



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



CALIDAD FISICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD DE SAN SALVADOR DE LLACHACATA, HUANCANÉ – PUNO, 2021

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. GLADYS CONDORI MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

CALIDAD FISICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD DE SAN SALVADOR D

AUTOR

GLADYS CONDORI MAMANI

RECuento DE PALABRAS

16148 Words

RECuento DE CARACTERES

88267 Characters

RECuento DE PÁGINAS

91 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.1MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 25, 2024 2:07 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 25, 2024 2:09 PM GMT-5

● **18% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Resumen



DEDICATORIA

- *A mis apreciados padres Carmelo Condori Apaza y Juana Mamani Vilca quienes con su afecto, perseverancia y dedicación me han brindado la oportunidad de alcanzar un logro en el día de hoy. Gracias por enseñarme el valor del trabajo arduo.*
- *A mis hermanos Jesica y Cesar por su afecto y constante respaldo a lo largo de este proceso, por estar a mi lado en cada momento, dando el apoyo que han contribuido a mi desarrollo personal.*

Gladys Condori Mamani



AGRADECIMIENTOS

- *A la Universidad Nacional del Altiplano, la facultad de ciencias biológicas especialmente a todos los docentes que generosamente compartieron su conocimiento y experiencia durante mi formación profesional, su dedicación y enseñanzas fueron fundamentales para mi crecimiento académico y profesional.*
- *A mis padres por depositar su confianza en mí, brindarme ayuda y respaldo, y también a mis hermanos por su tolerancia y apoyo.*
- *A mi asesor de tesis Dr. Juan José Pauro Roque por su respaldo y guía a lo largo de todo el desarrollo de esta tesis, su valiosa trayectoria que me permitieron exitosamente la culminación de este proyecto.*

Gladys Condori Mamani



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 13

ABSTRACT14

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO GENERAL.....16

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....16

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.....17

2.2. MARCO TEÓRICO.....21

2.2.1. Agua..... 21

2.2.2. Fuentes subterráneas 22

2.2.3. Calidad de agua..... 22

2.2.4. Parámetros de la calidad fisicoquímica 23

2.2.5. Causas y alteraciones de la calidad del agua 25

2.2.6. Aspectos bacteriológicos 26

2.2.7. Normatividad vigente y reglamentos del Perú..... 27



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	ZONA DE ESTUDIO	30
3.2.	DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	32
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA	32
3.4.	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO.....	33
3.5.	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD BACTERIOLÓGICA DE COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO.....	38

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN MANANTIAL, RESERVORIO Y PILETAS DOMICILIARIAS	41
4.2.	CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN EL MANANTIAL, RESERVORIO Y PILETAS DOMICILIARIAS.....	63
V.	CONCLUSIONES	71
VI.	RECOMENDACIONES	72
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
	ANEXOS	80

Área: Ciencias Biomédicas.

Sub línea de investigación: Diagnóstico y Epidemiología.

Fecha de sustentación: 29 de enero del 2024



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del distrito de Vilquechico, provincia de Huancané, región Puno (Turpo, 2014).....	30
Figura 2. Distribución de los puntos de muestreo del agua de consumo humano en la comunidad de San Salvador de Llachacata, Vilquechico – Huancané.	31
Figura 3. Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en agua de consumo humano durante meses y puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), según norma ECA para agua.	42
Figura 4. Valores de conductividad eléctrica por meses de muestreo según la prueba de Tukey.....	43
Figura 5. Valores de conductividad eléctrica por puntos de muestreo según la prueba de Tukey.....	44
Figura 6. Valores de sulfatos en agua de consumo humano durante meses y puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), según norma ECA para agua.	47
Figura 7. Valores de sulfatos en muestras de agua por meses de muestreo según la prueba de Tukey.....	48
Figura 8. Valores de sulfatos en muestras de agua por puntos de muestreo según la prueba de Tukey.....	48
Figura 9. Valores de pH en agua de consumo humano durante meses y puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), según norma ECA para agua.	51
Figura 10. Valores de pH en muestras de agua de consumo humano por meses de muestreo según la prueba de Tukey.....	52



Figura 11. Valores de pH en muestras de agua de consumo humano por puntos de muestreo según la prueba de Tukey.....	52
Figura 12. Valores de dureza (mg/l) en agua de consumo humano durante meses y puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), según norma ECA para agua.	55
Figura 13. Valores de dureza en muestras de agua de consumo humano por meses de muestreo según la prueba de Tukey.....	56
Figura 14. Valores de dureza en muestras de agua de consumo humano por meses de muestreo según la prueba de Tukey.....	57
Figura 15. Valores de nitratos en agua de consumo humano durante meses y puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), según norma ECA para agua.	59
Figura 16. Valores de nitratos en muestras de agua de consumo humano por meses de muestreo según la prueba de Tukey.....	61
Figura 17. Valores de nitratos en muestras de agua de consumo humano por puntos de muestreo según la prueba de Tukey.....	61
Figura 18. Carga bacteriológica de coliformes totales en agua de consumo humano durante meses y puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), según norma ECA para agua.....	64
Figura 19. Valores de coliformes totales en muestras de agua de consumo humano por meses de muestreo según la prueba de Tukey.....	65
Figura 20. Valores de coliformes totales en muestras de agua de consumo humano por puntos de muestreo según Prueba Tukey.....	66
Figura 21. Fotografía de toma de muestra del manantial, reservorio y piletas domiciliarias.....	84



