantitativo y descriptivo en el Centro Poblado de Thunco, Acora, Puno, evaluando la calidad fisicoquímica del agua de pozo y su cumplimiento con el DS N.º 004-2017-MINAM. Se tomaron muestras de dos pozos y se

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

midieron parámetros físicos: temperatura (14,8 °C y 14,83 °C), pH (6,87 y 6,65), conductividad (240 µS/cm y 130 µS/cm) y oxígeno disuelto (6,9 mg/L y 6,8 mg/L), todos dentro de norma. En lo químico, los sólidos disueltos fueron 0,12 g/L y 0,56 g/L, dureza 127,3 mg/L y 300,2 mg/L, cloruros 11,35 mg/L y 39,71 mg/L, y nitratos 0,01 mg/L y 0,06 mg/L, también conformes. No obstante, los sulfatos alcanzaron 360 mg/L y 310 mg/L, superando el límite de 250 mg/L. El estudio concluye que, aunque el agua es apta para consumo humano, la presencia elevada de sulfatos exige monitoreo y control de sus fuentes.

Tique (2025), realizó en el sector Barco, distrito de Chucuito, un estudio cuantitativo, no experimental, descriptivo transeccional y correlacional para evaluar la calidad del agua de consumo humano y la satisfacción poblacional. Se tomaron muestras en tres puntos: Muestra 01 (Ojo de agua), Muestra 02 (Reservorio) y Muestra 03 (Pileta). Los parámetros fisicoquímicos mostraron color incoloro (escala UCV Pt/Co), conductividad de 91,05; 87,08 y 82,49 µmho/cm, pH de 6,50; 6,92 y 7,08, cloruros de 6,50; 6,92 y 7,08 mg Cl/L, dureza de 33,60; 81,60 y 67,20 mg $CaCO_3$/L y sólidos disueltos de 20,67; 12,77 y 23,11 mg/L, todos dentro de norma. No obstante, los sulfatos alcanzaron 396,00; 399,60 y 400,00 mg SO_4/L, superando el límite de 250 mg SO_4/L del DS N.° 031-2010-SA. En el aspecto microbiológico, los coliformes totales fueron 0 UFC/100 mL a 35 °C en los tres puntos, cumpliendo la normativa. Aunque la mayoría de parámetros resultaron adecuados, los altos niveles de sulfatos evidencian que la calidad del agua no es óptima.

Condori (2023), desarrolló un estudio en el barrio Azoguini de la ciudad de Puno con el objetivo de evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de pozo para consumo humano. En los parámetros físicos se obtuvo color incoloro, temperatura de 14,10 °C, sólidos disueltos totales de 270 mg/L, conductividad de 0,53 mS/cm y pH de 7,23. En los parámetros químicos, la dureza total alcanzó 566,20 mg $CaCO_3$/L, alcalinidad 106,18 mg/L, cloruros 290,00 mg/L, sulfatos 210,00 mg/L, nitratos 0,01 mg/L, calcio

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

138,32 mg/L y magnesio 53,19 mg/L. Según el D.S. N.° 031-2010-SA, Los sólidos disueltos, conductividad, pH, sulfatos y nitratos cumplieron los límites, mientras que la dureza total y los cloruros excedieron lo permitido. En la calidad microbiológica, se reportaron coliformes totales de 240,00 NMP/100 mL, coliformes termotolerantes de 75,00 NMP/100 mL y Escherichia coli de 9,30 NMP/100 mL, todos superando la norma. En conclusión, el agua resultó no apta para el consumo humano.

Alvarez (2025), realizó en el centro poblado de Hanajquia, Azángaro – Puno, una investigación descriptiva y no experimental, para evaluar la calidad del agua potable. Se analizó 1 litro de agua del manantial Sacacani, recolectado según el Protocolo Nacional de Calidad de los Recursos Hídricos del ANA. Los parámetros fisicoquímicos fueron: pH 7,5, conductividad 0,08 mS/cm, temperatura 16 °C, dureza 19 mg $CaCO_3$/L, alcalinidad 22,18 mg/L, cloruros 8,51 mg Cl/L, sulfatos 56 mg SO_4/L, nitratos 0 mg NO_3/L, calcio 2,28 mg/L, magnesio 3,21 mg/L y sólidos disueltos 0,04 mg/L. En lo microbiológico, se hallaron 10 NMP/100 mL de coliformes totales y 0 NMP/100 mL de termotolerantes. Según el D.S. N.º 031-2010-SA, todos los parámetros fisicoquímicos cumplen con la norma, pero los coliformes totales exceden el valor permitido; y aunque los parámetros fisicoquímicos son aceptables, el agua no es adecuada por incumplimiento microbiológico.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la calidad del agua para consumo humano, en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, Distrito de Acora; 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la calidad del agua para consumo humano, según parámetros microbiológicos en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora; 2025.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

- Analizar la calidad del agua para consumo humano, según parámetros organolépticos en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora; 2025.
- Analizar la calidad del agua para consumo humano, según parámetros químicos inorgánicos en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora; 2025.
- Comparar la calidad del agua para consumo humano, según parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos, entre los diferentes puntos de muestreo del Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora; 2025.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. AGUA

De acuerdo con Cirelli (2012), el agua es un elemento químico producto de la combinación de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, posee la cualidad de presentarse en tres estados: líquido, gaseoso y sólido; constituye más del 70 % de la superficie del planeta y la encontramos presente en océanos, lagos, ríos, así como en el aire y el suelo. Para Augé (2007) la vida en nuestro planeta no podría existir sin agua, ya que esta sustancia constituye alrededor del 70 % del peso corporal en los bebés, el 60 % en jóvenes y adultos y el 50 % en los ancianos, además de ser indispensable para los procesos vitales de plantas, animales y humanos.

2.1.2. FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

A) Aguas subterráneas:

De acuerdo con la SUNASS (2017) las aguas subterráneas son aquellas que se almacenan en los acuíferos, es decir, formaciones geológicas compuestas por materiales permeables que permiten la acumulación y el flujo del agua en el subsuelo; estas aguas pueden aflorar naturalmente en forma de manantiales, por lo que la normativa resalta que este recurso cumple una función estratégica para el abastecimiento urbano y rural, así como para la agricultura, la industria y el comercio. Por su parte Villón (2022) manifiesta que el agua subterránea proviene de la infiltración de la lluvia, la cual se almacena en los

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

acuíferos; generalmente esta presenta mejor calidad química y bacteriológica que el agua superficial, por lo que constituye una de las principales fuentes seguras para el consumo humano.

B) Aguas superficiales:

Según el Manual de procedimientos técnicos en saneamiento DIRESA (1997) las aguas superficiales se definen como aquellas que fluyen o se encuentran abiertas en la superficie terrestre, tales como ríos, arroyos, lagos, embalses y lagunas; este tipo de agua proviene de la escorrentía y del aporte directo de fuentes como manantiales o lluvias. La SUNASS (2017) atribuye que una de sus características principales es su variabilidad temporal y espacial: su caudal y calidad pueden verse afectados por las estaciones, el clima, la deforestación y la contaminación de origen urbano, agrícola o industrial. Debido a esta exposición, las aguas superficiales requieren procesos más rigurosos de tratamiento y potabilización antes de su consumo, en comparación con las subterráneas.

2.1.3. CALIDAD DEL AGUA

Mendoza (1996) declara que la calidad del agua es un indicador integral de la interacción entre las dinámicas naturales y las actividades humanas, y que su evaluación requiere analizar parámetros físico-químicos, microbiológicos y biológicos que revelen su grado de contaminación y su aptitud para el consumo y otros fines. Por otro lado Cirelli (2012) afirma que aunque el volumen total de agua en el planeta se ha mantenido estable durante miles de años, su calidad ha disminuido drásticamente debido al crecimiento poblacional, la industrialización y el uso de agroquímicos, lo que repercute en la salud y la calidad de vida de la población.

Por su parte, Anticona (2022) define que la calidad del agua no debe entenderse únicamente como la ausencia de contaminantes químicos o la estabilidad de propiedades físico-químicas, sino como un valor integral que también incorpora la inocuidad

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

microbiológica; La presencia elevada de coliformes totales demuestra riesgos sanitarios directos, evidenciando que el agua, pese a parecer físicamente aceptable, puede resultar insegura para el consumo humano.

Según Saikia y Jiménez (2023) la calidad del agua debe entenderse no sólo desde parámetros fisicoquímicos o sanitarios, sino como un componente integral de la gobernanza participativa, de la resiliencia ecológica y del equilibrio entre las actividades humanas y la conservación ambiental. En esta perspectiva, la calidad del agua se convierte en un reflejo del buen funcionamiento del sistema hídrico, de su salud ecológica y de la capacidad de las instituciones y comunidades para gestionar el recurso de manera sostenible y equitativa.

2.1.4. CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

La OPS-COSUDE (2007) establece que la calidad del agua para consumo humano se define como el estado en que el recurso hídrico cumple con los criterios establecidos por la normativa sanitaria vigente; todo sistema de desinfección implementado debe garantizar dicha calidad, asegurando la inocuidad del agua suministrada. Este enfoque permite entender la calidad del agua como una condición integral “no basta que el agua cumpla con parámetros físico-químicos, sino que su inocuidad microbiológica es igualmente crucial”; la aplicación de sistemas de desinfección adecuados resulta entonces indispensable y esencial para alcanzar ese estado de calidad que sea apta para consumo humano.

Según, Reynoso (2023) la calidad del agua para consumo humano se entiende como el conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas que garantizan su aptitud para el uso sanitario, es decir, no representan riesgos para la salud, esta calidad se verifica mediante la “caracterización físico-química y microbiológica del agua natural”, comparando cada parámetro con los límites máximos permisibles establecidos en el

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Decreto Supremo N.° 031-2010-SA. Este enfoque garantiza que el agua cumpla con estándares normativos y evite la transmisión de enfermedades.

García (2019) expone que la calidad del agua para consumo humano debe ser evaluada desde la fuente, hasta el punto de consumo (vivienda); debido a que durante su recorrido por todo el sistema de distribución y almacenamiento, puede generarse contaminación indirecta, haciendo el agua que se considera apta para el consumo humano, se vea alterada; del mismo modo, el riesgo aumenta durante los procesos de instalación de nuevas tuberías o al realizar labores de mantenimiento.

2.1.5. IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SALUD PÚBLICA

La OMS (2017) sostiene que la relación entre la calidad del agua y la salud pública depende de los niveles de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos presentes, ya que su alteración puede ocasionar riesgos importantes para la vida humana. El consumo de agua no segura expone a la población a diversas enfermedades de origen hídrico, entre ellas diarreas, cólera, fiebre tifoidea, hepatitis A y parasitosis intestinales, que afectan con mayor frecuencia a los niños, los adultos mayores y las comunidades en condiciones de vulnerabilidad.

Solsona & Fuertes (2003) aseveran que garantizar la inocuidad del agua en entornos escolares, se mejora la salud y rendimiento de los estudiantes, ya que la calidad del agua es un determinante crítico para la salud pública, y su deterioro está directamente vinculado a la expansión de enfermedades infecciosas, brotes epidémicos y cargas sanitarias en la población; cuando el agua está contaminada por agentes biológicos, químicos o físicos, incrementa el riesgo de problemas de salud en la población.

2.1.6. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Un sistema de abastecimiento de agua para consumo humano es un conjunto articulado de estructuras técnicas, administrativas y normativas responsables de captar, tratar, almacenar y distribuir agua segura a la población. Según Rodríguez (2024) este servicio

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

público puede gestionarse de forma directa (por administraciones locales) o indirecta (mediante concesionarias privadas), y su eficacia depende tanto de la infraestructura como de las habilidades de gestión administrativa y la capacidad regulatoria. En un contexto de cambios climáticos que afectan la disponibilidad y calidad del recurso, el diseño de un sistema resiliente es necesario, esto requiere una adecuada planificación, supervisión legal y adaptabilidad institucional para asegurar una provisión sostenible y protegida del agua ante futuras emergencias.

Un sistema de abastecimiento de agua para consumo humano en zonas rurales comprende diversos elementos esenciales: captación, tratamiento, almacenamiento, distribución y gobernanza local. En ese sentido, Mejía et al. (2016) afirman que su efectividad se basa en la calidad técnica de la infraestructura y en la capacidad de gestión institucional para asegurar agua potable de manera sostenible. Esto implica no sólo inversión y diseño adecuados, sino también modelos operativos que integren la protección de fuentes, tecnologías apropiadas, participación comunitaria y resiliencia frente a cambios como la ruralidad contemporánea y la emergencia climática. De esta manera, el sistema garantiza que el agua llegue a la población de forma segura, equitativa y perdurable.

2.1.7. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

La evaluación de la calidad del agua para consumo humano implica la implementación de procedimientos sistemáticos y continuos de control de procesos, control de calidad del agua y vigilancia sanitaria, de acuerdo con programas definidos por las entidades responsables del servicio. El control de procesos se refiere al monitoreo técnico rutinario realizado por los operadores. En paralelo, el control de calidad del agua garantiza que el producto final cumpla con los estándares establecidos, mientras que la vigilancia sanitaria evalúa el desempeño operativo y sanitario del abastecimiento, según lo enunciado por el (CEPIS/OPS, 2004).

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

De La Cruz & Delgado (2022) mencionan que la evaluación de la calidad del agua para consumo humano implica analizar sistemáticamente parámetros físicos, químicos y microbiológicos en fuentes clave (como el reservorio, un punto intermedio y la red final de distribución), comparando los resultados con los límites máximos permisibles Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, definidos por la normativa sanitaria en nuestro país; usando técnicas analíticas adecuadas según sea el caso y que para obtener una adecuada interpretación de los datos obtenidos, se recomienda manejar los resultados de los análisis de forma estadística.

2.1.8. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Segun CEPIS/OPS (2004) los parámetros microbiológicos se refieren a los indicadores biológicos que evidencian la presencia de contaminantes patógenos en el agua destinada al consumo humano, los principales indicadores de estos parámetros son microorganismos como Escherichia coli, coliformes totales y termotolerantes, virus entéricos, y protozoos patógenos, entre otros. Su detección o ausencia sirve como señal de la seguridad sanitaria del agua. La presencia de dichas bacterias o virus refleja contaminación fecal o ambiental, lo que implica un elevado riesgo para la salud pública. En consecuencia, el análisis de estos parámetros es fundamental para garantizar el consumo seguro del agua y prevenir enfermedades transmitidas por el agua.

La SUNASS (2017) manifiesta que de existir deficiencia en la presión de las redes de distribución o la falta de cloro residual, favorece la proliferación de bacterias en las tuberías, de igual manera, una disposición inadecuada de excretas y las malas prácticas de higiene, constituyen factores determinantes en la contaminación microbiológica del agua destinada al consumo humano, generando un riesgo elevado para la salud pública en las comunidades rurales.

A) Bacterias Coliformes totales:

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

La presencia de coliformes totales en cuerpos de agua es un indicador de insalubridad y contaminación por materia orgánica de origen fecal (de animales o seres humanos). Estos microorganismos, pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae, se caracterizan por su habilidad para fermentar lactosa, generar ácido y gas; Más que por una clasificación taxonómica estricta, este grupo bacteriano se identifica a partir de las pruebas microbiológicas aplicadas para su aislamiento, así lo afirma García (2019). Por su parte la SUNASS (2017) señala que los coliformes totales además de encontrarse en las heces, también está presente en distintos ambientes naturales, como aguas con abundancia de nutrientes, suelos y materia vegetal en descomposición.

B) Bacterias Coliformes termotolerantes o fecales:

El concepto de coliformes termotolerantes hace referencia a un conjunto de microorganismos que comparten características propias del grupo de los coliformes, pero que se distinguen por su capacidad de desarrollarse a temperaturas elevadas de incubación, entre 44 y 45.5 °C. Dentro de este grupo se incluyen principalmente los géneros Escherichia y Klebsiella, cuya presencia está directamente vinculada al hábitat fecal. La identificación de coliformes termotolerantes se lleva a cabo a través de procedimientos prácticos, de bajo costo y ampliamente aplicados en los programas de monitoreo de la calidad de agua, destacando entre ellos la técnica de tubos múltiples y la filtración con membrana, así lo declara el CEPIS/OPS (2004). Las coliformes fecales son un indicador de posible riesgo de contaminación con microorganismos bacterianos y patógenos, haciendo que el agua no sea apta para consumo humano, lo afirma (García, 2019).

2.1.9. PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS

En la tesis realizada en el caserío Chamaya Pueblo (Cajamarca), Oliden & Villegas (2019) manifiestan que los parámetros organolépticos del agua, se refieren a las características perceptibles por los sentidos (sabor, olor, color, turbidez y la temperatura),

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

siendo indicadores iniciales para identificar potenciales problemas, esto permite evaluar subjetiva pero eficazmente la calidad del agua. Estos parámetros se pueden analizar de forma rápida y accesible, lo cual es esencial para complementar los análisis técnico-normativos y detectar posibles riesgos para la salud.

- **Turbidez:** La turbidez es un parámetro físico esencial para evaluar la calidad del agua; el agua turbia se debe a la presencia de partículas en suspensión como sedimentos, materia orgánica o microorganismos que dispersan la luz y opacan el agua. La turbidez del agua se incrementa significativamente debido a procesos erosivos del suelo, especialmente durante temporadas de lluvias, cuando el arrastre de sedimentos es más intenso. Esta alteración afecta la apariencia del agua, haciéndola menos aceptable desde el punto de vista organoléptico según (Brousett et al., 2018).
- **Color:** El color del agua no constituye una característica propia del líquido, sino que depende de la presencia de compuestos disueltos o en suspensión. Dichas sustancias, tanto de origen natural como antrópico, son las que generan variaciones en su tonalidad, que puede ir desde un azul tenue hasta un marrón intenso, incluyendo matices verdes, amarillos o rojizos, esto lo declara el (CEPIS/OPS, 2004).
- **pH:** El pH del agua constituye un parámetro fundamental que refleja su grado de acidez o alcalinidad, el cual depende de la concentración de iones de hidrógeno presentes en ella. El agua en estado puro suele registrar un pH cercano a 7, aunque este valor puede alterarse por la disolución de gases atmosféricos o la presencia de contaminantes como los metales pesados. En la escala que va de 0 a 14, el valor 7 se considera neutro; los inferiores indican acidez y los superiores alcalinidad, correspondiendo 0 a la máxima acidez y 14 a la máxima alcalinidad. Se recomienda medirlo directamente en el punto de muestreo, ya que puede modificarse con el

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

tiempo y según las condiciones ambientales, conforme a lo enunciado por (DIGESA, 2011).

- **CE:** La capacidad del agua para conducir electricidad se emplea como un indicador de su calidad y se mide en microsiemens por centímetro (µS/cm). Aunque el agua pura funciona como un aislante eléctrico, la disolución de diversas sustancias incrementa significativamente su conductividad de acuerdo con lo expuesto por (Londoño, 2007).
- **Sólidos totales disueltos:** De acuerdo con la OPS-COSUDE (2007), los sólidos disueltos totales (SDT) corresponden a la suma de sales inorgánicas y de materia orgánica presentes en el agua, una concentración elevada puede deteriorar sus propiedades organolépticas (como sabor, olor y color). Estos compuestos provienen de fuentes naturales, como la erosión y el arrastre de minerales, así como de actividades humanas vinculadas a la agricultura, la industria y las descargas domésticas.
- **Sulfatos:** Son compuestos químicos presentes en el agua tanto por procesos naturales como por intervención humana. De manera natural, suelen encontrarse en aguas subterráneas debido a la disolución de minerales como yeso, barita o anhidrita, mientras que en el ámbito antrópico se incorporan al recurso hídrico a través de descargas de origen industrial, agrícolas y también por la deposición atmosférica generada en la combustión de combustibles fósiles. Entre los efectos más comunes se destacan alteraciones en el sabor, que la hacen menos aceptable para el consumo humano, y posibles efectos laxantes al combinarse con otros cationes como sodio, magnesio o calcio; conforme a lo enunciado por (CEPIS/OPS, 2004).
- **Dureza total:** hace referencia a la concentración conjunta de iones de calcio y magnesio disueltos en el agua, los cuales provienen principalmente de la disolución

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

de rocas y minerales presentes en el suelo, como la caliza y la dolomita; de acuerdo con Londoño (2007), cuando la dureza del agua alcanza niveles elevados, puede generar problemas en la salud y en el uso doméstico e industrial. En el ámbito de salud pública, se vincula con la aparición de cálculos renales y trastornos gastrointestinales; mientras que en lo práctico produce incrustaciones en electrodomésticos, tuberías y calentadores, disminuyendo su eficiencia y vida útil.

2.1.10. PARÁMETROS QUÍMICOS

De acuerdo con lo manifestado por Brousett et al. (2018), los parámetros químicos del agua son aquellos indicadores que permiten evaluar su composición, la presencia de sustancias como metales pesados, compuestos minerales o contaminantes orgánicos. Estos parámetros son esenciales para determinar si el agua es adecuada para uso humano, se analizan concentraciones de elementos como aluminio, mercurio, plomo, fluoruro, cobre, cloruros, sulfatos y nitratos, todos los cuales influyen directamente en la calidad y seguridad del agua para diferentes aplicaciones.

2.1.11. PARAMETROS QUIMICOS - INORGANICOS

Los parámetros químicos inorgánicos del agua se componen de compuestos minerales como nitratos, nitritos, Arsénico, cadmio, cloro, cromo total, mercurio, plomo y otros elementos como cianuros o metales, que afectan su composición y calidad; conforme a lo que asevera Mejía et al. (2016) estos parámetros son cruciales porque, en altas concentraciones, pueden generar efectos nocivos para la salud, comprometer el uso del recurso o afectar la infraestructura del sistema de abastecimiento.

- **Arsénico:** El arsénico es un elemento químico de origen natural que se encuentra en la corteza terrestre y suele disolverse en el agua subterránea a través de procesos geológicos, aunque también puede ingresar al ambiente por actividades humanas como la minería y el uso de pesticidas, de acuerdo con Smedley & Kinniburgh (2002). En el agua destinada al consumo humano, este metaloide es considerado uno de los

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

contaminantes más peligrosos, dado que la exposición prolongada puede ocasionar graves efectos en la salud, entre ellos alteraciones cutáneas, problemas cardiovasculares, trastornos gastrointestinales y distintos tipos de cáncer, conforme lo aseverado por Smith et al. (2000). Con el fin de proteger la salud pública, la OMS (2017) ha establecido un límite máximo permisible de 0,01 mg/L (10 µg/L) de arsénico en el agua potable, criterio que también ha sido adoptado en la normativa nacional peruana. Superar este valor representa un riesgo sanitario significativo, lo que justifica la importancia de su control y monitoreo en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano.

- **Cadmio:** El cadmio es un elemento químico presente en el ambiente por procesos geológicos, pero su concentración en aguas se incrementa principalmente por actividades industriales, mineras y agrícolas, de acuerdo a lo mencionado por Järup & Akesson (2009). La ingesta crónica de cadmio a través del agua puede generar bioacumulación en riñones e hígado, provocando disfunciones renales, desmineralización ósea y riesgo de cáncer, lo afirma Satarug et al. (2010). La OMS (2017) ha determinado que el límite máximo permisible de cadmio en agua potable es de 0,003 mg/L, criterio igualmente considerado en la legislación peruana vigente.
- **Cromo total:** El cromo es un metal que puede encontrarse en el ambiente en diferentes estados de oxidación, siendo los más comunes el trivalente Cr(III) y el hexavalente Cr(VI). El término cromo total se refiere a la suma de todas las especies de cromo presentes en una muestra de agua, sin diferenciar sus formas químicas de acuerdo con Kotaś & Stasicka (2000). Según lo expuesto por Barrera et al. (2012) la presencia de cromo en los recursos hídricos se debe tanto a procesos naturales de disolución de minerales como a actividades antropogénicas, especialmente la minería, la industria del cuero, la galvanoplastia y la producción de pigmentos. Vincent (2010) declara que desde el punto de vista toxicológico, el Cr(III) es

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

considerado un micronutriente esencial en bajas concentraciones, ya que participa en el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas. Sin embargo, Costa & Klein (2006) afirman que el Cr(VI) es altamente tóxico y carcinogénico, pudiendo causar daño renal, hepático y respiratorio, además de un riesgo elevado de cáncer por ingestión prolongada. Debido a su peligrosidad, la OMS (2017) ha establecido un valor guía de 0,05 mg/L para el cromo total en agua destinada al consumo humano.

- **Mercurio:** El mercurio es un metal altamente tóxico que puede encontrarse en el agua en forma inorgánica o como metilmercurio, producto de procesos de transformación microbiana en ambientes acuáticos según Clarkson & Magos (2006). La exposición al mercurio se relaciona con daños neurológicos, alteraciones del desarrollo fetal, disfunciones renales y efectos cardiovasculares, conforme lo establece Rice et al. (2014). Por su elevada peligrosidad, la OMS (2017) ha establecido un valor guía de 0,006 mg/L para el mercurio en agua destinada al consumo humano.
- **Nitratos:** Son compuestos inorgánicos derivados del nitrógeno que se encuentran de manera natural en el suelo, el agua y los alimentos, como parte del ciclo biogeoquímico del nitrógeno. Sin embargo, en el agua destinada al consumo humano, su presencia en altas concentraciones se asocia principalmente a la infiltración de fertilizantes agrícolas, lixiviación de residuos orgánicos, aguas residuales y excretas de origen animal o humano, de esta manera lo expone Ward et al. (2005). Por otro lado Knobeloch et al. (2000), mencionan que a pesar de que los nitratos en sí mismos no suelen ser altamente tóxicos, dentro del organismo pueden reducirse a nitritos, los cuales interfieren con el transporte de oxígeno en la sangre al oxidar la hemoglobina a metahemoglobina. Ward et al. (2018) han investigado su posible relación con riesgos de cáncer gastrointestinal debido a la formación de compuestos N-nitrosos en el organismo. Con el fin de prevenir efectos

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

adversos en la salud. La OMS (2017) ha establecido como valor guía un límite máximo de 50 mg/L de nitratos en el agua de consumo humano.

- **Plomo:** El plomo es un metal pesado que resulta tóxico para los seres vivos, su presencia en el agua potable se asocia principalmente con la corrosión de tuberías y materiales de plomo en los sistemas de distribución, de acuerdo con lo declarado por Fewtrell et al. (2003). La exposición prolongada a este elemento produce efectos tóxicos en el sistema nervioso central, afecciones renales, alteraciones cardiovasculares y retrasos en el desarrollo cognitivo de los niños, conforme a lo concluido por Needleman (2004). Debido a estos riesgos, la OMS (2017) ha establecido un límite máximo de 0,01 mg/L de plomo en agua para consumo humano, valor adoptado también en la normativa peruana.

2.1.12. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP)

Los Límites Máximos Permisibles (LMP) son valores de referencia establecidos por normativas nacionales o internacionales que determinan la concentración máxima aceptable de una sustancia o contaminante en un recurso, como el agua, sin que represente un riesgo para la salud humana, el ambiente o los procesos productivos. Estos límites sirven como parámetros de control para garantizar que la calidad del agua se mantenga dentro de rangos seguros y se eviten efectos adversos tanto en las personas como en los ecosistemas; mediante el D. S. N. 031-2010-SA se determina los Límites Máximos Permisibles para los diferentes parámetros microbiológicos, organolépticos, químicos, orgánicos e inorgánicos; conforme a lo establecido por (DIGESA, 2011).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. AGUA POTABLE

El agua potable es aquella que, por presentar condiciones adecuadas en sus características físicas, químicas y microbiológicas, resulta apta para el consumo humano, ya sea para beber, la preparación de alimentos o para actividades de higiene en el hogar,

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

cumpliendo además con los criterios sanitarios exigidos por la normativa vigente (INEI, 2019).

2.2.2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación del agua se presenta cuando este recurso experimenta alteraciones debido a la presencia de desechos o sustancias contaminantes ya sean de origen microbiológico, químico o físico que la hacen inapropiada o riesgosa para el consumo humano, así como para su uso en la agricultura, la actividad industrial o el equilibrio de los ecosistemas acuáticos (De jesús Alba et al., 2013).

2.2.3. INOCUIDAD MICROBIOLÓGICA

La inocuidad microbiológica del agua se refiere a su estado libre de microorganismos patógenos o de indicadores de contaminación fecal en concentraciones que puedan comprometer la salud humana, asegurando que su ingestión no provoque enfermedades (Mucinhato et al., 2022).

2.2.4. RIESGO SANITARIO

El riesgo sanitario asociado al agua se define como la posibilidad de que una comunidad enfrente enfermedades o efectos negativos para la salud debido a la exposición a agua de consumo con calidad inadecuada ya sea en sus aspectos microbiológicos, químicos o físicos o por contar con sistemas de abastecimiento que no cumplen condiciones adecuadas (DIGESA, 2011).

