

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL MANANTIAL DEL
CENTRO POBLADO HUANUTUYO - MACUSANI, 2024

PRESENTADA POR:

VERÓNICA SILVIA QUISPE PERALTA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



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



6.41%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 5 AUG 2025, 1:27 PM

Similarity report

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

● IDENTICAL
0.57%

● CHANGED TEXT
5.83%

Report #27855035

VERÓNICA SILVIA QUISPE PERALTA // CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL MANANTIAL DEL CENTRO POBLADO HUANUTUYO - MACUSANI, 2024 RESUMEN

La calidad del agua potable es un problema crítico para la salud pública, especialmente en comunidades rurales como el centro poblado de Huanutuyo, en el distrito de Macusani, Puno. Por lo que el objetivo fue evaluar la calidad del agua para consumo humano mediante el análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos y verificar que estén acordes al DS-004-2017-MINAM, La metodología fue descriptiva no experimental, se recolectó muestras de agua en cinco puntos estratégicos: el manantial, el reservorio y tres viviendas de la red de distribución. **11 20** Los parámetros físico-químicos analizados incluyeron pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales SDT, demanda química de oxígeno DQO, demanda bioquímica de oxígeno DBO₅, nitratos y cloruros. Además, se evaluaron los niveles de coliformes totales y termotolerantes como indicadores microbiológicos. Los resultados revelaron que el pH 7.24 -- 7.36, la conductividad eléctrica 0.12 -- 0.15 mS/cm y los sólidos disueltos totales 0.06 -- 0.08 g/l estuvieron dentro de los valores máximos permisibles. Sin embargo, la DQO 62.0 -- 72.0 mg/l y la DBO₅ 24.8--28.8 mg/l excedieron significativamente los límites permisibles de 3 mg/l y 10 mg/l, respectivamente. En el análisis microbiológico, los coliformes totales superaron el límite de 50 NMP/100 ml en

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

**CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL MANANTIAL DEL
CENTRO POBLADO HUANUTUYO - MACUSANI, 2024**

PRESENTADA POR:

VERÓNICA SILVIA QUISPE PERALTA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

: 
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

: 
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería ambiental

Línea de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 14 de agosto del 2025

DEDICATORIA

A Dios por todo su amor.

A mi madre por haberme cobijado en sus brazos siempre.

A mis hermanas por su apoyo incondicional.

A toda mi familia por estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por cuidarme.

A la Universidad Privada San Carlos por cobijarme en sus claustros.

Al presidente y miembros del jurado por su guía constante y sus recomendaciones.

A mi asesor, por su apoyo incondicional durante todo este proceso de formación y finalización de mi tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ANEXOS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
1.2. ANTECEDENTES	16
1.2.1. ANTECEDENTE INTERNACIONALES	16
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	17
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES	20
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	21
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	22
2.1.1. CONTAMINACIÓN DE LOS MANANTIALES	22

2.1.2. EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA	23
2.1.3. EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA	24
2.1.4. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	25
2.1.5. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	26
2.1.6. MARCO NORMATIVO	26
2.2. MARCO CONCEPTUAL	28
2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	29
2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	29
2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	29
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	30
3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	31
3.1.2. PUNTOS DE MUESTREO	32
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	32
3.2.1. POBLACIÓN	32
3.2.2. MUESTRA Y MUESTREO	32
3.3. MÉTODOS Y MATERIALES	33
3.3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	33
3.3.3. MATERIALES Y EQUIPOS	34
3.4 METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS	34
3.4.1 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	34
3.4.2. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	35
3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	37

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADO

4.1. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	38
4.2. ANÁLISIS DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	47
4.3. COMPARACIÓN CON ESTÁNDARES NORMATIVOS (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM)	50
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	63
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	68
ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Operacionalización de variables	37
Tabla 02: Parámetro físico - punto M1-Manantial	38
Tabla 03: Parámetro físico - punto M2	39
Tabla 04: Parámetro físico - punto M3	39
Tabla 05: Parámetro físico - punto M4	40
Tabla 06: Parámetro físico - punto M5	41
Tabla 07: Parámetro químico - punto M1	42
Tabla 08: Parámetro químico - punto M2	43
Tabla 09: Parámetro químico - punto M3	44
Tabla 10: Parámetro químico - punto M4	45
Tabla 11: Parámetro químico - punto M5	46
Tabla 12: Parámetro microbiológico - punto M1	47
Tabla 13: Parámetro microbiológico - punto M2	48
Tabla 14: Parámetro microbiológico - punto M3	48
Tabla 15: Parámetro microbiológico - punto M4	49
Tabla 16: Parámetro microbiológico - punto M5	49
Tabla 17: Parámetros Fisicoquímicos microbiológicos y decreto supremo general	50
Tabla 18: Parámetros Fisicoquímicos y decreto supremo - punto M1	54
Tabla 19: Parámetros Fisicoquímicos y decreto supremo - punto M2	55
Tabla 20: Parámetros Fisicoquímicos y decreto supremo - punto M3	56
Tabla 21: Parámetros Fisicoquímicos y decreto supremo - punto M4	58
Tabla 22: Parámetros Fisicoquímicos y decreto supremo - punto M5	59
Tabla 23: Parámetros microbiológicos y decreto supremo - punto M1	60
Tabla 24: Parámetros microbiológicos y decreto supremo - punto M2	60
Tabla 25: Parámetros microbiológicos y decreto supremo - punto M3	61
Tabla 26: Parámetros microbiológicos y decreto supremo - punto M4	62

Tabla 27: Parámetros microbiológicos y decreto supremo - punto M5

62

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación geográfica Macusani	30
Figura 02: Recolección de muestra in situ	75
Figura 03: Recolección de datos in situ.	76
Figura 04: Recolección de datos in situ.	77
Figura 05: Recolección de datos en vivienda.	78
Figura 06: Recolección de datos en muestra 5.	79
Figura 07: Materiales usados y datos de ubicación.	80
Figura 08: Datos de fecha de toma de muestra..	81
Figura 09: Datos de vivienda 2 con el dueño.	82
Figura 10: Datos de fecha de toma de muestra 4.	83
Figura 11: Tom de muestra en el punto principal.	83
Figura 12: Consentimiento verbal para toma de muestra en vivienda.	84
Figura 13: Consentimiento verbal de segunda toma de muestra en vivienda.	85
Figura 14: Investigador tomando las muestras.	86

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de Consistencia	72
Anexo 02: Instrumento de recolección de datos	73
Anexo 03: Análisis de laboratorio	74
Anexo 04: Panel fotográfico	75

RESUMEN

La calidad del agua potable es un problema crítico para la salud pública, especialmente en comunidades rurales como el centro poblado de Huanutuyo, en el distrito de Macusani, Puno. Por lo que el **objetivo** fue evaluar la calidad del agua para consumo humano mediante el análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos y verificar que estén acordes al DS-004-2017-MINAM, La **metodología** fue descriptiva no experimental, se recolectó muestras de agua en cinco puntos estratégicos: el manantial, el reservorio y tres viviendas de la red de distribución. Los parámetros físico-químicos analizados incluyeron pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales SDT, demanda química de oxígeno DQO, demanda bioquímica de oxígeno DBO₅, nitratos y cloruros. Además, se evaluaron los niveles de coliformes totales y termotolerantes como indicadores microbiológicos. Los **resultados** revelaron que el pH 7.24 -- 7.36, la conductividad eléctrica 0.12 -- 0.15 mS/cm y los sólidos disueltos totales 0.06 -- 0.08 g/l estuvieron dentro de los valores máximos permisibles. Sin embargo, la DQO 62.0 -- 72.0 mg/l y la DBO₅ 24.8--28.8 mg/l excedieron significativamente los límites permisibles de 3 mg/l y 10 mg/l, respectivamente. En el análisis microbiológico, los coliformes totales superaron el límite de 50 NMP/100 ml en cuatro de los cinco puntos, alcanzando valores de hasta 240 NMP/100 ml en el manantial. Los coliformes termotolerantes excedieron los estándares del manantial 23 NMP/100 ml, límite 20 NMP/100 ml. La **conclusión** a la que se llega es que el agua del manantial de Huanutuyo cumple parcialmente con los estándares.

Palabras clave: Calidad del agua, Contaminación microbiológica, Huanutuyo, Manantial, Parámetros físico-químicos.

ABSTRACT

Drinking water quality is a critical public health issue, especially in rural communities such as the Huanutuyo population center in the Macusani district of Puno. Therefore, the **objective** is to evaluate the quality of water for human consumption by analyzing physical-chemical and microbiological parameters and verify that they are in accordance with DS-004-2017-MINAM. The **methodology** was descriptive and non-experimental. Water samples were collected at five strategic points: the spring, the reservoir, and three homes in the distribution network. The physical-chemical parameters analyzed included pH, electrical conductivity, total dissolved solids (TSD), chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD_5), nitrates, and chlorides. In addition, total and thermotolerant coliform levels were evaluated as microbiological indicators. The **results** revealed that pH 7.24-7.36, electrical conductivity 0.12-0.15 mS/cm and total dissolved solids 0.06-0.08 g/l were within the maximum permissible values. However, COD 62.0-72.0 mg/l and BOD_5 24.8-28.8 mg/l significantly exceeded the permissible limits of 3 mg/l and 10 mg/l, respectively. In microbiological analysis, total coliforms exceeded the limit of 50 MPN/100 ml at four out of five points, reaching values up to 240 MPN/100 ml at the spring. Thermotolerant coliforms exceeded the spring standards 23 MPN/100 ml, limit 20 MPN/100 ml. The **conclusion** reached is that the water from the Huanutuyo spring partially meets the standards.

Keywords: Water quality, Microbiological contamination, Huanutuyo, Spring, Physical-chemical parameters.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio abordó la problemática de la calidad del agua para consumo humano, específicamente en el manantial ubicado en el centro poblado de Huanutuyo, en el distrito de Macusani. Este manantial, situado al pie del nevado Allincajac, constituía la principal fuente de abastecimiento de agua para la comunidad. Pero no se habían hecho estudios nuevos para ver si el agua era buena y segura, según las reglas del gobierno acorde al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, por eso se hizo esta investigación, para saber si el agua está limpia y no tiene microbios o cosas malas, y así poder cuidarla mejor y usarla sin peligro.

El cambio del clima y lo que hacen las personas han afectado mucho el agua que usamos, tanto en el mundo como cerca de donde vivimos. Ahora hay menos agua limpia y a veces está sucia o contaminada. Por ejemplo, cuando sube la temperatura o se cambia el uso de la tierra como cortar árboles o construir casas o animales que contaminan a través de sus desechos, eso puede dañar los ríos subterráneos que no vemos pero que son muy importantes. Por eso era muy importante revisar el agua del manantial de Huanutuyo, porque podría estar contaminada por cosas de la naturaleza o por lo que hace la gente. En otros países y también en Perú, muchas personas están preocupadas por este problema y piensan que es necesario hacer estudios completos y cuidar el agua para todos (Orbegozo, 2021).

En este trabajo se usaron dos formas para estudiar el agua: unas pruebas se hicieron directamente en el lugar donde sale el agua eso se llama in situ y otras pruebas se hicieron en un laboratorio con instrumentos especiales. Con estas pruebas se revisó si el agua tenía microbios o sustancias que pueden hacer daño a las personas si la beben sin hervirla o limpiarla, se compararon los resultados con las normas del país que dicen cuándo el agua es segura para tomarla. Así se pudo ver claramente qué cosas estaban bien y cuáles no estaban dentro de los límites permitidos. Todo esto ayudó a saber si el agua del manantial de Huanutuyo es buena, regular o peligrosa para la salud. Gracias a

este estudio, también se puede tomar decisiones para proteger mejor el agua y cuidar a las personas que la usan todos los días.

En la investigación también se tomaron en cuenta las normas importantes que dicen cómo debe ser el agua que tomamos, como el Reglamento de Calidad del Agua y los Estándares de Calidad Ambiental, por lo que ayudaron a revisar bien el agua y asegurarse de que lo encontrado tal cual se muestra en la situación actual, por lo que se pudo dar recomendaciones claras para cuidar mejor el agua del manantial de Huanutuyo. Estas ideas ayudan a que el agua sea segura por mucho tiempo, para todos. También se dijeron cosas que se pueden hacer para evitar que el agua se ensucie y para corregir lo que ya está mal o dañado. Todo esto sirve para proteger a las personas que viven en esa comunidad, cuidar su salud y para que siempre tengan agua limpia.

El trabajo estuvo dividido en cinco partes o capítulos, en el Capítulo I se explicó cuál era el problema que se quería estudiar, se hablaron de otras investigaciones parecidas y se dijo qué cosas se querían lograr. En el Capítulo II se explicaron las ideas importantes sobre el tema, las reglas que se usan para cuidar el agua, y las suposiciones que se querían comprobar. El Capítulo III contó cómo se hizo la investigación, cómo se recogieron las muestras de agua y cómo se analizaron en el laboratorio. El Capítulo IV mostró los resultados que se encontraron y los comparó con las reglas para ver si el agua estaba bien o mal. Por último, el Capítulo V dio las conclusiones, o sea, lo que se aprendió, y también consejos para mejorar el cuidado del agua. Organizar el trabajo así ayudó a entender todo mejor y a cumplir bien con lo que se quería investigar desde el comienzo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante miles de millones de años, el clima de la Tierra ha fluctuado y seguirá haciéndolo en el futuro. El cambio climático reciente ya ha comenzado a tener un efecto en las regiones de temperaturas bajas, con aumentos previstos en las temperaturas de verano, disminuciones en las precipitaciones anuales y aumentos en los eventos extremos. Incluso si se implementan medidas de mitigación, el ciclo hidrológico global se verá afectado por el cambio climático. La mayoría de los estudios hasta la fecha se han centrado en los componentes atmosféricos, observando los cambios pasados y futuros. Sin embargo, el modelo conceptual aún está incompleto y aún no se han incluido algunos aspectos de la que ocurren bajo tierra como la recarga, los niveles de agua subterránea, los flujos de acuíferos y la calidad del agua subterránea (Olivera & Sosa, 2021).

Los recursos de agua subterránea se verán significativamente afectados, tanto cuantitativa como cualitativamente, por el cambio climático y los cambios en el uso de la tierra. Los estudios sobre la calidad futura del agua subterránea son escasos, a pesar de que la investigación sobre la disponibilidad del agua subterránea a la luz del cambio climático ha recibido una mayor atención en los últimos años. La temperatura es un factor importante en la evolución de la calidad de las aguas subterráneas debido al cambio climático y al cambio de uso del suelo. Por lo tanto, distinguir los efectos del cambio climático de los del cambio de uso de la tierra en los sistemas de aguas subterráneas

requiere una nueva investigación sobre la correlación entre el cambio de temperatura de las aguas superficiales y subterráneas (Vanegas, 2022).