Figura 22. Determinación de nitratos en muestras de aguas del manantial, reservorio y piletas domiciliarias.	84
Figura 23. Determinación del pH en muestras de aguas de manantial, reservorio y piletas domiciliarias.	85
Figura 24. Determinación de conductividad eléctrica en muestras de aguas de manantial, reservorio y piletas domiciliarias.	85
Figura 25. Determinación de sulfatos en muestras de aguas manantial, reservorio y piletas domiciliarias.	86
Figura 26. Determinación de la dureza en muestras de aguas de manantial, reservorio y piletas domiciliarias.	86
Figura 27. Determinación de coliformes totales en muestras del manantial, reservorio y piletas domiciliarias.	87
Figura 28. Determinación de coliformes termotolerantes en muestras del manantial, reservorio y piletas domiciliarias.	87



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores ECA para aguas de Categoría 1 – población y recreacional (Decreto Supremo No. 004-2017-MINAM).....	29
Tabla 2. Distribución de muestras de agua por puntos y meses de muestreo.....	32
Tabla 3. Valores de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en aguas de consumo humano en tres puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), durante los meses de septiembre – noviembre del 2021.	41
Tabla 4. Sulfatos (mg/l) en aguas de consumo humano en tres puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), durante los meses de septiembre – noviembre del 2021.	46
Tabla 5. pH en agua de consumo humano en tres puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), durante los meses de septiembre – noviembre del 2021.	50
Tabla 6. Dureza (mg/l) en agua de consumo humano en tres puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), durante los meses de septiembre – noviembre del 2021.	54
Tabla 7. Nitratos (mg/l) en agua de consumo humano en tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), durante los meses de septiembre – noviembre del 2021.....	59
Tabla 8. Recuento de coliformes totales (NMP/100 ml) en agua de consumo humano en tres puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), durante los meses de septiembre – noviembre del 2021.	63
Tabla 9. Recuento de coliformes termotolerantes (NMP/100ml) en agua de consumo humano en tres puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), durante	



los meses de septiembre – noviembre del 2021.	68
Tabla 10. Análisis de varianza de los valores de conductividad eléctrica en agua de consumo humano en tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias).....	80
Tabla 11. Análisis de varianza de los valores de sulfatos en agua de consumo humano en tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias)...	80
Tabla 12. Análisis de varianza de los valores de pH en agua de consumo humano en tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias).	81
Tabla 13. Análisis de varianza de los valores de dureza en agua de consumo humano en tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias)...	81
Tabla 14. Análisis de varianza de los valores de Nitratos en agua de consumo humano en tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias)...	82
Tabla 15. Análisis de varianza de los valores de coliformes totales en agua de consumo humano en tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias).....	83



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

°C:	Grados centígrados
P:	Probabilidad
C.V:	Coefficiente de variabilidad
pH:	Potencial de hidrogeniones
<i>et al.:</i>	Y colaboradores
μS/cm:	Micro Siemens por centímetro
Prom:	Promedio
OMS:	Organización Mundial de la Salud
ECAS:	Estándares de Calidad Ambiental.
Cat. 1, A1:	Estándares de calidad ambiental de agua, categoría 1, subcategoría A1
NMP/100 ml:	Número más probable por 100 ml.



RESUMEN

En la región de Puno, la comunidad San Salvador de Llachacata posee un manantial de agua para consumo humano que suministra a los pobladores, pero carece de evaluaciones fisicoquímicas y microbiológicas que la norma de calidad lo exige, esto podría dar lugar a posibles riesgos para la salud. El objetivo del estudio fue determinar la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de consumo humano en la comunidad de San Salvador Llachacata - Huancané. La investigación se llevó a cabo durante los meses de septiembre, octubre y noviembre del 2021, se recolectaron las muestras según el protocolo (Resolución Directoral N°160-2015), para los sulfatos fue analizada mediante espectrofotometría, los nitratos por colorimetría, el pH por el método electrométrico, la conductividad eléctrica mediante la conductimetría, la dureza por titulometría y las coliformes totales y termotolerantes bajo la técnica del número más probable, los resultados fueron comparados con los valores de referencia de las normas ECA para agua, categoría 1; los datos se analizaron mediante pruebas estadísticas descriptivas como promedio, coeficiente de variabilidad y pruebas inferenciales como el análisis de varianza. Resultados: La conductividad eléctrica osciló entre 1160 - 1732.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los sulfatos se encontraron entre 300 mg/l - 360 mg/l, ambos parámetros fisicoquímicos superaron las normas ECA categoría 1 (1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 250 mg/l, respectivamente); en cambio el pH osciló entre 7.33 - 7.63; la dureza entre 30.67 mg/l - 44.67 mg/l; los nitratos presentaron valores de 0 mg/l - 1 mg/l y las coliformes totales valores desde 9 NMP/100 ml a 230 NMP/100 ml, excediendo las normas ECA, por otro lado, las coliformes termotolerantes mostraron valores inferiores a < 3 . Se concluye que los parámetros de conductividad eléctrica y sulfatos, ambos parámetros superaron las normas ECA (1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 250 mg/l respectivamente), asimismo las coliformes totales (9 NMP/100 ml - 230 NMP/100 ml) excedieron las normas establecidas de 50 NMP/100 ml (ECA), por lo tanto, el agua de la comunidad de San Salvador Llachacata no es apta para el consumo humano.