2.2.5. CAPTACIÓN DE AGUA

La captación de agua implica obtener el recurso hídrico desde su fuente, ya sea superficial o subterránea, con el fin de alimentar un sistema de abastecimiento. Este proceso abarca la elección del punto de extracción, su protección y el diseño correspondiente, con el propósito de preservar la calidad original del recurso (Bobadilla, 2017).

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

2.2.6. TRATAMIENTO DEL AGUA

El tratamiento del agua comprende la aplicación de procesos físicos, químicos y/o biológicos destinados a remover, disminuir o inactivar sustancias contaminantes y microorganismos presentes en el recurso hídrico, con el objetivo de transformarlo en agua segura para el consumo humano (Cirelli, 2012).

2.2.7. CLORACIÓN

La cloración consiste en desinfectar el agua mediante la incorporación de cloro o de sustancias que lo contienen, con el propósito de eliminar microorganismos patógenos y asegurar así la protección microbiológica del agua destinada al consumo humano (Ortiz et al., 2015).

2.2.8. CLORO RESIDUAL

El cloro residual libre corresponde a la fracción de cloro presente como ácido hipocloroso e ion hipoclorito que permanece en el agua luego de su desinfección y que actúa como una barrera protectora frente a posibles contaminaciones microbiológicas dentro del sistema de distribución (DIGESA, 2011).

2.2.9. SALUD PÚBLICA

La salud pública es el campo encargado de fomentar y resguardar el bienestar de las comunidades a través de acciones orientadas a prevenir enfermedades, aumentar la esperanza de vida y promover condiciones adecuadas de bienestar físico y social, incorporando dentro de sus prioridades factores ambientales como la disponibilidad de agua segura, el saneamiento y las prácticas de higiene (OMS, 2017).

2.2.10. METAHEMOGLOBINEMIA

La metahemoglobinemia es un trastorno de la hemoglobina caracterizado por el aumento de metahemoglobina en la sangre, lo que disminuye la capacidad de transportar oxígeno y puede provocar hipoxia en los tejidos. Esta condición se ha vinculado con la ingesta de

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

agua que contiene niveles elevados de nitratos o nitritos, particularmente peligrosa en lactantes (Sepúlveda et al., 2020).

2.2.11. RIESGO EPIDEMIOLÓGICO

El riesgo epidemiológico es la posibilidad de que una enfermedad aparezca y se expanda en un grupo de personas debido a factores que todos comparten, cómo usar agua contaminada. Este concepto es importante para la salud pública porque ayuda a decidir qué medidas deben aplicarse primero para proteger a la población (DIGESA, 2011).

2.2.12. DIGESA

La Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) es el organismo del Ministerio de Salud del Perú responsable de establecer normas, controlar y monitorear la calidad del agua destinada al consumo humano. Entre sus funciones se encuentran elaborar la normativa correspondiente, otorgar autorizaciones sanitarias a los sistemas de tratamiento y difundir información consolidada sobre las actividades de vigilancia sanitaria (DIGESA, 2011).

2.2.13. OMS

La Organización Mundial de la Salud (OMS) es la agencia especializada de la ONU que se encarga de coordinar las acciones internacionales relacionadas con la salud pública. Entre sus roles están definir estándares y guías sobre agua potable y saneamiento, además de enfatizar que contar con agua segura es esencial para la salud y el desarrollo de las poblaciones (OMS, 2017).

2.2.14. PROTOCOLO DE MUESTREO

Un protocolo de muestreo es un documento técnico que establece pasos y métodos uniformes para recolectar, trasladar, conservar y analizar muestras de agua, con el propósito de garantizar que los resultados obtenidos sean confiables y reflejen adecuadamente la calidad del recurso y su cumplimiento con la normativa (DIGESA, 2011).

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

2.2.15. VIGILANCIA SANITARIA

La vigilancia sanitaria del agua destinada al consumo humano abarca una serie de acciones organizadas que lleva a cabo la autoridad responsable para detectar y evaluar los factores de riesgo presentes en los sistemas de abastecimiento, desde la captación del recurso hasta su llegada al usuario, con el objetivo de resguardar la salud de la población (DIGESA, 2011).

2.3. MARCO NORMATIVO

2.3.1. ARTÍCULO 66° - CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL PERÚ DE 1993

Establece que los recursos naturales, entre ellos el agua, son patrimonio de la Nación, correspondiendo al Estado promover su uso sostenible.

2.3.2. LEY Nº 28611 - LEY GENERAL DEL AMBIENTE

La Ley General del Ambiente en el Perú corresponde a la Ley N.° 28611, promulgada el 13 de octubre de 2005. Esta norma constituye el marco legal básico y principal de la gestión ambiental en el país, estableciendo principios, derechos, obligaciones e instrumentos para garantizar un adecuado manejo del ambiente y de los recursos naturales. La Ley General del Ambiente establece que el agua es un recurso de dominio público, vital e irremplazable, cuyo uso prioritario es el consumo humano. Además, garantiza el derecho de la población a acceder a agua de calidad y obliga a los sectores productivos a respetar los estándares ambientales.

2.3.3. LEY N° 29338 - LEY DE RECURSOS HÍDRICOS

La Ley N.º 29338 y su Reglamento reconoce que el Estado debe asegurar el agua para consumo humano como un derecho prioritario y de interés público, así como su disponibilidad, calidad y acceso, proteger las fuentes que lo abastecen y establecer mecanismos de control y fiscalización. En la práctica, esto se traduce en que ningún uso agrícola, minero, industrial o energético puede estar por encima del derecho al agua potable.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

2.3.4. LEY N° 26842 - LEY GENERAL DE SALUD

Establece que es responsabilidad del Estado regular, vigilar y controlar los factores que puedan afectar la salud, entre ellos la calidad del agua destinada al consumo humano; afirmando que la provisión de agua potable es una condición esencial de la salud pública, vinculada directamente con la calidad sanitaria del agua, la cual debe reunir las condiciones de calidad establecidas en las normas correspondientes.

2.3.5. D.S. Nº 031- 2010- SA. - REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Aprueba el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, fijando los Límites Máximos Permisibles (LMP) de los parámetros microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos y radiactivos, de cumplimiento obligatorio para todas las entidades prestadoras y proveedores de agua. Asegurando que toda agua destinada al consumo humano en el Perú cumpla con parámetros sanitarios estrictos, protegiendo la salud pública y estableciendo la responsabilidad de las entidades encargadas de suministrar, regular y fiscalizar el servicio de agua potable.

2.3.6. R.D. N° 160-2015-DIGESA-S.A. - PROTOCOLO DE PROCEDIMIENTOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS, PRESERVACIÓN, CONSERVACIÓN, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y RECEPCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Este protocolo, aprobado por la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA), establece los lineamientos técnicos que deben seguirse en el proceso de muestreo del agua destinada al consumo humano. Su objetivo es garantizar que las muestras recolectadas mantengan su representatividad y no sufran alteraciones físicas, químicas o microbiológicas durante su manipulación y traslado al laboratorio. Incluye procedimientos normalizados para la recolección en diferentes puntos de la red de abastecimiento, la selección de envases adecuados, el uso de preservantes, las

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

condiciones de temperatura en el transporte, el tiempo máximo de conservación y los requisitos de registro y recepción de las muestras en el laboratorio autorizado.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La calidad del agua en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, Distrito de Acora, no es apta para consumo humano.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La calidad del agua según parámetros microbiológicos en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, Distrito de Acora; no es apta para consumo humano.
- La calidad del agua, según parámetros organolépticos en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora; no es apta para consumo humano.
- La calidad del agua para consumo humano, según parámetros químicos inorgánicos en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora; no es apta para consumo.
- Existe una diferencia significativa en la calidad del agua para consumo humano, respecto a los parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos, entre los diferentes puntos de muestreo del Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La presente investigación se llevó a cabo en la parcialidad de Huaramaya, ubicada en el Centro Poblado de Thunuhuaya, distrito de Acora, provincia y región de Puno, Perú. Este territorio se localiza en la zona altiplánica, a una altitud aproximada de 3850 m.s.n.m., caracterizada por un clima frío seco, con temperaturas medias anuales que oscilan entre 5 °C y 12 °C, marcadas heladas en invierno y precipitaciones concentradas entre los meses de diciembre y marzo. El paisaje predominante está compuesto por áreas de pastoreo, pequeñas parcelas de cultivo de papa, cebada y quinua, así como bofedales y fuentes de agua subterránea que abastecen a la población, en un entorno rural andino con clima frío semiárido. El sistema de abastecimiento atraviesa áreas de uso agrícola y zonas habitadas dispersas.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

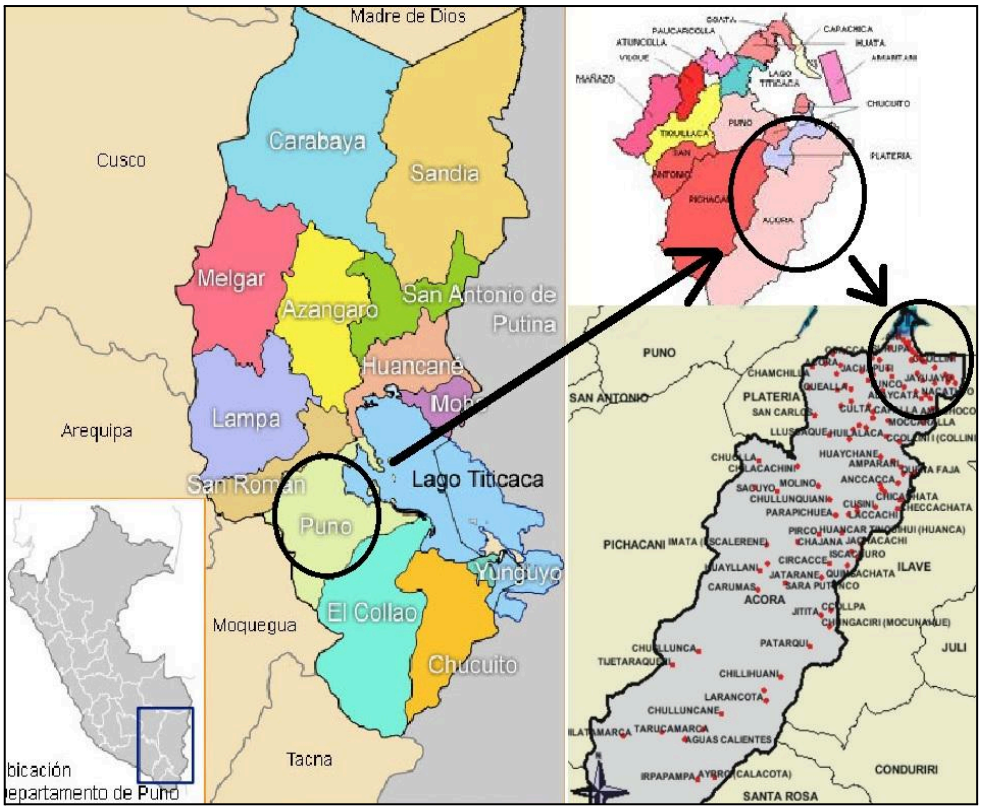


Figura 01: Ubicación del Distrito de Acora, en el departamento de Puno.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

Figura 02: Ubicación del sector Huaramaya, del centro poblado de Thunuhuaya.

Fuente: Google Earth.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población de estudio corresponde al sistema de abastecimiento de agua que cubre el sector Huaramaya, en el Centro Poblado de Thunuhuaya, distrito de Acora, provincia de Puno. Este sistema se extiende desde la captación principal ubicada en las vertientes naturales de la zona alta, hasta el punto de almacenamiento (reservorio) y distribución local, abarcando un área de influencia de aproximadamente 67 km. La población de estudio comprende la totalidad de usuarios que reciben el servicio de agua proveniente de esta red, considerando tanto las zonas de captación como los puntos de almacenamiento y distribución.

3.2.2. MUESTRA

La muestra se obtuvo de 4 puntos puntuales, manantial (ojo de agua); reservorio (almacenamiento); red de distribución de agua (primera y última vivienda), en cada punto la muestra fue de 500 ml. El tipo de muestreo es no probabilístico por conveniencia; El tipo de muestra fue de carácter instantáneo e integrado. La muestra instantánea permite registrar las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua en el momento exacto de la recolección, mientras que la muestra integrada se obtiene mediante la recolección de agua en distintos puntos del sistema de abastecimiento (captación, conducción y almacenamiento), con el fin de obtener un panorama representativo y global de la calidad del agua destinada al consumo humano en el sector Huaramaya.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Figura 03: Puntos de muestreo en la red de abastecimiento de agua.

Fuente: Google Earth.

Tabla 01: Coordenadas UTM de los puntos de muestreo.

PUNTO DE MUESTREO	UBICACIÓN	COORDENADAS UTM	ALTITUD
PUNTO 01	Manantial	Este (331 245.92) Norte (8 234 839.06)	3 900.09 msnm
PUNTO 02	Reservorio	Este (365 584.51) Norte (8 230 064.08)	3 897.76 msnm
PUNTO 03	Primera vivienda	Este (499 997.77) Norte (8 233 184.88)	3 832.98 msnm

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

PUNTO DE MUESTREO	UBICACIÓN	COORDENADAS UTM	ALTITUD
PUNTO 04	Última vivienda	Este (338 819.55) Norte (8 233 184.88)	3 823.79 msnm

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

- Descriptivo - transversal

3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

- No experimental

3.3.3. MÉTODO

- Deductivo - Analitico

3.3.4. MATERIALES A UTILIZAR

Tabla 02: Listado de materiales

MATERIALES	CANTIDAD
Cuaderno para anotaciones	01
GPS	01
Cámara fotográfica	01
Computadora laptop	01
Ficha de muestreo	01
Recipientes de vidrio estériles de 500 mL	04
Botellas de PET de 500 mL	04

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

MATERIALES	CANTIDAD
Equipo de protección personal (guantes, zapato de seguridad, mandil, casco, etc).	05
Cooler para traslado de muestras	02
Tablero	01
Rótulos para cada muestra	08
Bolígrafo	01

3.3.5. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO

OBJETIVO ESPECÍFICO 01: ANALIZAR LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO, SEGÚN PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL SECTOR HUARAMAYA DEL CENTRO POBLADO DE THUNUHUAYA; DISTRITO DE ACORA - 2025.

PASO 1: PLANIFICACIÓN Y PREPARACIÓN

- **Identificación de sitios de muestreo:** Se eligieron 4 puntos estratégicos y representativos del sistema de distribución de agua; El manantial (ojo de agua); reservorio; primera y última vivienda en la red de distribución de agua (inicio y final de red).
- **Selección de parámetros:** Los parámetros microbiológicos que se analizaron son, Bacterias coliformes totales y Bacterias coliformes termotolerantes o fecales.
- **Selección de equipos y materiales:** Se seleccionó y preparó los materiales y equipos a utilizar para el muestreo de agua; también se equipo con los epps correspondientes para realizar el trabajo en campo de forma segura y eficiente.
- **Capacitación:** Antes de salir a realizar el trabajo en campo, nos capacitamos adecuadamente en los protocolos y procedimientos de muestreo de agua, según la

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

normativa vigente (Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales).

PASO 2: MUESTREO Y PRESERVACIÓN

- **Reconocimiento del entorno:** Lo primero fue el reconocimiento del entorno, estando en el lugar se procedió a ubicar y georeferenciar los puntos de muestreo, llevando un registro detallado de la fecha, hora, ubicación, condiciones ambientales y toda observación relevante.
- **Rotulado y etiquetado:** se procedió a rotular y etiquetar los frascos estériles para tomar las muestras correspondientes, también se desinfectó la boquilla con alcohol 70%.
- **Toma de muestra:** Primero se aseguró la limpieza de los recipientes y equipos antes de cada muestreo; luego se procedió a tomar la muestra en uno de los frascos estériles, sin tocar el interior ni la tapa, minimizando el riesgo de contaminación durante la toma de muestra, Asimismo se procedió al llenado de la Ficha de Datos de Campo, siguiendo minuciosamente el Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano (R.D. N° 160-2015-DIGESA-S.A.).
- **Preservación de la muestra:** Se conservó la muestra en un cooler a 4 ± 2 °C; hasta el análisis.

PASO 3: CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE

- **Refrigeración:** Durante el transporte se conservaron las muestras refrigeradas a la temperatura adecuada para preservar los parámetros microbiológicos.
- **Transporte rápido:** El tiempo de transporte al laboratorio fue de 1 hora, ya que se contó con un vehículo particular, para evitar alteraciones en las muestras.

PASO 4: ANÁLISIS EN LABORATORIO

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

- Después del muestreo de agua, las muestras fueron enviadas al laboratorio (MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C.) para su respectivo análisis.

PASO 5: INTERPRETACIÓN Y COMPARACIÓN DE DATOS ANALIZADOS

- **Análisis de datos:** Interpretación y comparación de los resultados obtenidos del laboratorio, en función a los Límites Máximos Permisibles D.S. N.° 031-2010-SA; para determinar si la calidad del agua según los parámetros microbiológicos es apta o no para consumo humano.

OBJETIVO ESPECÍFICO 02: ANALIZAR LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO, SEGÚN PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS DEL SECTOR HUARAMAYA DEL CENTRO POBLADO DE THUNUHUAYA; DISTRITO DE ACORA - 2025.

PASO 1: PLANIFICACIÓN Y PREPARACIÓN

- **Identificación de sitios de muestreo:** Se eligieron 4 puntos estratégicos y representativos del sistema de distribución de agua; El manantial (ojo de agua); reservorio; primera y última vivienda en la red de distribución de agua (inicio y final de red).
- **Selección de parámetros:** Los parámetros organolépticos que se analizaron son, Turbiedad; pH; CE; sólidos totales disueltos; cloruros; sulfatos y dureza total.
- **Selección de equipos y materiales:** Se seleccionó y preparó los materiales y equipos a utilizar para el muestreo de agua; también se equipo con los epps correspondientes para realizar el trabajo en campo de forma segura y eficiente.
- **Capacitación:** Antes del trabajo en campo, nos capacitamos adecuadamente según los protocolos y procedimientos de muestreo de agua, de acuerdo a la normativa vigente (Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales).

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

PASO 2: MUESTREO Y PRESERVACIÓN

- **Reconocimiento del entorno:** Lo primero fue el reconocimiento del entorno, estando en el lugar se procedió a ubicar y georeferenciar los puntos de muestreo, llevando un registro detallado de la fecha, hora, ubicación, condiciones ambientales y toda observación relevante.
- **Rotulado y etiquetado:** Se procedió a rotular y etiquetar el envase para tomar la muestra correspondiente, también se desinfectó la boquilla con alcohol 70%.
- **Toma de muestra:** Primero se aseguró la limpieza de los recipientes y equipos antes de cada muestreo; luego se procedió a tomar la muestra en uno de los envases, sin tocar el interior ni la tapa, minimizando el riesgo de contaminación durante la toma de muestra, Asimismo se procedió al llenado de la Ficha de Datos de Campo, siguiendo minuciosamente el Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano (R.D. N° 160-2015-DIGESA-S.A.).
- **Preservación de la muestra:** Se conservó la muestra en un cooler a 4 ± 2 °C; hasta el análisis.

PASO 3: CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE

- **Refrigeración:** Durante el transporte se conservaron las muestras refrigeradas a la temperatura adecuada para preservar los parámetros Organolépticos.
- **Transporte rápido:** El tiempo de transporte al laboratorio fue de 1 hora, ya que se contó con un vehículo particular, para evitar alteraciones en las muestras.

PASO 4: ANÁLISIS EN LABORATORIO

- Después del muestreo de agua, las muestras fueron enviadas al laboratorio (MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C.) para su respectivo análisis.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

PASO 5: INTERPRETACIÓN Y COMPARACIÓN DE DATOS ANALIZADOS

- **Análisis de datos:** Interpretación y comparación de los resultados obtenidos del laboratorio, en función a los Límites Máximos Permisibles D.S. N.° 031-2010-SA; para determinar si la calidad del agua según los parámetros organolépticos es apta o no para consumo humano.

OBJETIVO ESPECÍFICO 03: ANALIZAR LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO, SEGÚN PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS DEL SECTOR HUARAMAYA DEL CENTRO POBLADO DE THUNUHUAYA; DISTRITO DE ACORA - 2025.

PASO 1: PLANIFICACIÓN Y PREPARACIÓN

- **Identificación de sitios de muestreo:** Se eligieron 4 puntos estratégicos y representativos del sistema de distribución de agua; El manantial (ojo de agua); reservorio; primera y última vivienda en la red de distribución de agua (inicio y final de red).
- **Selección parámetros:** Los parámetros químicos inorgánicos que se analizaron son, arsénico; cadmio; cloro; cromo total; mercurio; nitratos; nitritos y plomo.
- **Selección de equipos y materiales:** Se seleccionó y preparó los materiales y equipos a utilizar para el muestreo de agua; también se equipo con los epps correspondientes para realizar el trabajo en campo de forma segura y eficiente.
- **Capacitación:** Antes del trabajo en campo, nos capacitamos adecuadamente según los protocolos y procedimientos de muestreo de agua, de acuerdo a la normativa vigente (Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales).

PASO 2: MUESTREO Y PRESERVACIÓN

- **Reconocimiento del entorno:** Lo primero fue el reconocimiento del entorno, estando en el lugar se procedió a ubicar y georeferenciar los puntos de muestreo,

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

llevando un registro detallado de la fecha, hora, ubicación, condiciones ambientales y toda observación relevante.

- **Rotulado y etiquetado:** Se procedió a rotular y etiquetar los envases para tomar las muestras correspondientes, también se desinfectó la boquilla con alcohol 70%.
- **Toma de muestra:** Primero se aseguró la limpieza de los recipientes y equipos antes de cada muestreo; luego se procedió a tomar la muestra en uno de los envases, sin tocar el interior ni la tapa, minimizando el riesgo de contaminación durante la toma de muestra, Asimismo se procedió al llenado de la Ficha de Datos de Campo, siguiendo minuciosamente el Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano (R.D. N° 160-2015-DIGESA-S.A.).
- **Preservación de la muestra:** Se conservó las muestras en un cooler a 4 ± 2 °C; hasta el análisis.

PASO 3: CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE

- **Refrigeración:** Durante el transporte se conservaron las muestras refrigeradas a la temperatura adecuada para preservar los parámetros químicos inorgánicos.
- **Transporte rápido:** El tiempo de transporte al laboratorio fue de 1 hora, ya que se contó con un vehículo particular, para evitar alteraciones en las muestras.

PASO 4: ANÁLISIS EN LABORATORIO

- Después del muestreo de agua, las muestras fueron enviadas al laboratorio (MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C.) para su respectivo análisis.

PASO 5: INTERPRETACIÓN Y COMPARACIÓN DE DATOS ANALIZADOS

- **Análisis de datos:** Interpretación y comparación de los resultados obtenidos del laboratorio, en función a los Límites Máximos Permisibles D.S. N.° 031-2010-SA;

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

para determinar si la calidad del agua según los parámetros químicos inorgánicos es apta o no para consumo humano.

OBJETIVO ESPECÍFICO 04: COMPARAR LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, SEGÚN PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS, ORGANOLÉPTICOS Y QUÍMICOS INORGÁNICOS, ENTRE LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO DEL SECTOR HUARAMAYA DEL CENTRO POBLADO DE THUNUHUAYA; DISTRITO DE ACORA; 2025.

Para cumplir este objetivo específico, se empleó un diseño descriptivo y comparativo, ya que se busca identificar y contrastar los valores obtenidos en los parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos entre los puntos de muestreo definidos en el sistema de abastecimiento del Sector Huaramaya. Este sistema representa el universo sobre el cual se evalúan las condiciones de calidad del agua destinada al consumo humano. El muestreo en dichos puntos facilita comparar directamente las características químicas inorgánicas, microbiológicas y organolépticas; desde el origen hasta el final de la red, proporcionando información clave para determinar si existen variaciones atribuibles al transporte, almacenamiento o condiciones particulares de la infraestructura. Esta estrategia de selección garantiza que la muestra represente adecuadamente el comportamiento global del sistema y permite obtener conclusiones confiables sobre el estado del agua distribuida a la población.

Criterios de comparación:

- Variación entre captación, reservorio y red de distribución
- Cumplimiento o incumplimiento respecto a la normativa sanitaria.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE (VI):

La variable independiente está constituida por el conjunto de **parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos** que permiten caracterizar la

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

calidad del agua para consumo humano. Estos parámetros representan los componentes específicos que pueden variar entre los diferentes puntos del sistema de abastecimiento (captación, reservorio y red de distribución), influyendo directamente en la calidad del agua para el consumo.

VARIABLE DEPENDIENTE (VD):

La variable dependiente corresponde a la **calidad del agua para consumo humano**, entendida como el estado integral del recurso en términos microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos, evaluado según los estándares establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA. Esta variable refleja el resultado final de la interacción entre los diversos parámetros analizados, y permite determinar si el agua cumple o no con los criterios de potabilidad exigidos para proteger la salud de la población. La calidad del agua depende directamente de los valores obtenidos en los análisis de laboratorio y de las variaciones detectadas en cada punto del sistema de abastecimiento.

Tabla 03: Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
	Parámetros Microbiológicos	Bacterias coliformes totales	UFC/100 mL
		Bacterias coliformes termotolerantes o fecales	UFC/100 mL
		Turbiedad	UNT
		pH	Unidades de pH
		CE	µS/cm

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

	Parámetros organolépticos	Sólidos totales disueltos	mgL
		Cloruros	mgL
VI: Parámetros: Microbiológicos, organolépticos, químicos - inorgánicos.		Sulfatos	mgL
		Dureza total	mgL
		Arsénico	mgL
		Cadmio	mgL
	Parámetros químicos inorgánicos	Cromo total	mgL
		Mercurio	mgL
		Nitratos	mgL
		Plomo	mgL
VD: Calidad del agua	Calidad microbiológica; Calidad organoléptica; Calidad química inorgánica	D.S. N.° 031-2010-SA	Cumple / No Cumple

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

ENFOQUE: Cuantitativo.

TIPO: Descriptivo - transversal.

DISEÑO: No experimental.

TIPO DE MUESTREO: No probabilístico por conveniencia.

DISEÑO ESTADÍSTICO: Estadística descriptiva.

El presente estudio presenta un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo; ya que se busca identificar y contrastar los valores obtenidos de los parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos en el sistema de abastecimiento del Sector Huaramaya. El diseño es no experimental y de corte transversal, puesto que los parámetros fueron evaluados sin manipulación de variables y en un único momento temporal. Se utilizaron técnicas estadísticas descriptivas, para luego interpretar los resultados. El método de análisis y procesamiento de datos fue mediante un análisis descriptivo, expresado a través de tablas y gráficos comparativos por punto de muestreo.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, EN EL SECTOR HUARAMAYA DEL CENTRO POBLADO DE THUNUHUAYA

La evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el Sector Huaramaya se realizó mediante el análisis de parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos según el D.S. Nº 031- 2010 - SA. - Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano; considerando cuatro puntos estratégicos del sistema de abastecimiento: manantial (Punto 01), reservorio (Punto 02), primera vivienda (Punto 03) y última vivienda (Punto 04). Los resultados obtenidos permitieron una visión integral del estado sanitario del agua a lo largo de la captación, almacenamiento y distribución.

El **análisis microbiológico** constituye el componente más crítico en la determinación de la calidad del agua para consumo humano. Los coliformes totales presentaron valores entre 3 y 10 NMP/100 mL, mientras que los coliformes termotolerantes registraron valores <3 NMP/100 mL en todos los puntos evaluados. Si bien estos resultados muestran concentraciones bajas, ninguno de los puntos cumple con el estándar del D.S. N.º 031-2010-SA, que exige ausencia total (0 NMP/100 mL) tanto de coliformes totales como termotolerantes. La presencia de coliformes totales indica una posible contaminación ambiental o deficiencias en la protección de la fuente y del sistema de distribución, mientras que la ausencia aparente de coliformes termotolerantes sugiere que no existe contaminación fecal reciente, lo que reduce el riesgo de enfermedades entéricas. El

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

incremento de coliformes totales en el reservorio y en los puntos domiciliarios evidencia que la contaminación podría generarse durante el almacenamiento o la distribución, posiblemente por falta de desinfección continua, ingreso de contaminantes externos o deficiencias en la infraestructura del sistema.

Los **parámetros organolépticos** evaluados muestran condiciones mayormente favorables. El pH presentó valores entre 7.93 y 8.09, ubicándose dentro del rango permitido por el D.S. N.º 031-2010-SA (6.5 - 8.5), lo que indica una reacción ligeramente alcalina, común en aguas subterráneas y de manantial, sin implicancias negativas para la salud humana. La conductividad eléctrica (0.34 - 0.36 mS/cm) y los sólidos disueltos totales (0.17 - 0.18 g/L) evidencian una baja mineralización del agua, muy por debajo de los límites normativos, lo que sugiere ausencia de procesos de salinización o contaminación inorgánica significativa. Asimismo, la turbiedad se mantuvo entre 2.5 y 4.0 NTU, cumpliendo con el valor máximo permisible (≤5 NTU), lo cual indica una adecuada claridad del agua y una baja presencia de partículas en suspensión. La dureza total (159.60 - 190.00 mg/L como $CaCO_3$) clasifica al agua como moderadamente dura, pero dentro del límite normativo (≤500 mg/L), condición que no afecta negativamente la salud, aunque puede influir en la formación de incrustaciones. Desde el punto de vista organoléptico, los resultados reflejan un agua con características aceptables para consumo humano, que no representa riesgo organoléptico ni físico para la población.