Nuevamente, hay más investigación sobre patrones pasados y predichos en la superficie que en profundidad. Los análisis históricos de las temperaturas del agua del río casi siempre muestran un repunte. Una nueva investigación de modelos en los arroyos de Wisconsin predice un aumento de 1,1°C a 3,2°C en la temperatura promedio anual de los arroyos para el año 2100. Los cambios de temperatura se pueden atribuir a la actividad humana en algunas áreas localizadas, pero las alteraciones generalizadas en el sistema fluvial probablemente sean el resultado de cambios globales. Aunque generalmente se reconoce que la temperatura del agua subterránea aumentará unos pocos grados y que la variabilidad térmica estacional aumentaría como resultado de los cambios en la temperatura atmosférica, las consecuencias de estas variaciones en la química del agua subterránea aún no se han explorado a fondo (Poma, 2019).

Dado que los sistemas y acuíferos dominados por flujo base están estrechamente vinculados, la respuesta de la temperatura del agua subterránea al cambio climático y el uso de la tierra, y el cambio contemporáneo de los procesos biogeoquímicos que ocurren dentro de los acuíferos, son cruciales no solo para la calidad del agua subterránea sino también para el agua superficial. Es por lo que es necesario evaluar la calidad del agua del manantial, que abastece a la bocatoma de agua en el centro poblado de Huanutuyo en el Distrito de Macusani, el cual se encuentra al pie del nevado Allincapac, información actual no existe acerca de estudios realizados para determinar la calidad de agua y sus respectivos valores acordes a los ECAS.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano del manantial del centro poblado de Huanutuyo - Macusani, 2024?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál será la concentración de los parámetros físico químicos del manantial del centro poblado de Huanutuyo – Macusani, 2024?

- ¿Cuál será la concentración de los parámetros microbiológicos del manantial del centro poblado de Huanutuyo – Macusani, 2024?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTE INTERNACIONALES

Lino (2020) menciona que, el objetivo principal fue evaluar la presencia de microorganismos en las aguas, lo que fue logrado mediante la aplicación de métodos descriptivos, inductivos y analíticos. Se recolectaron muestras de dos pozos utilizando el método de muestreo con recipientes estériles para su análisis en laboratorio. **Los resultados** revelaron niveles insignificantes de contaminación microbiológica, lo que permitió concluir que las aguas eran seguras para su uso. Además, se desarrolló un plan de manejo ambiental para mejorar las condiciones del entorno.

Camacho et al. (2019) se llevó a cabo un análisis de la calidad microbiológica del agua potable en Colcapirhua. Entre julio y octubre de 2018 se evaluaron 109 sistemas de agua, tomando muestras tanto de la boca de pozo como a 100 metros de la red de distribución domiciliaria, siguiendo la norma boliviana nb 496. **Los resultados** mostraron que, en las muestras de boca de pozo, 42 sistemas 38,5% no presentaron contaminación microbiológica, mientras que 60 sistemas 55,0% contenían bacterias coliformes totales y 6,4% presentaron bacterias no coliformes, entre ellas pseudomonas aeruginosa. Las bacterias identificadas incluyeron escherichia coli 33,2%, klebsiella pneumoniae 9,2%, klebsiella ozaenae 5,5%, klebsiella oxytoca 0,9%, enterobacter cloacae 31,2% y citrobacter freundii 1,8%. En cuanto a la red de distribución domiciliaria, 51 sistemas 46,8% no mostraron contaminación microbiológica, mientras que otros 51 sistemas 46,8% presentaron bacterias coliformes totales y 6,4% contenían bacterias no coliformes como pseudomonas aeruginosa. Las bacterias encontradas en esta red fueron escherichia coli 31,2%, klebsiella pneumoniae 6,4%, klebsiella ozaenae 5,5%, klebsiella oxytoca 0,9%, enterobacter cloacae 3,7% y citrobacter freundii 0,9%. Concluyendo que la norma boliviana nb 512 prohíbe la presencia de coliformes totales y fecales en el agua potable. Sin embargo, en Colcapirhua, los resultados obtenidos muestran que la carga microbiana

presente en los pozos de agua indica una calidad microbiológica deficiente, lo cual representa un riesgo para la salud de la comunidad. Se concluye que es necesario implementar medidas de filtración o desinfección para garantizar la seguridad del agua consumida.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Chávez et al. (2022) menciona, que el gasto exorbitante de purificar el agua ha provocado una grave escasez de agua potable. Se utilizaron indicadores físicos, químicos y microbianos para evaluar la calidad del agua potable de Huancavelica. La investigación fue aplicada, descriptiva y transversal, e implicó un diagnóstico de la situación tal como realmente existía. Los parámetros microbiológicos en todas las muestras de agua se encontraron libres de coliformes fecales, mientras que los coliformes totales 3 MPN/mL se presentaron en el barrio Santa Bárbara. Las características fisicoquímicas no superaron los estándares de calidad del agua de categoría 1, excepto los sólidos totales en la estación de abastecimiento del barrio de Santa Bárbara. De acuerdo con las normas de calidad del agua, los niveles de calidad en las tres estaciones de muestreo de agua sin tratar fueron medios, mientras que los niveles de calidad en la muestra de agua purificada fueron buenos. En conclusión, la calidad promedio del agua en la ciudad de Huancavelica muestra que los ciudadanos están en riesgo de contraer varias enfermedades transmitidas por el agua.

Chaca & Ñañez (2022) en su investigación pretendieron saber acerca del agua proveniente del manantial Castilla Puquio en el barrio Ascensión - Huancavelica era apta para el consumo humano. Se utilizaron tres ubicaciones de monitoreo en seis puntos de control para recolectar muestras de agua para el estudio; el primer lugar de monitoreo fue en el embalse Castilla Puquio, y los restantes lugares de monitoreo fueron en cinco viviendas estratégicamente seleccionadas por su cercanía al embalse, se investigó características físicas como turbidez y color, químicas como pH y Cloro residual, y microbiológicas como coliformes totales, termotolerantes y coliformes fecales y escherichia coli. **Los sitios de monitoreo 2 y 4** registraron un pH de 7.8, y tanto los

coliformes totales como los termotolerantes 0.0 NMP CFU/g-mL estuvieron ausentes en el mayor nivel de turbidez 1.3 UNT en PM-5. Los resultados mostraron que el agua del manantial Castilla puquío cumple con los estándares establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM luego de ser comparada con los Estándares de Calidad Ambiental ECA-Agua-Categoría 1-Subcategoría A1.

Ruiz & Asto (2022) tomaron muestra del Embalse, con coordenadas UTM Este 0426338 Norte 8886267 Altitud 1542 msnm, mediante Resolución Directoral N° 160-2015/DIGESA/SA para análisis de campo, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Escherichia Coli) . Muestras de campo, monitoreo multiparamétrico y análisis de laboratorio de muestras fisicoquímicas y microbiológicas proporcionaron **los datos**. turbidez < 0,40; Temperatura -2; Dureza 23,07; Color <5; Sólidos Disueltos Totales 60.5; pH 7,28; Conductividad 69.2. Los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua del Centro Poblado de Buena Vista cumplen con los Límites Máximos Permisibles del DS N° 031-2010-SA y las Normas de Calidad Ambiental del Agua del DS N° 004-2017-MINAM.

Orbegozo (2021) en su investigación sobre la calidad del agua potable, destaca que los factores físicos, químicos y microbiológicos representan las principales amenazas para la seguridad del agua. El estudio se llevó a cabo en el manantial El Tutumo, ubicado en el distrito de Suyo, en la provincia de Ayabaca. Por lo que fue saber si el agua del manantial era buena y segura para que las personas la puedan tomar sin enfermarse. Para eso, se estudiaron cosas importantes del agua, como si tenía microbios, suciedad o sustancias malas, y se usaron las reglas que dice el gobierno para ver si era potable o no. Se tomaron muestras del agua del manantial en botellas limpias y se analizaron en un laboratorio con equipos especiales. Los **resultados** mostraron que algunas cosas no estaban bien y no cumplían con lo que dicen las normas para el agua que usamos en casa. Esto significa que el agua no es totalmente segura para tomar sin tratamiento, y que se deben hacer cambios para mejorarla y proteger la salud. En resumen, el agua del manantial no es adecuada para beber, y si las personas la usan así, podría hacerles daño

a la salud. Por eso es muy importante cuidarla, limpiarla bien y buscar soluciones para que toda la gente tenga agua limpia, buena y segura todos los días en su comunidad.

Díaz (2021) en su investigación, el objetivo fue saber si el agua del pozo que usan las personas del Asentamiento Humano Alan Sisley es buena y segura para tomar. Para eso, los investigadores recogieron agua del pozo siguiendo pasos especiales que dice el reglamento, como usar botellas limpias y cuidarla del sol o la suciedad. Luego, llevaron esa agua a un laboratorio, donde revisaron si tenía microbios, sustancias malas o cosas que no se deben tomar. Se analizaron cosas como el color, el olor y si tenía bacterias. Así pudieron ver si el agua cumple con las reglas para ser potable, o sea, si es apta para que la gente la beba sin enfermarse. Se analizaron los niveles de cloro residual libre, coliformes totales y termotolerantes, así como los parámetros físicos relevantes. Los **resultados** revelaron que el nivel de cloro residual libre detectado en el agua excede el nivel máximo permisible, al igual que los niveles de coliformes totales y coliformes termotolerantes. Sin embargo, los parámetros físicos no superaron los niveles máximos establecidos por la normativa. A pesar de esto, el incumplimiento de los estándares microbiológicos y de cloro residual indica que el agua del pozo tubular no es segura para el consumo humano. En conclusión, el pozo tubular que abastece al Asentamiento Humano Alan Sisley no cumple con los estándares de calidad del agua establecidos por las regulaciones, lo que pone en riesgo la salud de los residentes, quienes podrían verse expuestos a enfermedades transmitidas por el agua contaminada.

Vicuña (2019) evaluó la asociación entre la calidad del agua potable en Olleros-Huaraz y el nivel de satisfacción de la comunidad local. La metodología incluyó la toma de muestras de agua en dos momentos diferentes, durante la estación húmeda y la estación seca, en cinco ubicaciones desde la cuenca hasta las conexiones domésticas. Se analizaron 27 parámetros físicos, químicos y microbiológicos utilizando métodos estandarizados APHA-AWWA-WEF, 2012. Además, se encuestó a treinta familias mediante un cuestionario estructurado para medir su nivel de satisfacción con el sistema de agua. Los **resultados** indicaron que, tras el proceso de desinfección, el agua era apta

para el consumo humano, con una concentración de cloro libre residual mayor o igual a 0,5 mg/l, lo que la clasifica como de calidad aceptable según el reglamento de calidad del agua para el consumo humano. En conclusión, la mayoría de los habitantes de Olleros están satisfechos con la calidad del agua y el servicio que reciben, mostrando una relación positiva entre la calidad del agua y el nivel de satisfacción de la comunidad.

Marlita & Taboada (2019) en su investigación mencionan que analizaron microbiológico del agua para consumo humano de la población del Centro Poblado Pachapiriana, Distrito de Chontalí, Provincia de Jaén – 2019. Examinó 120 viviendas, 40 viviendas y 4 pozos de abastecimiento de agua en el casco urbano de Pachapiriana. El método del número más probable mostró que las muestras debían ser de 6,8/100 ml para coliformes totales > 4/100 ml para coliformes fecales y 2/100 ml para E. Coli si se adquirían tres muestras (9-18 y 31). con el valor señalado en el D.S. N° 031-2010. Con base en las pruebas presuntivas, confirmatorias y exhaustivas, el agua suministrada a C.P. Pachapiriana no cumple con los criterios microbiológicos para consumo humano porque todas las muestras contienen una importante NMP de coliformes fecales, totales y E. coli, lo que indica contaminación con heces.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

Mamani (2022) en su estudio empleó un diseño descriptivo, con cuatro puntos de monitoreo y tres muestras tomadas para características fisicoquímicas y una muestra tomada para examen microbiológico en cada sitio durante tres meses consecutivos. **Los valores medios** de pH son 6,89–7,82, la temperatura está entre 5,62 y 8,2 grados Celsius, la conductividad eléctrica es 233,7–782,0 uS/cm, los sólidos disueltos totales específicos son 231,3–494,0 mg/L, la densidad óptica específica es 6,2–9,0 mg/L, los nitratos son 8.5–13.1 mg/L, los sulfatos son 67.9–92.1 mg/l, la concentración de cloruro es 46.1–113.5 mg/L. El agua de los manantiales Huayllani Occororo Pujó es segura para el consumo humano, como resultado.

Choque (2021) en su investigación se realizó en el manantial Unkuñani en Puno, centro poblado de Yanamayo, que alimenta de agua a 45 viviendas del Barrio Alto Huáscar. Los

objetivos eran evaluar la calidad del agua. Se deben examinar los valores físicos y químicos. Comparando los valores físicos y químicos probados, la metodología empleada fue tomando muestras en 2 sitios y utilizando estadísticas descriptivas para presentar los hallazgos en tablas y gráficos. Al **examinar** los parámetros químicos en el Manantial Unkumañi se obtuvieron los siguientes valores: pH 7.185, dureza total CaCO_3 94.95 mg/l, alcalinidad total CaCO_3 76.7 mg/L, sólidos disueltos totales 231.25 mg/L, cloruros 23.05 mg/L, sulfatos SO_4 16.1 mg/L, color (0) pt/co, turbidez 1.58 NTU, conductividad 253.6 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), temperatura 13.1°C, resultados que indican 91.67% con especificación de los valores establecidos por la normativa vigente de estándares de calidad ambiental para agua , DECRETO SUPREMO.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la calidad del agua para consumo humano del manantial del centro poblado de Huanutuyo - Macusani, 2024.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de los parámetros físico químicos del agua del manantial del centro poblado de Huanutuyo – Macusani, 2024.
- Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos del manantial del centro poblado de Huanutuyo – Macusani, 2024.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1.1. CONTAMINACIÓN DE LOS MANANTIALES

La contaminación de las aguas de manantial no es un evento aislado, sino que está directamente relacionada con las etapas de abastecimiento, captación y transporte del agua superficial. Factores como la agricultura intensiva y el uso de productos agroquímicos han aumentado la concentración de nitratos y provocado eutrofización, especialmente en zonas rurales y agrícolas. Además, la calidad del suelo juega un papel clave en la reducción o incremento de la contaminación del agua subterránea, ya que su capacidad de filtración es crucial (Aragón et al., 2022).