PALABRAS CLAVE: Agua cruda, Calidad del agua, Características fisicoquímicas del agua, Técnicas bacteriológicas (DeCS/MeSH).



ABSTRACT

In the Puno region, the San Salvador de Llachacata community has a spring of water for human consumption that supplies the residents but lacks the physicochemical and microbiological evaluations required by the quality standard, this could give rise to possible health risks. The objective of the study was to determine the physicochemical and bacteriological quality of water for human consumption in the community of San Salvador Llachacata - Huancané. The research was carried out during the months of September, October and November 2021, the samples were collected according to the protocol (Director Resolution No. 160-2015), for sulfates it was analyzed by spectrophotometry, nitrates by colorimetry, pH by the electrometric method, electrical conductivity by conductimetry, hardness by titulometry and total and thermotolerant coliforms under the most probable number technique, the results were compared with the reference values of the ECA standards for water, category 1; The data were analyzed using descriptive statistical tests such as average, coefficient of variability and inferential tests such as analysis of variance. Results: Electrical conductivity ranged between 1160 - 1732.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sulfates were found between 300 mg/l - 360 mg/l, both physicochemical parameters exceeded ECA category 1 standards (1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 250 mg/l, respectively). On the other hand, the pH ranged between 7.33 - 7.63; hardness between 30.67 mg/l - 44.67 mg/l; nitrates presented values of 0 mg/l - 1 mg/l and total coliforms values from 9 NMP/100 ml to 230 NMP/100 ml, exceeding the ECA standards, on the other hand, thermotolerant coliforms showed values lower than < 3 . It is concluded that the parameters of electrical conductivity and sulfates, both parameters exceeded the ECA standards (1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 250 mg/l respectively), also the total coliforms (9 NMP/100 ml - 230 NMP/100 ml) exceeded the standards established 50 NMP/100 ml (ECA), therefore, the water of the community of San Salvador Llachacata is not suitable for human consumption.

Key words: Water quality, Physicochemical characteristics of water, Bacteriological techniques. (DeCS/MeSH).



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El agua es un líquido vital para la permanencia de los organismos vivos. La distribución del agua dulce a nivel global es muy escasa, y si hablamos de un balance del agua encontraremos en muchas zonas que están en riesgo de estrés hídrico, y los recursos renovables internos de ríos y acuíferos ascienden a 44 000 km³ y las extracciones alcanzan los 4 000 km³/año, el cual representa el 10 % del recurso de agua (FAO, 2021)

En el Perú, abarca sus tres regiones geográficas que enfrenta una escasez de servicio de agua potable, a pesar de que la sierra está ubicada en la cordillera de los Andes, que cuenta con una abundancia de cuerpos de agua como ríos, quebradas, lagos y lagunas, la disponibilidad de agua apta para el consumo humano es muy limitada, esto ha llevado a que en áreas rurales, las familias se vean obligadas a consumir agua de manantiales y pozos, en muchos casos no cumplen con los estándares técnicos sanitarios adecuados.

En la región de Puno, específicamente en la comunidad San Salvador Llachacata, Huancané, región Puno, se ha estado utilizando varios manantiales como fuente de agua para consumo humano, también se utilizan para el riego de actividades agrícolas y para bebida de los animales, esto contribuye a mejorar sus ingresos económicos. Los resultados obtenidos serán fundamentales para proponer estrategias destinadas a mejorar la calidad del agua de consumo, aportando así a la protección de la salud y el bienestar de sus habitantes.

El objeto de la investigación fue determinar la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de consumo humano en la comunidad de San Salvador Llachacata, Huancané – Puno, 2021. Este estudio buscará proporcionar información a los



pobladores acerca de la calidad del agua que actualmente están consumiendo, con la finalidad de concientizar sobre la importancia de emplear y gestionar este recurso de manera técnica y racional, permitiendo satisfacer las necesidades actuales y futuras de la población, mejorando sus condiciones de vida, además los resultados analizados del agua nos permitirá conocer si son apta para el consumo humano y dar una protección de la única fuente destinada al consumo.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de consumo humano en la comunidad de San Salvador de Llachacata, Huancané – Puno, 2021.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la calidad fisicoquímica (conductividad eléctrica, sulfatos, pH, dureza y nitratos) del agua de consumo humano en el manantial, reservorio y piletas domiciliarias en la comunidad de San Salvador de Llachacata, (Huancané – Puno).
- Evaluar la calidad bacteriológica (coliformes totales y termotolerantes) del agua de consumo humano en el manantial, reservorio y piletas domiciliarias en la comunidad de San Salvador de Llachacata, (Huancané – Puno).