En cuanto a los **parámetros químicos inorgánicos** Los nitratos (<0.09 mg/L) indican que el agua no presenta riesgo de metahemoglobinemia ni contaminación de origen agrícola. En los metales pesados (arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo), las concentraciones detectadas fueron bajas y se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la normativa sanitaria. Esto confirma que el agua del Sector Huaramaya no presenta riesgo toxicológico, siendo apta desde el punto de vista químico inorgánico.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

En función de los resultados obtenidos, se concluye que la calidad del agua para consumo humano en el Sector Huaramaya es aceptable desde el punto de vista físico y químico, pero no cumple plenamente con la normativa sanitaria vigente debido a la presencia de coliformes totales. Por lo tanto, el agua no es apta para consumo humano debido a que requiere mejoras en el tratamiento y control sanitario para garantizar su inocuidad y proteger la salud de la población.

4.1.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS Y COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Hipótesis general: La calidad del agua en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, Distrito de Acora, no es apta para consumo humano.

Planteamiento de la Hipótesis Nula (H_0):

H_0 = La calidad del agua en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, Distrito de Acora, sí es apta para consumo humano, al cumplir con los parámetros establecidos por la normativa sanitaria vigente.

Planteamiento de la Hipótesis Alterna (H_1):

H_1 = La calidad del agua en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, Distrito de Acora, no es apta para consumo humano, debido al incumplimiento de los parámetros establecidos por la normativa sanitaria vigente.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de la calidad del agua para consumo humano en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, se determinó que el agua no cumple con los criterios microbiológicos establecidos por la normativa sanitaria vigente, específicamente el D.S. N.° 031-2010-SA, debido a la presencia de coliformes totales en los cuatro puntos de muestreo, con valores que oscilaron entre 3 y 10 NMP/100 mL, superando el Límite Máximo Permisible de 0 NMP/100 mL. En este contexto, **los resultados obtenidos confirman la Hipótesis Alterna (H_1)**, la cual sostiene que la calidad del agua en el Sector Huaramaya no es apta

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

para consumo humano, debido al incumplimiento de los parámetros establecidos por la normativa sanitaria vigente. Asimismo, los hallazgos permiten **rechazar la Hipótesis Nula (H_0)**, que planteaba que el agua sí cumplía con los estándares de calidad para consumo humano.

4.2. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA SEGÚN PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

4.2.1. COLIFORMES TOTALES

Tabla 04: Valores obtenidos del análisis microbiológico para Coliformes totales

Punto de muestreo	Ubicación	Valor obtenido	Unidad	LMP (D.S. N.° 031-2010-SA)
Punto 01	Manantial	3	NMP/100 ml	0 UFC/100 mL
Punto 02	Reservorio	10	NMP/100 ml	0 UFC/100 mL
Punto 03	Primera vivienda	4	NMP/100 ml	0 UFC/100 mL
Punto 04	Última vivienda	6	NMP/100 ml	0 UFC/100 mL

La tabla muestra los resultados del análisis microbiológico de coliformes totales en cuatro puntos del sistema de abastecimiento de agua (manantial, reservorio, primera vivienda y última vivienda). Los valores obtenidos se comparan con el Límite Máximo Permisible (LMP) establecido por la normativa peruana D.S. N.° 031-2010-SA, que exige 0 UFC/100 mL (equivalente a cero coliformes por cada 100 mL de agua).

- **Punto 01 - Valor obtenido (3 NMP/100 mL):** El agua del manantial presenta presencia de coliformes totales, por lo que no cumple con el LMP. Esto indica contaminación microbiológica en la fuente.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

- **Punto 02 - Valor obtenido (10 NMP/100 mL):** Es el valor más alto registrado. Evidencia contaminación significativa dentro del reservorio. Sugiere falta de desinfección, así como infiltración de agentes contaminantes.
- **Punto 03 - Valor obtenido (4 NMP/100 mL):** A pesar de estar después del reservorio, los coliformes disminuyen, pero aún así superan el límite permisible, indicando que el agua sigue contaminada.
- **Punto 04 - Valor obtenido (6 NMP/100 mL):** El valor vuelve a aumentar, lo cual indica posibles contaminaciones en la red de distribución, como tuberías deterioradas o intrusión de agua contaminada.

Se observaron variaciones entre los puntos, con incrementos en el reservorio y en la última vivienda. Este comportamiento indica que la infraestructura puede estar permitiendo la reintroducción de contaminación ambiental, especialmente en zonas donde no existe desinfección continua, la tendencia ascendente hacia viviendas evidencia la necesidad de mejorar las prácticas de cloración y protección del sistema.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

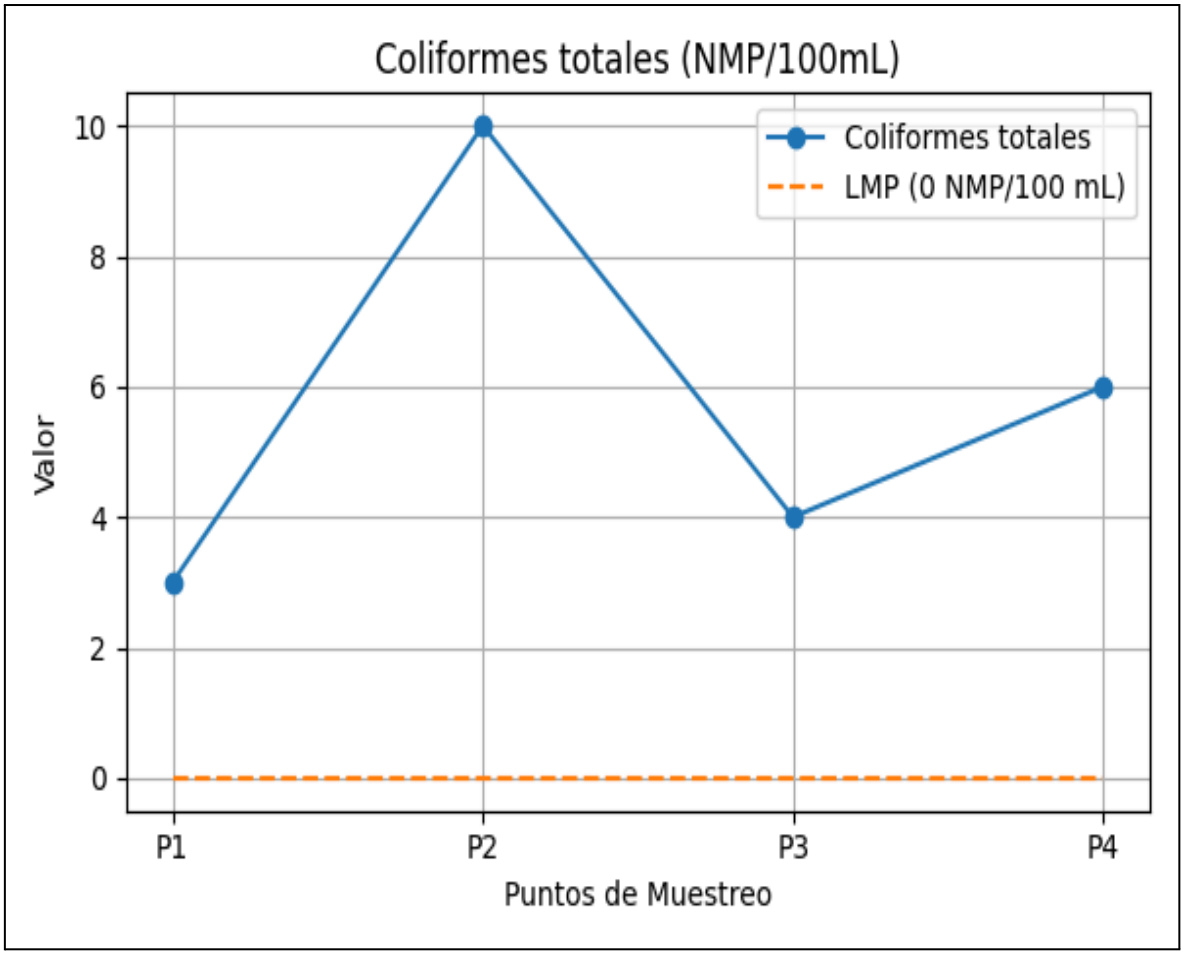


Figura 04: Variación de los coliformes totales entre los diferentes puntos de muestreo.

En comparación con los resultados históricos mostrados en los antecedentes, Cabrera & Gallardo (2023) presentan en su estudio niveles extremadamente altos de coliformes totales, en los 2 pozos que evaluaron, alcanzando valores que superan los 1600 NMP/100 mL e incluso llegan hasta 5600-6800 NMP/100 mL, lo que refleja una contaminación bacteriológica severa y persistente. Por el contrario, en el sistema de abastecimiento evaluado (manantial, reservorio y viviendas), los valores varían entre 3 y 10 NMP/100 mL, lo que representa una reducción cuantitativa drástica si se compara con los valores registrados en los pozos analizados anteriormente. Sin embargo, a pesar de mostrar niveles muy inferiores a los de los pozos, ninguno de los puntos muestreados cumple con el valor permitido por el DS 031-2010-SA (0 NMP/100 mL), lo que indica que

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

el agua sigue presentando contaminación microbiológica, aunque esta sea considerablemente más baja en comparación con los antecedentes de los pozos.

Al comparar los resultados actuales del análisis microbiológico para coliformes totales con el valor obtenido por Contrera (2021) en la Parcialidad de Jiscullaya - Ilave, reflejado en su estudio, se observa una discrepancia cuantitativa significativa. Mientras que Contreras muestra un nivel de coliformes totales considerablemente elevado (28 NMP/100 mL), los resultados obtenidos del presente estudio para los cuatro puntos presentan valores mucho más bajos, fluctuando entre 3 y 10 NMP/100 mL. De hecho, incluso el punto con mayor concentración (reservorio: 10 NMP/100 mL). En consecuencia ambos estudios muestran incumplimiento del límite permisible (0 NMP/100 mL) establecido por el DS 031-2010-SA, lo cual indica contaminación microbiológica en las dos Parcialidades. Sin embargo, el grado de riesgo sanitario es marcadamente distinto; mientras Jiscullaya representa un nivel de contaminación moderadamente elevado, los resultados de Huaramaya muestran una contaminación leve, aunque igualmente inaceptable según la normativa vigente.

Los valores de coliformes totales obtenidos en el presente estudio contrasta fuertemente con los resultados históricos de Ccapa (2024), donde las concentraciones ascienden a valores que van desde 7.2 hasta 290 NMP/100 mL, alcanzando niveles de contaminación notablemente altos en fuentes de captación y viviendas distales; donde los resultados fueron: Fuentes de captación (PM-1: 75 y PM-2: 150 NMP/100 mL); Reservorio (95 NMP/100 mL); Viviendas (7.2 - intermedia y 290 - extrema). En la vivienda más alejada, el valor es 48 veces mayor que nuestro registro en la última vivienda. En términos globales, el promedio del presente estudio fue de 6 NMP/100 mL; es 20 veces menor que el promedio de Ccapa (123 NMP/100 mL). Esto sugiere que el sistema de abastecimiento evaluado en nuestra investigación exhibe un nivel de contaminación bacteriológica considerablemente menor, probablemente debido a mejores condiciones de protección

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

de la fuente, menor exposición a infiltraciones o un mejor manejo del sistema de distribución.

La presente investigación muestra resultados dentro de un rango de concentración de coliformes totales bajo y relativamente homogéneo, oscilando entre 3 y 10 NMP/100 mL, lo que indica contaminación leve en la fuente, el reservorio y los puntos de consumo. Por el contrario, Ibañez (2018) presenta valores más elevados y variables, destacando la Muestra 2 con 28 NMP/100 mL, que representa el nivel de contaminación más alto, seguido por dos muestras con 11 NMP/100 mL, y la última muestra con 4 NMP/100 mL que se asemeja al nivel de tus resultados. En términos sanitarios, ambos estudios superan el límite de 0 NMP/100 mL establecido por el DS 031-2010-SA, lo cual indica presencia de contaminación microbiológica. Sin embargo, los valores de nuestro estudio se encuentran más próximos al cumplimiento normativo, lo que sugiere un sistema de abastecimiento con menor nivel de contaminación.

En conclusión, los resultados obtenidos evidencian que todos los puntos de muestreo del sistema de abastecimiento superan el Límite Máximo Permisible establecido por la normativa sanitaria vigente, el cual exige ausencia total de coliformes en 100 mL de agua para consumo humano. Esta condición se presenta de manera consistente desde la fuente de captación, pasando por el reservorio, hasta los puntos domiciliarios, lo que demuestra que la contaminación microbiológica no es puntual, sino generalizada en todo el sistema. En consecuencia, **el agua distribuida en el Sector Huaramaya no es apta para consumo humano directo**, ya que representa un riesgo potencial para la salud de la población, especialmente para grupos vulnerables como niños, adultos mayores y personas con sistemas inmunológicos comprometidos. Estos resultados ponen en evidencia la necesidad urgente de implementar medidas correctivas orientadas al control microbiológico.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

4.1.2. COLIFORMES TERMOTOLERANTES O FECALES

Tabla 05: Valores obtenidos del análisis microbiológico para coliformes termotolerantes

Punto de muestreo	Ubicación	Valor obtenido	Unidad	Metodología	LMP (D.S. N.° 031-2010-SA)
Punto 01	Manantial	< 3	NMP/100 ml	NMP 3-tubos (APHA 9222D)	0 UFC/100 mL
Punto 02	Reservorio	< 3	NMP/100 ml	NMP 3-tubos (APHA 9222D)	0 UFC/100 mL
Punto 03	Primera vivienda	< 3	NMP/100 ml	NMP 3-tubos (APHA 9222D)	0 UFC/100 mL
Punto 04	Última vivienda	< 3	NMP/100 ml	NMP 3-tubos (APHA 9222D)	0 UFC/100 mL

La tabla presenta los resultados del análisis de coliformes termotolerantes (también conocidos como coliformes fecales) en cuatro puntos del sistema de abastecimiento de agua: manantial, reservorio, primera vivienda y última vivienda. Estos microorganismos son indicadores directos de contaminación fecal reciente, por lo que su presencia implica un riesgo sanitario elevado. La normativa peruana D.S. N.º 031-2010-SA establece como límite máximo Hallazgos principales

En los **cuatro puntos** analizados, el valor reportado es: **< 3 NMP/100 mL**; lo cual es **equivalente a "0"**, de acuerdo al método **NMP 3-tubos (APHA 9222D).**

- **Punto 01 - Valor obtenido (< 3 NMP/100 mL)**: No se detectan coliformes termotolerantes. La fuente no muestra evidencia de contaminación fecal reciente.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

- **Punto 02 - Valor obtenido (< 3 NMP/100 mL):** El reservorio tampoco presenta coliformes termotolerantes detectables, lo que sugiere que no hay ingreso de contaminación fecal en este nivel.
- **Punto 03 - Valor obtenido (< 3 NMP/100 mL):** El agua que llega a la primera vivienda no muestra indicios de contaminación fecal.
- **Punto 04 - Valor obtenido (< 3 NMP/100 mL):** Tampoco se detectan coliformes termotolerantes en la última vivienda, lo que indica que la red de distribución no estaría presentando contaminación fecal reciente.permisible 0 UFC/100 mL, es decir, deben estar totalmente ausentes.

Los valores obtenidos en el estudio actual muestra que ningún punto de muestreo supera el límite de detección (<3 NMP/100 mL) para coliformes termotolerantes. Aunque técnicamente esto no implica “cero absoluto”, sí se interpreta como ausencia operacional del indicador fecal. En contraste, los valores reportados por Cabrera & Gallardo (2023) en los pozos 1 y 2, que reflejan niveles extremadamente altos de contaminación fecal, que van desde 30 NMP/100 mL hasta 3600 NMP/100 mL, muy por encima de lo permitido por el DS 031-2010-SA.

Los resultados de la presente investigación muestran aparente ausencia de coliformes termotolerantes en todos los puntos muestreados (<3 NMP/100 mL). En cambio, los valores del estudio realizado por Ccapa (2024) muestran concentraciones significativamente más altas, desde niveles moderados (15-23 NMP/100 mL) hasta valores muy elevados en el punto más alejado (93 NMP/100 mL), estos resultados evidencian una contaminación fecal considerable, particularmente en la vivienda más alejada, lo que sugiere fallas en el sistema de distribución, infiltraciones o ausencia de desinfección continua. Por el contrario, nuestros resultados reflejan un sistema mejor protegido o con menor riesgo de infiltración de aguas residuales, aunque es importante recalcar que el valor “<3” equivale a “0”, según la metodología utilizada.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

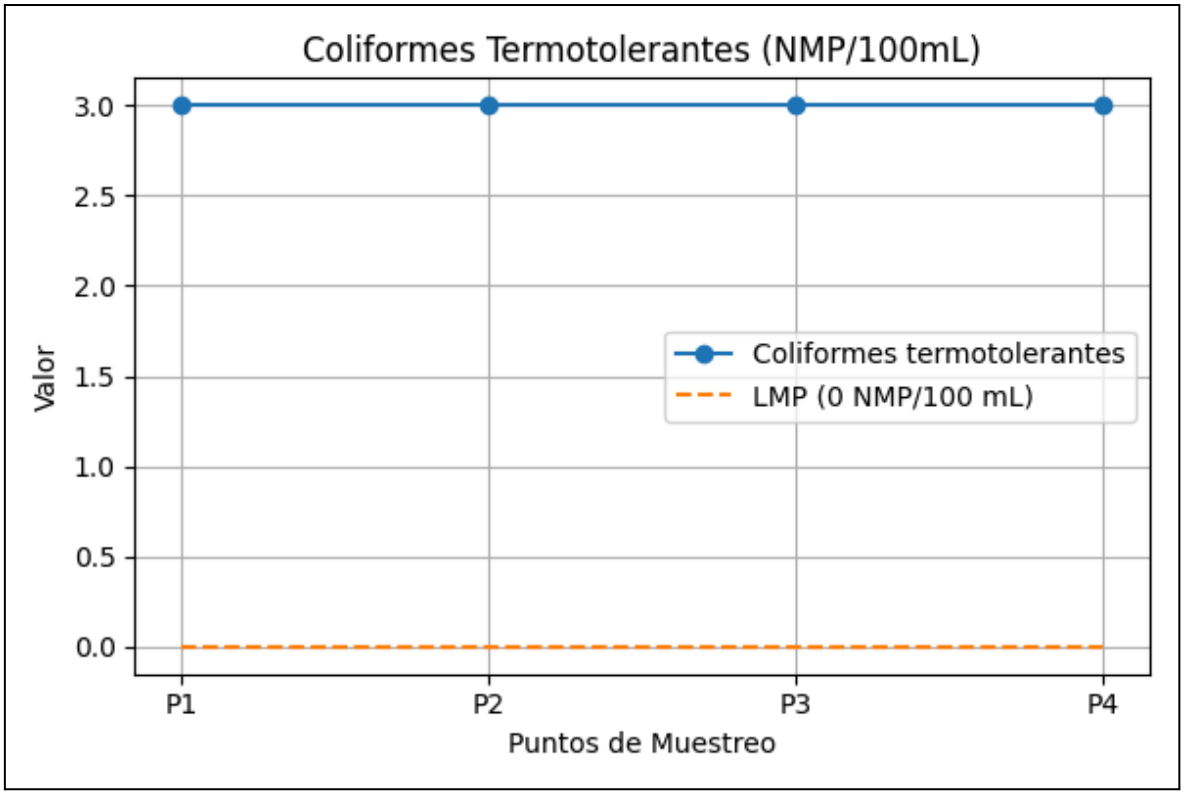


Figura 05: Variación de los coliformes termotolerantes entre los diferentes puntos de muestreo.

Todos los puntos del sistema analizados presentan valores dentro del límite de detección, cumpliendo con el LMP del D.S. N.° 031-2010-SA para coliformes termotolerantes (0/100 mL). Esto indica que no se evidencia contaminación fecal reciente en ningún punto del sistema de abastecimiento, y desde la perspectiva microbiológica (coliformes termotolerantes), el agua sería apta para consumo humano.

4.2.3. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS Y COMPROBACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Primera Hipótesis Específica: La calidad del agua según parámetros microbiológicos en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, Distrito de Acora; no es apta para consumo humano.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Planteamiento de la Hipótesis Nula (H_0):

H_0 = La calidad del agua para consumo humano, según los parámetros microbiológicos, en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, distrito de Acora, sí es apta, al cumplir con los límites establecidos por la normativa sanitaria vigente.

Planteamiento de la Hipótesis Alterna (H_1):

H_1 = La calidad del agua para consumo humano, según los parámetros microbiológicos, en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, distrito de Acora, no es apta para consumo humano, debido al incumplimiento de los límites establecidos por la normativa sanitaria vigente.

De acuerdo con los resultados del análisis microbiológico del agua para consumo humano en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, se determinó la presencia de coliformes totales en todos los puntos de muestreo evaluados, con concentraciones que oscilaron entre 3 y 10 NMP/100 mL, valores que superan el Límite Máximo Permisible de 0 NMP/100 mL establecido por el D.S. N.° 031-2010-SA. Estos resultados evidencian un incumplimiento de los criterios microbiológicos exigidos por la normativa sanitaria vigente. En este contexto, **los resultados obtenidos confirman la Hipótesis Alterna (H_1)**, la cual sostiene que la calidad del agua, según los parámetros microbiológicos, no es apta para consumo humano en el Sector Huaramaya. En consecuencia, **se rechaza la Hipótesis Nula (H_0)**, que planteaba el cumplimiento de los límites microbiológicos establecidos por la normativa sanitaria vigente.

Este hallazgo indica que el agua presenta contaminación bacteriológica, lo que compromete su inocuidad para el consumo humano directo. En cuanto a los coliformes termotolerantes, los resultados mostraron valores menores al límite de detección (<3 NMP/100 mL) en todos los puntos de muestreo, lo que sugiere ausencia de contaminación fecal reciente. No obstante, esta condición no garantiza por sí sola la aptitud microbiológica del agua, ya que la normativa sanitaria exige ausencia total de

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

indicadores bacterianos, incluyendo coliformes totales, como criterio indispensable para considerar el agua apta para consumo humano.

4.3. ANÁLISIS LA CALIDAD DEL AGUA SEGÚN PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS

4.3.1. TURBIEDAD

Tabla 06: Valores obtenidos del análisis organoléptico para turbiedad

Punto de muestreo	Ubicación	Valor obtenido	Unidad	Metodología	LMP (D.S. N.° 031-2010-SA)
Punto 01	Manantial	2.8	NTU	Turbidímetro	5
Punto 02	Reservorio	4.0	NTU	Turbidímetro	5
Punto 03	Primera vivienda	2.5	NTU	Turbidímetro	5
Punto 04	Última vivienda	3.0	NTU	Turbidímetro	5

La tabla presenta los valores de turbidez medidos en cuatro puntos del sistema de abastecimiento de agua: manantial, reservorio, primera vivienda y última vivienda. La turbidez indica la presencia de partículas suspendidas en el agua; valores elevados pueden afectar la desinfección y la aceptabilidad del agua. El límite máximo permisible (LMP) según el D.S. N.º 031-2010-SA es de **5 NTU**.

- **Punto 01 - Valor obtenido (2.8 NTU):** Se encuentra por debajo del LMP, lo que indica una turbidez moderada y aceptable en la fuente.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

- **Punto 02 - Valor obtenido (4.0 NTU):** Aunque está dentro del límite permitido, muestra un valor más alto que en el manantial, lo que sugiere que el reservorio puede estar acumulando partículas suspendidas.
- **Punto 03 - Valor obtenido (2.5 NTU):** Valor bajo y favorable, lo que indica que la distribución no incrementa la turbidez en este tramo.
- **Punto 04 - Valor obtenido (3.0 NTU)**: Está dentro del rango permitido; la ligera elevación respecto de la primera vivienda puede asociarse a la red de distribución o al flujo del sistema.

La turbidez presentó variaciones leves entre puntos, observándose un incremento moderado en el reservorio y una ligera disminución hacia la primera vivienda. Estas diferencias pueden estar asociadas a sedimentación dentro del reservorio o a micro turbulencias en el sistema. Sin embargo, todos los valores permanecen dentro de rangos considerados aceptables, sin comprometer la potabilidad del agua ni favorecer el crecimiento microbiano. La turbidez se mantiene controlada a lo largo del sistema, lo cual es un indicador positivo.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

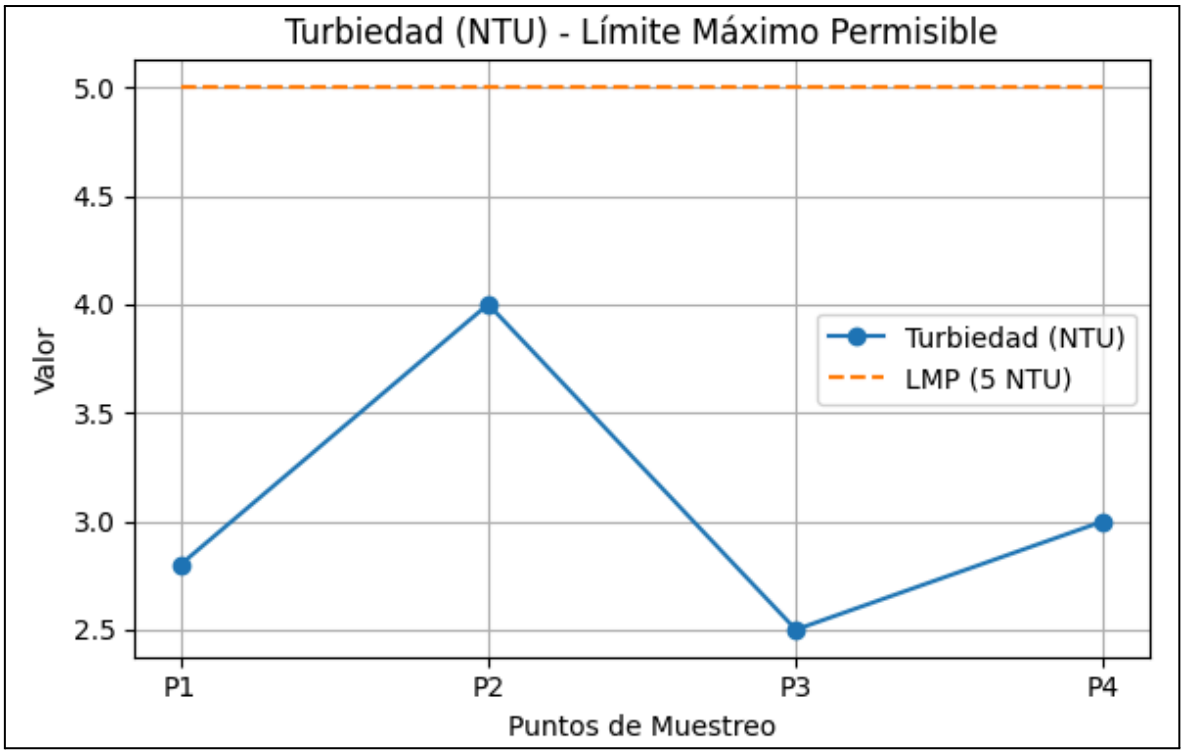


Figura 06: Variación de la turbidez entre los diferentes puntos de muestreo.

Los resultados obtenidos evidencian que todos los puntos de muestreo presentan valores de turbidez inferiores al Límite Máximo Permisible de 5 NTU, establecido por la normativa sanitaria vigente para agua destinada al consumo humano. Esta condición demuestra que, desde el punto de vista físico, el agua evaluada cumple con los estándares de calidad requeridos, lo que indica una adecuada claridad y ausencia de material particulado en concentraciones que puedan afectar su aceptabilidad. No obstante, al realizar un análisis comparativo entre los puntos de muestreo, se observa que el reservorio presenta los valores de turbidez relativamente más elevados en comparación con la fuente de captación y los puntos domiciliarios, aunque sin exceder el límite normativo. Esta situación sugiere que el proceso de almacenamiento del agua podría favorecer la acumulación de sólidos en suspensión, posiblemente debido a sedimentación incompleta, ingreso de partículas externas o deficiencias en las condiciones de limpieza y protección del reservorio. A pesar de esta ligera variación, los niveles de turbidez registrados no representan un riesgo directo para la salud ni afectan las características

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

visuales del agua, por lo que no se evidencian problemas visibles que limiten su uso o consumo. En términos generales, **los resultados indican que el agua del Sector Huaramaya es apta para consumo humano según el parámetro de turbidez**, manteniendo condiciones físicas adecuadas en todo el sistema de abastecimiento.