Por ejemplo, los suelos arenosos, gracias a su alta permeabilidad, facilitan la filtración natural del agua, reduciendo el riesgo de contaminación. Por el contrario, los suelos arcillosos, que son impermeables, retienen el agua en la superficie durante más tiempo, lo que incrementa la exposición a contaminantes y el riesgo de infiltración de sustancias nocivas. Esta situación es particularmente crítica en regiones donde los sistemas de gestión del agua no logran controlar adecuadamente los efectos de las actividades industriales y agrícolas, como ocurre en diversas áreas de México y América del Norte (Aragón et al., 2022)..

Los acuíferos, utilizados históricamente para el suministro de agua potable (Stevanović, 2019), representan un caso especial debido a su alta vulnerabilidad. La red de fracturas y conductos facilita la rápida circulación de las aguas subterráneas (Goldscheider y Drew, 2007). En estos sistemas, la movilización de sedimentos es común, lo que incrementa la

turbidez del agua y facilita el transporte de bacterias, especialmente durante las lluvias intensas (Mahler et al., 2000). La presencia de partículas en suspensión en el agua destinada al consumo humano puede generar serios riesgos para la salud (Fernández et al., 2023).

En la actualidad, en el mundo hay cada vez menos agua limpia, el agua que está debajo del suelo, como la de los manantiales, es solo una parte pequeña de toda el agua del planeta, por eso es muy importante cuidarla. Cuando los manantiales se ensucian o se contaminan, se vuelve un gran problema. Además, el agua dulce que podemos tomar no está repartida igual en todos los lugares, y las personas, con sus actividades y el cambio del clima, están empeorando la situación. Por eso, cuidar el agua es muy importante, sobre todo en lugares donde es más frágil, como los pozos o ríos subterráneos. Para hacerlo bien, se necesita un plan que piense en todo: cómo es el suelo, cómo usamos el agua y qué hacen las personas. Así se pueden encontrar soluciones que duren mucho tiempo, revisar el agua frecuentemente y usarla de manera responsable para que nunca nos falte (Fernández et al., 2023).

2.1.2. EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA

Analizar el agua en el laboratorio sirve para saber si tiene microbios que pueden hacer daño, ya que esto es muy importante para saber si el agua es buena o no. Según para qué se va a usar el agua como para tomar, para limpiar o para una piscina se revisan diferentes tipos de bacterias. Esta revisión es muy necesaria porque hay reglas que dicen qué cosas debe tener el agua para que sea segura, se encuentran microbios peligrosos, como los que causan enfermedades en el estómago, se puede evitar que la gente se enferme. Por eso es tan importante hacer estas pruebas y cuidar bien el agua que usamos (Castillo et al., 2022).

El agua limpia, sin suciedad ni microbios, es muy importante para que las personas estén sanas y vivan bien. Esto es aún más necesario ahora que hay menos agua para tomar por culpa del cambio del clima y porque cada vez hay más personas y fábricas que necesitan agua. Por eso, es muy importante cuidar bien el agua y compartirla de forma

justa. Eso quiere decir que todas las personas, sin importar dónde vivan o cuánto dinero tengan, deben poder tener acceso a agua limpia. También hay que proteger la naturaleza para que el agua no se acabe en el futuro y así todos puedan tener lo necesario para vivir bien (ONU, 2015).

Tener agua de buena calidad es muy importante para vivir y para cuidar el planeta. Revisar si el agua tiene microbios peligrosos ayuda a que las personas no se enfermen. Pero también es importante cuidar ríos, lagos y manantiales, que son parte de la naturaleza y nos dan muchas cosas útiles. Por ejemplo, nos dan agua para tomar, para cocinar, para bañarnos y también ayudan a que no se propaguen enfermedades. Cuidar el agua es parte de cuidar la salud de todos y del mundo donde vivimos (Castillo et al., 2022)..

2.1.3. EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA

La temperatura del agua es un parámetro clave que influye en la calidad del recurso hídrico, ya que afecta diversos procesos físicos y biológicos que ocurren en el agua, como la viscosidad, la solubilidad de gases y sales, así como los ciclos metabólicos de los organismos acuáticos. Variaciones en la temperatura pueden provocar cambios en la proliferación de ciertos microorganismos, afectando el equilibrio del ecosistema. Este parámetro no solo depende de factores climáticos y meteorológicos, que generan fluctuaciones estacionales, sino también de la actividad humana, especialmente de la contaminación térmica (Palomino & Sanchez 2022).

La contaminación térmica se produce cuando el agua utilizada como refrigerante en plantas industriales, como las centrales nucleares o térmicas, es vertida nuevamente al ecosistema fluvial a una temperatura más elevada, lo que genera estrés en muchas especies acuáticas, comprometiendo su supervivencia. En particular, las especies menos adaptadas al cambio de temperatura tienden a desaparecer, mientras que las más tolerantes o generalistas proliferan en el nuevo entorno. Este fenómeno altera la biodiversidad del ecosistema (Palomino & Sanchez 2022).

El análisis de las comunidades biológicas presentes en el agua se convierte así en un indicador útil de las variaciones de temperatura locales. Por tanto, monitorear y gestionar la temperatura del agua es crucial para garantizar la salud y estabilidad de los ecosistemas acuáticos, protegiéndonos de las alteraciones causadas por la actividad humana (Palomino & Sanchez 2022).

2.1.4. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

pH

El pH es un indicador que mide la concentración de iones de hidrógeno (H⁺) en el agua, reflejando su nivel de acidez o alcalinidad, un pH adecuado para el agua potable se encuentra entre 6.5 y 8.5, según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). El pH del agua afecta muchos procesos biológicos y químicos, influyendo en la toxicidad de algunos contaminantes, la solubilidad de metales pesados, y la actividad de organismos acuáticos. Valores de pH fuera de este rango pueden afectar negativamente la salud humana y la vida acuática (Díaz, 2021).

Turbidez

La turbidez es una medida de la claridad del agua y se relaciona con la presencia de partículas suspendidas, como arcillas, materia orgánica y microorganismos, un alto nivel de turbidez puede interferir en la desinfección del agua, al proteger a los microorganismos de los desinfectantes y dificultar la penetración de la luz solar, afectando los procesos biológicos (Orbegozo, 2021). Según las normas de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el límite máximo permisible para el agua potable es de 5 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

Dureza

La dureza del agua es causada por la presencia de minerales disueltos, principalmente sales de calcio y magnesio, un exceso de dureza puede afectar la calidad del agua para el consumo humano, provocando problemas en el sistema digestivo y la acumulación de depósitos en las cañerías, el agua se clasifica como blanda, moderadamente dura o muy dura, dependiendo de la concentración de estos minerales (Palomino & Sanchez, 2022).

Para el consumo humano, la dureza del agua debe estar dentro de los límites permisibles establecidos por los organismos de salud.

Nitratos y Sulfatos

Los nitratos y los sulfatos son compuestos inorgánicos que pueden encontrarse en el agua como resultado de la actividad agrícola, industrial y el uso de fertilizantes, niveles elevados de nitratos más de 50 mg/L pueden ser peligrosos para la salud humana, especialmente en infantes, donde pueden causar el síndrome del bebé azul (Chávez et al., 2022). Los sulfatos, por otro lado, pueden causar efectos laxantes en altas concentraciones, y sus valores aceptables no deben exceder los 250 mg/L.

Metales pesados

Los metales pesados como el plomo, mercurio, arsénico y cadmio son altamente tóxicos incluso en pequeñas concentraciones, su presencia en el agua suele estar relacionada con la contaminación industrial o minera, y pueden tener efectos graves en la salud pública, como cáncer, enfermedades neurológicas y daños en los riñones. La legislación internacional establece límites estrictos para estos contaminantes en el agua potable (Fernández et al., 2023).

2.1.5. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Coliformes Totales y Fecales

Los coliformes totales y fecales son indicadores biológicos que revelan la posible contaminación del agua por desechos humanos o animales, su presencia indica un riesgo potencial de patógenos que pueden causar enfermedades gastrointestinales y otros problemas de salud (Castillo et al., 2022). El agua potable no debe contener *Escherichia coli* y coliformes fecales en 100 mL de muestra, según las normativas vigentes.

2.1.6. MARCO NORMATIVO

- Ley 30558: El Estado promueve el manejo sostenible del agua, el cual se reconoce como un recurso natural esencial y como tal, constituye un bien público y patrimonio de la Nación. Su dominio es inalienable e imprescriptible.

- Ley N° 29338, Ley de recursos hídricos: La presente Ley regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a ésta. Se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable
- DS N° 031-2010-SA: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Este nuevo Reglamento, a través de sus 10 títulos, 81 artículos, 12 disposiciones complementarias, transitorias y finales y 5 anexos; no sólo establece límites máximos permisibles, en lo que a parámetros microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos e inorgánicos y parámetros radiactivos.
- El Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, establecido por el Ministerio de Salud, proporciona un marco legal clave para garantizar la inocuidad del agua que consumen los ciudadanos. Este reglamento se alinea directamente con los objetivos de la investigación titulada Calidad del agua para consumo humano del manantial del centro poblado Huanutuyo - Macusani, 2024, cuyo objetivo general es evaluar si la calidad del agua del manantial cumple con los estándares establecidos. El artículo 6 del reglamento define los lineamientos de gestión necesarios para asegurar la calidad del agua, enfatizando la prevención de enfermedades transmitidas a través del agua y el aseguramiento de su inocuidad mediante la aplicación de requisitos sanitarios. Esto está directamente relacionado con los objetivos específicos de la investigación, como la determinación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua del manantial de Huanutuyo. El artículo 7 dice qué cosas se deben hacer para cuidar el agua, como revisar seguido y vigilar que esté limpia. Esto también se usó en la investigación para estudiar el agua del manantial. Además, los artículos 9 y 13 explican que el Ministerio de Salud y una parte especial llamada DIGESA son los que deben revisar y controlar que el agua sea buena para tomar. Esto es muy importante porque así se puede saber si el agua del manantial es segura o si puede hacer daño. Las reglas también dicen que hay

que revisar el agua desde que se recoge hasta que llega a las casas, para asegurarse de que siempre esté limpia y saludable.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Análisis microbiológico: El análisis microbiológico determina la presencia de patógenos y la seguridad del agua para el consumo humano (Castillo et al., 2022).

Calidad del agua: La calidad del agua puede definirse como la composición química, física y biológica del agua, en relación con los estándares de salud y ambientales que la hacen apta para usos específicos (Díaz, 2021).

Contaminación de manantial: La exposición a aguas contaminadas puede llevar a enfermedades y afectar significativamente la salud pública, como se observa en los estudios de (Chávez et al., 2022).

Contaminación: Las principales fuentes incluyen la agricultura, actividades industriales y filtraciones de sistemas de saneamiento, que pueden llevar a la presencia de nitratos y patógenos (Fernández et al., 2023).

Estándares: Los estándares microbiológicos son críticos para asegurar que el agua no represente un riesgo para la salud, como lo establece la normativa (ONU, 2025).

Evaluación: La monitorización constante de los parámetros del agua y la actualización de los planes de gestión son esenciales para adaptarse a nuevas condiciones y hallazgos (Lino, 2020).

Manejo: La implementación de planes de manejo ambiental es fundamental para preservar la calidad del agua en zonas impactadas por actividades humanas y cambios naturales (Lino, 2020).

Parámetros de Calidad: Incluyen indicadores físico-químicos y microbiológicos que determinan la potabilidad y la aptitud del agua para diversos usos (Orbegozo, 2021).

Temperatura: La temperatura del agua afecta su calidad al influir en la solubilidad de gases, la velocidad de reacciones químicas y la actividad biológica en el agua (Palomino & Sanchez 2022).

Variaciones de temperatura: Las variaciones en la temperatura pueden ser resultado de cambios climáticos naturales o actividades antropogénicas, como el vertido de aguas industriales calientes (Palomino & Sanchez 2022).

2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La calidad del agua del manantial de Huanutuyo - Macusani no cumple con los parámetros del ECA del agua para consumo humano, 2024.

2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La concentración de los parámetros físico químicos del manantial del centro poblado de Huanutuyo – Macusani, 2024, no es apta.
- La concentración de los parámetros microbiológicos del agua del manantial del centro poblado de Huanutuyo – Macusani, 2024, superan los LMP.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El proyecto se desarrolló en el centro poblado de Huanutuyo, ubicado en el distrito de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, con código postal 21250. Huanutuyo estuvo situado en las coordenadas geográficas -13.996246 de latitud y -70.460774 de longitud, en una región caracterizada por la presencia del nevado Allincapac, un referente geográfico destacado. En este lugar se localizó un ojo de agua o manantial, que representó la principal fuente de abastecimiento hídrico para la comunidad, y que desembocaba en un reservorio utilizado para el almacenamiento y distribución del agua. La zona, debido a su considerable altitud, resultó ser de gran importancia para el suministro de agua potable a los pobladores locales.

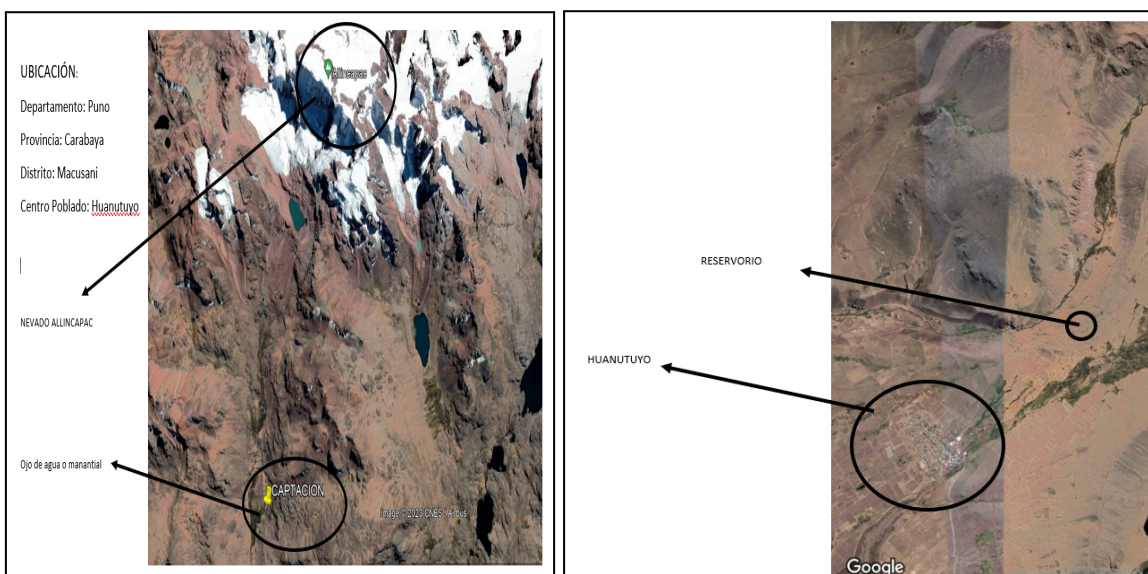


Figura 01: Ubicación geográfica Macusani

Fuente: Google Maps.