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Petro y Wees (2014) presentaron en el municipio de Turbaco (Colombia), valores de pH que oscilaron entre 7.08 y 7.55, turbidez en un rango de 0.13 a 1.79 UNT, conductividad variando entre 158.60 y 947.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, alcalinidad total en el intervalo de 55.20 a 302.40 mg/l, dureza total que se ubicó entre 66.60 y 225.80 mg/l, cloruros con valores de 8.75 a 67.98 mg/l, y contenido de hierro en el rango de 0.01 a 0.03 mg/l.

Curo (2015) reportó recuento de coliformes totales en el distrito de Huata – Puno (Perú), fueron de 360.00 UFC/100 ml en Collana I, 82.30 UFC/100 ml en Collana II, coliformes termotolerantes de 3.3 UFC/100 ml en Collana I, 0.3 UFC/100 ml en Yasín, pH 7.8 en Yasín, 6.9 – 7.3 de pH en Faón, conductividad eléctrica en Collana I de 2448.3, Faón de 2037.3 y Yasín de 1660.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dureza total 408.3 mg/l en Collana I y 264.4 mg/l en Collana II, los sulfatos en Collana I y Yasín de 132.7 - 46.0 mg/l.

Flores (2016) realizó el análisis de agua para consumo humano en los distritos de Tambo y Chilca – Huancayo (Perú), determinando una turbidez de 0.73 UNT, color de 3.35 (UCV), pH de 7.42, conductividad 290.50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y sólidos totales disueltos de 145.89 mg/l, cloro residual 1.0 mg/l, dureza total de 164.96 mg CaCO_3/l , coliformes totales de 0 UFC /100 ml y coliformes termotolerantes de 0 UFC /100 ml.

Quispe (2016) analizó la calidad del agua destinada al consumo humano en Huancavelica (Perú), donde reportó coliformes totales con una concentración de 100 UFC/100 ml en el punto de captación, así como 100 UFC/100 ml antes de llegar al reservorio, y una concentración de 4 UFC/100 ml en las conexiones domiciliarias y



también se encontró la presencia de coliformes termotolerantes con un recuento de 4 UFC/100 ml en la captación, 3 UFC/100 ml antes del reservorio y ausencia (0 UFC/100 ml) en las conexiones domiciliarias.

Calsín (2016) evaluó la calidad fisicoquímica y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector Taparachi III de la ciudad de Juliaca - Puno (Perú), donde los valores fueron: conductividad eléctrica $1636.25 \pm 86.39 \mu\text{S}/\text{cm}$, la temperatura $14.49 \pm 0.38 \text{ }^\circ\text{C}$, la concentración de sulfatos $324.00 \pm 35.75 \text{ mg}/\text{l}$, nitratos $34.10 \pm 3.22 \text{ mg}/\text{l}$, la dureza total $628.91 \pm 48.78 \text{ mg}/\text{l}$.

Saldaña (2017) determinó la calidad del agua para consumo humano en el distrito de Bambamarca - Cajamarca (Perú), presentaron valores de conductividad eléctrica $501.08 \mu\text{S}/\text{cm}$, oxígeno disuelto $6.12 \text{ mg}/\text{l}$, pH 7.84, sólidos totales disueltos $279.17 \text{ mg}/\text{l}$, temperatura $19.04 \text{ }^\circ\text{C}$ y turbidez 1.35 NTU, dureza total $281.01 \text{ mg}/\text{l}$, cloro libre residual 0.75 mg, aluminio $0.028 \text{ mg}/\text{l}$, boro $0.037 \text{ mg}/\text{l}$, bario $0.029 \text{ mg}/\text{l}$, berilio $0.001 \text{ mg}/\text{l}$, calcio $97.71 \text{ mg}/\text{l}$, manganeso $0.001 \text{ mg}/\text{l}$, sodio $2.2 \text{ mg}/\text{l}$, fósforo $0.01 \text{ mg}/\text{l}$, coliformes totales 8.50 NMP/100 ml y coliformes termotolerantes 3.50 NMP/100 ml.

Yana (2017) en el sistema de abastecimiento de agua potable en tres puntos de muestreo (PM1, PM2 y PM3) en la ciudad de Azángaro – Puno (Perú), presentó un pH que osciló entre 7.64 y 7.86 unidades, la conductividad entre 1074.20 y 1208.43 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la dureza total entre 261.16 y 273.48 mg/l , los cloruros entre 45.54 y 46.88 mg/l , los sólidos disueltos totales entre 272.75 y 284.04 mg/l , los sulfatos entre 16.33 y 16.41 mg/l , todos ellos estuvieron por debajo de los LMP indicados en la norma vigente, el recuento de bacterias heterotróficas con un promedio de 477 UFC/ml sólo en el PM1, los recuentos de coliformes tolerantes osciló entre 3.00 y 14.33 NMP/100 ml.



Martínez (2017) en su investigación en el distrito de Samán – Puno (Perú), registró resultados de coliformes totales y termotolerantes de 467 y 392 UFC/100 ml respectivamente, temperatura 18.6 °C, conductividad eléctrica 471.6 μ S/cm, sólidos disueltos totales 232.4 mg/l, pH 7.75, dureza total 215.5 mg/l, sulfatos 104.5 mg/l y cloruros 33.9 mg/l.