4.3.2. PH

Tabla 07: Valores obtenidos del análisis organoléptico para pH

Punto de muestreo	Ubicación	Valor obtenido	Unidad	Metodología	LMP (D.S. N.° 031-2010-SA)
Punto 01	Manantial	7.93	Valor de pH	Potenciómetro	6.5 a 8.5
Punto 02	Reservorio	7.97	Valor de pH	Potenciómetro	6.5 a 8.5
Punto 03	Primera vivienda	7.96	Valor de pH	Potenciómetro	6.5 a 8.5
Punto 04	Última vivienda	8.09	Valor de pH	Potenciómetro	6.5 a 8.5

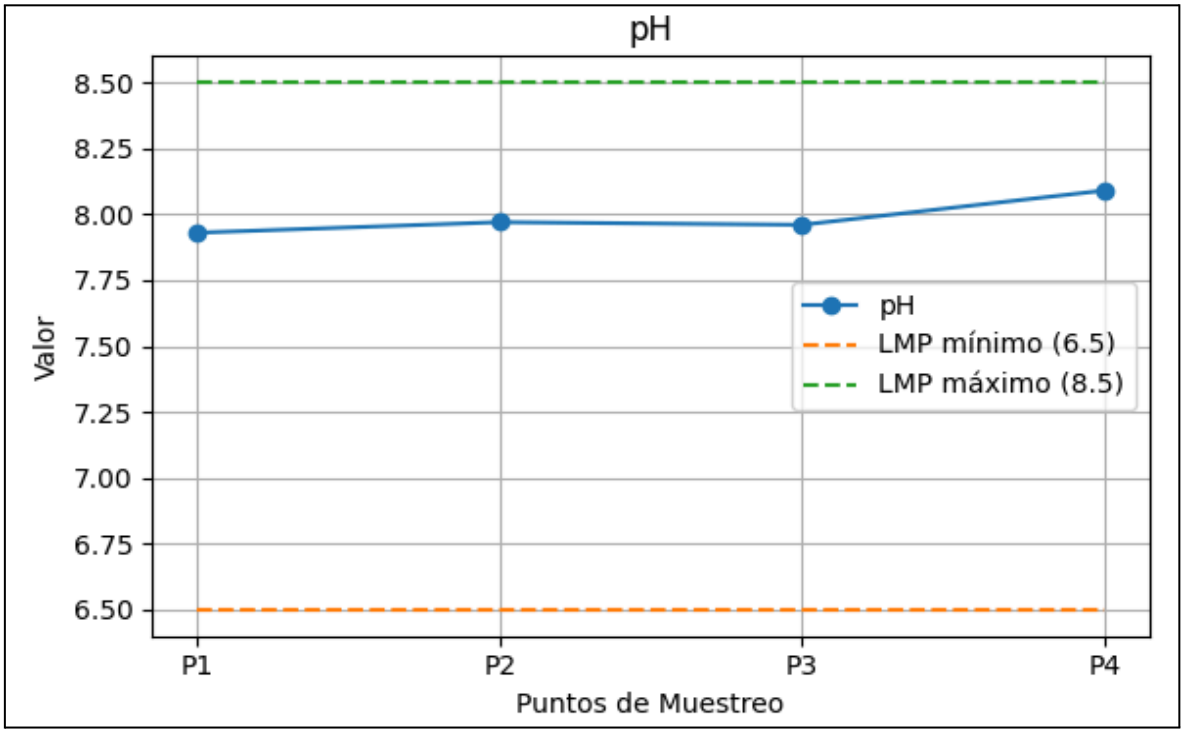
La tabla muestra los valores de pH del agua en cuatro puntos del sistema de abastecimiento: manantial, reservorio, primera vivienda y última vivienda. El pH indica el grado de acidez o alcalinidad del agua, siendo un parámetro importante para garantizar su potabilidad y evitar corrosión o incrustaciones en la red de distribución. la norma D.S. N.º 031-2010-SA establece que el pH del agua para consumo humano debe estar entre 6.5 y 8.5 unidades de pH.

- **Punto 01 - Valor obtenido (7.93):** Se encuentra dentro del rango permitido. El agua es ligeramente alcalina pero aceptable.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

- **Punto 02 - Valor obtenido (7.97):** También dentro del rango normativo. Mantiene una ligera alcalinidad sin representar riesgo.
- **Punto 03 - Valor obtenido (7.96):** Apto según norma. No se observa variación significativa respecto al reservorio.
- **Punto 04 - Valor obtenido (8.09):** Aunque es el valor más alto registrado, sigue dentro del límite permitido (máx. 8.5). Indica una tendencia a mayor alcalinidad en la red de distribución, posiblemente por contacto con materiales presentes en las tuberías.

En los cuatro puntos evaluados, el pH se mantuvo dentro del rango ligeramente alcalino, mostrando variaciones mínimas entre manantial, reservorio y viviendas. Esto indica estabilidad del parámetro a lo largo del sistema de distribución, sin evidencias de procesos de acidificación o contaminación que modifiquen la reactividad química del agua. Desde el punto de vista sanitario, todos los valores se encuentran dentro del rango permitido por la normativa nacional, por lo tanto, no representan riesgo para los usuarios.



Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Figura 07: Variación del pH entre los diferentes puntos de muestreo.

Los resultados del análisis de pH evidencian que todos los puntos de muestreo presentan valores comprendidos dentro del rango establecido por el D.S. N.° 031-2010-SA, el cual fija límites entre 6.5 y 8.5 para agua destinada al consumo humano. Esta condición demuestra que el agua del Sector Huaramaya cumple satisfactoriamente con la normativa vigente, manteniendo un equilibrio ácido–base adecuado en todo el sistema de abastecimiento. Al realizar una comparación entre los puntos evaluados, se observa una ligera variación en los valores de pH, sin que ninguno exceda los límites permisibles. Esta variabilidad sugiere que el sistema conserva una estabilidad química general, característica de aguas que no han sido afectadas por procesos de contaminación química o reacciones adversas significativas. El leve incremento registrado en la última vivienda podría estar asociado a la interacción del agua con los materiales de la red de distribución, como tuberías o accesorios, así como al mayor tiempo de permanencia del agua en el sistema. En términos generales, **los resultados indican que el agua es apta para consumo humano según el parámetro pH**, y que el sistema de abastecimiento del Sector Huaramaya mantiene condiciones químicas adecuadas a lo largo de su recorrido, desde la fuente de captación hasta los puntos de consumo final.

4.3.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)

Tabla 08: Valores obtenidos del análisis organoléptico para CE

Punto de muestreo	Ubicación	Valor obtenido	Unidad	Metodología	LMP (D.S. N.° 031-2010-SA)
Punto 01	Manantial	0.35	mS/cm	Conductimetro	1 500
Punto 02	Reservorio	0.34	mS/cm	Conductimetro	1 500
Punto 03	Primera	0.34	mS/cm	Conductimetro	1 500

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

	vivienda				
Punto 04	Última vivienda	0.36	mS/cm	Conductimetro	1 500

La tabla presenta los valores de conductividad eléctrica (CE) medidos en cuatro puntos del sistema de abastecimiento de agua: manantial, reservorio, primera vivienda y última vivienda. La CE indica la cantidad de sales y minerales disueltos en el agua; valores elevados pueden afectar su sabor y potabilidad. El límite máximo permisible (LMP) según el D.S. N.º 031-2010-SA es de 1500.

- **Punto 01 - Valor obtenido (0.35 mS/cm):** Se encuentra ampliamente por debajo del LMP, indicando una baja concentración de sales en la fuente de agua.
- **Punto 02 - Valor obtenido (0.34 mS/cm):** El valor es ligeramente menor al del manantial y sigue dentro del rango ideal, lo cual refleja que no hay incremento de minerales en el almacenamiento.
- **Punto 03 - Valor obtenido (0.34 mS/cm):** Se mantiene constante respecto al reservorio, lo que indica una adecuada conducción sin aporte de sales desde la infraestructura.
- **Punto 04 - Valor obtenido (0.36 mS/cm):** Aunque presenta una leve elevación en comparación con las demás viviendas, continúa siendo muy bajo y dentro de los valores aceptables.

Los valores obtenidos para CE fueron homogéneos entre los puntos analizados. La similitud en estos parámetros demuestra que las sales disueltas no se ven afectadas por el paso del agua desde la captación hasta la distribución final. Esto sugiere que la infraestructura hidráulica no aporta minerales adicionales ni sufre procesos de corrosión significativos.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

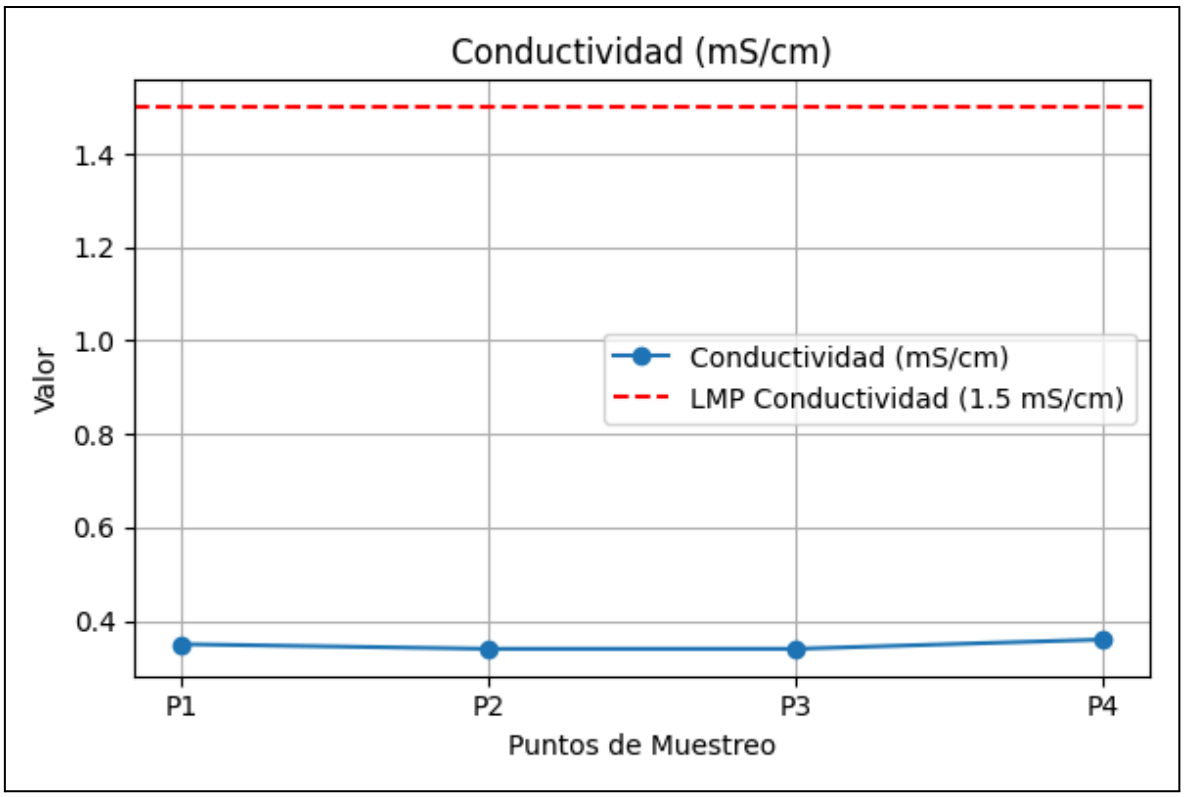
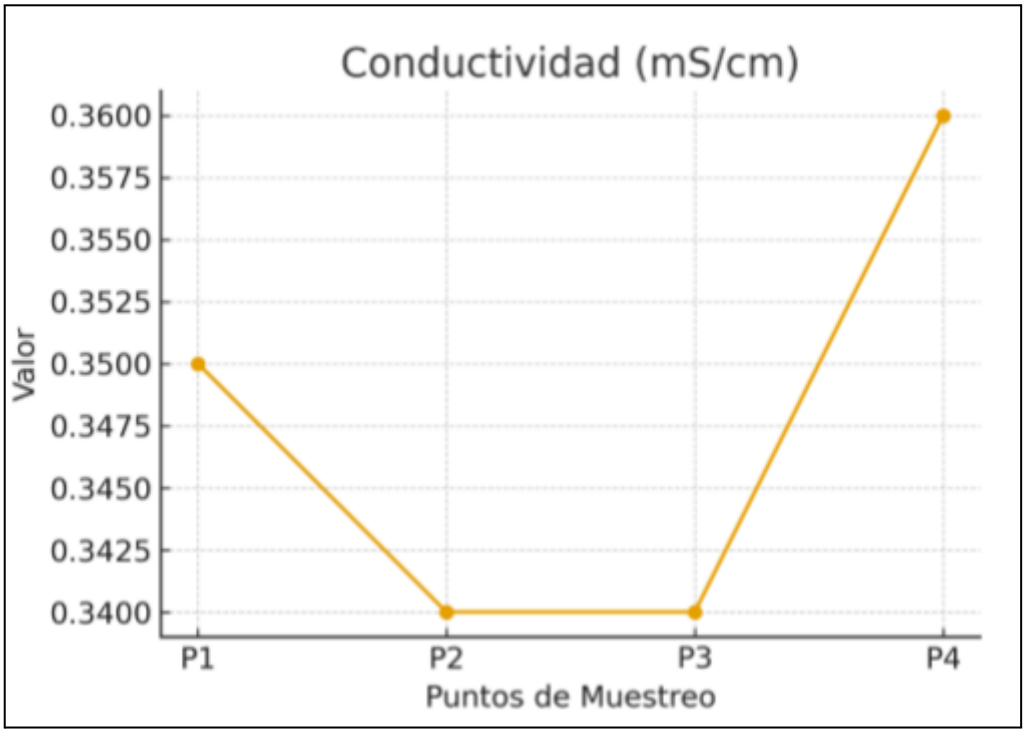


Figura 08: Comparación de la CE de los diferentes puntos de muestreo y los LMP.



Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Figura 09: Variación de la CE entre los diferentes puntos de muestreo.

Todos los puntos muestreados presentan valores de conductividad eléctrica muy por debajo del límite máximo permisible, por lo que el agua cumple plenamente con la normativa vigente para este parámetro. Los resultados muestran una baja presencia de sales y minerales, así como una distribución estable y sin alteraciones significativas del agua en todo el sistema. Esto indica que el agua es segura, manteniendo sus características físico-químicas adecuadas para el consumo humano.

4.3.4. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

Tabla 09: Valores obtenidos del análisis organoléptico para sólidos totales disueltos

Punto de muestreo	Ubicación	Valor obtenido	Unidad	Metodología	LMP (D.S. N.° 031-2010-SA)
Punto 01	Manantial	170	mg/L	Cálculo	1 000
Punto 02	Reservorio	170	mg/L	Cálculo	1 000
Punto 03	Primera vivienda	180	mg/L	Cálculo	1 000
Punto 04	Última vivienda	180	mg/L	Cálculo	1 000

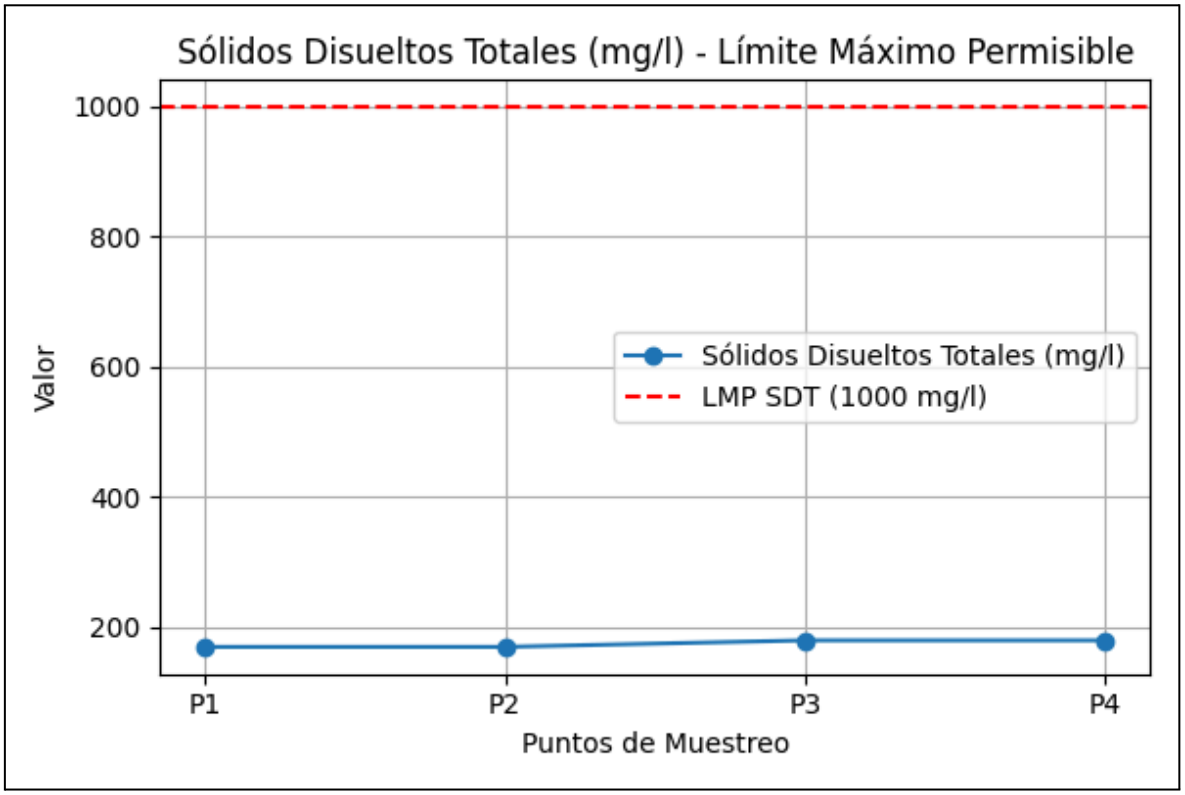
La tabla presenta los valores de sólidos totales disueltos (STD) medidos en cuatro puntos del sistema de abastecimiento de agua: manantial, reservorio, primera vivienda y última vivienda. Los STD representan la concentración de sales, minerales y sustancias disueltas en el agua; niveles elevados pueden afectar el sabor, la potabilidad y generar

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

incrustaciones en tuberías. El límite máximo permisible (LMP) según el D.S. N.º 031-2010-SA es de 1000 mg/L.

- **Punto 01 - Valor obtenido (170 mg/L):** Valor muy por debajo del LMP, indicando buena calidad del agua en su origen con baja presencia de sales disueltas.
- **Punto 02 - Valor obtenido (170 mg/L):** Se mantiene igual que en el manantial, lo que muestra que el almacenamiento no incrementa la concentración de sólidos disueltos.
- **Punto 03 - Valor obtenido (180 mg/L):** El leve aumento aún es mínimo y sin riesgo sanitario; se mantiene dentro de los niveles óptimos.
- **Punto 04 - Valor obtenido (180 mg/L):** Similar al punto anterior, reflejando estabilidad en la calidad del agua pese al recorrido por la red de distribución.

Los valores obtenidos para SDT fueron casi homogéneos entre los puntos analizados. La estabilidad en este parámetro confirma que el agua mantiene su carácter de mineralización ligera, aceptable para consumo humano.



Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Figura 10: Comparación de los Sólidos Disueltos Totales de los diferentes puntos de muestreo y el LMP.

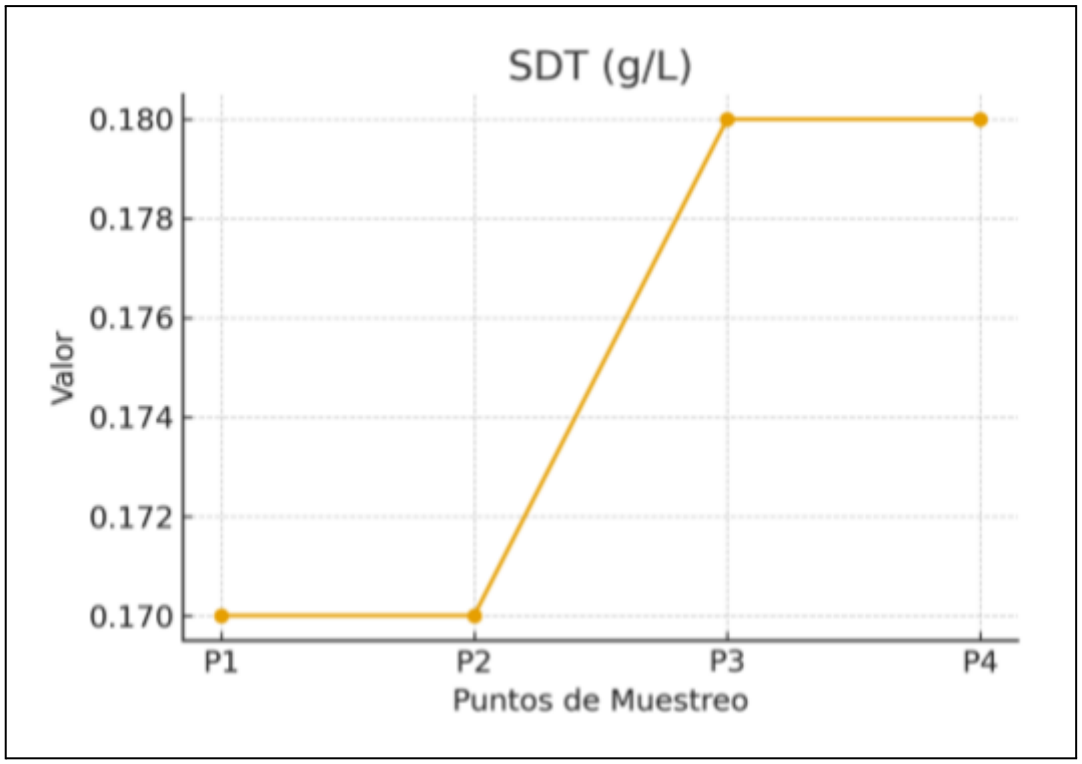


Figura 11: Variación de los Sólidos Disueltos Totales entre los diferentes puntos de muestreo.

Los valores de sólidos totales disueltos (STD) registrados en todos los puntos de muestreo se encuentran muy por debajo del Límite Máximo Permisible de 1000 mg/L, establecido por la normativa sanitaria vigente para agua destinada al consumo humano. Esta condición evidencia que el agua del Sector Huaramaya cumple ampliamente con los estándares de calidad exigidos, reflejando una baja concentración de sales minerales y compuestos disueltos a lo largo de todo el sistema de abastecimiento. La comparación entre los puntos de muestreo muestra que las variaciones de STD son mínimas, lo que indica que no se producen aportes significativos de sustancias disueltas durante el almacenamiento ni en la red de distribución. Esta estabilidad sugiere que tanto la fuente

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

de captación como la infraestructura del sistema no generan procesos de disolución, corrosión o infiltración que puedan alterar la composición química del agua.

Desde el punto de vista organoléptico, los bajos niveles de sólidos totales disueltos contribuyen a que el agua presente sabor neutro y adecuada aceptabilidad por parte de la población, además de reducir el riesgo de incrustaciones en tuberías y equipos domésticos. Asimismo, una baja concentración de STD es indicativa de baja mineralización, lo que resulta favorable para el consumo humano y para la conservación de la infraestructura del sistema. En términos generales, los resultados obtenidos demuestran que el sistema de abastecimiento mantiene la calidad del agua desde la fuente hasta los puntos finales de distribución, preservando condiciones fisicoquímicas adecuadas. Por tanto, se concluye que **el agua es apta para consumo humano según el parámetro de sólidos totales disueltos**, no representando riesgo para la salud ni afectando su aceptabilidad sensorial

4.3.5. CLORUROS

Tabla 10: Valores obtenidos del análisis organoléptico para Cloruros

Punto de muestreo	Ubicación	Valor obtenido	Unidad	Metodología	LMP (D.S. N.° 031-2010-SA)
Punto 01	Manantial	22.69	mg/L	Argentometría (Mohr)	250
Punto 02	Reservorio	17.02	mg/L	Argentometría (Mohr)	250
Punto 03	Primera vivienda	14.18	mg/L	Argentometría (Mohr)	250

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Punto 04	Última vivienda	11.35	mg/L	Argentometría (Mohr)	250

La tabla presenta los valores de cloruros medidos en cuatro puntos del sistema de abastecimiento de agua: manantial, reservorio, primera vivienda y última vivienda. El contenido de cloruros se relaciona con la salinidad del agua; valores elevados pueden ocasionar sabor salado, corrosión en tuberías y afectar la potabilidad. El límite máximo permisible (LMP) según el D.S. N.º 031-2010-SA es de 250 mg/L.

- **Punto 01 - Valor obtenido (22.69 mg/L):** Muy por debajo del LMP, lo que indica baja salinidad en el punto de origen.
- **Punto 02 - Valor obtenido (17.02 mg/L):** El valor disminuye respecto al manantial, lo que sugiere que el almacenamiento no introduce aporte de cloruros.
- **Punto 03 - Valor obtenido (14.18 mg/L):** Continúa la ligera disminución, indicando que la red de distribución no afecta negativamente este parámetro.
- **Punto 04 - Valor obtenido (11.35 mg/L):** Es el valor más bajo registrado, evidenciando que el recorrido por la red mantiene la calidad del agua sin incremento de salinidad.

Los resultados del análisis de cloruros evidencian una tendencia descendente a medida que el agua avanza a lo largo del sistema de distribución, desde la fuente de captación hasta los puntos domiciliarios. Esta disminución progresiva podría estar asociada a procesos de adsorción ligera en las superficies internas de las tuberías, así como a efectos de dilución y mezcla dentro del sistema de conducción y almacenamiento, que contribuyen a la homogenización de la composición química del agua. A pesar de estas variaciones, los valores de cloruros registrados en todos los puntos de muestreo se mantienen muy por debajo de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la normativa sanitaria vigente, lo que indica que el agua evaluada no presenta problemas de

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

salinidad ni alteraciones en el sabor, características que suelen asociarse a concentraciones elevadas de este ion.