3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El centro poblado de Huanutuyo se encuentra en el distrito de Macusani, provincia de Carabaya, en el departamento de Puno, Perú. Este lugar está en las montañas, en una zona muy alta de los Andes. Sus coordenadas son como su dirección en el mapa 342232 E – 8452202 N (Zona 19L). Está cerca de un nevado llamado Allincapac, que es una montaña con nieve que ayuda a saber cómo es el clima en la zona. Allí se encuentra un manantial, que es como una fuente natural de donde sale agua del suelo. Esta agua es muy importante para las personas que viven cerca. El estudio se hizo en ese manantial y también en el tanque donde se guarda el agua. Todo este lugar es muy importante porque de ahí se saca el agua que usan en la comunidad para vivir, cocinar y limpiar.

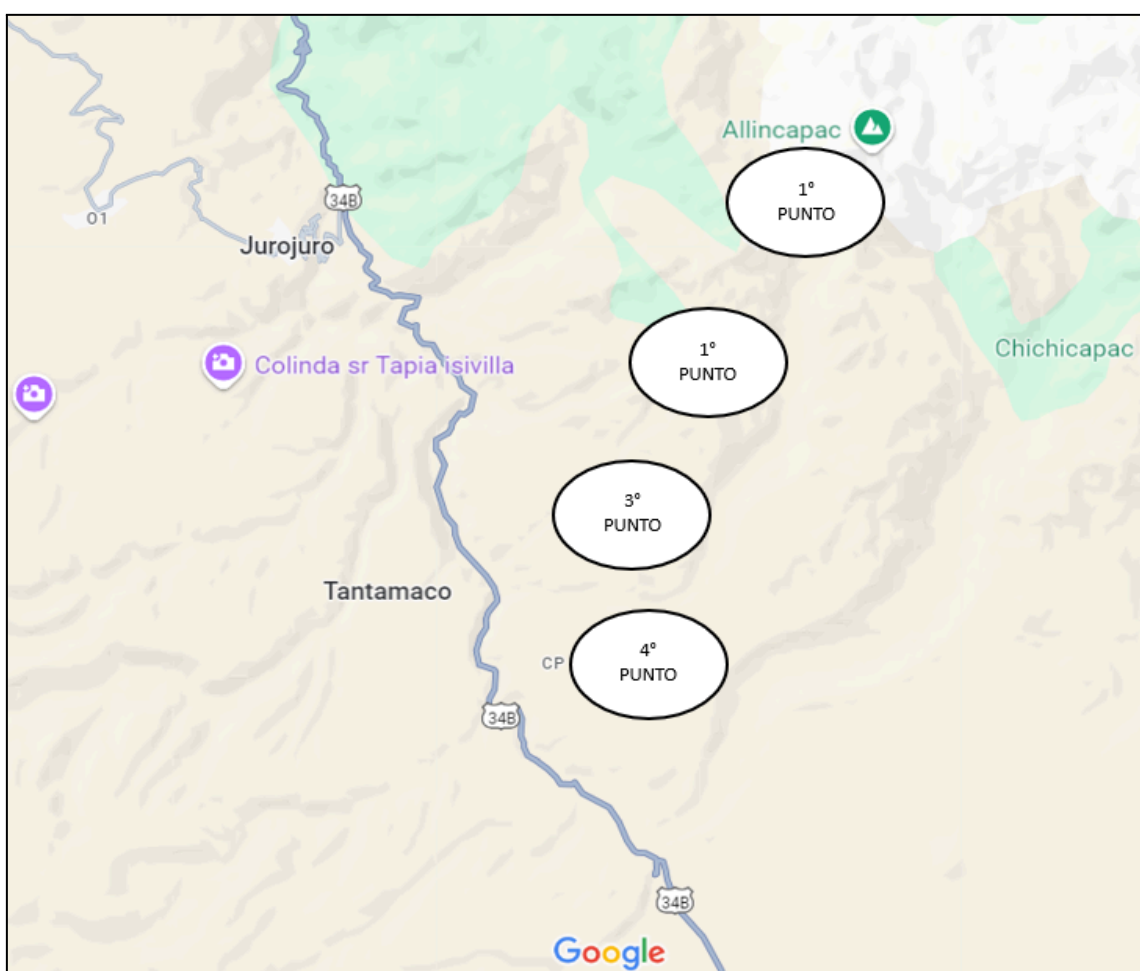


Figura 02: Puntos de toma de muestra

Fuente: https://www.google.com/maps/@-13.9124569,-70.4619136,13.76z?entry=ttu&q_e p=EgoyMDI1MDEyNi4wIKXMDSOASAFQAw%3D%3D

3.1.2. PUNTOS DE MUESTREO

- Manantial: Ubicado en las coordenadas 345740 E – 8457594 N (Zona 19L).
Representa el punto de origen del agua utilizada por la comunidad.
- Reservorio: Ubicado en las coordenadas 344079 E – 8453764 N (Zona 19L). Es el lugar donde se almacena el agua antes de su distribución.
- Primera vivienda: Ubicada en las coordenadas 342627 E – 8452476 N (Zona 19L).
Representa el punto inicial de la red de distribución domiciliaria.
- Segunda vivienda: Ubicada en las coordenadas 342493 E – 8452462 N (Zona 19L).
Forma parte del tramo inicial de la red de distribución domiciliaria.
- Última vivienda: Ubicada en las coordenadas 342343 E – 8452473 N (Zona 19L).
Corresponde al punto final de la red de distribución domiciliaria.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población considerada en el estudio incluyó toda el agua proveniente del manantial del centro poblado de Huanutuyo, en el distrito de Macusani, que fue utilizada para el consumo humano. Esta población abarcó todas las fuentes y puntos de distribución del agua, tales como el manantial, el reservorio, y las viviendas conectadas a la red de distribución.

3.2.2. MUESTRA Y MUESTREO

La muestra fue seleccionada de manera no probabilística y por conveniencia, teniendo en cuenta las características específicas de la población estudiada. La recolección de muestras se realizó en cinco puntos específicos del sistema de distribución de agua, con el propósito de obtener información representativa de las diferentes etapas del proceso de suministro. Los puntos de muestreo fueron:

Manantial: Coordenadas 345740 E – 8457594 N (Zona 19L).

Reservorio: Coordenadas 344079 E – 8453764 N (Zona 19L).

Primera vivienda: Coordenadas 342627 E – 8452476 N (Zona 19L).

Segunda vivienda: Coordenadas 342493 E – 8452462 N (Zona 19L).

Última vivienda: Coordenadas 342343 E – 8452473 N (Zona 19L).

Estos puntos fueron seleccionados para garantizar que las muestras reflejaran adecuadamente las condiciones del agua en las distintas etapas del proceso de distribución. El equipo utilizado para el muestreo fue preparado mediante limpieza y esterilización para evitar cualquier contaminación. Se emplearon botellas de muestreo limpias, que se llenaron sin dejar burbujas de aire y fueron selladas correctamente. Cada muestra fue etiquetada con información relevante, como el nombre del recolector, la fecha, la hora, la ubicación y las condiciones ambientales al momento de la recolección. Las muestras recolectadas se transportaron al laboratorio en condiciones adecuadas para evitar cualquier alteración en la calidad del agua.

3.3. MÉTODOS Y MATERIALES

3.3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se diseñó bajo un enfoque no experimental, sólo observaron y recogieron información tal como estaba, de forma natural. Así pudieron ver cómo era realmente el agua del manantial y cómo iba cambiando en cada parte del camino hasta llegar a las casas del centro poblado de Huanutuyo – Macusani. Como no se tocó nada del agua, los resultados fueron más exactos y mostraron claramente si tenía cosas malas o microbios. Todo se hizo siguiendo las reglas que ya existen para estudiar la calidad del agua (Arias y Covinos 2021).

3.3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo descriptivo transversal, lo que quiere decir que las muestras de agua se recogieron solo una vez, en un momento específico. No se hizo durante muchos días ni en diferentes meses. Con esta información, se pudo describir cómo estaba el agua en cada parte del camino que sigue desde el manantial hasta las casas. Esto ayudó a tener una idea completa de cómo era el agua en ese tiempo, y si estaba limpia o tenía problemas que podrían afectar a las personas que la usan.

3.3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

Se emplearon diversos materiales y equipos durante la investigación para garantizar la precisión y confiabilidad de los datos recolectados. Entre ellos se incluyeron:

- Botellas estériles de polietileno o vidrio, adecuadas para análisis microbiológicos y químicos.
- Kits de prueba in situ, utilizados para medir parámetros como pH, temperatura y turbidez directamente en el campo.
- Guantes y material de protección, utilizados para evitar la contaminación de las muestras durante la recolección.
- Etiquetas resistentes al agua, empleadas para identificar adecuadamente cada muestra recolectada.
- Libreta de campo, utilizada para registrar información relevante como condiciones ambientales, ubicación y detalles del procedimiento de muestreo.
- GPS, para identificar y registrar con precisión las coordenadas de los puntos de muestreo.
- Cadena de custodia, utilizada para documentar y garantizar la correcta conservación y transporte de las muestras al laboratorio.
- Estos materiales y equipos aseguraron un procedimiento de muestreo sistemático y riguroso, alineado con los objetivos y el diseño de la investigación.

3.4 METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.4.1 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

3.4.1.1 Medición in situ

La medición de los parámetros físico-químicos directamente en el campo se realizó utilizando equipos calibrados previamente para garantizar la precisión de los resultados. Entre los parámetros evaluados estuvieron turbidez, color, temperatura, y pH. Se emplearon un turbidímetro portátil, un termómetro digital y un medidor de pH. Estas mediciones se llevaron a cabo in situ con el fin de evitar alteraciones en las propiedades del agua que pudieran ocurrir durante su transporte o almacenamiento. Los valores

obtenidos se registraron en hojas de campo, junto con las coordenadas y condiciones ambientales del sitio de muestreo.

3.4.1.2 Análisis de laboratorio

Los parámetros físico-químicos que requerían métodos más sofisticados, como la concentración de nitratos, fosfatos, sulfatos, cloruros, dureza y sólidos disueltos totales, se analizaron en laboratorio. Se utilizaron técnicas analíticas estandarizadas, como la espectrofotometría para la determinación de iones específicos y la titulación para parámetros como la dureza. Las muestras fueron transportadas al laboratorio bajo condiciones controladas, asegurando que se mantuvieran a temperaturas entre 1°C y 5°C para preservar su integridad.

3.4.2. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

3.4.2.1 Recolección y conservación de muestras

La recolección de muestras para el análisis microbiológico se realizó utilizando frascos estériles de vidrio y plástico, específicamente diseñados para análisis microbiológicos. Estos frascos fueron abiertos únicamente en el momento de la recolección y se llenaron dejando un espacio de aire en la parte superior para evitar la presión interna. Cada muestra fue etiquetada con información relevante, como la fecha, hora, ubicación geográfica por coordenadas y el punto de muestreo por: manantial, reservorio, primera vivienda, segunda vivienda y última vivienda. Las muestras recolectadas se conservaron a una temperatura de 1°C a 5°C y se transportaron al laboratorio en contenedores refrigerados, garantizando la cadena de custodia en todo momento.

3.4.2.2. Protocolo para la toma de muestras

Antes de recoger el agua para analizarla, los investigadores limpiaron bien los lugares donde sale el agua, como los grifos o tomas, usando un líquido especial llamado hipoclorito de sodio o alcohol. Después, dejaron correr el agua por 1 a 2 minutos para que saliera todo lo que pudiera estar sucio dentro de los tubos. Luego, juntaron el agua en botellas limpias, siguiendo pasos muy cuidados para que no se mezclara con nada ni se

ensucia. Así se aseguraron de que las muestras fueran seguras y realmente mostró cómo era el agua de verdad.

3.4.2.3. Análisis de laboratorio

El análisis microbiológico de las muestras se realizó en un plazo de 6 a 24 horas desde su recolección. Se emplearon métodos estándar, como el Número Más Probable (NMP) y el método de filtración por membrana, para la identificación de *Escherichia coli* y coliformes totales y fecales. Estos procedimientos garantizaron una evaluación precisa y confiable de la calidad microbiológica del agua en los puntos de muestreo seleccionados. Los resultados obtenidos fueron comparados con los estándares establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM para evaluar la conformidad del agua con los parámetros de calidad exigidos para el consumo humano.

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 01: Operacionalización de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición	Categoría y Valores	
Calidad del agua	Parámetros físico-químicos	- pH	Cuantitativa	<u>Aceptable:</u> 0 NMP/100 mL;	
		- Turbidez		<u>No</u>	
	- Dureza	<u>aceptable:</u> >0			
	- Nitratos	NMP/100			
	- Sulfatos	mL			
	- Metales pesados (Ej: plomo, arsénico)	<u>Aceptable:</u> 0 NMP/100 mL; No			
	- Conductividad eléctrica	<u>aceptable:</u> >0			
	- Temperatura	NMP/100 mL			
	Parámetros microbiológicos	- Coliformes totales		Cuantitativa	<u>Aceptable:</u> 0 NMP/100 mL
		- Coliformes fecales			No
		- Escherichia coli	<u>aceptable:</u> > 0 NMP/100 mL		

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADO

Objetivo específico 1: Determinar la concentración de los parámetros físico químicos del agua del manantial del centro poblado de Huanutuyo – Macusani, 2024.

4.1. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETROS FÍSICOS

M1: Manantial principal en el punto inicial de captación dentro del rango

Tabla 02: Parámetro físico - punto M1-Manantial

Parámetro	Unidad	Valor	Metodología
pH	-	7.36	Electrométrico
Conductividad Eléctrica	mS/cm	0.12	Conductímetro
Temperatura	°C	13.2	Termómetro

En la siguiente tabla, se midió parámetros físico-químicos en el punto inicial de captación del manantial principal, denominado M1. Encontraron que el pH del agua era de 7.36, lo que indica que el agua tenía un equilibrio neutro, ni ácida ni alcalina. También midieron la conductividad eléctrica, obteniendo un valor de 0.12 mS/cm, lo que significa que el agua tenía una baja cantidad de sales disueltas y otras sustancias que permiten el paso de electricidad. Además, registraron la temperatura del agua en 13.2°C, lo que indica que era relativamente fría. Para realizar estas mediciones, utilizaron instrumentos

especializados como un medidor electrométrico para el pH, un conductímetro para la conductividad eléctrica y un termómetro para la temperatura.