Quispe (2017) reportó en los manantiales de Yuraq Unu, Cóndor Wachana, Unu Pata, Qayqu, Ch'íartita, Ch'ákipata en el distrito de Santa Rosa – Puno (Perú), valores de coliformes totales más alta en Qayqu con 330 NMP/100 ml y más bajo en Yuraq Unu con 43.33 NMP/ 100 ml, la temperatura más alta en Ch'íartita con 10.36 °C y el valor más bajo en 8.70 °C, Yuraq Unu siendo más alta con 8.20 pH y en Uno Pata el punto más bajo con 7.22, la dureza total mayor fue en Ch'ákipata con 106.78 mg/l y menor en Cóndor Wachana con 56.77 mg/l.

Huaccha y Villena (2018) indican en la calidad fisicoquímica y microbiológico del agua del manantial NE-02 en el caserío Agua Blanca - Cajamarca (Perú), los resultados fueron los siguientes: conductividad eléctrica 514.70 μ S/cm, oxígeno disuelto 6.38 mg/l, potencial de hidrogeno 7.56 pH, en sólidos totales disueltos 276 mg/l, en turbidez de agua 1.57 NTU, dureza total 293.93 mg/l, cantidad de aluminio 0.03 mg/l, manganeso < 0.003 mg/l, sodio 2.04 mg/l, Fósforo < 0.04 mg/l, Coliformes totales 10.61 NMP/100 ml y Coliformes termotolerantes o fecales 0.7 NMP/100 ml.

Blanco (2018) registró en el agua potable para consumo humano en el distrito de Cabanillas – Puno (Perú), una temperatura de 11.69 °C, conductividad eléctrica 906.67 DE \pm 92.91 μ S/cm, cloruros 151.27 DE \pm 53.07, pH 7.20 y en la red domiciliaria dureza total 394.13 DE \pm 31.29 mg/l y alcalinidad 252.91 DE \pm 150.12 y para los parámetros



bacteriológicos para coliformes totales 303.33 NMP/100 ml DE \pm 136.50 y coliformes fecales con 200 NMP/100 ml DE \pm 45.83.

Arévalo (2019) en el sistema de abastecimiento para aguas subterráneas destinadas al uso poblacional en el distrito La Banda de Shilcayo - San Martín (Perú), presentaron valores de pH de los pozos 1 y 2 sin tratamiento de agua de 5.12 y 5.4 respectivamente, en los pozos con agua tratada fue 7.01 y 6.91, la turbidez del pozo 1 y 2 sin tratamiento fue 4 y 6 NTU respectivamente, del agua tratada fue 0.5; y referente al recuento de coliformes totales en el pozo 1 fue 1.8 NMP/100 ml y en el pozo 2 los coliformes totales fueron 540 NMP/100 ml.

Marín (2019) determinó la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en el distrito de Oxamarca – Cajamarca (Perú), registrando recuentos de coliformes totales 46 NMP/100 ml, coliformes termotolerantes 6.9 NMP/100 ml, turbiedad 0.94 NTU, conductividad eléctrica 538 μ S/cm, sólidos totales disueltos 341 mg/l, dureza 275.9 mg/l, alcalinidad total 290.3 mgCaCO₃/l, pH entre 7.1 a 7.7 y temperatura entre 13 a 16 °C.

Mamani (2019) realizó la investigación de parámetros fisicoquímicos, metales pesados (As y Pb), bacteriológicos y alternativas de saneamiento ambiental de fuentes de agua de la comunidad Suches, distrito Caracoto – Puno (Perú), reportó resultados que oscilaron de 7.47 – 8.23 unidades de pH, dureza 178.33 – 953.33 mg/l, conductividad eléctrica 216.67 – 1284 μ S/cm, bicarbonatos 56.67 - 240.00 mg/l, cloruros 21.69 – 500.71 mg/l, sulfatos 93.00 y 305.33 mg/l, nitratos 1.53 – 25 mg/l, arsénico 0.020 – 0.044 mg/l, plomo 0.044 – 0.089 mg/l, coliformes totales 29 – 26.67 NMP/100 ml y las termotolerantes 3 – 60 NMP/100 ml.

Contreras (2021) evaluó la calidad del agua para consumo humano en la parcialidad de Jiscullaya – Puno (Perú), obtuvo valores de pH 7.5, dureza 52 mg/l,



alcalinidad 57.78 mg/l, cloruros 15.3 mg/l, sulfatos 4 mg/l, nitratos negativo mg/l, calcio 16.19 mg/l, magnesio 2.95 mg/l, solidos totales 67.1 mg/l y coliformes totales 28 NMP/100 ml.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Agua

El agua es indispensable para mantener a los seres vivos de nuestro planeta. La mayor parte de la tierra está conformada por este recurso vital, donde el 98 % es agua salada que se concentra en los océanos. Únicamente el 2 % restante (equivalente a 40.000 km³) es agua dulce, es la que podemos beber. Si examinamos más detenidamente este escaso 2 % de agua dulce, encontraremos que aproximadamente el 68.9 % (27.760 km³) se encuentra congelado en forma de glaciares y nieve en los polos. Por otro lado, el 30.8 % (12.112 km³) se ubica en acuíferos y otras fuentes subterráneas, solo una pequeñísima cantidad el 0.3 % (128 km³) corresponde a aguas superficiales que se encuentran en lagos, lagunas, ríos y humedales (López *et al.*, 2017). El agua es un elemento formado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno que se unen mediante puentes de hidrógeno. Además, este recurso tiene la particularidad de existir en tres estados: sólido, líquido y gaseoso, dependiendo de la temperatura y presión a las que se encuentre; estas diferentes fases son determinadas por las condiciones ambientales en las que se encuentra el agua (Carbajal, 2012).