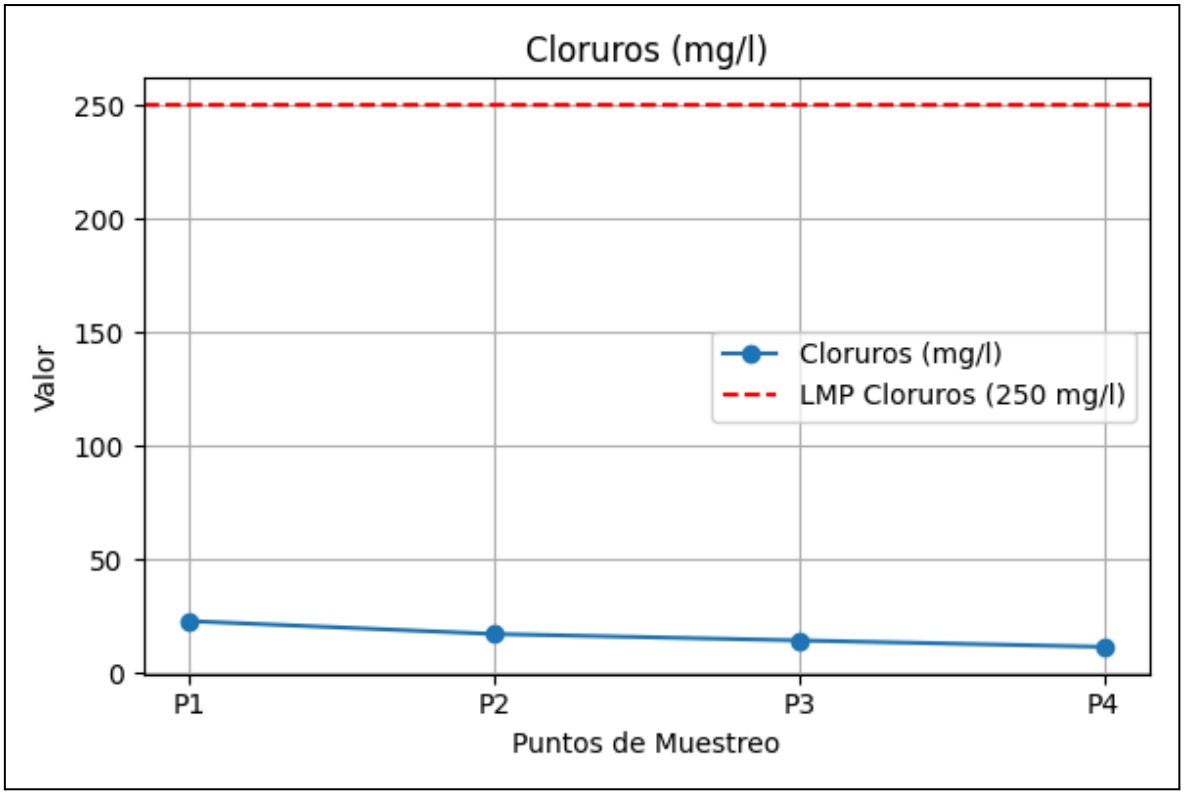
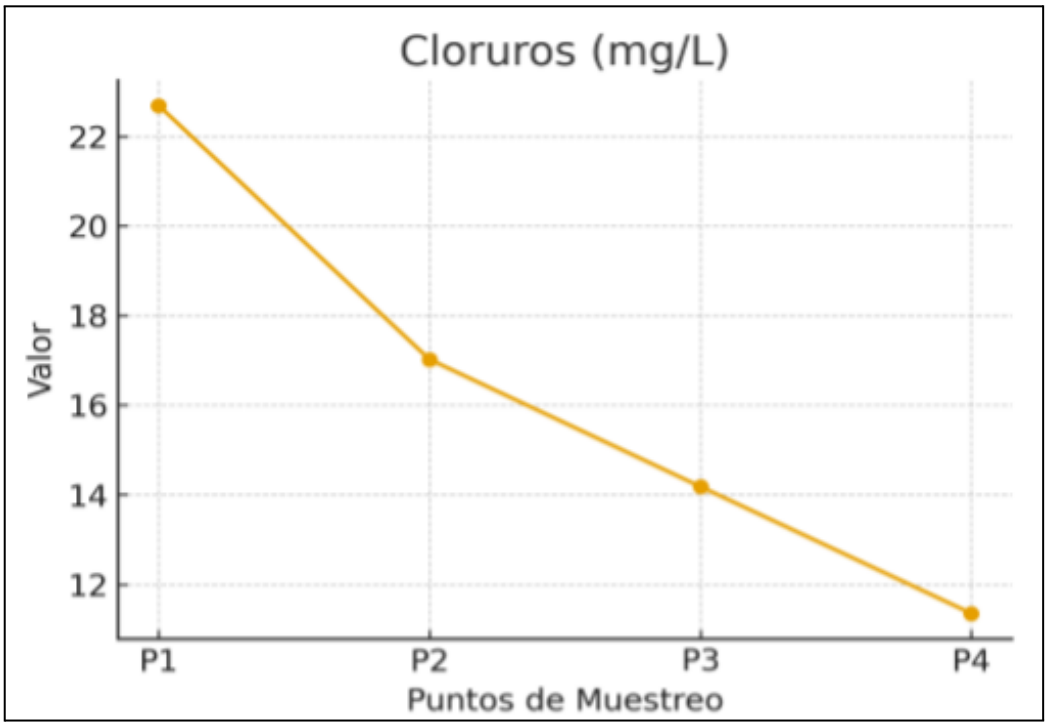


Figura 12: Comparación de los Cloruros de los diferentes puntos de muestreo y el LMP.



Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Figura 13: Variación de los Cloruros entre los diferentes puntos de muestreo.

Desde el punto de vista sanitario y organoléptico, las bajas concentraciones de cloruros son favorables, ya que no generan efectos adversos para la salud ni afectan la aceptabilidad del agua para consumo humano. Asimismo, estos niveles reducidos minimizan el riesgo de corrosión en la infraestructura del sistema de abastecimiento y en las instalaciones domiciliarias, contribuyendo a la conservación de las tuberías y equipos. Todos los puntos muestreados presentan concentraciones de cloruros muy inferiores al límite máximo permisible (250 mg/L), por lo cual **el agua cumple con la normativa vigente para este parámetro**. Los resultados revelan una baja presencia de sales cloruradas en todo el sistema de distribución, manteniendo características fisicoquímicas adecuadas y sin riesgos para la salud ni para la infraestructura hidráulica.

4.3.6. SULFATOS

Tabla 11: Valores obtenidos del análisis organoléptico para Sulfatos

Punto de muestreo	Ubicación	Valor obtenido	Unidad	Metodología	LMP (D.S. N.° 031-2010-SA)
Punto 01	Manantial	24	mg/L	Turbidimetría (gravimétrica)	250
Punto 02	Reservorio	100	mg/L	Turbidimetría (gravimétrica)	250
Punto 03	Primera vivienda	108	mg/L	Turbidimetría (gravimétrica)	250
Punto 04	Última	26	mg/L	Turbidimetría	250

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

vivienda	(gravimétrica)

La tabla muestra los valores de sulfatos medidos en cuatro puntos del sistema de abastecimiento de agua: manantial, reservorio, primera vivienda y última vivienda. Los sulfatos son sales comunes en el agua; concentraciones altas pueden generar sabor amargo y efectos laxantes, además de corrosión en la infraestructura. El límite máximo permisible (LMP) según el D.S. N.º 031-2010-SA es de 250 mg/L.

- **Punto 01 - Valor obtenido (24 mg/L):** Valor por debajo de los LMP y adecuado en la fuente de agua, sin indicios de contaminación por sulfatos.
- **Punto 02 - Valor obtenido (100 mg/L):** Incremento notable respecto al manantial, aunque todavía dentro del rango permitido; podría deberse a materiales del reservorio o a acumulación de sales.
- **Punto 03 - Valor obtenido (108 mg/L):** Ligeramente mayor al reservorio, sugiere posible aporte de sulfatos en la red de distribución, pero sin riesgo sanitario.
- **Punto 04 - Valor obtenido (26 mg/L):** Disminuye considerablemente y mantiene un nivel muy bajo, indicando variación del parámetro a lo largo del sistema, probablemente asociada al tiempo de residencia o mezcla de agua en la red.

Los resultados del análisis de sulfatos evidencian variaciones entre los diferentes puntos de muestreo, observándose un incremento más marcado en el reservorio y en uno de los puntos domiciliarios. Esta fluctuación en las concentraciones podría estar asociada a procesos de remoción y resuspensión de partículas acumuladas, así como a un posible aporte de material mineral proveniente de la infraestructura del sistema de almacenamiento y distribución, especialmente en zonas donde el agua permanece por mayor tiempo o interactúa con superficies internas. A pesar de estas diferencias espaciales, los valores de sulfatos registrados en todos los puntos evaluados se mantienen dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la normativa

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

sanitaria vigente, lo que indica que las concentraciones observadas no representan un riesgo para la salud humana. Asimismo, los niveles de sulfatos obtenidos no alcanzan concentraciones que puedan generar alteraciones organolépticas, como sabor amargo o efectos laxantes, comúnmente asociados a valores elevados de este parámetro.

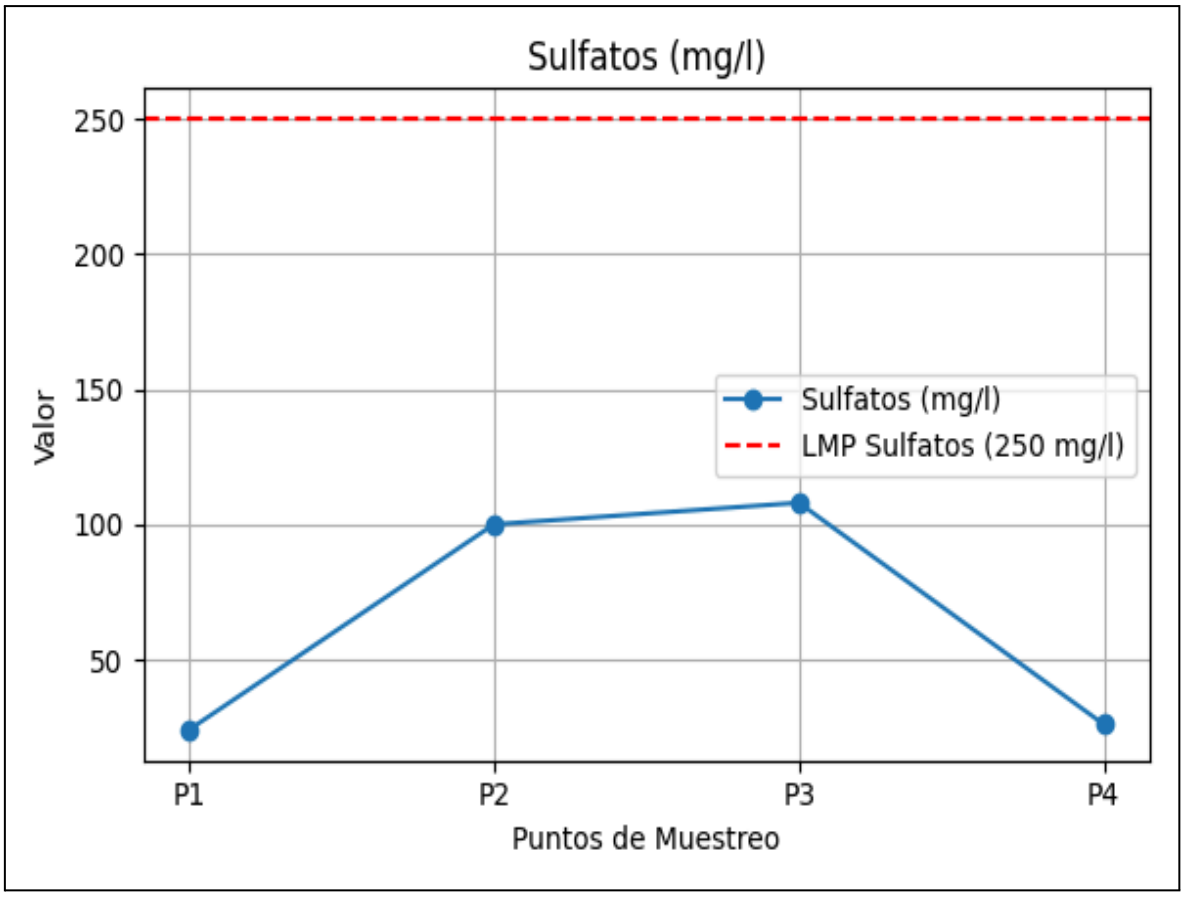


Figura 14: Variación de los Sulfatos entre los diferentes puntos de muestreo.

El análisis comparativo permite inferir que, si bien el comportamiento del sulfato no es completamente uniforme a lo largo del sistema de abastecimiento, las variaciones detectadas no comprometen la calidad del agua para consumo humano. Estas diferencias reflejan más bien la influencia de factores operativos y estructurales del sistema, sin implicar procesos de contaminación química significativa. Todos los puntos de muestreo presentan concentraciones de sulfatos por debajo del límite máximo permisible (250 mg/L), por lo que el agua cumple con la normativa para este parámetro. Sin embargo, se observa una variación considerable entre puntos, con elevaciones en el

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

reservorio y primera vivienda. Aun así, los valores se encuentran muy alejados del nivel que implicaría riesgo para la salud o cambios perceptibles en el sabor, por lo que el agua **es apta para consumo humano respecto a sulfatos.**

4.3.7. DUREZA TOTAL

Tabla 12: Valores obtenidos del análisis organoléptico para Dureza Total

Punto de muestreo	Ubicación	Valor obtenido	Unidad	Metodología	LMP (D.S. N.° 031-2010-SA)
Punto 01	Manantial	190.00	mg/L	EDTA titul.	500
Punto 02	Reservorio	174.80	mg/L	EDTA titul.	500
Punto 03	Primera vivienda	163.40	mg/L	EDTA titul.	500
Punto 04	Última vivienda	159.60	mg/L	EDTA titul.	500

La tabla presenta los valores de dureza total del agua en cuatro puntos del sistema de abastecimiento: manantial, reservorio, primera vivienda y última vivienda. La dureza se relaciona con la presencia de calcio y magnesio; valores elevados pueden generar incrustaciones en tuberías, afectar la eficiencia del jabón y alterar la aceptabilidad. El límite máximo permisible (LMP) según el D.S. N.° 031-2010-SA es de 500 mg/L.

- **Punto 01 - Valor obtenido (190.00 mg/L):** Muy por debajo del LMP; indica agua de dureza moderada sin riesgo para el consumo.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

- **Punto 02 - Valor obtenido (174.80 mg/L):** Ligeramente menor que la del manantial, lo cual sugiere que el almacenamiento no incrementa los minerales responsables de la dureza.
- **Punto 03 - Valor obtenido (163.40 mg/L):** Continúa la disminución de la dureza en el sistema de distribución; sin implicar efectos negativos.
- **Punto 04 - Valor obtenido (159.60 mg/L):** Valor más bajo del sistema, lo que indica estabilidad y ausencia de aporte de minerales en la red.

Los resultados del análisis de dureza total evidencian una disminución progresiva de sus valores desde el manantial hasta la última vivienda, lo que sugiere que el agua experimenta cambios graduales a lo largo del sistema de abastecimiento. Este comportamiento podría estar asociado a procesos de dilución, mezcla del agua en el reservorio y en la red de distribución, así como a fenómenos de sedimentación o precipitación de sales incrustantes, principalmente compuestos de calcio y magnesio, en las superficies internas de la infraestructura. La reducción observada en la dureza total no representa una afectación negativa a la calidad sanitaria del agua, ya que los valores registrados en todos los puntos de muestreo se mantienen dentro de los rangos considerados normales para aguas naturales y por debajo de los límites establecidos por la normativa vigente para agua de consumo humano. En este sentido, el agua no presenta características que puedan generar problemas de incrustaciones severas en tuberías ni afectar el uso doméstico.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

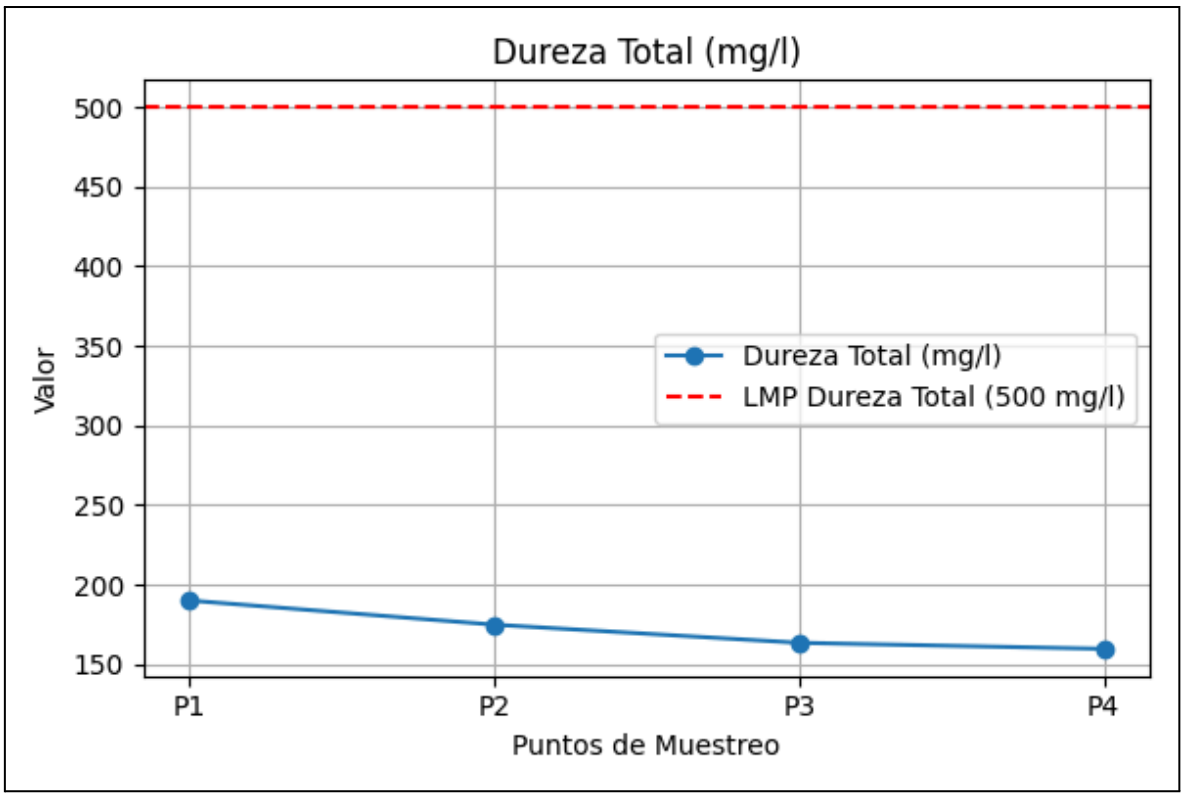


Figura 15: Comparación de la Dureza total de los diferentes puntos de muestreo.

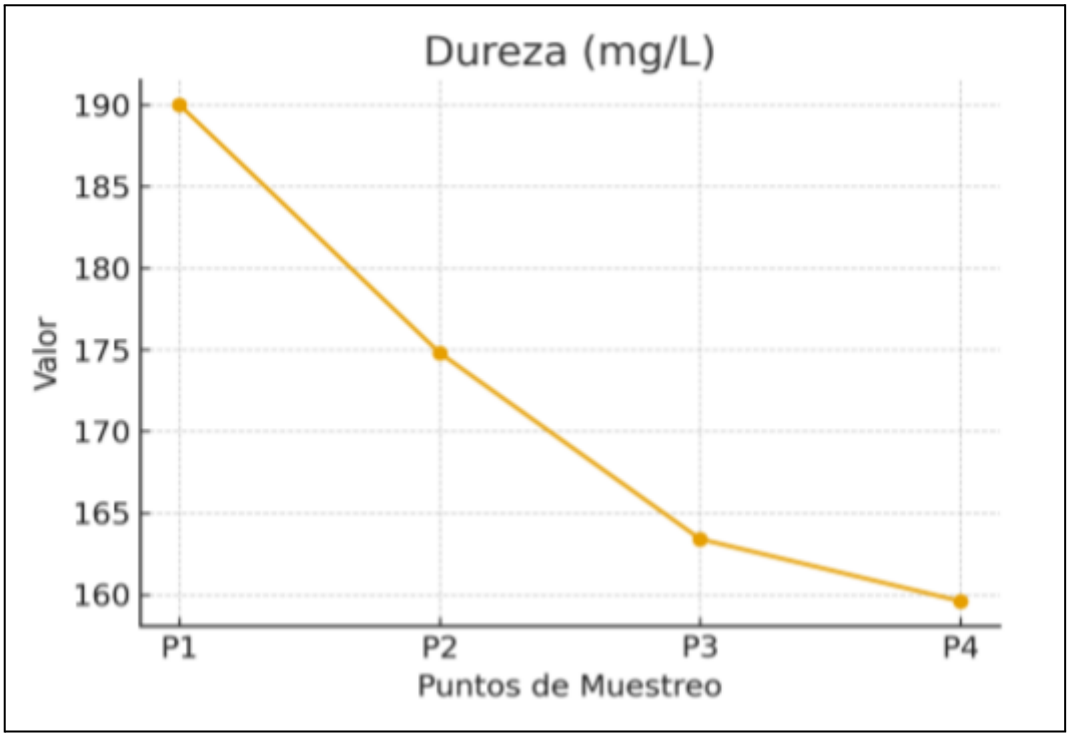


Figura 16: Variación de la Dureza total entre los diferentes puntos de muestreo.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Todos los valores de dureza total se encuentran muy por debajo del límite máximo permisible (500 mg/L), por lo que el agua cumple con la normativa vigente en cuanto a este parámetro. Los resultados evidencian que el agua presenta dureza moderada, lo cual es adecuado para el consumo humano y no representa problemas significativos para la infraestructura. Asimismo, se observa una ligera disminución de la dureza a lo largo del sistema, lo que refleja un buen desempeño de la red de distribución.

4.3.8. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS Y COMPROBACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Segunda hipótesis específica: La calidad del agua, según parámetros organolépticos en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora; no es apta para consumo humano.

Planteamiento de la Hipótesis Nula (H_0):

H_0 = La calidad del agua para consumo humano, según los parámetros organolépticos, en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, distrito de Acora, sí es apta para consumo humano, al cumplir con los límites establecidos por la normativa sanitaria vigente.

Planteamiento de la Hipótesis Alterna (H_1):

H_1 = La calidad del agua para consumo humano, según los parámetros organolépticos, en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, distrito de Acora, no es apta para consumo humano, debido al incumplimiento de los límites establecidos por la normativa sanitaria vigente.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de la calidad del agua para consumo humano, según los parámetros organolépticos, en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, se determinó que todos los parámetros evaluados cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos por el D.S. N.° 031-2010-SA. Los valores de turbidez, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, cloruros,

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

sulfatos y dureza total se mantuvieron dentro de los rangos normativos en los cuatro puntos de muestreo evaluados. En este contexto, **los resultados obtenidos rechazan la Hipótesis Alterna (H_1)**, que planteaba que la calidad del agua según parámetros organolépticos no era apta para consumo humano. Por el contrario, la evidencia empírica **confirma la Hipótesis Nula (H_0)**, al demostrarse que el agua cumple con los estándares organolépticos exigidos por la normativa sanitaria vigente.

4.4. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA, SEGÚN PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS

4.4.1. ARSÉNICO

Tabla 13: Arsénico - Valores obtenidos del análisis a parámetros Químicos Inorgánicos

Punto de muestreo	Ubicación	Valor obtenido	Unidad	Metodología	LMP (D.S. N.° 031-2010-SA)
Punto 01	Manantial	0.005	mg/L	ICP-MS / HG-AAS	0.010
Punto 02	Reservorio	0.010	mg/L	ICP-MS / HG-AAS	0.010
Punto 03	Primera vivienda	0.006	mg/L	ICP-MS / HG-AAS	0.010
Punto 04	Última vivienda	0.007	mg/L	ICP-MS / HG-AAS	0.010

La tabla presenta los valores de arsénico (As) medidos en cuatro puntos del sistema de suministro: manantial, reservorio, primera vivienda y última vivienda. El arsénico es un

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

contaminante tóxico relacionado con problemas graves de salud como lesiones dérmicas, cáncer y afectación del sistema cardiovascular según Smith et al. (2000). Por ello, su control en el agua destinada al consumo humano es esencial. El límite máximo permisible (LMP) según el D.S. N.º 031-2010-SA es de 0.010 mg/L.

- **Punto 01 - Valor obtenido (0.005 mg/L):** Se encuentra muy por debajo del LMP, indicando baja presencia de arsénico en la fuente de agua.
- **Punto 02 - Valor obtenido (0.010 mg/L):** Se encuentra exactamente en el límite permitido. Requiere vigilancia, ya que un pequeño incremento podría representar incumplimiento de la normativa.
- **Punto 03 - Valor obtenido (0.006 mg/L):** Dentro del rango seguro, lo que sugiere que el sistema de distribución no aumenta la concentración del contaminante.
- **Punto 04 - Valor obtenido (0.007 mg/L):** También dentro del límite permitido y sin riesgo evidente para la salud, aunque refleja ligera variación a lo largo del sistema.

Los resultados obtenidos muestran que, en todos los puntos de muestreo, las concentraciones del parámetro evaluado se mantienen dentro del Límite Máximo Permisible establecido por la normativa sanitaria vigente, lo que indica que el agua cumple con los estándares de calidad exigidos para consumo humano. No obstante, se observa que el Punto 2 (reservorio) alcanza el valor más alto registrado, coincidiendo con el límite máximo permitido, situación que, aunque no constituye incumplimiento normativo, requiere atención técnica.

Este comportamiento sugiere que el reservorio podría estar expuesto a factores geológicos, estructurales u operativos que influyen en la concentración del parámetro, tales como el mayor tiempo de contacto del agua con superficies minerales, posibles procesos de lixiviación o condiciones propias del almacenamiento. La variación total observada fue de 0.005 mg/L, lo que evidencia diferencias leves entre los puntos de muestreo, manteniéndose todos los valores por debajo del límite normativo de 0.01 mg/L.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

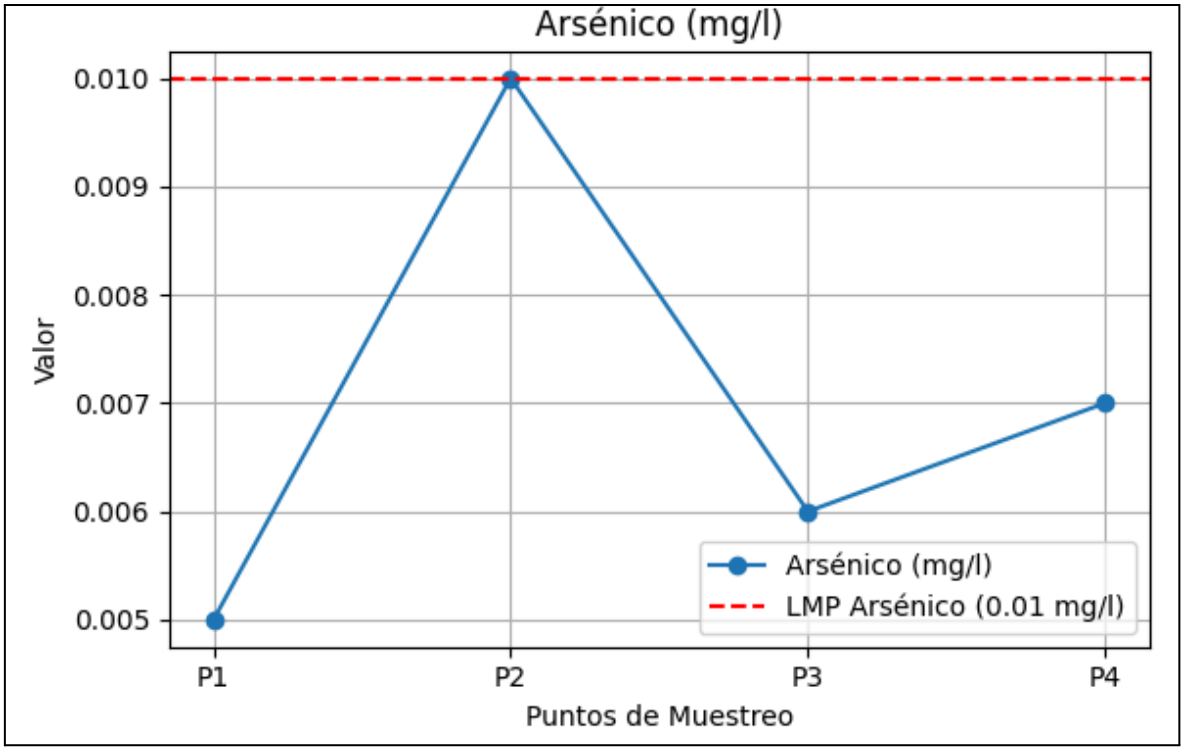


Figura 17: Variación del Arsénico entre los diferentes puntos de muestreo**.**

Todos los valores obtenidos para arsénico cumplen con el límite máximo permisible (0.010 mg/L), por lo que el agua es apta para consumo humano en este parámetro. No obstante, el valor en el reservorio se encuentra en el máximo permitido.

4.4.2. CADMIO

Tabla 14: Cadmio - Valores obtenidos del análisis a parámetros Químicos Inorgánicos

Punto de muestreo	Ubicación	Valor obtenido	Unidad	Metodología	LMP (D.S. N.° 031-2010-SA)
Punto 01	Manantial	0.0003	mg/L	ICP-MS / AAS	0.003
Punto 02	Reservorio	0.0010	mg/L	ICP-MS / AAS	0.003
Punto 03	Primera vivienda	0.0004	mg/L	ICP-MS / AAS	0.003

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Punto de muestreo	Ubicación	Valor obtenido	Unidad	Metodología	LMP (D.S. N.° 031-2010-SA)
Punto 04	Última vivienda	0.0004	mg/L	ICP-MS / AAS	0.003

La tabla muestra los valores de cadmio (Cd) en cuatro puntos del sistema de abastecimiento de agua: manantial, reservorio, primera vivienda y última vivienda. El cadmio es un metal pesado de alta toxicidad, asociado a enfermedades renales, desmineralización ósea y efectos cancerígenos, por lo que su presencia debe ser estrictamente controlada según Satarug et al. (2010). El límite máximo permisible (LMP) según el D.S. N.º 031-2010-SA es de 0.003 mg/L.

- **Punto 01 – Valor obtenido (0.0003 mg/L):** Se encuentra ampliamente por debajo del LMP, indicando una buena calidad de la fuente respecto a metales pesados.
- **Punto 02 - Valor obtenido (0.0010 mg/L):** Aunque aumenta respecto al manantial, continúa dentro del límite permitido; sin embargo, este incremento puede estar relacionado con materiales de construcción o procesos internos del reservorio.
- **Punto 03 - Valor obtenido (0.0004 mg/L):** Valor bajo y seguro, indicando que la red de distribución no incrementa la presencia del contaminante en este tramo.
- **Punto 04 - Valor obtenido (0.0004 mg/L):** Mantiene niveles muy bajos, demostrando que el sistema de distribución no representa aportes significativos de cadmio.