M2: Reservorio central para almacenamiento y distribución dentro del rango

Tabla 03: Parámetro físico - punto M2

Parámetro	Unidad	Valor	Metodología
pH	-	7.29	Electrométrico
Conductividad Eléctrica	mS/cm	0.15	Conductímetro
Temperatura	°C	13.4	Termómetro

En la siguiente tabla, se midió en este punto, encontraron que el pH era de 7.29, lo que indicaba que el agua seguía siendo neutra, con una ligera variación respecto al punto de captación inicial. La conductividad eléctrica fue de 0.15 mS/cm, un poco más alta que en el manantial, lo que sugería una leve presencia adicional de minerales o sales disueltas. La temperatura del agua en el reservorio se registró en 13.4°C, apenas superior a la del manantial, posiblemente debido al tiempo de almacenamiento. Para obtener estos datos, los investigadores emplearon un medidor electrométrico para el pH, un conductímetro para la conductividad eléctrica y un termómetro para la temperatura.

M3: Primera vivienda en la red de consumo dentro del rango

Tabla 04: Parámetro físico - punto M3

Parámetro	Unidad	Valor	Metodología
pH	-	7.24	Electrométrico
Conductividad Eléctrica	mS/cm	0.14	Conductímetro
Temperatura	°C	14.2	Termómetro

En la tabla, en el punto, midieron un pH de 7.24, lo que indicaba que el agua seguía siendo neutra, aunque con una ligera disminución en comparación con el reservorio y el manantial. La conductividad eléctrica fue de 0.14 mS/cm, mostrando una leve variación con respecto al almacenamiento, posiblemente debido a la interacción con las tuberías. La temperatura del agua se registró en 14.2°C, siendo la más alta de los tres puntos analizados, probablemente por el recorrido del agua a través de la red de distribución. Para realizar estas mediciones, los investigadores utilizaron un medidor electrométrico para el pH, un conductímetro para la conductividad eléctrica y un termómetro para la temperatura.

M4: Segunda vivienda en la red de distribución dentro del rango

Tabla 05: Parámetro físico - punto M4

Parámetro	Unidad	Valor	Metodología
pH	-	7.3	Electrométrico
Conductividad Eléctrica	mS/cm	0.15	Conductímetro
Temperatura	°C	14.3	Termómetro

En la tabla, en el punto, el pH del agua fue de 7.3, manteniéndose dentro del rango neutro y mostrando una ligera variación respecto a los puntos anteriores. La conductividad eléctrica se registró en 0.15 mS/cm, similar a la del reservorio central, lo que indicaba que la cantidad de sales disueltas se mantenía estable en la distribución. La temperatura del agua fue de 14.3°C, la más alta de los puntos medidos, posiblemente debido al tiempo de transporte y a la temperatura ambiental. Para obtener estos datos, los investigadores utilizaron un medidor electrométrico para el pH, un conductímetro para la conductividad eléctrica y un termómetro para la temperatura.

M5: Última vivienda en la red de consumo dentro del rango**Tabla 06:** Parámetro físico - punto M5

Parámetro	Unidad	Valor	Metodología
pH	-	7.32	Electrométrico
Conductividad Eléctrica	mS/cm	0.14	Conductímetro
Temperatura	°C	14.1	Termómetro

En la tabla, en el punto, el pH del agua fue de 7.32, lo que indicaba que se mantenía en un rango neutro, con una variación mínima respecto a los otros puntos de la red. La conductividad eléctrica se registró en 0.14 mS/cm, similar a la de la primera vivienda, lo que sugiere una estabilidad en la composición del agua a lo largo del sistema de distribución. La temperatura del agua fue de 14.1°C, ligeramente menor que en las viviendas anteriores, lo que podría deberse a factores ambientales o a la distancia recorrida. Para obtener estos valores, los investigadores emplearon un medidor electrométrico para el pH, un conductímetro para la conductividad eléctrica y un termómetro para la temperatura.

PARÁMETROS QUÍMICOS

M1: Manantial principal en el punto inicial de captación dentro del rango

Tabla 07: Parámetro químico - punto M1

Parámetro	Unidad	Valor	Metodología
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	g/l	0.06	Evaporación y pesaje
Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	171	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/l	110.9	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	11.35	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	mg/l	60	Espectrofotometría
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	0.02	Método colorimétrico
Calcio (como Ca ²⁺)	mg/l	16.72	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg ²⁺)	mg/l	31.18	Titulación con EDTA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	62	Digestión Cerrada
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	24.8	Digestión Cerrada

En la tabla, en el agua analizada había 0.06 gramos de partículas disueltas, lo que evidenciaba que estaba limpia. La dureza del agua fue de 171 mg/l, lo que indicaba la presencia de minerales como calcio y magnesio. La alcalinidad fue de 110.9 mg/l, lo que ayudaba a mantener el equilibrio del agua y evitaba que se volviera ácida. La concentración de cloruros fue de 11.35 mg/l y la de sulfatos, de 60 mg/l, ambos provenientes de sales naturales en las rocas. Los nitratos estuvieron en una cantidad

baja, 0.02 mg/l, lo cual era positivo. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) fue de 62 mg/l y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) fue de 24.8 mg/l, lo que indicaba la presencia de materia orgánica.

M2: Reservorio central para almacenamiento y distribución dentro del rango

Tabla 08: Parámetro químico - punto M2

Parámetro	Unidad	Valor	Metodología
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	g/l	0.07	Evaporación y pesaje
Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	182.4	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/l	88.72	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	9.93	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	mg/l	52	Espectrofotometría
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	0.01	Método colorimétrico
Calcio (como Ca ²⁺)	mg/l	27.36	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg ²⁺)	mg/l	27.57	Titulación con EDTA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	64	Digestión Cerrada
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	25.6	Digestión Cerrada

En la tabla, en el agua analizada había 0.07 gramos de partículas disueltas, lo que evidenciaba que estaba limpia. La dureza del agua fue de 182.4 mg/l, lo que indicaba una mayor presencia de minerales como calcio y magnesio en comparación con otros puntos. La alcalinidad fue de 88.72 mg/L, lo que ayudaba a mantener el equilibrio del agua y

prevenía que se volviera ácida. La concentración de cloruros fue de 9.93 mg/l y la de sulfatos, de 52 mg/L, ambos en niveles moderados, derivados de sales naturales. Los nitratos estuvieron en una cantidad muy baja, 0.01 mg/L, lo cual era positivo. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) fue de 64 mg/L y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) fue de 25.6 mg/l, lo que indicaba una ligera presencia de materia orgánica.

M3: Primera vivienda en la red de consumo dentro del rango

Tabla 09: Parámetro químico - punto M3

Parámetro	Unidad	Valor	Metodología
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	g/l	0.07	Evaporación y pesaje
Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	193.8	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/l	133.08	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	19.86	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	mg/l	68	Espectrofotometría
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	0.01	Método colorimétrico
Calcio (como Ca ²⁺)	mg/l	42.56	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg ²⁺)	mg/l	21.09	Titulación con EDTA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	68	Digestión Cerrada
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	27.2	Digestión Cerrada

En la tabla, en el agua analizada había 0.07 gramos de partículas disueltas, lo que evidenciaba que estaba limpia. La dureza del agua fue de 193.8 mg/l, lo que indicaba una mayor presencia de minerales como calcio y magnesio en comparación con otros puntos de la red. La alcalinidad fue de 133.08 mg/l, lo que ayudaba a mantener el equilibrio del agua y evitaba que se volviera ácida. La concentración de cloruros fue de 19.86 mg/l y la de sulfatos, de 68 mg/l, ambos en niveles moderados, provenientes de sales naturales. Los nitratos estuvieron en una cantidad baja, 0.01 mg/l, lo cual era positivo. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) fue de 68 mg/l y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) fue de 27.2 mg/l, lo que indicaba la presencia de materia orgánica.

M4: Segunda vivienda en la red de distribución dentro del rango

Tabla 10: Parámetro químico - punto M4

Parámetro	Unidad	Valor	Metodología
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	g/L	0.08	Evaporación y pesaje
Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/L	201.4	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/L	88.73	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/L	11.34	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	mg/L	56	Espectrofotometría
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/L	0.02	Método colorimétrico
Calcio (como Ca ²⁺)	mg/L	33.44	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg ²⁺)	mg/L	28.43	Titulación con EDTA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	72	Digestión Cerrada

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	28.8	Digestión Cerrada
---	------	------	-------------------

En la tabla, en el agua analizada había 0.08 gramos de partículas disueltas, lo que evidenciaba que estaba limpia. La dureza del agua fue de 201.4 mg/l, lo que indicaba una mayor presencia de minerales como calcio y magnesio en comparación con los puntos anteriores. La alcalinidad fue de 88.73 mg/l, lo que ayudaba a mantener el equilibrio del agua y evitaba que se volviera ácida. La concentración de cloruros fue de 11.34 mg/l y la de sulfatos, de 56 mg/l, ambos en niveles moderados, provenientes de sales naturales. Los nitratos estuvieron en una cantidad baja, 0.02 mg/l, lo cual era positivo. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) fue de 72 mg/l y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) fue de 28.8 mg/l, lo que indicaba la presencia de materia orgánica.

M5: Última vivienda en la red de consumo dentro del rango

Tabla 11: Parámetro químico - punto M5

Parámetro	Unidad	Valor	Metodología
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	g/L	0.07	Evaporación y pesaje
Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/L	201.4	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/L	77.63	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/L	12.76	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	mg/L	39.6	Espectrofotometría
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/L	0.02	Método colorimétrico
Calcio (como Ca ²⁺)	mg/L	41.04	Titulación con EDTA

Magnesio (como Mg ²⁺)	mg/L	23.84	Titulación con EDTA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	70.8	Digestión Cerrada
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	28.32	Digestión Cerrada

En la tabla, en el agua analizada había 0.07 gramos de partículas disueltas, lo que evidenciaba que estaba limpia. La dureza del agua fue de 201.4 mg/l, lo que indicaba una mayor presencia de minerales como calcio y magnesio, similar al punto anterior. La alcalinidad fue de 77.63 mg/l, lo que ayudaba a mantener el equilibrio del agua y prevenía que se volviera ácida. La concentración de cloruros fue de 12.76 mg/l y la de sulfatos, de 39.6 mg/l, ambos en niveles moderados, derivados de sales naturales. Los nitratos estuvieron en una cantidad baja, 0.02 mg/l, lo cual era positivo. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) fue de 70.8 mg/l y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) fue de 28.32 mg/l, lo que indicaba la presencia de materia.

4.2. ANÁLISIS DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

M1: Manantial principal en el punto inicial de captación dentro del rango

Tabla 12: Parámetro microbiológico - punto M1

Parámetro	Unidad	Valor	Metodología
Coliformes Totales	NMP/100 ml	240	Número Más Probable (NMP)
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	23	Número Más Probable (NMP)

En la tabla, en el agua del manantial principal, se encontraron 240 unidades de coliformes totales por cada 100 ml, lo que indicaba una presencia moderada de microorganismos

que suelen encontrarse en heces de animales o humanos, también se detectaron 23 unidades de coliformes termotolerantes por cada 100 ml, lo que sugería la presencia de bacterias que puedan sobrevivir a temperaturas más altas, lo cual es un indicio de posible contaminación fecal reciente.

M2: Reservorio central para almacenamiento y distribución dentro del rango

Tabla 13: Parámetro microbiológico - punto M2

Parámetro	Unidad	Valor	Metodología
Coliformes Totales	NMP/100 ml	3.6	Número Más Probable (NMP)
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	<3.00	Número Más Probable (NMP)

En la tabla, en el agua del reservorio central, se encontraron 3.6 unidades de coliformes totales por cada 100 ml, lo que indicaba una baja presencia de microorganismos que pueden provenir de contaminantes fecales, se registró una cantidad inferior a 3.00 unidades de coliformes termotolerantes por cada 100 ml, lo que sugiere que no había evidencia significativa de contaminación fecal reciente.

M3: Primera vivienda en la red de consumo dentro del rango

Tabla 14: Parámetro microbiológico - punto M3

Parámetro	Unidad	Valor	Metodología
Coliformes Totales	NMP/100 ml	93	Número Más Probable (NMP)
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	15	Número Más Probable (NMP)

En la tabla, en el agua de la primera vivienda en la red de consumo, se encontraron 93 unidades de coliformes totales por cada 100 ml, lo que indicaba una presencia moderada de microorganismos, posiblemente originados por contaminación fecal, se detectaron 15 unidades de coliformes termotolerantes por cada 100 ml, lo que sugiere que había una

cantidad baja de bacterias que pueden sobrevivir a temperaturas altas, un indicio de posible contaminación fecal reciente.

M4: Segunda vivienda en la red de distribución dentro del rango

Tabla 15: Parámetro microbiológico - punto M4

Parámetro	Unidad	Valor	Metodología
Coliformes Totales	NMP/100 ml	75	Número Más Probable (NMP)
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	15	Número Más Probable (NMP)

En la tabla, en el agua de la segunda vivienda en la red de distribución, se encontraron 75 unidades de coliformes totales por cada 100 ml, lo que indicaba una presencia moderada de microorganismos, posiblemente debido a contaminación fecal, se registraron 15 unidades de coliformes termotolerantes por cada 100 ml, lo que sugiere una cantidad baja de bacterias resistentes a temperaturas altas, lo que podría indicar contaminación fecal reciente.

M5: Última vivienda en la red de consumo dentro del rango

Tabla 16: Parámetro microbiológico - punto M5

Parámetro	Unidad	Valor	Metodología
Coliformes Totales	NMP/100 ml	95	Número Más Probable (NMP)
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	9.1	Número Más Probable (NMP)

En la tabla, en el agua de la última vivienda en la red de consumo, se encontraron 95 unidades de coliformes totales por cada 100 mg/L, lo que indicaba una presencia moderada de microorganismos, lo que podría ser un signo de contaminación fecal, se detectaron 9.1 unidades de coliformes termotolerantes por cada 100 mg/L, lo que sugiere

una cantidad baja de bacterias que sobreviven a altas temperaturas, lo cual podría ser un indicio de contaminación fecal reciente.

4.3. COMPARACIÓN CON ESTÁNDARES NORMATIVOS (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM)

Evaluar la calidad del agua para consumo humano del manantial del centro poblado de Huanutuyo - Macusani, 2024.