El recurso hídrico es prioritario, fundamental para la existencia de los individuos y su abastecimiento debe ser disponible y accesible. Asimismo el agua de consumo debe ser inocua, que no ocasionen algún riesgo que afecte a la salud cuando se consume en la vida diaria, teniendo en consideración las



vulnerabilidades de las personas que puedan presentar en su etapa de vida, las personas con mayores riesgos que puedan contraer las enfermedades relacionadas con el agua son: los lactantes, niños menores de edad, las personas que viven en condiciones vulnerables y personas de la tercera edad (OMS, 2011).

2.2.2. Fuentes subterráneas

Las fuentes subterráneas se localizan bajo la capa externa del suelo terrestre, estos manantiales ocultos emergen como resultado de la infiltración de las precipitaciones o cuerpos de agua superficiales que se filtran a través de la tierra y se almacenan en acuíferos subterráneos. Estas fuentes, ricas en agua dulce, desempeñan un papel crucial en el suministro para el consumo humano, el riego de cultivos y otros propósitos, es necesario gestionar estas fuentes de manera sostenible para garantizar su disponibilidad a largo plazo (Raffo, 2013).

2.2.3. Calidad de agua

La seguridad bacteriana del abastecimiento de agua se fundamenta en la aplicación de diversas estrategias de resguardo, desde la extracción hasta el usuario final, con el propósito de prevenir la contaminación del agua apta para el consumo o mitigarla hasta niveles que no representen riesgos para la salud. Se mejora la seguridad mediante la aplicación de diversas barreras, que incluyen la protección de fuentes de agua, la correcta selección y operación de distintas etapas de tratamiento, así como la gestión de sistemas de distribución ya sea mediante tuberías u otros medios para preservar y salvaguardar la calidad del agua (OMS, 2011).

El suministro de agua destinado al consumo humano y su empleo en la preparación de alimentos debe cumplir con estándares de calidad estrictos para



garantizar la ausencia de riesgos significativos que puedan perjudicar la salud de las personas. A nivel global, hay países donde el suministro y distribución de agua no se lleva a cabo de manera adecuada. Por ejemplo, las comunidades rurales dedicadas a la agricultura son especialmente vulnerables debido a la falta y la insuficiencia de agua (Pineda, 2022).

2.2.4. Parámetros de la calidad fisicoquímica

a. Potencial de hidrógeno

El pH se encarga de establecer si una sustancia es ácida, neutra o alcalina al calcular la proporción de iones de hidrógeno presentes; esta medida se efectúa en una escala del 0 al 14, en la que 7 representa la neutralidad, si los valores de pH son inferiores a 7 denotan acidez, en tanto los valores por encima de 7 indican alcalinidad (Gamboa, 2018), el pH no tiene impacto directo en los usuarios, sino que es un indicador de calidad del agua para lograr una desinfección efectiva con cloro, es recomendable que el pH sea menor a 8 y en caso de que el pH supere 11, puede causar irritación ocular y empeorar los trastornos de la piel (Castillo *et al.*, 2022).

b. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se atribuye a la presencia de sales disueltas y no se limita a un tipo específico de iones, sino que abarca a todo el conjunto de iones presentes en el agua, el cual se ve influenciada por las características del terreno que atraviesa el agua y se utiliza como indicador en análisis fisicoquímicos para evaluar la calidad del agua (Fernández, 2012).



c. Dureza

La dureza se caracteriza por la acumulación de iones con múltiples cargas presentes en el agua, siendo los más relevantes el calcio y magnesio, para determinar su valor se suele calcular la suma de estos elementos en términos químicos, el índice de dureza se define como la suma de los iones de calcio y magnesio: $Dureza = [Ca^{+2}] + [Mg^{+2}]$ (Castillo *et al.*, 2022).

La formación de sales de jabón insolubles es el principal signo visual que expresa la presencia de dureza del agua, se categoriza en diversos grupos según su nivel de dureza: Suave (0-60 mg/l de $CaCO_3$), ligeramente suave (60-120 mg/l de $CaCO_3$) y dura (> 120 mg/l de $CaCO_3$) (Fernández, 2012).

d. Sulfatos

El sulfato (SO_4) está presente en la mayoría de las aguas naturales, la presencia de sulfatos en el agua puede estar relacionada con el contacto de áreas que contienen depósitos de yeso (Barragán *et al.*, 2018), estos sulfatos pueden derivar de la reacción de los compuestos de sulfuro que se encuentran en el agua y su efecto en la acidez del agua que puede variar según la cantidad de calcio presente. El sulfato de magnesio atribuye un gusto amargo al agua y adicionalmente cuando el magnesio también está presente puede tener un efecto laxante, esta consecuencia es más notable en niños y en personas que no están acostumbradas a beber agua con estas características, así mismo el sulfato, si se encuentra en concentraciones excesivas en agua ácida puede volverse corrosivo (Barrenechea, 2009).



e. Nitratos

La presencia elevada de nitratos (NO_3^-) en el agua representa un peligro para la salud si se consume dicha agua, los nitratos pueden convertirse en nitritos por la acción reductora de la flora estomacal, estos nitritos tienen la capacidad de transformar la hemoglobina en metahemoglobina, esto dificulta el transporte de oxígeno en la sangre, aunque este proceso puede revertirse, puede llegar a ser fatal, sobre todo en menores, también pueden dar lugar a la formación de compuestos como las nitrosaminas y nitrosamidas, los cuales tienen efectos cancerígenos (López, 2016).