En términos comparativos, el valor más elevado se registró en el reservorio (0.0010 mg/L), siendo más de tres veces mayor respecto al manantial (0.0003 mg/L), aunque aún dentro del rango seguro. Este aumento podría asociarse a procesos internos del

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

almacenamiento, como el contacto del agua con materiales estructurales, fenómeno previamente señalado en evaluaciones de calidad de agua realizadas en zonas rurales. En cambio, las concentraciones detectadas en la primera y última vivienda (0.0004 mg/L en ambos casos) muestran estabilidad y ausencia de aporte adicional en la red de distribución. La variación total entre el valor mayor y menor fue de 0.0007 mg/L, lo cual indica un comportamiento uniforme y seguro del sistema.

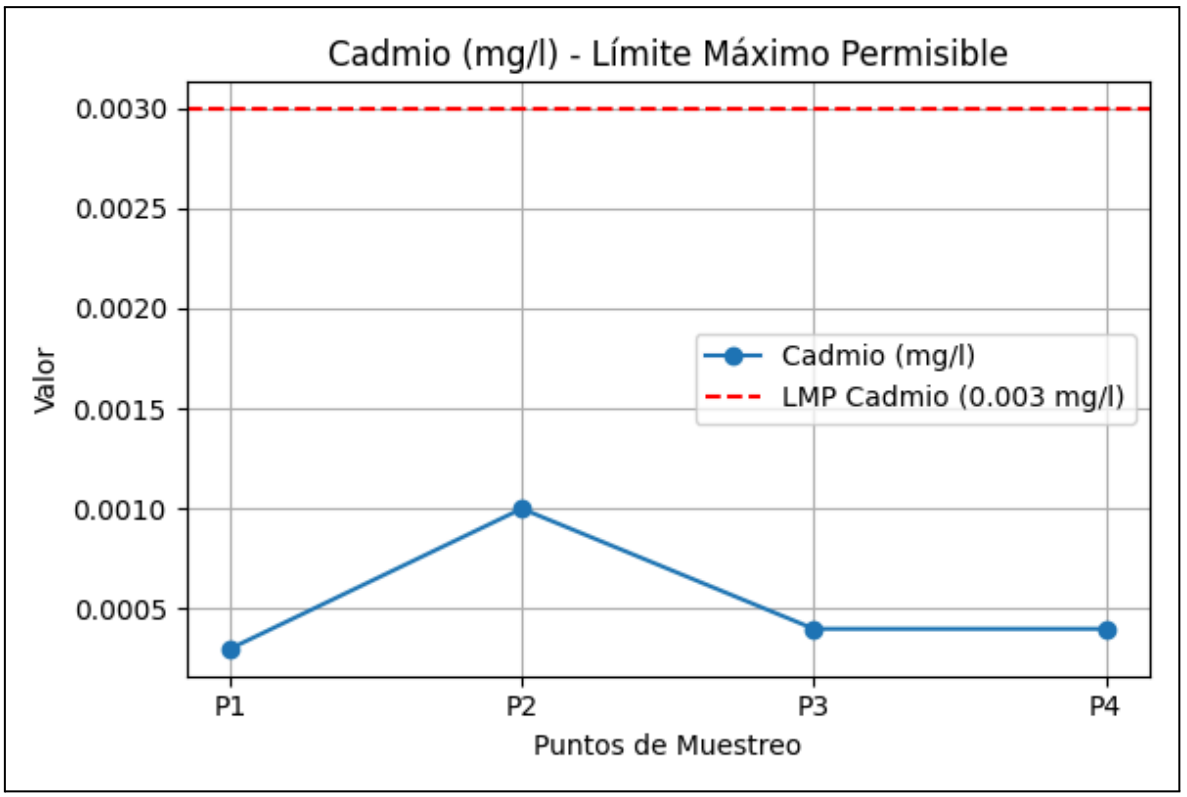


Figura 18: Variación del Cadmio entre los diferentes puntos de muestreo.

Contreras (2021) analizó la calidad del agua de tres manantiales en Jiscullaya - Ilave y encontró que, aunque no reportó cadmio, los metales evaluados (asociados a la geología altiplánica) mostraron variabilidad moderada. Ccapa (2024), en el Sector Tunuhuiri Grande (Ichu - Puno), tampoco halló cadmio, pero sí registró ausencia de metales pesados importantes y reportó predominio de contaminación microbiológica. Alvarez (2025) evaluó el manantial Sacacani en Azángaro y reportó valores muy bajos de minerales y metales; sin presencia de cadmio ni otros metales tóxicos. Este patrón de

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

baja concentración metálica es consistente con los valores detectados en el Sistema Huaramaya, donde el cadmio no supera los 0.0010 mg/L

Todos los valores de cadmio registrados **cumplen con el límite máximo permisible (0.003 mg/L)**, lo que indica que el agua **no representa riesgo tóxico** para la salud humana en este parámetro. Si bien se observa una leve elevación en el reservorio, esta **no compromete la calidad del agua**, el sistema de abastecimiento mantiene **niveles seguros de cadmio** en toda su extensión.

4.4.3. CROMO TOTAL

Tabla 15: Cromo total - Valores obtenidos del análisis a parámetros Químicos Inorgánicos

Punto de muestreo	Ubicación	Valor obtenido	Unidad	Metodología	LMP (D.S. N.° 031-2010-SA)
Punto 01	Manantial	0.005	mg/L	ICP-MS / HG-AAS	0.050
Punto 02	Reservorio	0.015	mg/L	ICP-MS / HG-AAS	0.050
Punto 03	Primera vivienda	0.006	mg/L	ICP-MS / HG-AAS	0.050
Punto 04	Última vivienda	0.007	mg/L	ICP-MS / HG-AAS	0.050

La tabla presenta los resultados de la concentración de cromo total (Cr) en cuatro puntos del sistema de abastecimiento de agua: manantial, reservorio, primera vivienda y última vivienda. El análisis se realizó mediante las metodologías ICP-MS y HG-AAS, técnicas de

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

alta precisión para la detección de metales. El Límite Máximo Permisible (LMP) según la normativa peruana D.S. N.° 031-2010-SA es de 0.050 mg/L.

- **Punto 01 - Valor obtenido (0.005 mg/L):** Muy por debajo del LMP. El agua en la fuente presenta niveles mínimos de cromo.
- **Punto 02 - Valor obtenido (0.015 mg/L):** Aunque es el valor más alto registrado, se mantiene dentro del límite permitido. No representa riesgo para el consumo humano.
- **Punto 03 - Valor obtenido (0.006 mg/L):** La concentración disminuye respecto al reservorio y continúa muy por debajo del límite establecido.
- **Punto 04 - Valor obtenido (0.007 mg/L):** También se encuentra dentro de los valores aceptables y muestra estabilidad del parámetro en la red de distribución.

El reservorio registró el valor más alto (0.015 mg/L), que es tres veces el del manantial (0.005 mg/L). Aun así, se mantiene dentro del límite permitido. Esta distribución evidencia que no existen aportes significativos de cromo total en el sistema, manteniéndose concentraciones seguras a lo largo de toda la red.

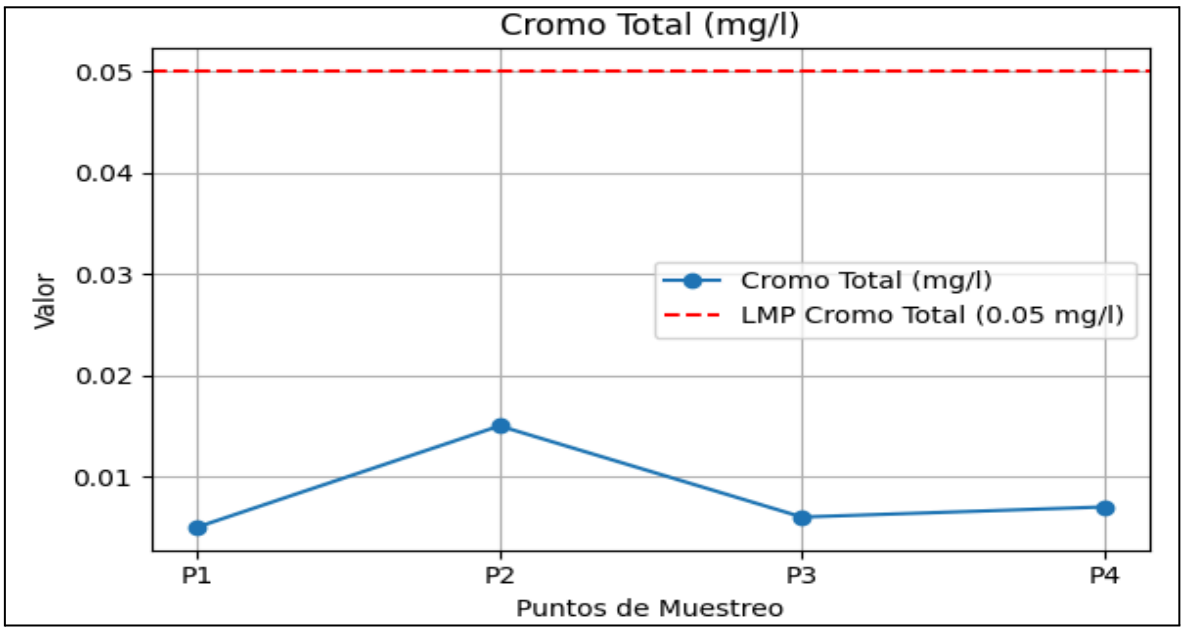


Figura 19: Comparación del Cromo de los diferentes puntos de muestreo y el LMP.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

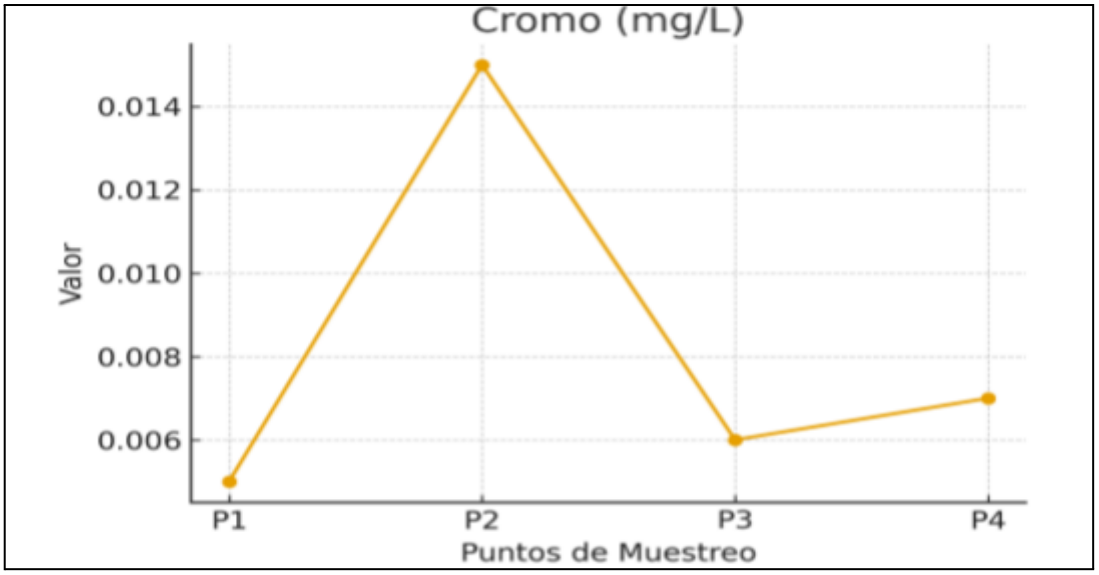


Figura 20: Variación del Cromo entre los diferentes puntos de muestreo.

Al comparar estos hallazgos con los antecedentes locales, se observan diferencias importantes en magnitud, comportamiento y riesgo sanitario. Por ejemplo, Cabrera & Gallardo (2023) reportaron concentraciones elevadas de cromo disuelto, alcanzando valores de 0.31 mg/L en reservorios del sector Perla Escondida, cifra que supera ampliamente el límite normativo y constituye un riesgo para la salud humana, especialmente en sistemas abastecidos sin tratamiento adecuado. En contraste, los valores hallados en el sector Huaramaya son entre 20 y 60 veces menores, demostrando una condición notablemente más segura.

Asimismo, en el análisis realizado por Velasquez (2024) en Viluyo, Pichacani-Laraqueri, no se registraron concentraciones anómalas de metales pesados, confirmándose que los sistemas rurales bien conservados suelen presentar bajas concentraciones de parámetros inorgánicos, como sucede en el sector Huaramaya. Esto coincide con los valores reducidos de cromo total observados en esta investigación, los cuales siguen la misma tendencia de estabilidad y ausencia de contaminación metálica reportada en la localidad de Viluyo

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Todos los puntos evaluados presentan valores de cromo total **muy inferiores al límite máximo permisible (0.050 mg/L).** Esto indica que no existe evidencia de contaminación por cromo en ninguna etapa del sistema. Por lo tanto, desde el punto de vista del cromo total, el agua evaluada es **apta para consumo humano.**

4.4.4. MERCURIO

Tabla 16: Mercurio - Valores obtenidos del análisis a parámetros Químicos Inorgánicos

Punto de muestreo	Ubicación	Valor obtenido	Unidad	Metodología	LMP (D.S. N.° 031-2010-SA)
Punto 01	Manantial	< 0.0001	mg/L	CV-AAS / ICP-MS	0.001
Punto 02	Reservorio	< 0.0001	mg/L	CV-AAS / ICP-MS	0.001
Punto 03	Primera vivienda	< 0.0001	mg/L	CV-AAS / ICP-MS	0.001
Punto 04	Última vivienda	< 0.0001	mg/L	CV-AAS / ICP-MS	0.001

La tabla muestra los resultados de la concentración de mercurio total (Hg) en cuatro puntos del sistema de abastecimiento de agua potable: manantial, reservorio, primera vivienda y última vivienda. El análisis fue realizado mediante las metodologías CV-AAS y ICP-MS, técnicas altamente sensibles para la detección de metales traza. El Límite Máximo Permisible (LMP) para mercurio, según el D.S. N.º 031-2010-SA, es de 0.001 mg/L.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

- **Punto 01 - Valor obtenido (< 0.0001 mg/L):** El agua en la fuente no presenta presencia detectable de mercurio.
- **Punto 02 - Valor obtenido (< 0.0001 mg/L):** No se evidencia incorporación de mercurio durante el almacenamiento.
- **Punto 03 - Valor obtenido (< 0.0001 mg/L):** El mercurio no aumenta en la red de distribución inicial.
- **Punto 04 - Valor obtenido (< 0.0001 mg/L):** No se identifican aportes de mercurio en el tramo final del sistema.

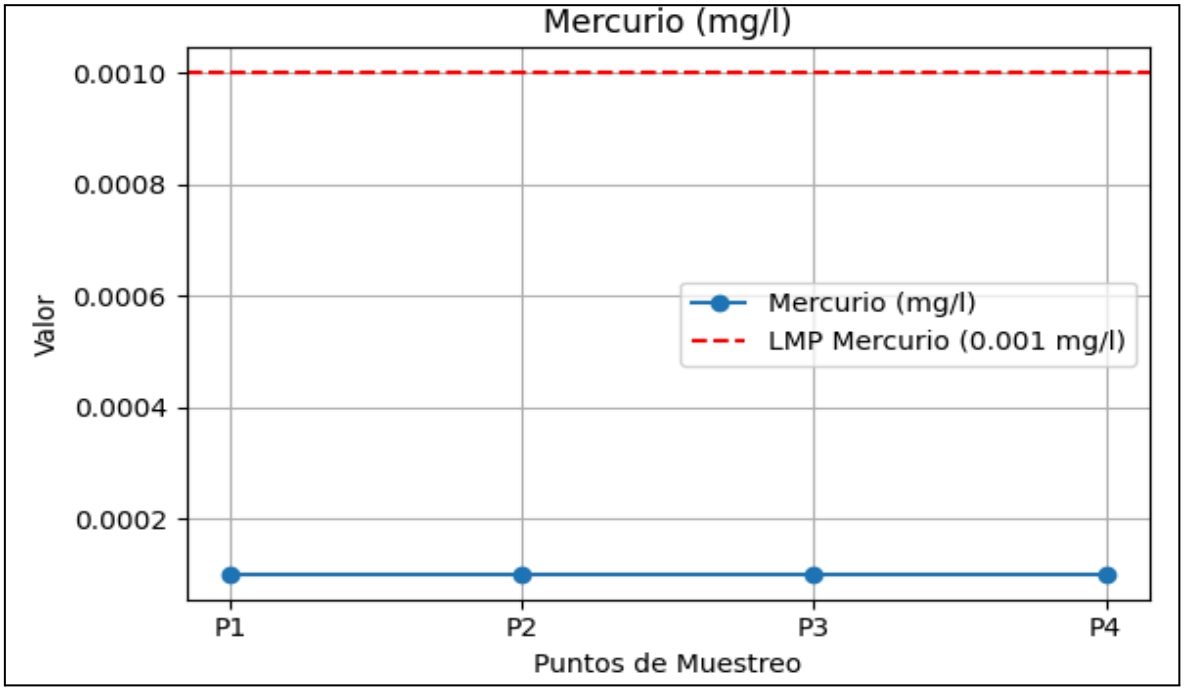


Figura 21: Variación del Mercurio entre los diferentes puntos de muestreo.

Al contrastar estos resultados con los antecedentes locales disponibles, se observa que ninguno de los autores evaluados reportó la presencia de mercurio en sus investigaciones. Aunque los estudios locales no analizaron específicamente este metal, es posible establecer comparaciones indirectas considerando su análisis general sobre metales pesados y las condiciones hidroquímicas de sus zonas de estudio.

Por ejemplo, Cabrera Rivera & Gallardo Carranza (2023) evaluaron la calidad del agua en el sector Perla Escondida, utilizando metodologías similares y la misma normativa

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

nacional, y reportaron presencia de metales como plomo y cromo, en algunos casos por encima del LMP; sin embargo, no registraron valores de mercurio, lo que coincide con la tendencia observada en el presente estudio, donde este metal no fue detectado en ninguna muestra

Asimismo, la investigación realizada por Ccapa (2024) en el sector Tunuhuiri Grande, Centro Poblado de Ichu - Puno, muestra resultados similares: si bien detectó concentraciones importantes de coliformes y ausencia de cloro residual, tampoco reportó presencia de metales pesados como mercurio, lo cual coincide nuevamente con la inexistencia de este contaminante en el agua del sector Huaramaya

La ausencia de variación indica inexistencia de contaminación por este metal; Como los valores obtenidos en todos los puntos están **muy por debajo del límite máximo permisible (0.001 mg/L),** se concluye que el agua cumple plenamente con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos para el parámetro mercurio. No existe evidencia de contaminación por este metal pesado en ninguna de las etapas del sistema de abastecimiento, desde la fuente de origen hasta el punto de consumo, garantizando de esta manera la seguridad para el consumo humano según lo estipulado por las normativas vigentes de calidad del agua. Los resultados de los análisis de laboratorio confirman la ausencia de concentraciones detectables de mercurio, un metal con potenciales efectos adversos para la salud

4.4.5. NITRATOS

Tabla 17: Nitratos - Valores obtenidos del análisis a parámetros Químicos Inorgánicos

Punto de muestreo	Ubicación	Valor obtenido	Unidad	Metodología	LMP (D.S. N.° 031-2010-SA)
Punto 01	Manantial	0.06	mg/L	Espectrofotometría	50.00

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Punto de muestreo	Ubicación	Valor obtenido	Unidad	Metodología	LMP (D.S. N.° 031-2010-SA)
Punto 02	Reservorio	0.09	mg/L	Espectrofotometría	50.00
Punto 03	Primera vivienda	0.04	mg/L	Espectrofotometría	50.00
Punto 04	Última vivienda	0.03	mg/L	Espectrofotometría	50.00

La tabla presenta los resultados de la concentración de nitratos en cuatro puntos del sistema de abastecimiento de agua potable: manantial, reservorio, primera vivienda y última vivienda. El análisis fue realizado mediante espectrofotometría, una técnica precisa para cuantificar compuestos inorgánicos disueltos en el agua. El Límite Máximo Permisible (LMP) para nitratos, según el D.S. N.º 031-2010-SA, es de 50 mg/L.

- **Punto 01 - Valor obtenido (0.06 mg/L):** El agua en la fuente presenta una concentración mínima de nitratos, muy por debajo del límite permitido, lo que evidencia ausencia de contaminación por fuentes agrícolas o residuos orgánicos.
- **Punto 02 - Valor obtenido (0.09 mg/L):** Aunque se observa un ligero incremento, la concentración sigue siendo insignificante. No hay aporte significativo de nitratos durante el almacenamiento.
- **Punto 03 - Valor obtenido (0.04 mg/L):** Los niveles disminuyen ligeramente, indicando que la red de distribución no incorpora nitratos.
- **Punto 04 - Valor (0.03 mg/L):** El tramo final del sistema mantiene niveles muy bajos, sin evidencia de contaminación por nitratos.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Los valores más altos se registran en el manantial (0.06 mg/L) y en el reservorio (0.09 mg/L), mientras que las concentraciones disminuyen ligeramente en los puntos domiciliarios (0.04 mg/L y 0.03 mg/L); Estos valores demuestran una concentración muy baja y estable dentro del sistema de abastecimiento, lo que indica ausencia de contaminación por infiltración de aguas residuales, excretas, fertilizantes agrícolas u otras fuentes antropogénicas, ya que se mantienen ampliamente por debajo del límite permitido de establecido por el D.S. 031-2010-SA.

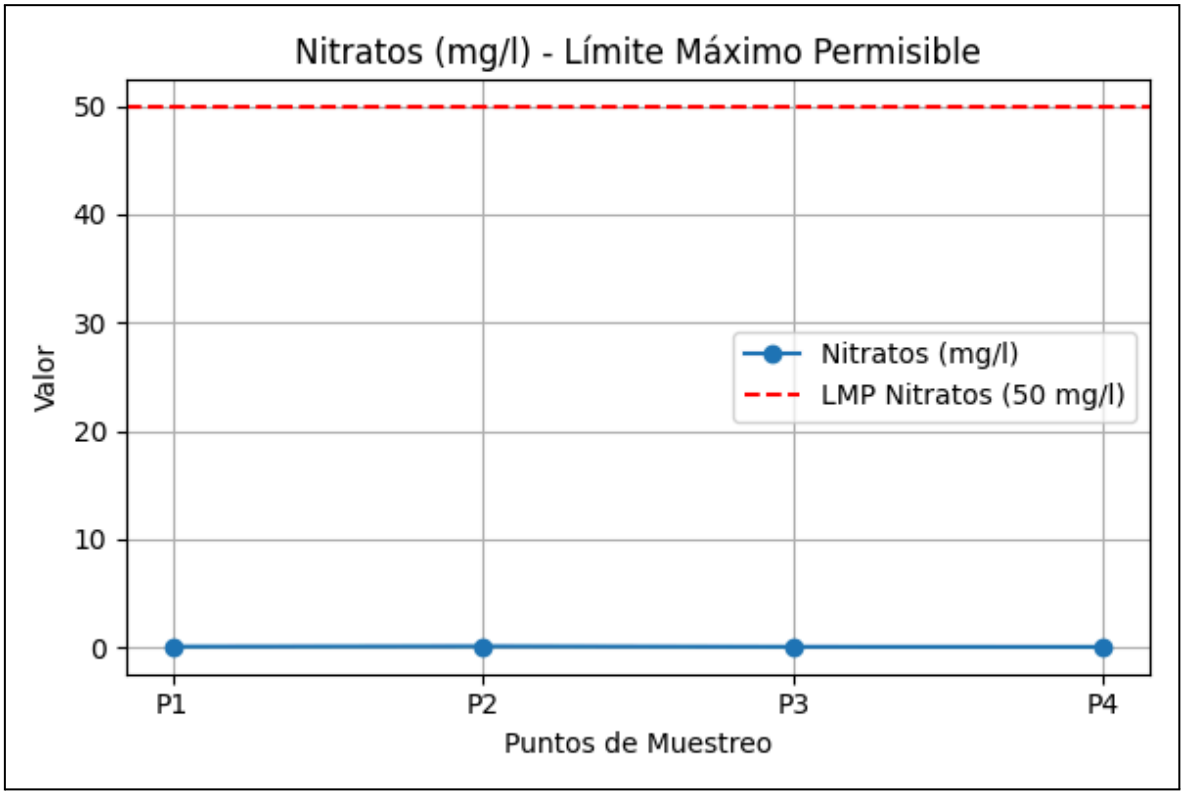


Figura 22: Comparación de los Nitratos de los diferentes puntos de muestreo y el LMP.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

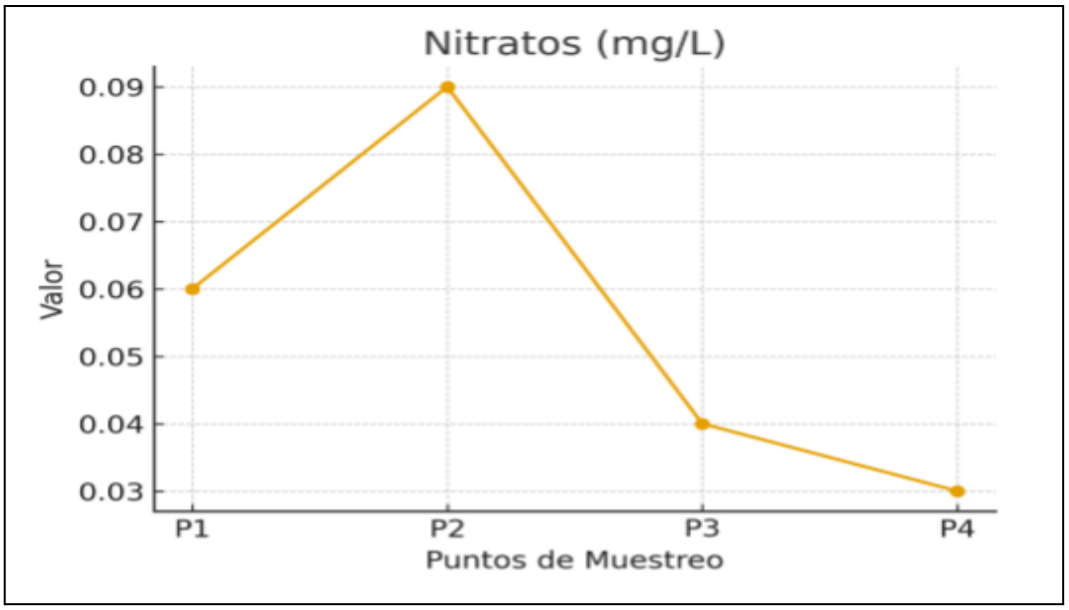


Figura 23: Variación de los Nitratos entre los diferentes puntos de muestreo.

En conjunto, los resultados evidencian que **el sistema de abastecimiento mantiene una excelente calidad respecto al contenido de nitratos**, sin indicios de contaminación por compuestos nitrogenados. Las concentraciones registradas representan niveles naturales aceptables y no representan riesgo para la salud humana, dado que todas las concentraciones están muy por debajo del LMP de 50 mg/L, se concluye que **el agua cumple plenamente con la normativa** vigente respecto al parámetro nitratos.

4.4.6. PLOMO

Tabla 18: Plomo - Valores obtenidos del análisis a parámetros Químicos Inorgánicos

Punto de muestreo	Ubicación	Valor obtenido	Unidad	Metodología	LMP (D.S. N.° 031-2010-SA)
Punto 01	Manantial	0.0015	mg/L	ICP-MS / AAS	0.010
Punto 02	Reservorio	0.005	mg/L	ICP-MS / AAS	0.010
Punto 03	Primera	0.0025	mg/L	ICP-MS / AAS	0.010

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Punto de muestreo	Ubicación	Valor obtenido	Unidad	Metodología	LMP (D.S. N.° 031-2010-SA)
	vivienda				
Punto 04	Última vivienda	0.0030	mg/L	ICP-MS / AAS	0.010

La tabla presenta las concentraciones de plomo total (Pb) en cuatro puntos del sistema de abastecimiento de agua potable: manantial, reservorio, primera vivienda y última vivienda. Este metal pesado constituye uno de los contaminantes prioritarios debido a sus efectos tóxicos acumulativos sobre el sistema nervioso, hematológico y renal según Needleman (2004). De acuerdo con el D.S. N.° 031-2010-SA, el Límite Máximo Permisible (LMP) para plomo en agua de consumo humano es 0.010 mg/L.