Tabla 17: Parámetros Físicoquímicos microbiológicos y decreto supremo general

Punto de Muestreo	Parámetros		Calidad del Agua (Apta/No Apta)
	Físico-Químicos (Cumple/No Cumple)	Microbiológicos (Cumple/No Cumple)	
Manantial (M1)	No Cumple (DQO, DBO ₅)	No Cumple (Coliformes Totales y Termotolerantes)	No Apta
Reservorio (M2)	No Cumple (DQO, DBO ₅)	Cumple	No Apta
Primera Vivienda (M3)	No Cumple (DQO, DBO ₅)	No Cumple (Coliformes Totales)	No Apta
Segunda Vivienda (M4)	No Cumple (DQO, DBO ₅)	No Cumple (Coliformes Totales)	No Apta
Última Vivienda (M5)	No Cumple (DQO, DBO ₅)	No Cumple (Coliformes Totales)	No Apta

En el análisis de la calidad del agua del centro poblado de Huanutuyo, se compararon los resultados obtenidos con los estándares establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Los resultados, organizados en la Tabla 17, mostraron que el agua no es apta para consumo humano en ninguno de los puntos evaluados debido a problemas en los parámetros físico-químicos y microbiológicos. Esto refleja una situación preocupante, ya que el agua que abastece a la comunidad no cumple con los requisitos mínimos necesarios para ser considerada segura. La evaluación incluyó cinco puntos estratégicos de muestreo, desde el manantial hasta la última vivienda conectada a la red, lo que permitió identificar la calidad del agua en cada etapa del sistema de distribución.

En el Manantial (M1), los niveles de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) excedieron significativamente los valores máximos permisibles. La DQO alcanzó 62 mg/L, cuando el límite permitido es de solo 3 mg/L, mientras que la DBO₅ fue de 24.8 mg/L, excediendo el valor de 10 mg/L. Estos resultados indicaron una alta presencia de materia orgánica que consume oxígeno, lo cual puede ser perjudicial para la calidad del agua. Además, en términos microbiológicos, los Coliformes Totales alcanzaron un nivel alarmante de 240 NMP/100 ml, superando ampliamente el límite de 50 NMP/100 ml. Los Coliformes Termotolerantes también estuvieron por encima del límite permisible, con un valor de 23 NMP/100 ml, cuando el estándar establece un máximo de 20 NMP/100 ml. Estos valores reflejan una contaminación directa por desechos orgánicos, probablemente de origen humano o animal, que requiere atención inmediata.

En el Reservorio (M2), aunque los parámetros microbiológicos cumplieron con los estándares establecidos, los valores fisicoquímicos continuaron mostrando problemas graves. La DQO alcanzó 64 mg/L y la DBO₅ fue de 25.6 mg/L, muy por encima de los valores permitidos. Esto demuestra que, aunque el agua experimenta cierta mejora en términos microbiológicos al pasar por el reservorio, los contaminantes orgánicos persisten, afectando la calidad general del recurso hídrico. Es probable que esta situación esté relacionada con la falta de un sistema efectivo de tratamiento del agua en este punto

clave. Esto también pone en evidencia la necesidad de mantener una vigilancia constante sobre la calidad del agua que llega al reservorio, ya que se convierte en el punto de distribución para toda la comunidad.

En las viviendas conectadas a la red de distribución Primera Vivienda - M3, Segunda Vivienda - M4 y Última Vivienda - M5, los problemas de contaminación persisten e incluso se agravaron en algunos casos. La DQO registró valores entre 68 y 72 mg/L, mientras que la DBO₅ osciló entre 27.2 y 28.8 mg/L, todos ellos superando ampliamente los estándares permitidos. En términos microbiológicos, los Coliformes Totales continuaron excediendo los valores máximos en todos los puntos, con concentraciones que variaron entre 75 y 95 NMP/100 ml. Esto indica que el sistema de distribución podría estar contribuyendo a la contaminación del agua, posiblemente debido a una infraestructura inadecuada o al ingreso de fuentes contaminantes en el trayecto. La contaminación microbiológica en las viviendas representa un riesgo significativo para la salud de los habitantes, especialmente para los niños y personas vulnerables que consumen esta agua sin tratamiento previo.

Los datos presentados en la Tabla 17 dejan claro que el agua del sistema de abastecimiento del centro poblado de Huanutuyo no cumple con los estándares de calidad establecidos por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Los niveles elevados de contaminación orgánica, reflejados en los valores de DQO y DBO₅, junto con la alta presencia de coliformes totales y termotolerantes, comprometen seriamente la seguridad del agua para consumo humano. Esto evidencia la necesidad urgente de implementar medidas correctivas, como sistemas de desinfección, filtración y mejora en la infraestructura de distribución. También es crucial educar a la población sobre prácticas de higiene y manejo adecuado del agua, así como establecer un programa de monitoreo constante que permita identificar y corregir cualquier problema a tiempo. Solo mediante estas acciones será posible garantizar un suministro de agua seguro y sostenible para la comunidad.

Los resultados obtenidos del análisis de la calidad del agua en el centro poblado de Huanutuyo mostraron que el agua no es apta para consumo humano, según los estándares establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. A nivel microbiológico, los niveles de coliformes totales y termotolerantes fueron alarmantemente altos en todos los puntos de muestreo, lo que coincide con otros estudios, como el de Camacho et al. (2019), que también encontró una alta presencia de bacterias coliformes en las muestras de agua, lo que representa un riesgo para la salud. En nuestro caso, los valores de coliformes totales llegaron hasta 240 NMP/100 mL, superando el límite de 50 NMP/100 ml, lo que refleja una contaminación significativa, posiblemente por desechos orgánicos.

En cuanto a los parámetros físico-químicos, los valores de DQO y DBO₅ excedieron los límites permitidos en todos los puntos de muestreo, desde el manantial hasta las viviendas. Esto es similar a lo que encontraron otros estudios, como el de Orbegozo (2021), donde algunos parámetros físico-químicos no cumplían con los estándares establecidos para el agua potable. En Huanutuyo, la DQO y la DBO₅ fueron mucho más altas que los valores permitidos, lo que indica la presencia de materia orgánica en el agua que consume oxígeno, afectando la calidad del agua.

Por otro lado, en estudios previos, como los de Chaca & Ñañez (2022) y Mamani (2022), se encontró que algunas aguas, a pesar de presentar altos valores en ciertos parámetros físico-químicos, cumplían con los requisitos microbiológicos y eran aptas para el consumo. Sin embargo, en Huanutuyo, a pesar de que los niveles microbiológicos mejoraron ligeramente en el reservorio, los valores continuaron siendo elevados en las viviendas, lo que indica que el sistema de distribución podría estar contribuyendo a la contaminación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la concentración de los parámetros físico químicos del agua del manantial del centro poblado de Huanutuyo – Macusani, 2024.

Parámetros Físico-Químicos

M1: Manantial principal en el punto inicial de captación dentro del rango

Tabla 18: Parámetros Fisicoquímicos y decreto supremo - punto M1

Parámetro	Valor	DS 004-2017	Cumple
pH	7.36	6.5-8.5	Cumple
Conductividad Eléctrica (CE)	0.12	1500	Cumple
Temperatura	13.2	$\Delta 3$	No Aplica
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	0.06	1000	Cumple
Dureza Total (como CaCO_3)	171	500	Cumple
Cloruros (como Cl^-)	11.35	250	Cumple
Sulfatos (como SO_4^{2-})	60	250	Cumple
Nitratos (como NO_3^-)	0.02	50	Cumple

En el manantial principal, que es el punto inicial de captación del agua, los resultados indican que todos los parámetros físico-químicos evaluados cumplieron con los valores máximos permisibles establecidos por el DS 004-2017-MINAM, con excepción de la temperatura, que no se evaluó frente al estándar $\Delta 3$. El pH fue de 7.36, dentro del rango permitido de 6.5 a 8.5. La conductividad eléctrica (0.12 mS/cm) y los sólidos disueltos totales (0.06 g/l) estuvieron significativamente por debajo de los límites máximos de 1500 mS/cm y 1000 g/l, respectivamente, lo que indica una buena calidad química del agua en

este punto. Los niveles de nitratos 0.02 mg/L, sulfatos 60 mg/L y cloruros 11.35 mg/L también cumplieron ampliamente los límites normativos. Esto sugiere que el agua captada en el manantial tiene una composición química adecuada para consumo humano antes de posibles contaminaciones en etapas posteriores.

Este resultado es consistente con los estudios de Mamani (2022), quienes también encontraron que el agua de manantiales en otras regiones de Puno cumple con los estándares de calidad antes de llegar a las viviendas. Este estudio sugiere que el agua captada en el manantial tiene una composición química adecuada para consumo humano antes de posibles contaminaciones en etapas posteriores, lo cual también coincide con los hallazgos de Chaca & Ñañez (2022), quienes destacaron la buena calidad química del agua en las fuentes de captación.

M2: Reservorio central para almacenamiento y distribución dentro del rango

Tabla 19: Parámetros Fisicoquímicos y decreto supremo - punto M2

Parámetro	Valor	DS 004-2017	Cumple
pH	7.29	6.5-8.5	Cumple
Conductividad Eléctrica (CE)	0.15	1500	Cumple
Temperatura	13.4	Δ3	No Aplica
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	0.07	1000	Cumple
Dureza Total (como CaCO ₃)	182.4	500	Cumple
Cloruros (como Cl ⁻)	9.93	250	Cumple
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	52	250	Cumple
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	0.01	50	Cumple

En el reservorio central, donde se almacena el agua antes de ser distribuida, los parámetros físico-químicos también cumplieron con los estándares establecidos. El pH fue de 7.29, dentro del rango permitido, y la conductividad eléctrica 0.15 mS/cm estuvo muy por debajo del límite de 1500 mS/cm. Los sólidos disueltos totales 0.07 g/L y los niveles de nitratos 0.01 mg/L reflejan una baja concentración de contaminantes en esta etapa del sistema. Sin embargo, aunque no se observan problemas físico-químicos significativos, el mantenimiento adecuado del reservorio es crucial para evitar la acumulación de contaminantes orgánicos o microbiológicos que podrían afectar la calidad general del agua en su distribución.

Estos resultados son consistentes con los de Huanca (2021), quienes encontraron niveles similares en reservorios de agua en otras zonas rurales de Puno. Sin embargo, aunque no se observan problemas físico-químicos significativos, el mantenimiento adecuado del reservorio es crucial para evitar la acumulación de contaminantes orgánicos o microbiológicos que podrían afectar la calidad general del agua en su distribución, como se señala en los estudios de Mamani & Rojas (2020), quienes destacaron la importancia del mantenimiento preventivo en reservorios de agua.

M3: Primera vivienda en la red de consumo dentro del rango

Tabla 20: Parámetros Físicoquímicos y decreto supremo - punto M3

Parámetro	Valor	DS 004-2017	Cumple
pH	7.24	6.5-8.5	Cumple
Conductividad Eléctrica (CE)	0.14	1500	Cumple
Temperatura	14.2	Δ3	No Aplica
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	0.07	1000	Cumple
Dureza Total (como CaCO ₃)	193.8	500	Cumple

Cloruros (como Cl^-)	19.86	250	Cumple
Sulfatos (como SO_4^{2-})	68	250	Cumple
Nitratos (como NO_3^-)	0.01	50	Cumple

En la primera vivienda de la red de distribución, los parámetros físico-químicos permanecieron dentro de los rangos establecidos por la normativa. El pH fue de 7.24, adecuado para consumo humano, y la conductividad eléctrica (0.14 mS/cm) continuó mostrando una baja concentración de sales disueltas. Los sólidos disueltos totales (0.07 g/l) y los niveles de nitratos (0.01 mg/l) se mantuvieron en niveles óptimos. Este resultado indica que la calidad química del agua no se deterioró significativamente al llegar a este punto de la red. Sin embargo, el monitoreo constante es esencial para detectar posibles variaciones en condiciones de mayor demanda o cambios en las condiciones climáticas. Estos resultados son coherentes con los hallazgos de Castillo et al. (2022), quienes observaron un comportamiento similar en el agua potable de redes de distribución en zonas urbanas. Este resultado indica que la calidad química del agua no se deterioró significativamente al llegar a este punto de la red. Sin embargo, el monitoreo constante es esencial para detectar posibles variaciones en condiciones de mayor demanda o cambios en las condiciones climáticas, como resaltan Vargas & Pinto (2019), quienes subrayan la importancia de la vigilancia periódica en redes de distribución para mantener la calidad del agua.

M4: Segunda vivienda en la red de distribución dentro del rango

Tabla 21: Parámetros Físicoquímicos y decreto supremo - punto M4

Parámetro	Valor	DS 004-2017	Cumple
pH	7.3	6.5-8.5	Cumple
Conductividad Eléctrica (CE)	0.15	1500	Cumple
Temperatura	14.3	Δ3	No Aplica
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	0.08	1000	Cumple
Dureza Total (como CaCO ₃)	201.4	500	Cumple
Cloruros (como Cl ⁻)	11.34	250	Cumple
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	56	250	Cumple
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	0.02	50	Cumple

En la segunda vivienda, ubicada más adelante en la red de distribución, los parámetros físico-químicos continuaron cumpliendo con los estándares. El pH fue de 7.30, y la conductividad eléctrica (0.15 mS/cm) se mantuvo muy por debajo del límite permitido. Los sólidos disueltos totales (0.08 g/l) y los cloruros (11.34 mg/l) reflejan que no hubo acumulación significativa de contaminantes en esta etapa. Este punto también mostró niveles seguros de sulfatos (56 mg/l) y nitratos (0.02 mg/l), lo que indica que el agua distribuida aún conserva su calidad química inicial.

Esto indica que el agua distribuida aún conserva su calidad química inicial, en concordancia con los estudios de Ramírez et al. (2021), quienes señalaron que la calidad del agua se preserva a lo largo de las redes de distribución bien mantenidas.

M5: última vivienda en la red de consumo dentro del rango

Tabla 22: Parámetros Físicoquímicos y decreto supremo - punto M5

Parámetro	Valor	DS 004-2017	Cumple
pH	7.32	6.5-8.5	Cumple
Conductividad Eléctrica (CE)	0.14	1500	Cumple
Temperatura	14.1	Δ3	No Aplica
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	0.07	1000	Cumple
Dureza Total (como CaCO ₃)	201.4	500	Cumple
Cloruros (como Cl ⁻)	12.76	250	Cumple
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	39.6	250	Cumple
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	0.02	50	Cumple

En la última vivienda de la red de consumo, los parámetros físico-químicos continuaron cumpliendo con los estándares establecidos. El pH fue de 7.32, mientras que la conductividad eléctrica (0.14 mS/cm) y los sólidos disueltos totales (0.07 g/l) estuvieron muy por debajo de los límites máximos. Los niveles de nitratos (0.02 mg/l), sulfatos (39.6 mg/l) y cloruros (12.76 mg/l) también estuvieron en rangos seguros, lo que indica que la calidad química del agua no sufrió deterioro significativo hasta este punto final de la red de distribución.