Los nitratos se consideran un indicador de la calidad del agua y su contaminación en relación con el agua ocurre cuando los microorganismos del suelo descomponen la materia orgánica y los fertilizantes utilizados en la agricultura, esta contaminación se libera y es transportada por las lluvias hasta los manantiales, donde afecta la calidad del agua. (OMS, 2011).

2.2.5. Causas y alteraciones de la calidad del agua

a. Actividades humanas

La contaminación del agua, que resulta de las actividades humanas, el crecimiento poblacional y el desarrollo industrial, se produce principalmente por la generación de desechos, la dispersión de productos químicos, la descarga de residuos mineros y aguas residuales, entre otras fuentes (Ramírez *et al.*, 2010). Por lo tanto, el agua destinada al consumo humano, cuyas fuentes de suministro se ven afectadas negativamente por actividades humanas, representa un riesgo para la salud de la población, ya que podría convertirse en agua no segura para el consumo (Foster *et al.*, 2013).



b. Agricultura y su relación con la calidad del agua

Según informes, aproximadamente el 80 % del deterioro en la calidad del agua se atribuye a la presencia de sólidos en suspensión, principalmente originados por la erosión del suelo, resultado de acciones como la urbanización, la deforestación, las actividades agrícolas y ganaderas. Estas actividades son las principales responsables del impacto negativo en la calidad del agua; y la utilización del suelo tiene un efecto notable en las actividades hidrológicas y de decantación, además está estrechamente relacionada con los fenómenos del flujo de agua, la recarga de aguas subterráneas, el desgaste del suelo y la acumulación de sedimentos. La composición del suelo, incluido el tamaño de sus partículas, su estructura y la cantidad de materia orgánica presente juega un papel crucial en la capacidad de infiltración y retención de la humedad (López, 2016).

2.2.6. Aspectos bacteriológicos

Las enfermedades que están relacionadas con el agua se transmiten a través de las excretas de humanos y animales, según la OMS menciona que existe el riesgo más común que está relacionado con las enfermedades infecciosas que pueden ser causadas por bacterias, virus y helmintos (SUNASS, 2004).

a. Coliformes totales

Son bacterias anaerobias y aerobias facultativas, gran negativos, se incuban de 24 horas y a 37 °C, este grupo en sí es diverso, ya que incluye bacterias como *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klepsiella* y *Citrobacter*, las cuales se encuentran tanto en las heces, en el entorno natural, en aguas ricas en nutrientes, suelos y materia vegetal en descomposición (SUNASS, 2004).



b. Coliformes termotolerantes

Los coliformes termotolerantes tienen la habilidad de llevar a cabo la fermentación de la lactosa a una temperatura de 44.5 °C, en contraste con los coliformes totales que lo hacen a 37 °C, de ahí su denominación de "Termotolerantes" debido a su capacidad de resistir temperaturas más altas. La especie predominante dentro de los coliformes termotolerantes es la *Escherichia coli* (Raffo, 2013). Además estos son indicadores de la calidad del agua, uno de los problemas es la contaminación de agua subterráneas en países en subdesarrollo, en la mayoría de lugares no se cuenta con un tratamiento adecuado por las descargas de aguas residuales de actividades agrícolas y ganaderas (Pineda, 2022), la presencia de bacterias de coliformes fecales puede provocar una inflamación del tracto gastrointestinal, ocasionando síntomas como diarrea, vómitos severos y pérdida de líquidos en el cuerpo (Castillo *et al.*, 2022).

2.2.7. Normatividad vigente y reglamentos del Perú

El Decreto Supremo (N° 004 - 2017 - MINAM) detalla pautas sobre la calidad ambiental del agua (ECA), donde establecen límites aceptables para diversos aspectos físicos, químicos y biológicos presentes en el agua. El objetivo principal es preservar y garantizar la calidad del agua como recurso, garantizando su seguridad tanto para las personas como para el entorno natural.

Categoría 1: Poblacional y recreacional

- a) Subcategoría A:** Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.



- A1.** Aguas susceptibles de tratamiento potable mediante desinfección, se refieren a aquellas aguas que, debido a sus atributos de calidad, cumplen con los requisitos para ser utilizadas como suministro de agua destinada al consumo humano después de un proceso sencillo de desinfección de acuerdo con las regulaciones actuales.
- A2.** Aguas aptas para potabilización mediante método convencional, se definen como aquellas aguas destinadas al suministro de agua para el consumo humano, las cuales se someten a un proceso convencional de tratamiento que involucra dos o más de los siguientes procedimientos: coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración, u otros procesos comparables; además, se incluye la desinfección, siguiendo las regulaciones en vigor.
- A3.** Aguas adecuadas para tratamiento avanzado, se refieren a aquellas aguas destinadas al suministro de agua para consumo humano, que son sometidas a un proceso de tratamiento convencional que abarca procedimientos físicos y químicos de alta categoría, como precloración, microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o métodos comparables según lo definido por la autoridad competente.