- **Punto 01 - Valor obtenido (0.0015 mg/L):** El agua del manantial presenta una concentración baja de plomo, muy inferior al límite permitido, indicando que la fuente es segura y no evidencia contaminación metálica.
- **Punto 02 - Valor obtenido (0.005 mg/L):** Aunque el valor es ligeramente mayor que en el manantial, sigue siendo menor al LMP. No se observa aporte significativo de plomo durante el almacenamiento.
- **Punto 03 - Valor obtenido (0.0025 mg/L):** La concentración disminuye respecto al reservorio, indicando que no existe incorporación de plomo en el primer tramo de la red domiciliaria.
- **Punto 04 - Valor (0.0030 mg/L):** El valor sigue siendo bajo, confirmando que la red de distribución no está aportando plomo incluso en la parte final del sistema.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

El valor más alto del sistema se registró en el reservorio (0.005 mg/L), mientras que el más bajo correspondió al manantial (0.0015 mg/L), generando una variación total de 0.0035 mg/L a lo largo del sistema. A pesar de esta fluctuación, las concentraciones permanecen muy por debajo del LMP (0.010 mg/L), lo cual evidencia que ni la infraestructura ni la red de distribución aportan niveles significativos de plomo al agua. El comportamiento descendente desde el reservorio hacia las viviendas indica estabilidad y ausencia de corrosión interna severa en la red de tuberías. En conjunto, las concentraciones medidas no representan riesgo sanitario.

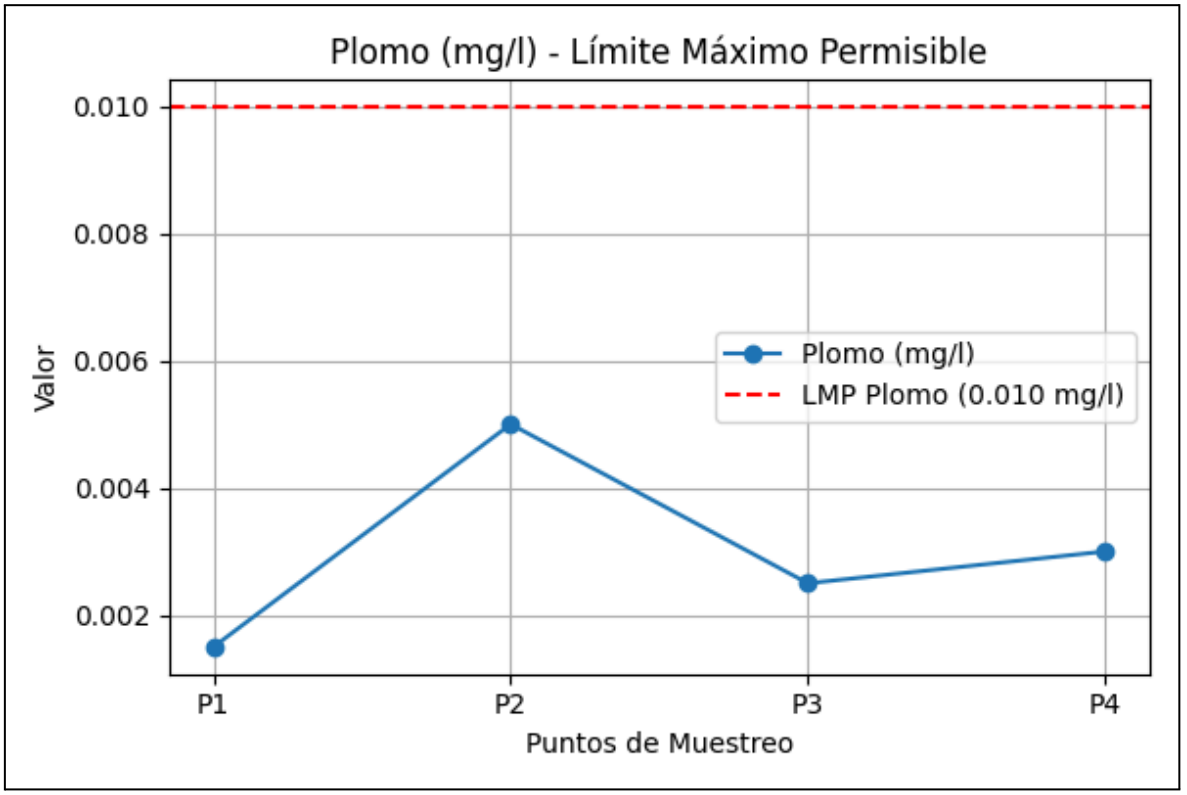


Figura 24: Variación del Plomo entre los diferentes puntos de muestreo

Dado que los antecedentes locales no reportan valores numéricos específicos de plomo;por lo que esta investigación aporta información valiosa y nueva acerca de la presencia de metales pesados en los sistemas de agua de las zonas rurales del altiplano. Con base en los resultados obtenidos y la comparación con investigaciones locales, se determina que **el agua del sistema Huaramaya cumple rigurosamente con la**

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

normativa nacional respecto al contenido de plomo, sin representar riesgo para la salud humana. El análisis refuerza que la red de distribución no presenta corrosión significativa ni fuentes potenciales de aporte de este metal.

4.4.7. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS Y COMPROBACIÓN DE LA TERCERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Tercera hipótesis específica: La calidad del agua para consumo humano, según parámetros químicos inorgánicos en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora; no es apta para consumo.

Planteamiento de la Hipótesis Nula (H_0):

H_0 = La calidad del agua para consumo humano, según los parámetros químicos inorgánicos, en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, distrito de Acora, sí es apta para consumo humano, al cumplir con los límites establecidos por la normativa sanitaria vigente.

Planteamiento de la Hipótesis Alterna (H_1):

H_1 = La calidad del agua para consumo humano, según los parámetros químicos inorgánicos, en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, distrito de Acora, no es apta para consumo humano, debido al incumplimiento de los límites establecidos por la normativa sanitaria vigente.

De acuerdo con los resultados del análisis de la calidad del agua para consumo humano, según los parámetros químicos inorgánicos, en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, se determinó que todas las concentraciones de los elementos evaluados cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos por el D.S. N.° 031-2010-SA. Los valores de arsénico, cadmio, cromo total, mercurio, plomo y nitratos se mantuvieron por debajo de los límites normativos en los cuatro puntos de muestreo evaluados. En este contexto, **los resultados obtenidos rechazan la Hipótesis Alterna (H_1)**, que planteaba que la calidad del agua, según los parámetros químicos inorgánicos, no era apta para

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

consumo humano. Por el contrario, la evidencia empírica **confirma la Hipótesis Nula (H_0)**, al demostrarse que el agua cumple con los estándares químicos inorgánicos establecidos por la normativa sanitaria vigente; desde el punto de vista químico inorgánico, el agua del Sector Huaramaya es apta para consumo humano, no representando riesgo para la salud de la población y evidenciando que el sistema de abastecimiento mantiene una composición química estable y segura a lo largo de todo su recorrido.

4.5. COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, SEGÚN PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS, ORGANOLÉPTICOS Y QUÍMICOS INORGÁNICOS, ENTRE LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO DEL SECTOR HUARAMAYA DEL CENTRO POBLADO DE THUNUHUAYA

Al integrar los resultados microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos, se evidencia que las diferencias más significativas entre los puntos de muestreo se concentran en el componente microbiológico. El manantial presenta la mejor calidad integral, mientras que el reservorio muestra el mayor deterioro relativo, seguido por la última vivienda, lo que evidencia un gradiente de afectación asociado al almacenamiento y la distribución. En contraste, los parámetros organolépticos y químicos inorgánicos muestran variaciones menores y no determinantes, manteniéndose dentro de los límites normativos en todos los puntos. Esto indica que, aunque la calidad fisicoquímica del agua se conserva a lo largo del sistema, la calidad microbiológica se ve afectada de manera diferenciada según el punto de muestreo.

El manantial: como punto inicial del sistema, presenta las mejores condiciones integrales de calidad del agua. Desde el punto de vista microbiológico, registra las concentraciones más bajas de coliformes totales, lo que indica un grado limitado de contaminación ambiental en la fuente. Esta condición sugiere que el entorno inmediato del manantial mantiene una protección relativa frente a actividades antrópicas, aunque no suficiente

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

para garantizar ausencia total de bacterias indicadoras. En términos organolépticos, el agua del manantial presenta baja turbiedad, pH estable y adecuada mineralización, lo que evidencia una interacción natural equilibrada entre el agua y el medio geológico. Los parámetros químicos inorgánicos muestran concentraciones mínimas y uniformes, confirmando que la fuente no está influenciada por procesos de lixiviación de metales pesados ni por aportes contaminantes externos. En conjunto, el manantial constituye el punto de mejor calidad relativa, y su condición permite inferir que los problemas detectados aguas abajo no se originan principalmente en la fuente.

El reservorio: se identifica como el punto más vulnerable del sistema de abastecimiento. La comparación integrada evidencia que este punto presenta el mayor incremento de coliformes totales, lo que sugiere contaminación asociada al almacenamiento del agua. Factores como la falta de desinfección continua, la acumulación de sedimentos, el ingreso de material particulado y deficiencias estructurales del reservorio podrían explicar este comportamiento. Desde el enfoque organoléptico, el reservorio presenta los valores más elevados de turbiedad, aunque sin superar los límites permisibles. Este aumento, en comparación con el manantial, indica procesos de resuspensión de partículas o ingreso de contaminantes externos durante el almacenamiento. El pH y los demás parámetros fisicoquímicos se mantienen estables, lo que confirma que el deterioro observado es predominantemente microbiológico. En cuanto a los parámetros químicos inorgánicos, no se registran incrementos significativos en el reservorio, lo que descarta aportes de contaminación metálica o química durante esta etapa del sistema. No obstante, su condición microbiológica lo convierte en el principal punto de riesgo sanitario.

La primera vivienda: ubicada en el tramo inicial de la red de distribución, muestra una mejoría relativa en comparación con el reservorio, particularmente en el componente microbiológico. Esta reducción de coliformes totales podría explicarse por procesos naturales de sedimentación o dilución, así como por el menor tiempo de permanencia del

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

agua en este punto. Desde el punto de vista organoléptico, los valores de turbiedad, pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales son similares a los del manantial, lo que indica que la red de distribución inicial no genera alteraciones significativas en la calidad del agua. Los parámetros químicos inorgánicos mantienen concentraciones homogéneas y bajas, confirmando la estabilidad química del sistema. A nivel integrado, la primera vivienda representa un punto de transición, donde la calidad del agua mejora respecto al reservorio, pero aún no alcanza condiciones óptimas para consumo humano debido a la persistencia de coliformes totales.

La última vivienda: ubicada en el extremo final de la red de distribución, evidencia un nuevo incremento de coliformes totales, superior al registrado en la primera vivienda. Esta tendencia indica un deterioro progresivo de la calidad microbiológica a medida que el agua recorre mayores distancias dentro de la red, lo cual puede estar asociado a la antigüedad de las tuberías, pérdidas de presión, infiltraciones externas y ausencia de cloro residual. En términos organolépticos, aunque los parámetros se mantienen dentro de los límites normativos, se observa una ligera variación en la turbiedad y la conductividad eléctrica, lo que sugiere interacción del agua con la infraestructura de la red. Sin embargo, estas variaciones no comprometen la aceptabilidad sensorial del agua. Los parámetros químicos inorgánicos continúan mostrando estabilidad, sin incrementos que indiquen contaminación por metales pesados o nitratos. Esto confirma que el problema principal en la última vivienda es de carácter microbiológico y no químico.

Al analizar conjuntamente los cuatro puntos de muestreo, se evidencian diferencias claras y progresivas de calidad del agua; la mejor calidad integral (Manantial); mayor deterioro (Reservorio); mejoría parcial (Primera vivienda); nuevo deterioro (Última vivienda). Este comportamiento refleja que la calidad del agua no se mantiene constante a lo largo del sistema de abastecimiento y que los procesos de almacenamiento y

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

distribución influyen de manera significativa, especialmente en el componente microbiológico.

- El manantial presenta el índice integrado más bajo, lo que indica que, de forma conjunta, es el punto con menor alteración de la calidad del agua, manteniendo mejores condiciones sanitarias y fisicoquímicas.
- El reservorio muestra el índice más alto, reflejando el mayor deterioro relativo de la calidad del agua. Este resultado confirma que el almacenamiento constituye el punto más crítico del sistema, concentrando mayores valores de coliformes totales y turbiedad, lo que incrementa el riesgo sanitario.
- La primera vivienda presenta un índice similar al del manantial, lo que sugiere que en el tramo inicial de la red de distribución no se producen alteraciones significativas en la calidad del agua.
- La última vivienda muestra un índice intermedio - alto, superior al de la primera vivienda, lo que evidencia un deterioro progresivo de la calidad del agua a lo largo de la red de distribución, probablemente asociado a condiciones de la infraestructura, tiempo de permanencia del agua y ausencia de desinfección residual.

En conjunto, se puede denotar que la calidad del agua no es homogénea en todos los puntos de muestreo, sino que varía significativamente desde la captación hasta el punto de consumo final.

4.5.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS Y COMPROBACIÓN DE LA CUARTA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Cuarta hipótesis específica: Existe una diferencia significativa en la calidad del agua para consumo humano, respecto a los parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos, entre los diferentes puntos de muestreo del Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora.

Planteamiento de la Hipótesis Nula (H_0):

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

H_0 = No existe una diferencia significativa en la calidad del agua para consumo humano, respecto a los parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos, entre los diferentes puntos de muestreo del Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, distrito de Acora.

Planteamiento de la Hipótesis Alterna (H_1):

H_1 = Existe una diferencia significativa en la calidad del agua para consumo humano, respecto a los parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos, entre los diferentes puntos de muestreo del Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, distrito de Acora.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la comparación de la calidad del agua para consumo humano entre los diferentes puntos de muestreo del Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, se evidenció que la calidad del agua no es homogénea a lo largo del sistema de abastecimiento, presentándose variaciones entre la fuente de captación, el reservorio y los puntos de consumo domiciliarios. El análisis integrado de los parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos mostró que las diferencias más relevantes se concentran en el componente microbiológico, específicamente en la concentración de coliformes totales, donde el reservorio registró el valor más elevado, seguido por la última vivienda, mientras que el manantial presentó los valores más bajos. En contraste, los parámetros organolépticos y químicos inorgánicos mostraron variaciones leves entre puntos, manteniéndose en todos los casos dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la normativa sanitaria vigente.

Estas diferencias evidencian que el almacenamiento y la red de distribución influyen de manera diferenciada en la calidad del agua, generando un deterioro progresivo del componente microbiológico desde la fuente hacia los puntos finales de consumo. Por lo tanto, aunque la calidad fisicoquímica del agua se mantiene estable, la calidad microbiológica presenta un comportamiento espacial variable que condiciona la

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

potabilidad del agua. En este contexto, **los resultados obtenidos confirman la Hipótesis Alterna (H_1)**, la cual sostiene que existe una diferencia significativa en la calidad del agua para consumo humano entre los diferentes puntos de muestreo, respecto a los parámetros evaluados. En consecuencia, **se rechaza la Hipótesis Nula (H_0)**, que plantea la inexistencia de diferencias significativas entre los puntos de muestreo.

4.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados evidencian que los **coliformes totales** presentan valores entre 3 y 10 NMP/100 mL, superando el límite permisible de 0 UFC/100 mL, lo cual demuestra **contaminación microbiológica** en todos los puntos evaluados. El reservorio registró el valor más alto (10 NMP/100 mL), lo que sugiere posibles infiltraciones externas, falta de protección sanitaria o inexistencia de un sistema de desinfección continua. Este comportamiento coincide con casos reportados por Mejía (2005), quien encontró elevados niveles de coliformes en sistemas sin cloración adecuada, clasificando el agua como no apta para consumo. Por otro lado, los coliformes termotolerantes mostraron valores <3 NMP/100 mL, equivalentes a 0 UFC/100 mL, lo que indica ausencia de contaminación fecal reciente. Este hallazgo es relevante; aunque existe contaminación ambiental general (coliformes totales), no se detectó contaminación fecal directa, lo cual disminuye el riesgo sanitario inmediato. Sin embargo, la presencia de coliformes totales basta para declarar **el agua no apta para consumo humano**, según la normativa vigente. **Los resultados confirman la hipótesis específica 1**, que plantea que el agua no es apta según parámetros microbiológicos, debido al incumplimiento del parámetro coliformes totales, que constituye uno de los indicadores más críticos de inocuidad del agua.

Los parámetros organolépticos mostraron valores dentro de los límites establecidos en todos los parámetros; pH: entre 7.93 y 8.09, dentro del intervalo permitido (6.5 - 8.5);

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

CE: de 0.34 a 0.36 mS/cm, muy por debajo del límite de 1500 µS/cm; SDT: entre 0.17 y 0.18 g/L, muy inferiores al límite de 1 g/L; Turbidez: entre 2.5 y 4.0 NTU, por debajo del límite de 5 NTU; Cloruros: de 11.35 a 22.69 mg/L, dentro del límite de 250 mg/L; Sulfatos: entre 24 y 108 mg/L, muy por debajo de los 250 mg/L; Dureza total: entre 159.6 y 190 mg/L, dentro del rango permitido (<500 mg/L). Los valores evidencian un agua de características organolépticas estables, sin indicios de contaminación química ni alteraciones perceptibles que afecten el consumo. La ligera variación entre puntos es normal en sistemas rurales sin tratamientos avanzados, coincidiendo con estudios como Araujo et al. (2022), quienes reportaron variaciones similares en zonas altoandinas. **Los resultados refutan parcialmente la hipótesis específica 2**, la cual afirmaba que el agua "no es apta" según parámetros organolépticos. En este caso, todos los parámetros físico-químicos básicos sí cumplen la normativa, por lo que el agua es apta en cuanto a sus características organolépticas.

Los parámetros químicos inorgánicos mostraron valores dentro de límites permisibles; Arsénico: 0.005 – 0.010 mg/L (LMP: 0.010 mg/L); Cadmio: 0.0003 – 0.0010 mg/L (LMP: 0.003 mg/L); Cromo total: 0.005 – 0.015 mg/L (LMP: 0.050 mg/L); Mercurio: <0.0001 mg/L (LMP: 0.001 mg/L); Plomo: 0.0015 – 0.005 mg/L (LMP: 0.010 mg/L); Nitratos: 0.03 – 0.09 mg/L (LMP: 50 mg/L); Aunque todos los metales cumplen con los LMP, se identificó que; El arsénico en el reservorio alcanza el límite exacto (0.010 mg/L); El cadmio muestra un incremento en el reservorio (0.001 mg/L); El cromo total presenta su valor máximo en el reservorio (0.015 mg/L). Este patrón sugiere que la infraestructura podría estar afectando mínimamente la composición química del agua, probablemente por contacto con materiales metálicos o acumulación interna. Sin embargo, los niveles no representan riesgo para la salud y son inferiores a casos documentados en zonas mineras o agrícolas, como señala Ibañez (2018) para Paylla, donde se reportaron incrementos significativos debido a aguas subterráneas contaminadas. **Los resultados**

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

refutan la hipótesis específica 3, dado que el agua sí cumple con los parámetros químicos inorgánicos establecidos en la normativa nacional.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Los resultados globales del análisis microbiológico, organoléptico y químico inorgánico evidencian que el agua del Sector Huaramaya presenta incumplimiento en los parámetros microbiológicos, debido a la presencia de coliformes totales en los cuatro puntos de muestreo, con valores entre 3 y 10 NMP/100 mL, superando el LMP de 0 NMP/100 mL establecido por el D.S. N.° 031-2010-SA; No obstante, los parámetros organolépticos y químicos inorgánicos se encuentran dentro de los límites permisibles. Por tanto, la calidad del agua no es apta para el consumo humano, principalmente por riesgo microbiológico.

SEGUNDA: El análisis microbiológico mostró que los coliformes totales están presentes en todos los puntos muestreados, con valores de 3 NMP/100 mL (manantial), 10 NMP/100 mL (reservorio), 4 NMP/100 mL (primera vivienda) y 6 NMP/100 mL (última vivienda), lo cual incumple el LMP de 0 NMP/100 mL. Sin embargo, los coliformes termotolerantes fueron <3 NMP/100 mL en todos los puntos, considerados equivalentes a “0” según la metodología NMP. En consecuencia, la calidad microbiológica es deficiente, confirmando la contaminación ambiental persistente en el sistema de abastecimiento.

TERCERA: Los parámetros organolépticos evaluados (pH, CE, temperatura, sólidos disueltos totales y turbidez) cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos por el D.S. N.° 031-2010-SA en todos los puntos. Por ejemplo, la turbidez varió entre 2.5 y 4.0 NTU, dentro del límite de 5 NTU; el pH osciló entre 7.93 y 8.09, rango permitido por la normativa; y la CE se mantuvo entre 0.34 y 0.36 mS/cm, muy por debajo del máximo

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

permitido de 1500 µS/cm. En síntesis, la calidad organoléptica del agua es adecuada y no representa riesgo para la salud o la aceptabilidad del consumo humano.

CUARTA: Todos los parámetros químicos inorgánicos medidos (As, Cd, Cr, Hg, Pb y nitratos) se encuentran dentro de los límites normativos. El arsénico presenta valores entre 0.005 y 0.010 mg/L (LMP: 0.010 mg/L); el plomo entre 0.0015 y 0.005 mg/L (LMP: 0.010 mg/L); los nitratos entre 0.03 y 0.09 mg/L (LMP: 50 mg/L); y el cadmio entre 0.0003 y 0.0010 mg/L (LMP: 0.003 mg/L), todos inferiores al límite permitido. Además, se registró ausencia de mercurio (<0.0001 mg/L) en todos los puntos; Por lo tanto, el agua cumple satisfactoriamente con los parámetros químicos inorgánicos requeridos para consumo humano.

QUINTA: La comparación muestra que, aunque existen ligeras variaciones en los parámetros organolépticos y químicos inorgánicos entre manantial, reservorio y viviendas, todas estas diferencias se mantienen dentro de los LMP y no comprometen la potabilidad desde el punto de vista físico-químico. Sin embargo, en el caso de los parámetros microbiológicos, se identificó una mayor concentración de coliformes totales en el reservorio (10 NMP/100 mL), lo que evidencia una fuente significativa de contaminación dentro del sistema, posiblemente por infiltraciones o ausencia de desinfección continua. Por lo tanto, sí existen diferencias relevantes entre puntos, pero estas son críticas únicamente para el componente microbiológico, que determina el incumplimiento de la normativa.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: En función del incumplimiento de los parámetros microbiológicos evidenciado por la presencia de coliformes totales en todos los puntos de muestreo, se recomienda implementar de manera inmediata un sistema de desinfección continua del agua, preferentemente mediante cloración, asegurando concentraciones adecuadas de cloro residual libre en todo el sistema de abastecimiento, conforme a lo establecido por el D.S. N.° 031-2010-SA. Esta medida permitirá reducir el riesgo sanitario asociado al consumo de agua sin tratamiento previo y contribuirá al cumplimiento del objetivo general de garantizar agua apta para consumo humano.

SEGUNDA: Considerando que el reservorio presentó la mayor concentración de coliformes totales, se recomienda realizar la limpieza, desinfección y mantenimiento periódico del reservorio, así como la evaluación de sus condiciones estructurales, con el fin de prevenir infiltraciones, ingreso de material particulado o contaminación por animales. Esta acción responde directamente al objetivo específico relacionado con el análisis microbiológico y permitirá reducir la contaminación ambiental persistente identificada en el sistema.

TERCERA: Dado que los parámetros organolépticos cumplen con los Límites Máximos Permisibles y no representan riesgo para la salud, se recomienda mantener las condiciones actuales de captación, conducción y almacenamiento, reforzando prácticas preventivas de operación y mantenimiento que eviten alteraciones futuras de la turbidez,

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

pH y conductividad eléctrica. Asimismo, se sugiere continuar con el monitoreo periódico de estos parámetros para asegurar la sostenibilidad de la calidad organoléptica del agua.

CUARTA: En relación con los parámetros químicos inorgánicos, cuyos resultados se encuentran dentro de los límites normativos, se recomienda establecer un programa de monitoreo anual o semestral de metales pesados y nitratos, especialmente arsénico y plomo, considerando la vulnerabilidad geológica de la región. Esta medida permitirá detectar oportunamente posibles cambios en la composición química del agua y garantizar el cumplimiento permanente de los estándares de calidad.

QUINTA: Teniendo en cuenta que las diferencias más relevantes entre los puntos de muestreo se concentran en el componente microbiológico, se recomienda implementar medidas de control sanitario a lo largo de la red de distribución, tales como la revisión del estado de las tuberías, control de fugas, mantenimiento de la presión hidráulica y verificación de cloro residual en los puntos domiciliarios, especialmente en la última vivienda. Esto permitirá reducir el deterioro progresivo de la calidad microbiológica del agua durante su distribución.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarez Juarez, H. Y. (2025). Calidad del agua para consumo humano en el Centro Poblado de Hanajquia del Distrito y Provincia de Azángaro—Puno, 2024. *Universidad Privada San Carlos*. http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1327

Anticona Palomino, S. E. (2022). Calidad del agua para consumo humano en el sistema de abastecimiento del Asentamiento Humano Uliachin – distrito de Chaupimarca – provincia y región Pasco, de acuerdo al DS.031-2010-SA. – 2022. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2995

Araujo, E. R. C., Astocasa, L. L. H., Huiza, Y. Y., & Rojas, R. A. (2022). Determinación de la calidad del agua de consumo humano mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la ciudad de Huancavelica. *Revista de investigación científica siglo XXI*, *2*(2), 16-25. https://doi.org/10.54943/rcsxxi.v2i2.191

Auge, M. (2007). *Agua fuente de vida*. https://agua.org.mx/biblioteca/agua-fuente-de-vida/

Barrera Díaz, C. E., Lugo Lugo, V., & Bilyeu, B. (2012). A review of chemical, electrochemical and biological methods for aqueous Cr(VI) reduction. *Journal of Hazardous Materials*, *223-224*, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.04.054

Bobadilla Poquioma, C. Y. (2017). *Determinación de la calidad microbiológica e inocuidad del agua potable para consumo de los dispensadores de las boticas y farmacias del distrito de breña en el departamento de lima, mayo – junio del 2017.* https://hdl.handle.net/20.500.13053/671

Brousett Minaya, M., Chambi Rodríguez, A., Mollocondo Turpo, M., Aguilar Atamari, L., & Lujano Laura, E. (2018). Evaluación Físico-Química y Microbiológica de Agua para Consumo Humano Puno—Perú. *Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, *15*(15), 47-68.

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Cabrera Rivera, A. M., & Gallardo Carranza, L. (2023). Análisis de calidad del agua para consumo humano del sector la perla escondida, provincia de Jaén. *Universidad Nacional de Jaén||Repositorio Institucional - UNJ*. https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/498

Callizana Jimenez, F. (2025). Calidad físico químico del agua de pozo destinado al consumo humano en el Centro Poblado de Thunco, Acora, Puno. *Universidad Privada San Carlos*. http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1370

Ccapa Huayta, L. C. (2024). Calidad del agua para consumo humano del sector Tunuhuiri Grande centro poblado de Ichu—Puno—2023. *Universidad Privada San Carlos*. http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/827

Ccaso Gomez, C. A. (2024). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de los manantiales Titin Phuju y Q´uespi Phuju para consumo humano del Centro Poblado de Huarahuarani Provincia de El Collao—2024. *Universidad Privada San Carlos*. http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1022

CEPIS/OPS, C. P. de I. S. y C. del A. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano—Plantas de filtración rápida, Manual I: Teoría Tomo I*. https://www.ingenieriasanitaria.com.pe/site/index.php/manuales/plantas-de-filtracion-rapida

Cirelli, A. F. (2012). El agua: Un recurso esencial. *Química Viva*, *11*(3), 147-170.

Clarkson, T. W., & Magos, L. (2006). The Toxicology of Mercury and Its Chemical Compounds. *Critical Reviews in Toxicology*, *36*(8), 609-662. https://doi.org/10.1080/10408440600845619

Condori Quispe, P. A. (2023). Evaluación de parámetros físico químico y microbiológico del agua de pozo para consumo humano en el barrio Azoguini de la Ciudad de Puno—2023. *Universidad Privada San Carlos*. http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/629

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Contreras Chura, H. (2021). Calidad del agua para consumo humano en los manantiales en la parcialidad de Jiscullaya—El Collao—Puno. *Universidad Nacional del Altiplano*. https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15683

Costa, M., & Klein, C. B. (2006). Toxicity and Carcinogenicity of Chromium Compounds in Humans. *Critical Reviews in Toxicology*, *36*(2), 155-163. https://doi.org/10.1080/10408440500534032

De Jesus Alba, J., Ortega, J. L., Álvarez, G., Cervantes, M., Ruiz, E., Urtiz, N., & Martínez, A. (2013). Riesgos microbiológicos en agua de bebida: Una revisión clínica. *Revista QuímicaViva*. https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278004.pdf

De La Cruz Guerreros, G. S., & Delgado Paredes, E. A. (2022). *calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de consumo de la comunidad de mollehuaca – distrito huanuhuanu provincia caraveli – arequipa, febrero – abril 2022.* https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/1089

DIGESA, D. G. de S. A. (2011). *Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano*. https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-reglamento-calidad-agua-consumo-humano

DIRESA, D. R. de S. C. (1997). *Manual de procedimientos técnicos en saneamiento.* https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/322352-manual-de-procedimientos-tecnicos-en-saneamiento

Fewtrell, L. J., Prüss-Ustün, A., Landrigan, P., & Ayuso-Mateos, J. L. (2003). Estimating the global burden of disease of mild mental retardation and cardiovascular diseases from environmental lead exposure. *Environmental Research*, *94*(2), 120-133. https://doi.org/10.1016/s0013-9351(03)00132-4

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

García Alvarado, R. L. (2019). *Parámetros de control obligatorio para determinar la calidad del agua de consumo humano en la ciudad de Iquitos, 2018*. http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/6153

Ibañez Calderon, W. (2018). Evaluación de la calidad de agua para el consumo humano en las localidades de Payllas y Miraflores del distrito de Umachiri – Melgar – Puno. *Universidad Nacional del Altiplano*. https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/7938

INEI, I. N. de E. e I. (2019). *Glosario—Acceso al abastecimiento de agua potable*. 10.