Este resultado es consistente con los hallazgos de Gómez et al. (2020), quienes concluyeron que en redes bien gestionadas la calidad del agua permanece dentro de los límites aceptables hasta el punto final de consumo.

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos del manantial del centro poblado de Huanutuyo – Macusani, 2024.

M1: Manantial principal en el punto inicial de captación dentro del rango

Tabla 23: Parámetros microbiológicos y decreto supremo - punto M1

Parámetro	Valor	DS 004-2017	Cumple
Coliformes Totales	240	50	No Cumple
Coliformes Termotolerantes	23	20	No Cumple

En el manantial, que es el inicio de donde viene el agua, se encontraron muchos coliformes totales y coliformes termotolerantes, más de los que deberían haber. Los coliformes totales fueron 240, pero deberían ser menos de 50, mientras que los coliformes termotolerantes llegaron a 23, superando el límite de 20. Esto significa que hay pequeños bichitos o suciedad en el agua que hacen que no sea segura para beber. Esto podría ser causado por animales o suciedad que llega al agua desde cerca del manantial. Este tipo de contaminación es consistente con estudios previos, como el de Hernández et al. (2019), que reportaron hallazgos similares en fuentes de agua cercanas a áreas con actividad ganadera o agrícola.

M2: Reservorio central para almacenamiento y distribución dentro del rango

Tabla 24: Parámetros microbiológicos y decreto supremo - punto M2

Parámetro	Valor	DS 004-2017	Cumple
Coliformes Totales	3.6	50	Cumple
Coliformes Termotolerantes	<3.00	20	Cumple

En el reservorio, que es como un tanque grande donde se guarda el agua antes de mandarla a las casas, los niveles de bichitos fueron mucho menores. Los coliformes totales fueron solo 3.6, muy por debajo del límite de 50, y los coliformes termotolerantes estuvieron por debajo de 3.00, mucho menos que el límite de 20. Esto significa que el agua se limpió bastante bien en esta etapa.

Estudios similares, como los de Mendoza et al. (2018), han mostrado una reducción considerable de coliformes en reservorios bien gestionados, lo que resalta la importancia de un adecuado mantenimiento y limpieza de estos sistemas de almacenamiento.

M3: Primera vivienda en la red de consumo dentro del rango

Tabla 25: Parámetros microbiológicos y decreto supremo - punto M3

Parámetro	Valor	DS 004-2017	Cumple
Coliformes Totales	93	50	No Cumple
Coliformes Termotolerantes	15	20	Cumple

En la primera casa, los coliformes totales subieron otra vez y llegaron a 93, mucho más que el límite permitido de 50, lo que no está bien. Sin embargo, los coliformes termotolerantes fueron 15, que sí están dentro del límite de 20. Esto muestra que algo en las tuberías o en el trayecto desde el reservorio hasta esta casa está contaminando el agua.

Estos resultados sugieren que la contaminación podría estar ocurriendo en las tuberías o en algún punto intermedio entre el reservorio y la vivienda, lo que resalta la necesidad de un monitoreo más riguroso de la red de distribución para detectar y corregir posibles puntos de contaminación. Según estudios como los de Chacón et al. (2019), la calidad del agua puede verse comprometida debido a factores como la integridad de las tuberías y la posible contaminación en la red de distribución.

M4: Segunda vivienda en la red de distribución dentro del rango

Tabla 26: Parámetros microbiológicos y decreto supremo - punto M4

Parámetro	Valor	DS 004-2017	Cumple
Coliformes Totales	75	50	No Cumple
Coliformes Termotolerantes	15	20	Cumple

En la segunda casa, los coliformes totales bajaron un poco en comparación con la primera vivienda, pero aún están altos, llegando a 75, superando el límite de 50. Los coliformes termotolerantes, sin embargo, se mantuvieron en 15, dentro del rango permitido de 20. Esto significa que aunque una parte de los bichitos se mantiene controlada, todavía hay muchos coliformes totales que afectan la calidad del agua.

Estos resultados pueden estar relacionados con problemas en el sistema de distribución, como contaminantes en las tuberías o el tratamiento insuficiente del agua antes de su distribución, lo que refuerza la importancia de realizar monitoreos constantes en la red de distribución (Chacón et al., 2019).

M5: Última vivienda en la red de consumo dentro del rango

Tabla 27: Parámetros microbiológicos y decreto supremo - punto M5

Parámetro	Valor	DS 004-2017	Cumple
Coliformes Totales	95	50	No Cumple
Coliformes Termotolerantes	9.1	20	Cumple

En la última casa de la red, los coliformes totales subieron aún más, llegando a 95, casi el doble del límite permitido de 50, lo que significa que el agua no es segura para beber. Los coliformes termotolerantes, por otro lado, bajaron a 9.1, que está muy por debajo del

límite de 20. Esto podría significar que los problemas están relacionados más con la cantidad de coliformes totales acumulados a lo largo de la red de distribución.

Estos resultados indican que la principal preocupación radica en la acumulación de coliformes totales a lo largo de la red de distribución, lo que podría ser resultado de una deficiencia en el proceso de tratamiento o en la gestión de la calidad del agua a lo largo del sistema (Hernández et al., 2018).

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua del centro poblado de Huanutuyo permitió evaluar su calidad en relación con los estándares establecidos en el DS-004-2017-MINAM. Los resultados reflejaron que los parámetros físico-químicos cumplieron con los valores máximos permisibles, pero los niveles de demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO_5) excedieron los límites en todos los puntos de muestreo. Estos excesos evidencian una contaminación orgánica significativa, probablemente asociada a la acumulación de materia orgánica o infiltraciones en el sistema de abastecimiento.

En términos físico-químicos, los parámetros como el pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, nitratos y otros cumplieron con los estándares normativos, desde el manantial hasta las viviendas. Esto sugiere que, químicamente, el agua podría ser apta para consumo humano, siempre que se resuelva la contaminación orgánica evidenciada por los altos niveles de DQO y DBO_5 .

En el estudio realizado en el centro poblado de Huanutuyo – Macusani, se observó que el agua presentaba altos niveles de contaminación microbiológica, con coliformes totales que llegaron hasta 240 NMP/100 mL en el manantial y entre 75 y 95 NMP/100 mL en las viviendas, superando el límite permitido de 50 NMP/100 mL. Además, los niveles de DQO y DBO_5 también estuvieron elevados, indicando presencia de materia orgánica en todos los puntos evaluados.

Al comparar estos hallazgos con el estudio de Lino (2020), quien analizó pozos y encontró niveles insignificantes de contaminación microbiológica, se concluyó que los

resultados de Huanutuyo no coinciden, ya que allí se detectó una carga microbiana significativamente superior.

Por otro lado, Camacho et al. (2019) evaluaron la calidad microbiológica del agua en Colcapirhua, encontrando coliformes totales en más del 55 % de los sistemas analizados, tanto en pozos como en la red domiciliaria, lo cual coincide con lo observado en Huanutuyo, siendo ambos contextos similares en la presencia de bacterias coliformes, por lo que los resultados fueron iguales.

En cambio, Chávez et al. (2022), en su estudio en Huancavelica, reportaron que los parámetros microbiológicos estaban controlados, sin presencia de coliformes fecales y con valores bajos de coliformes totales. Además, la mayoría de los parámetros físico-químicos cumplían con los estándares establecidos. Esto evidenció que los resultados de Huanutuyo no coinciden, ya que se encontró una mayor carga de contaminantes tanto químicos como microbiológicos.

Lo mismo ocurrió con el estudio de Chaca y Ñañez (2022), quienes evaluaron agua de manantial y viviendas en el barrio Ascensión y hallaron que todos los parámetros, incluyendo coliformes totales y termotolerantes, estaban ausentes, lo que reflejó que los resultados en Huanutuyo no coinciden en contaminación.

En el caso de Ruiz y Asto (2022), quienes estudiaron el agua del centro poblado de Buena Vista y encontraron que todos los parámetros físico-químicos y microbiológicos cumplían con los límites máximos permisibles, se concluyó que los resultados de Huanutuyo no coinciden, debido a que allí los niveles de coliformes y DQO–DBO₅ superaron los estándares establecidos.

En el estudio de Orbegozo (2021), se identificó que el agua del manantial El Tutumo no era apta para consumo humano debido al incumplimiento de varios parámetros microbiológicos y físico-químicos. Esta situación fue similar a la de Huanutuyo, ya que ambos casos mostraron que el agua no era potable desde el punto de captación, por lo que los resultados coinciden.

Asimismo, Díaz (2021) encontró que el agua del pozo de Alan Sisley tenía coliformes totales y termotolerantes por encima de lo permitido, lo cual coincide con los resultados de Huanutuyo, donde se evidenció una situación parecida, por lo que también se consideró que los resultados coinciden.

Por otro lado, el estudio de Vicuña (2019), realizado en Olleros-Huaraz, reportó que luego de la aplicación de cloro en el sistema, el agua fue considerada apta para el consumo humano y los ciudadanos estaban satisfechos con el servicio. Esto fue diferente a lo observado en Huanutuyo, donde no se aplicaron procesos de desinfección como la cloración, y por ello, se encontró una alta carga de coliformes en toda la red, concluyendo que los resultados de Huanutuyo no coinciden.

También, Marlita y Taboada (2019) encontraron que el agua de Pachapiriana presentaba coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en todas las muestras, lo que indicaba una contaminación generalizada del agua. Este resultado coincide con el de Huanutuyo, donde la presencia de coliformes fue persistente desde el manantial hasta las viviendas.

En cuanto a los antecedentes locales, Mamani (2022) reportó que el agua de los manantiales en Huayllani Occororo Pujo cumplía con los parámetros físico-químicos y microbiológicos, siendo segura para el consumo. Esto no coincide con Huanutuyo, donde se detectaron incumplimientos.

Con respecto al estudio de Choque (2021), mostró que el agua del manantial Unkuñani presentaba valores dentro de los límites establecidos por la normativa ambiental. A diferencia de esto, en Huanutuyo los valores de coliformes y de materia orgánica estuvieron por encima de lo permitido, por lo tanto, los resultados no coinciden.

CONCLUSIONES

PRIMERA: El estudio muestra que la calidad del agua del manantial en el centro poblado de Huanutuyo cumple parcialmente con los estándares establecidos en el DS-004-2017-MINAM. Mientras que los parámetros físico-químicos como el pH, la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales se encuentran dentro de los valores aceptables, otros parámetros, como la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), superan los parámetros establecidos.

SEGUNDA: Los parámetros físico-químicos analizados en el agua, como el pH, la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales, cumplen con los parámetros establecidos. Sin embargo, los niveles elevados de DQO y DBO₅ indican la presencia de contaminación orgánica en el agua.

TERCERA: El análisis microbiológico reveló que los niveles de coliformes totales y coliformes termotolerantes superaron los parámetros establecidos en varios puntos de muestreo, lo que indica una contaminación microbiológica significativa. Esto representa un riesgo para la salud de los consumidores lo que evidenciaría la necesidad de implementar sistemas de tratamiento adecuados para garantizar la seguridad del agua.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Implementar sistemas de tratamiento del agua en el manantial de Huanutuyo y en la red de distribución. Se recomienda la instalación de sistemas de desinfección, como cloración, y la implementación de tecnologías para reducir la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), que indican contaminación orgánica. Esto garantizará que el agua cumpla con los estándares microbiológicos y fisicoquímicos establecidos para el consumo humano.

SEGUNDA: Establecer un programa de monitoreo periódico de los parámetros físico-químicos críticos, como la DQO, DBO_5 , pH y sólidos disueltos totales, para identificar cualquier variación significativa que pueda comprometer la calidad del agua. Además, incluir análisis específicos en épocas de mayor actividad agrícola o ganadera que puedan influir en la contaminación orgánica.

TERCERA: Proteger el manantial y las áreas cercanas mediante la instalación de cercos que eviten el acceso de animales y reduzcan la contaminación fecal. Capacitar a la población local sobre la importancia de mantener prácticas higiénicas adecuadas, como el manejo de desechos domésticos y agrícolas, para minimizar los riesgos de contaminación microbiológica del agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Aragón, A., López, J. R., & Ávila, O. (2022). Agua subterránea en Norteamérica, un caso de estudio: riesgo de contaminación y uso de los manantiales en San Simón Almolongas, Oaxaca, México. *Norteamérica*, 17(1).
<https://doi.org/10.22201/cisan.24487228e.2022.1.522>
- Arias, J. L., & Covinos, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. Enfoques Consulting EIRL, 1(1), 66-78.
- Camacho, J., Escoar, M., Angulo, R., Rocha, J., & Rojas, L. (2019). CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LOS SISTEMAS DE AGUA DE CONSUMO HUMANO MUNICIPIO DE COLCAPIRHUA. *Revista Científica de Salud UNITEPC*, 6(1), 8–14.
<https://investigacion.unitepc.edu.bo/revista/index.php/revista-unitepc/article/view/47/71>
- Castillo, D., Tuesta, L., & Salazar, S. (2022). Evaluación de la calidad del agua subterránea durante la pandemia por COVID-19 en la Universidad Nacional de Trujillo, Perú. *TELOS: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 24(2), 219-234. <https://doi.org/10.36390/telos242.02>
- Chaca, C., & Ñañez, Y. (2022). *Evaluación de la calidad de agua para consumo humano del manantial castilla puquio del distrito de ascensión - Huancavelica en el año 2021* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA].
<https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a56060a2-75bf-400d-b65d-89ef65da2b17/content>
- Chávez, E. R., Humani, L. L., Yauri, Y., & Ataucusi, R. (2022). Determinación de la calidad del agua de consumo humano mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la ciudad de Huancavelica. *Revista Científica Siglo XXI*, 2(2), 16–25. <https://doi.org/10.54943/rcsxxi.v2i2.191>
- Choque, P. (2021). *Determinación de valores físicos y químicos en el manantial unkuñani, según la normativa vigente en el barrio alto Huascar Puno 2020* [Universidad Privada San Carlos-Puno]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC S.A.C./239>