INEI, I. N. de E. e I. (2020). *Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf

Järup, L., & Akesson, A. (2009). Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicology and Applied Pharmacology*, *238*(3), 201-208. https://doi.org/10.1016/j.taap.2009.04.020

Knobeloch, L., Salna, B., Hogan, A., Postle, J., & Anderson, H. (2000). Blue babies and nitrate-contaminated well water. *Environmental Health Perspectives*, *108*(7), 675-678. https://doi.org/10.1289/ehp.00108675

Kotaś, J., & Stasicka, Z. (2000). Chromium occurrence in the environment and methods of its speciation. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, *107*(3), 263-283. https://doi.org/10.1016/s0269-7491(99)00168-2

Londoño Gaitán, O. P. L. (2007). *Caracterización de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del sistema para producir agua desionizada tipo II, en una industria cosmética.* https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/604e14d4-3a92-4d34-9baa-90ef9732c2a6/content

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Mamani Ochochoque, J. A. (2025). Calidad del agua para consumo humano del manantial de Huallatiri del Distrito de Desaguadero de la Provincia de Chucuito—Puno, 2024. *Universidad Privada San Carlos*. http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1276

Mamani Sánchez, B., Aguilar Franco, F., Nova Pinedo, M., Daza Kucharsky, A., Mamani Sánchez, B., Aguilar Franco, F., Nova Pinedo, M., & Daza Kucharsky, A. (2022). Diagnóstico de la calidad de agua para consumo humano en las comunidades Carmen Pampa y Chovacollo en Coroico—Bolivia. *Acta Nova*, *10*(4), 443-460.

Mejía, A., Castillo, O., & Vera, R. (2016). *Agua potable y saneamiento en la nueva ruralidad de América Latina*. https://scioteca.caf.com/handle/123456789/846

Mejía Clara, M. R. (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras*. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4434

Mendoza Álvarez, M. E. (1996). *Impacto del uso de la tierra, en la calidad del agua de la microcuenca río Sábalos, cuenca del río San Juan, Nicaragua*. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10493

Mucinhato, R. M. D., Zanin, L. M., Carnut, L., Quintero-Flórez, A., & Stedefeldt, E. (2022). Inocuidad y calidad del agua y alimentación escolar: Enfoques en América Latina y el Caribe. *Revista Panamericana de Salud Pública*, *46*, 1. https://doi.org/10.26633/RPSP.2022.28

Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. https://sdgs.un.org/es/2030agenda

Needleman, H. (2004). Lead poisoning. *Annual Review of Medicine*, *55*, 209-222. https://doi.org/10.1146/annurev.med.55.091902.103653

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Ñahui Salvatierra, D. F. (2023). Análisis de la calidad de agua para el consumo humano de los centros poblados del distrito de Yauli, Huancavelica—2023. *Universidad Continental*. https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13303

Oliden Salgado, M. G., & Villegas Montenegro, G. L. (2019). Parámetros Organolépticos y Microbiológicos de la Calidad del Agua de Consumo Humano, de la Población del Caserío Chamaya Pueblo, Provincia Jaén – Cajamarca. *Universidad Nacional de Jaén*. https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/154

OMS, O. M. de la S. (2017). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950

OMS, O. M. de la S., & UNICEF, F. de las N. U. para la I. (2021). *Progreso en materia de agua potable, saneamiento e higiene en los hogares 2000-2020: Cinco años después de los ODS*. https://www.who.int/publications/i/item/9789240030848

OPS-COSUDE, O. (2007). *Guía para la selección de sistema de desinfección*. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS-COSUDE%202007.%20Gu%C3%ADa%20selecci%C3%B3n%20del%20sistema%20desinfecci%C3%B3n.pdf

Ortiz, L. L., Rangel, G. F., Fernández, L. H., & Peña, M. G. (2015). Metahemoglobinemia en un lactante por consumo de agua con alto contenido de nitratos en Camagüey. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, *53*(3). https://revepidemiologia.sld.cu/index.php/hie/article/view/50

Reynoso Angel, D. M. (2023). Caracterización físico—Química y bacteriológica del agua de consumo humano de la localidad de 30 de Agosto en los meses octubre, noviembre y diciembre del año 2022. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3306

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Rice, K. M., Walker, E. M., Wu, M., Gillette, C., & Blough, E. R. (2014). Environmental mercury and its toxic effects. *Journal of Preventive Medicine and Public Health = Yebang Uihakhoe Chi*, *47*(2), 74-83. https://doi.org/10.3961/jpmph.2014.47.2.74

Rodríguez Beas, M. (2024). El servicio público de abastecimiento de agua: El eterno debate sobre las formas de gestión local en el nuevo contexto de la emergencia climática. *A&C - Revista de Derecho Administrativo & Constitucional*, *24*(96), 11-42. https://doi.org/10.21056/aec.v24i96.1962

Saikia, P., & Jiménez, A. (2023). Governance attributes for building water resilience: A literature review. *Water International*, *48*(7), 809-838. https://doi.org/10.1080/02508060.2023.2274162

Satarug, S., Garrett, S. H., Sens, M. A., & Sens, D. A. (2010). Cadmium, environmental exposure, and health outcomes. *Environmental Health Perspectives*, *118*(2), 182-190. https://doi.org/10.1289/ehp.0901234

Sepúlveda, R. A., Barnafi, E., Rojas, V., Jara, A., Sepúlveda, R. A., Barnafi, E., Rojas, V., & Jara, A. (2020). Metahemoglobinemia, una entidad de diagnóstico complejo. Reporte de un caso. *Revista médica de Chile*, *148*(12), 1838-1843. https://doi.org/10.4067/S0034-98872020001201838

Smedley, P. L., & Kinniburgh, D. G. (2002). A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, *17*(5), 517-568. https://doi.org/10.1016/S0883-2927(02)00018-5

Smith, A. H., Lingas, E. O., & Rahman, M. (2000). Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: A public health emergency. *Bulletin of the World Health Organization*, *78*(9), 1093-1103.

Solsona, F., & Fuertes, C. (2003). *Guía para la promoción de la calidad del agua en escuelas de los países en desarrollo*. http://cidbimena.bvs.hn/docum/crid/CD_Agua/pdf/spa/doc14579/doc14579.pdf

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Suárez Santos, Z. L., & Vargas Marzano, A. M. (2023). *Evaluación de la calidad y gestión del agua para consumo en la zona urbana de San Marcos, Áncash*. https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/63bc562c-da37-4ecc-8a87-c17cb078164e

SUNASS, S. N. de S. de S. (2017). Nuevo régimen especial de monitoreo y gestión de uso de aguas subterráneas a cargo de las EPS: Metodología, criterios técnico-económicos y procedimiento para determinar la tarifa. *Repositorio Institucional - ANA*. https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4679

Tique Cruz, H. W. (2025). Calidad del agua para consumo humano y grado de satisfacción poblacional del sector barco, Distrito de Chucuito—2025. *Universidad Privada San Carlos*. http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1467

Velasquez Mamani, G. (2024). Evaluación de la calidad de agua para consumo humano en el Centro Poblado de Viluyo del Distrito de Pichacani – Laraqueri, Puno—2023. *Universidad Privada San Carlos*. http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/989

Villón Béjar, M. (2022). *Hidrología*. http://directoriobiblioteca.cetemin.edu.pe/PROGRAMAS%20PRESENCIALES/P03%20-%20Medio%20ambiente/Mo%CC%81dulo%202_%20Control%20de%20Planta%20de%20Tratamiento%20de%20Agua/8.%20Hidrologi%CC%81a/2.%20Libro/Hidrologi%CC%81a%20-%20Ma%CC%81ximo%20Villo%CC%81n%20(2002).pdf

Vincent, J. B. (2010). Chromium: Celebrating 50 years as an essential element? *Dalton Transactions*, *39*(16), 3787-3794. https://doi.org/10.1039/B920480F

Ward, M. H., deKok, T. M., Levallois, P., Brender, J., Gulis, G., Nolan, B. T., & VanDerslice, J. (2005). Workgroup Report: Drinking-Water Nitrate and Health—Recent Findings and Research Needs. *Environmental Health Perspectives*, *113*(11), 1607-1614. https://doi.org/10.1289/ehp.8043

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Ward, M. H., Jones, R. R., Brender, J. D., de Kok, T. M., Weyer, P. J., Nolan, B. T., Villanueva, C. M., & van Breda, S. G. (2018). Drinking Water Nitrate and Human Health: An Updated Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *15*(7), 1557. https://doi.org/10.3390/ijerph15071557

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

ANEXOS

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Anexo 01: Matriz de consistencia

TÍTULO: CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL SECTOR HUARAMAYA, CENTRO POBLADO DE THUNUHUAYA, DISTRITO DE ACORA - 2025.
AUTOR: Joel Fredy Flores Condori

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano, en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, Distrito de Acora, 2025?	Determinar la calidad del agua para consumo humano, en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, Distrito de Acora, 2025	La calidad del agua en el Sector Huaramaya del Centro Poblado de Thunuhuaya, Distrito de Acora, no es apta para consumo humano.	**VI:** Parámetros: Microbiológicos, organolépticos, químicos e inorgánicos.	- Parámetros microbiológicos. - Parámetros organolépticos - Parámetros químicos inorgánicos	Bacterias coliformes totales, Bacterias coliformes termotolerantes o fecales Turbiedad, pH, CE, sólidos totales disueltos, cloruros, sulfatos, dureza total. Arsénico, Cadmio, Cromo total, Mercurio, Nitratos, Plomo.	•DS-031-2010-SA •Laboratorio: (MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C.)	**Enfoque:** cuantitativo **Tipo:** descriptivo - transversal **Diseño:** no experimental **Tipo de muestreo:** No probabilístico por conveniencia **Diseño estadístico:** Estadística descriptiva.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS • ¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano, según parámetros microbiológicos en el Sector Huaramaya del centro poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora; 2025? • ¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano, según parámetros organolépticos en el Sector Huaramaya del centro poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora; 2025? • ¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano, según parámetros químicos inorgánicos en el Sector Huaramaya del centro poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora; 2025?	**OBJETIVOS ESPECÍFICOS** Analizar la calidad del agua para consumo humano, según parámetros microbiológicos en el Sector Huaramaya del centro poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora; 2025. Analizar la calidad del agua para consumo humano, según parámetros organolépticos en el Sector Huaramaya del centro poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora; 2025. Analizar la calidad de agua para consumo humano, según parámetros químicos inorgánicos en el Sector Huaramaya del centro poblado de Thunuhuaya; 2025.	**HIPÓTESIS ESPECÍFICAS** La calidad del agua según parámetros microbiológicos en el Sector Huaramaya del centro poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora, 2025; no es apta para consumo humano. la calidad del agua, según parámetros organolépticos en el Sector Huaramaya del centro poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora, 2025; no es apta para consumo humano. La calidad del agua para consumo humano, según parámetros químicos inorgánicos en el Sector Huaramaya del centro poblado de Thunuhuaya; Distrito de Acora, 2025; no es apta para consumo humano.	**VD:** Calidad de agua.	Calidad microbiológica; organoléptica; química inorgánica	D.S. N.° 031-2010-SA Cumple / No Cumple		

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
repositorio.upsc.edu.pe

Anexo 02: Resultados de análisis en laboratorio (Microbiológico; Organoléptico y Químico inorgánico)

MQA LABS
MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C

MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C
AGUAS – SUELOS – MINERALES Y OTROS.
CON EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS POR COMPARACIÓN DE TRAZABILIDAD DIRECTA DE INACAL.
RUC: 20612800741.

INFORME DE ENSAYO 0263/MQA

RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA.

PROCEDENCIA : C.P DE THUNUHUAYA, DISTRITO ACORA - PUNO.
INTERESADO : JOEL FREDY FLORES CONDORI.
FECHA DE MUESTREO : 29/10/2025(por el interesado).
FECHA DE ANALISIS : 30/10/2025.

-	-	PUNTO 01 - MANANTIAL	PUNTO 02 - RESERVORIO	PUNTO 03 – 1° VIVIENDA	PUNTO 04 – ULTIMA VIVIENDA
COORDENADAS	ESTE	331,245.92	365,584.51	499,997.77	338,819.55
	NORTE	8,234,839.06	8,230,064.08	8,233,184.88	8,233,184.88
	ALTURA	3,900.09 msnm	3,897.76 msnm	3,832.98 msnm	3,823.79 msnm

CARACTERÍSTICAS FISICOS:

PARAMETROS	UNIDAD	PUNTO 01	PUNTO 02	PUNTO 03	PUNTO 04	METODOLOGÍA
pH		7.93	7.97	7.96	8.09	Potenciómetro
C.E	mS/cm	0.35	0.34	0.34	0.36	Conductímetro
Temperatura (°C)	°C	14.20	14.20	14.20	14.20	Termómetro
Solidos Disueltos Totales	g/l	0.17	0.17	0.18	0.18	Calculo
Turbiedad	NTU	2.8	4.0	2.5	3.0	Turbidímetro

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Dureza Total (como $CaCO_3$)	mg/L	190.00	174.80	163.40	159.60	EDTA titul.
Alcalinidad (como $CaHCO_3$)	mg/L	199.62	177.44	198.80	197.70	Titulación ácido
Cloruros (como Cl^-)	mg/L	22.69	17.02	14.18	11.35	Argentometria (Mohr)
Sulfatos (como $SO^=_4$)	mg/L	24	100	108	26	Turbidimetría (gravimétrica)
Nitratos (como NO^-_3)	mg/L	0.06	0.09	0.04	0.03	Espectrofotometría
Calcio (como Ca^{++})	mg/L	48.64	47.12	48.60	50.16	AAS / volumetria
Magnesio (como Mg^{++})	mg/L	16.51	13.75	10.09	8.23	AAS / EDTA
Arsénico (como As)	mg/L	0.005	0.010	0.006	0.007	ICP-MS / HG-AAS
Cadmio (como Cd)	mg/L	0.0003	0.0010	0.0004	0.0004	ICP-MS / AAS
Cromo total (como Cr)	mg/L	0.005	0.015	0.006	0.007	ICP-MS / AAS
Mercurio (como Hg)	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	CV-AAS / ICP-MS
Plomo (como Pb)	mg/L	0.0015	0.005	0.0025	0.0030	ICP-MS / AAS

ANALISIS MICROBIOLÓGICO:

Coliformes totales	NMP/100ml	3	10	4	6	NMP 3-tubos (APHA 9221B)
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<3	<3	<3	<3	NMP 3-tubos (APHA 9221D)

INTERPRETACION:

- la muestra se recepcionó en el laboratorio.

Benito Fernández Callopaza
RUC: 20612800741
GERENTE

Salomón Justo Morales Yucra
INGENIERO QUÍMICO
ANALISTA DE LABORATORIO

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pérgola - Puno
Cel. 973296546 – 983003185

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Anexo 03: Límites máximos permisibles (LMP) D.S. Nº 031- 2010- SA. - Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano; para los parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bactérias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bactérias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bactérias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Vírus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias
(*) En caso de analizar por la téonica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL^{-1}	1 000
8. Cloruros	mg Cl^{-} L^{-1}	250
9. Sulfatos	mg $SO_4^{=}$ L^{-1}	250
10. Dureza total	mg $CaCO_3$ L^{-1}	500
11. Amoniaco	mg N L^{-1}	1,5
12. Hierro	mg Fe L^{-1}	0,3
13. Manganeso	mg Mn L^{-1}	0,4
14. Aluminio	mg Al L-1	0,2
15. Cobre	mg Cu L^{-1}	2,0
16. Zinc	mg Zn L^{-1}	3,0
17. Sodio	mg Na L^{-1}	200

UCV = Unidad de color verdadero
UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

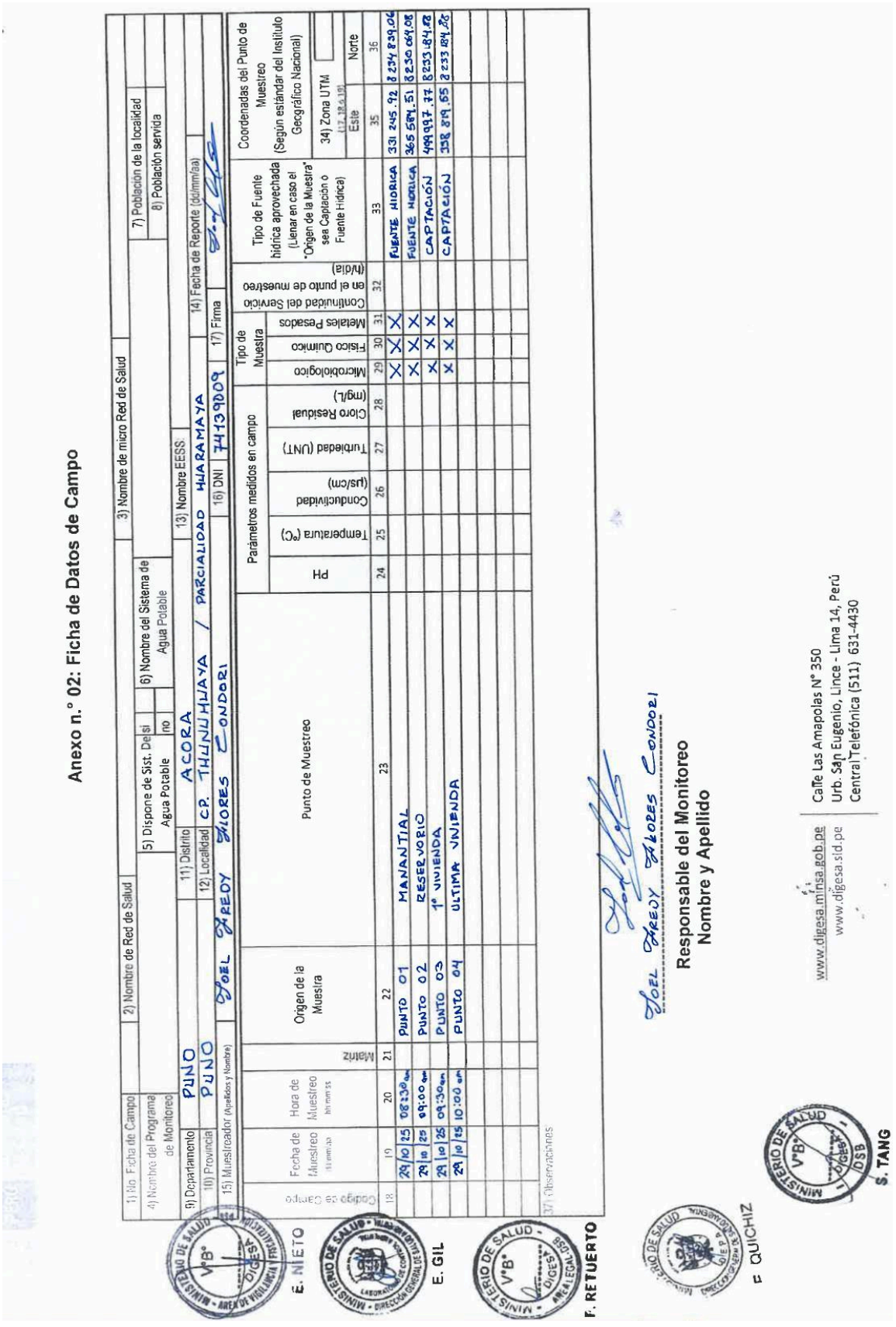
Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L^{-1}	0,020
2. Arsénico **(nota 1)**	mg As L^{-1}	0,010
3. Bario	mg Ba L^{-1}	0,700
4. Boro	mg B L^{-1}	1,500
5. Cadmio	mg Cd L^{-1}	0,003
6. Cianuro	mg CN^- L^{-1}	0,070
7. Cloro **(nota 2)**	mg L^{-1}	5
8. Clorito	mg L^{-1}	0,7
9. Clorato	mg L^{-1}	0,7
10. Cromo total	mg Cr L^{-1}	0,050
11. Flúor	mg F^- L^{-1}	1,000
12. Mercurio	mg Hg L^{-1}	0,001
13. Niquel	mg Ni L^{-1}	0,020
14. Nitratos	mg NO_3 L^{-1}	50,00
15. Nitritos	mg NO_2 L^{-1}	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L^{-1}	0,010
17. Selenio	mg Se L^{-1}	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L^{-1}	0,07
19. Uranio	mg U L^{-1}	0,015

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Anexo 04: Ficha de datos de campo



Anexo n.° 02: Ficha de Datos de Campo

1) No. Ficha de Campo
2) Nombre de Red de Salud
3) Nombre de micro Red de Salud
4) Nombre del Programa de Monitoreo
5) Dispone de Sist. De Agua Potable: si / no
6) Nombre del Sistema de Agua Potable
7) Población de la localidad
8) Población servida
9) Departamento: PUNO
10) Provincia: PUNO
11) Distrito: ACORA
12) Localidad: CP. THUNUHUAYA / PARCIALIDAD HUARAMAYA
13) Nombre EESS:
14) Fecha de Reporte (dd/mm/aa)
15) Muestreador (Apellidos y Nombres): JOEL FREDY FLORES CONDORI
16) DNI: 74139809
17) Firma

Código de Campo	Fecha de Muestreo dd/mm/aa	Hora de Muestreo hh:mm:ss	Matriz	Origen de la Muestra	Punto de Muestreo	Parámetros medidos en campo: PH	Temperatura (°C)	Conductividad (µs/cm)	Turbiedad (UNT)	Cloro Residual (mg/L)	Tipo de Muestra: Microbiológico	Físico Químico	Metales Pesados	Continuidad del Servicio en el punto de muestreo (h/día)	Tipo de Fuente hídrica aprovechada (Llenar en caso el "Origen de la Muestra" sea Captación o Fuente Hídrica)	Coordenadas del Punto de Muestreo (Según estándar del Instituto Geográfico Nacional) 34) Zona UTM (17, 18 o 19): Este / Norte
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	35 / 36
	29/10/25	08:30 am		PUNTO 01	MANANTIAL						X	X	X		FUENTE HIDRICA	331 245.92 / 8 234 839.06
	29/10/25	09:00 am		PUNTO 02	RESERVORIO						X	X	X		FUENTE HIDRICA	365 584.51 / 8 230 064.08
	29/10/25	09:30 am		PUNTO 03	1° VIVIENDA						X	X	X		CAPTACIÓN	499937.37 / 8 233 184.42
	29/10/25	10:00 am		PUNTO 04	ULTIMA VIVIENDA						X	X	X		CAPTACIÓN	358 879.65 / 8 233 184.82

17) Observaciones

JOEL FREDY FLORES CONDORI
Responsable del Monitoreo
Nombre y Apellido

E. NIETO
E. GIL
F. RETUERTO
E. QUICHIZ
S. TANG

www.digesa.minsa.gob.pe
www.digesa.sld.pe

Calle Las Amapolas N° 350
Urb. San Eugenio, Lince - Lima 14, Perú
Central Telefónica (511) 631-4430

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Anexo 05: Rótulo de identificación de muestra

PERÚ Ministerio de Salud

Rotulo de Identificación de Muestra

LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL Identificación de Muestra		
Código de identificación de campo		
Coordenadas		Este: Norte: Altura:
Localidad/distrito/provincia/región		
Punto de muestreo		
Matriz		
Fecha y Hora de Muestreo		
Tipo de análisis requerido:		Preservada: Si No Nombre del preservante:
Nombre del muestreador (Institución/Entidad)		

MINISTERIO DE SALUD DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL
E. QUICHIZ

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Anexo 06: Panel fotográfico

Figura 25: Punto de partida para muestreo de agua - Parcialidad Huaramaya

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Figura 26: Punto 01 - Manantial

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Figura 27: Toma de muestra de agua en el Manantial - Punto 01

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Figura 28: Toma de muestra de agua en el Reservorio - Punto 02

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Figura 29: Muestras de agua obtenidas del Punto 02

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Figura 30: Toma de muestra de agua en la primera vivienda - Punto 03

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Figura 31: Rotulado de la muestra de agua en el Punto 03

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Figura 32: Toma de muestra de agua en la última vivienda - Punto 04

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Figura 33: Preservación de muestras de agua, para su traslado a laboratorio

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

Figura 34: Entrega de muestras de agua a laboratorio, para análisis organoléptico y químico inorgánico

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

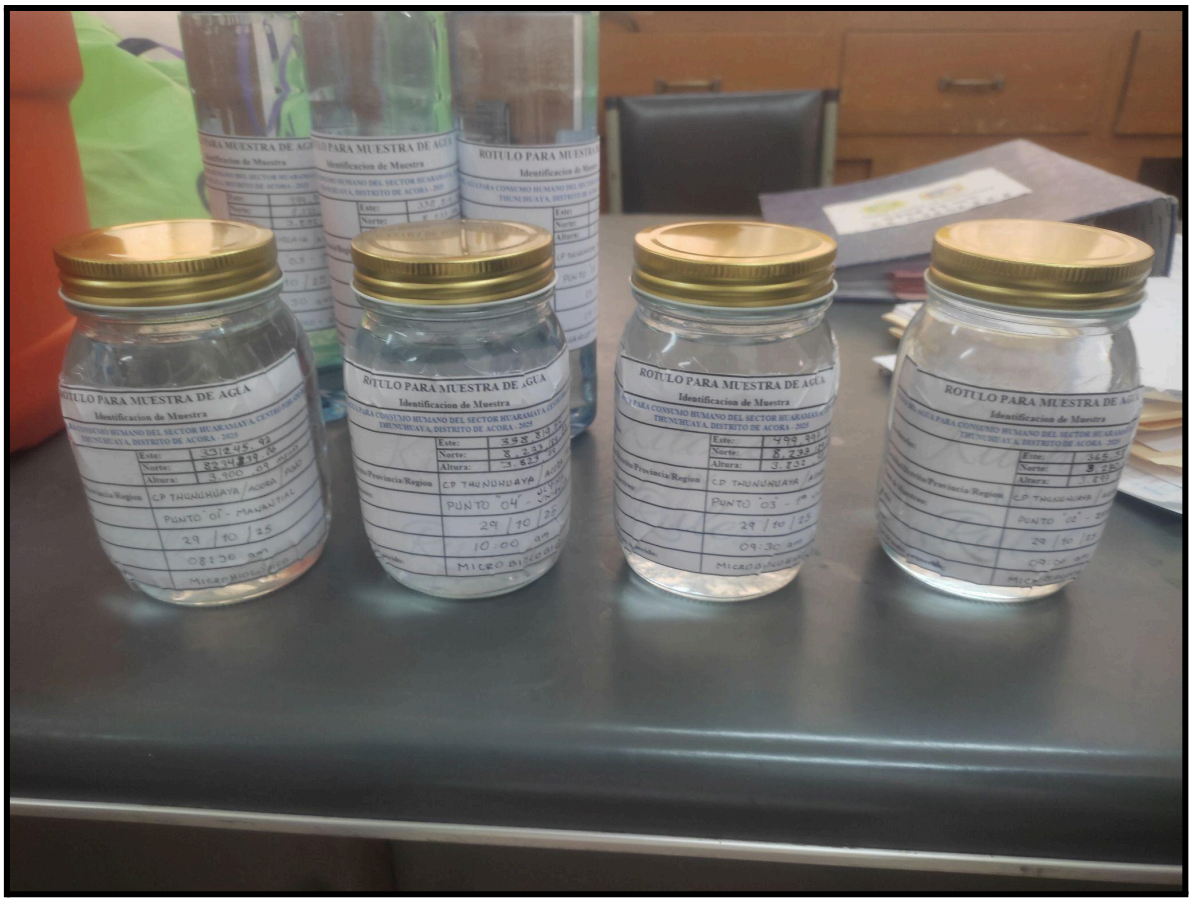


Figura 35: Entrega de muestras de agua a laboratorio, para análisis microbiológico

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.