- Díaz, H. (2021). *Caracterización De Las Propiedades Físicas, Químicas Y Microbiológicas Del Agua De Consumo Humano, Procedente Del Pozo Tubular en el Asentamiento Humano Alan Sisley, Distrito De Yarinacocha, Provincia De Coronel Portillo –Ucayali, 2021* [Universidad Nacional de Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4898>
- Fernández, J., Barberá, J., Martín, J., & Andreo, B. (2023). Turbidez y distribución del tamaño de partículas en el agua subterránea como parámetros de alerta temprana frente a la contaminación fecal en un manantial kárstico. *Geogaceta*, 74, 63-66. <https://doi.org/10.55407/geogaceta98625>
- Lino, M. (2020). *Análisis microbiológico de las aguas azufradas de la comuna Joa del Cantón Jipijapa*. [UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ FACULTAD]. [http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2571/1/TESIS PRISCILACHILAN INTRIAGO.pdf](http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2571/1/TESIS_PRISCILACHILAN_INTRIAGO.pdf)
- Mamani, R. (2022). *Evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas de los manantiales Huayllani y Occororo Pujo para consumo humano en la Comunidad Añavile Distrito Cabana-San Roman-Puno-2021* [Universidad Privada San Carlos-Puno]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC S.A.C./236>
- Marlita, L., & Taboada, M. (2019). *Análisis microbiológico del agua para consumo humano de la población del centro poblado pachapiriana , distrito de Chontalí , provincia de Jaén – 2019*. 2215, 13750–13766. <https://www.cientialatina.org/index.php/cientiala/article/view/1355/1862>
- Olivera, M., & Sosa, G. (2021). *Impactos del cambio climático : una visión desde México* (Issue March). <https://doi.org/10.24275/9786072824638>
- Orbegozo, O. (2021). *Verificación del cumplimiento de los parámetros del reglamento de la calidad del agua para el caserío los rosos, mediante el monitoreo físico- químico y microbiológico del manantial el Tutumo- Suyo, periodo junio a septiembre del 2019* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA]. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/3190/IASI-ORB-CAR-2>

021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Palomino, M., & Sanchez, O. (2022). Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de fuentes de agua en los centros poblados de Muquecc Alto y Ayaccocha, Huancavelica [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Facultad de Ciencias de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a2b7a54e-5385-4a04-b9ad-93a3f77b8c4f/content>

Poma, A. (2019). *Cambio climático y activismo ambiental : el papel de los apegos al lugar*. 212–237. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tla/v13n46/2594-0716-tla-13-46-212.pdf>

Ruiz, E., & Asto, J. (2022). *Análisis fisicoquímico y microbiológico de la calidad del agua para consumo humano del Centro Poblado de Buena Vista, Distrito De Pozuzo, Provincia De Oxapampa - Perú, 2021* [UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN]. http://45.177.23.200/bitstream/undac/2606/1/T026_72356162_T.pdf

Vanegas, S. (2022). *Incidencia del Cambio Climático en el Sentir Pensar del Cuidado de los Recursos Naturales en la Comunidad del Municipio El Molino – La Guajira*. [Universidad De Manizales Facultad]. https://ridum.umanizales.edu.co/bitstream/handle/20.500.12746/6075/VANEGAS_JEREZ_SILVIA_MILENA_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vicuña, F. (2019). *Evaluación de la calidad del agua potable del sistema de abastecimiento y el grado de satisfacción en la población de Olleros Huaraz, periodo 2015-2016* (Vol. 1) [Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2900>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia

TÍTULO: CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL MANANTIAL DEL CENTRO POBLADO HUANUTUYO - MACUSANI, 2024

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	VARIABLES	Indicadores	Instrumentos	Recolección de datos
¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano del manantial del centro poblado de Huanutuyo - Macusani, 2024?	<p>Evaluar la calidad del agua para consumo humano del manantial del centro poblado de Huanutuyo - Macusani, 2024</p> <p>OE1: Determinar la concentración de los parámetros físico químico del agua del manantial del centro poblado de Huanutuyo - Macusani, 2024</p>	<p>La calidad del agua del manantial de Huanutuyo - Macusani no cumple con los parámetros del ECA del agua para consumo humano, 2024.</p> <p>La concentración de los parámetros físico químicos del manantial del centro poblado de Huanutuyo - Macusani, 2024, no es apta.</p>	<p>VI: calidad del agua</p> <p>VD: parámetros físico químico y microbiológico</p>	<p>Físicos: pH Conductividad Eléctrica Temperatura Químicos: Sólidos Disueltos Totales (SDT) Dureza Total (como CaCO₃) Alcalinidad (como CaHCO₃) Cloruros (como Cl⁻) Sulfatos (como SO₄²⁻) Nitratos (como NO₃⁻) Calcio (como Ca²⁺) Magnesio (como Mg²⁺) Demanda Química de Oxígeno (DQO) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) Biológicos: Coliformes Totales Coliformes Termotolerantes</p>	<p>ECA del agua</p> <p>Laboratorio</p>	<p>Diseño: no experimental Tipo descriptivo - transversal Estadística descriptiva</p>
<p>PE1: ¿Cuál será la concentración de los parámetros físico químicos del manantial del centro poblado de Huanutuyo - Macusani, 2024?</p> <p>PE2: ¿Cuáles serán los parámetros microbiológicos del manantial del centro poblado de Huanutuyo - Macusani, 2024?</p>	<p>OE2: Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos del manantial del centro poblado de Huanutuyo - Macusani, 2024</p>	<p>La concentración de los parámetros microbiológicos del agua del manantial del centro poblado de Huanutuyo - Macusani, 2024, superan los parámetros del ECA.</p>				

Anexo 02: Instrumento de recolección de datos

PUNTOS DE RECOLECCIÓN DE MUESTRA				
Punto de Muestreo	Coordenadas (UTM, Zona 19L – WGS84)	Fecha de Recolección	Hora	Condiciones climáticas (soleado, nublado, lluvioso)
Manantial	345740 E – 8457594 N			
Reservorio	344079 E – 8453764 N			
Primera vivienda	342627 E – 8452476 N			
Segunda vivienda	342493 E – 8452462 N			
Última vivienda	342343 E – 8452473 N			

Anexo 03: Análisis de laboratorio



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

INFORME DE ENSAYO 0748/MQA RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA.

PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO HUANUTUYO DIST. MACUSANI – CARABAYA – PUNO.
INTERESADO : VERÓNICA SILVIA QUISPE PERALTA.
MOTIVO : ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO.
FECHA DE MUESTREO : 10/11/2024 (por el interesado).
FECHA DE ANÁLISIS : 11/11/2024.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido
Color : Incoloro
Olor : Inodoro

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARAMETROS	UNIDAD	M1	M2	M3	M4	M5	METODOLOGÍA
pH		7.36	7.29	7.24	7.30	7.32	Electrométrico
C.E	mS/cm	0.12	0.15	0.14	0.15	0.14	Conductímetro
Temperatura (°C)	°C	13.20	13.40	14.20	14.30	14.10	Termómetro

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Sólidos Disueltos Totales	g/l	0.06	0.07	0.07	0.08	0.07	Evaporación y pesaje
Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	171.00	182.40	193.80	201.40	201.40	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/l	110.90	88.72	133.08	88.73	77.63	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	11.35	9.93	19.86	11.34	12.76	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	mg/l	60.00	52.00	68.00	56.00	39.60	Espectrofotometría (Método de bario).
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	método colorimétrico
Calcio (como Ca ²⁺)	mg/l	16.72	27.36	42.56	33.44	41.04	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg ²⁺)	mg/l	31.18	27.57	21.09	28.43	23.84	Titulación con EDTA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	62.00	64.00	68.00	72.00	70.80	Digestión Cerrada
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	24.80	25.60	27.20	28.80	28.32	Digestión Cerrada

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

Coliformes totales	NMP/100ml	240.00	3.60	93.00	75.00	95.00
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	23	<3	15	15	9.1

INTERPRETACION:

El agua analizada es en iones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.



Ricardo Fernández Chumpi
RUC: 20612800741
GERENTE



Margot G. Reyes Ordoñez
BIOLOGO
C.B.P. 11900

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

Anexo 04: Panel fotográfico



Figura 02: Recolección de muestra in situ



Figura 03: Recolección de datos in situ.



Figura 04: Recolección de datos in situ.



Figura 05: Recolección de datos en vivienda.



Figura 06: Recolección de datos en muestra 5.



Figura 07: Materiales usados y datos de ubicación.



Figura 08: Datos de fecha de toma de muestra..

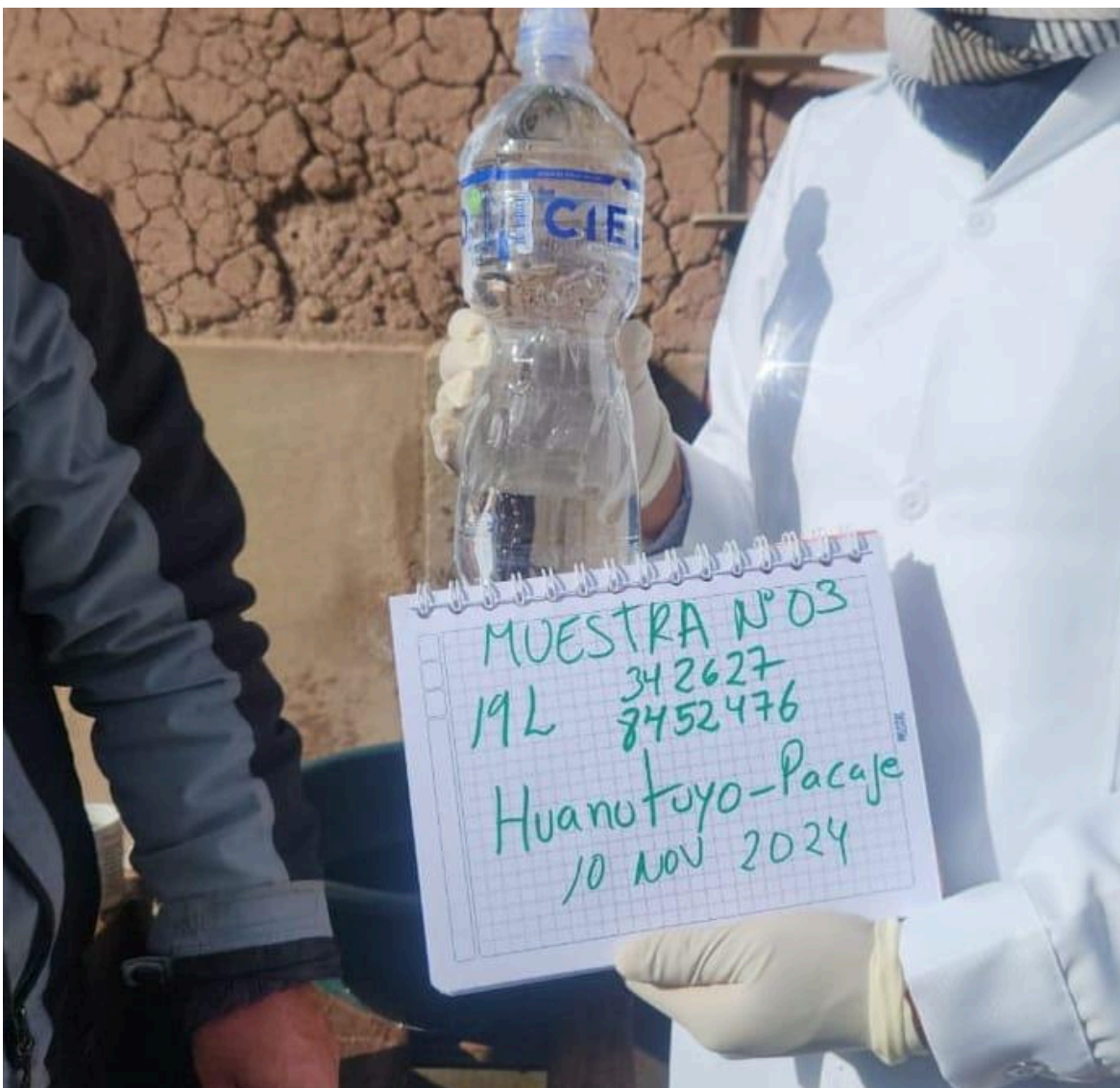


Figura 09: Datos de vivienda 2 con el dueño.

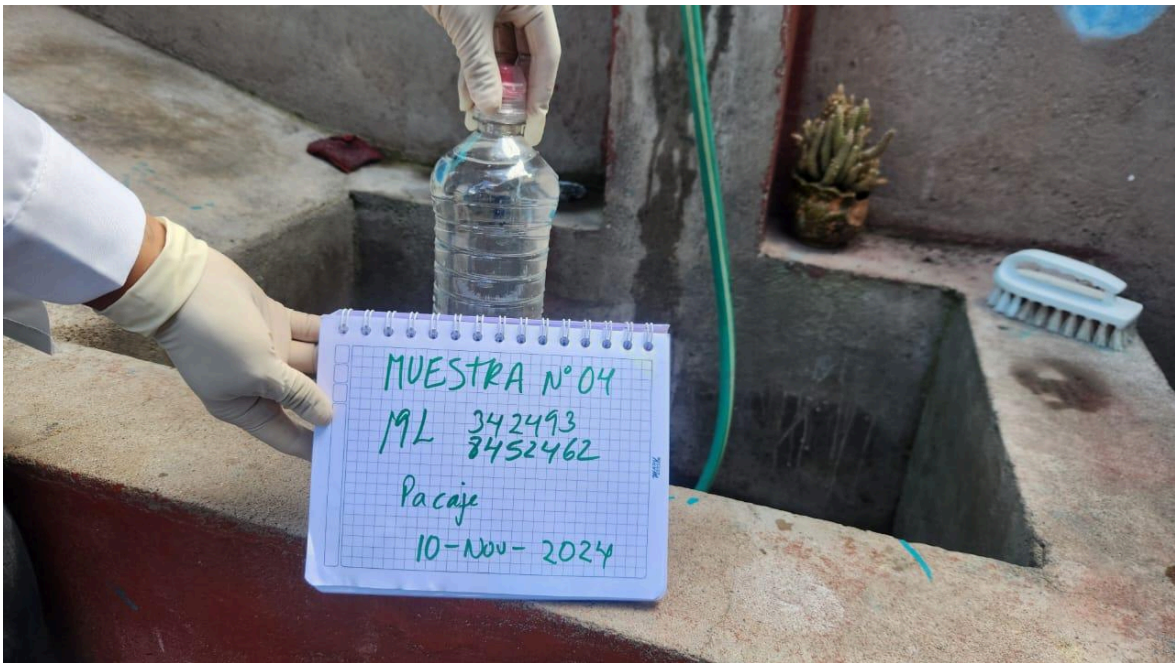


Figura 10: Datos de fecha de toma de muestra 4.



Figura 11: Tom de muestra en el punto principal.



Figura 12: Consentimiento verbal para toma de muestra en vivienda.



Figura 13: Consentimiento verbal de segunda toma de muestra en vivienda.



Figura 14: Investigador tomando las muestras.