Tabla 1

Valores ECA para aguas de Categoría 1 – población y recreacional (Decreto Supremo No. 004-2017-MINAM).

Parámetros	unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizados con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizados con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizados con tratamiento avanzado
Fisicoquímicos				
Conductividad	(μ S/cm)	1500	1600	**
Dureza	mg/l	500	**	**
Nitratos	mg/l	50	50	50
Sulfatos	mg/l	250	500	**
pH	Unidad de pH	6.5 – 8.5	5.5 -9.0	5.5 – 9.0
Microbiológicos				
Coliformes totales	NMP/100ml	50	**	**
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	20	2000	20000

CAPÍTULO III

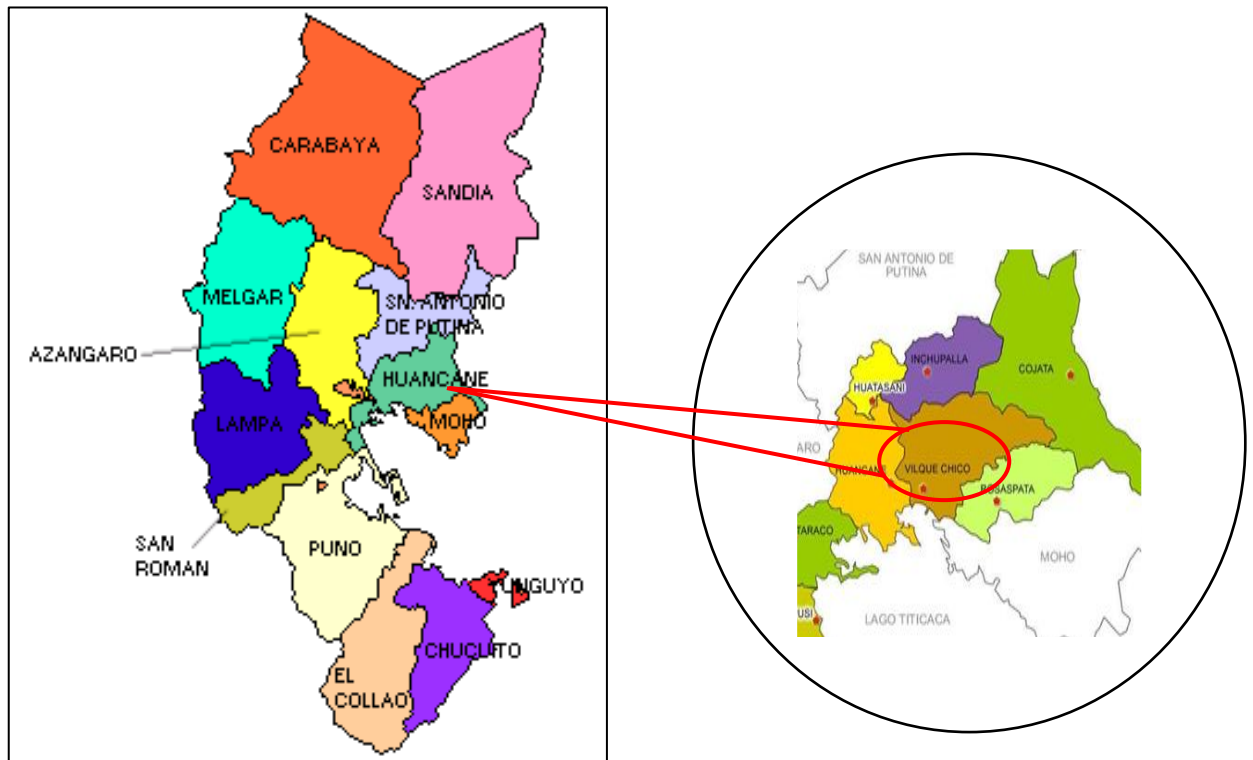
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El distrito de Vilquechico, (Figura 1), se ubica en la provincia de Huancané, región de Puno, al norte del lago Titicaca, esta área se divide en tres zonas claramente definidas: la zona lago, la zona intermedia y la zona alta, sus coordenadas UTM fueron -15.214174, -69.688444. El distrito de Vilquechico compuesto por varias comunidades, parcialidades y centros poblados, dentro de ellas en la comunidad de San Salvador de Llachacata la población destaca principalmente en la ganadería, la agricultura y la pesca.

Figura 1.

Ubicación geográfica del distrito de Vilquechico, provincia de Huancané, región Puno (Turpo, 2014).



3.1.1. FRECUENCIA Y PUNTOS DE MUESTREO

En la Figura 2, se presenta el lugar de investigación, la comunidad de San Salvador de Llachacata, la investigación se llevó a cabo durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2021, donde se presenta un esquema de los puntos de muestreo de la siguiente manera: P1 para el manantial, P2 para el reservorio y P3 para las piletas domiciliarias. Además, en los alrededores de la red de distribución del agua se realizan actividades agrícolas y ganaderas.

Figura 2.

Distribución de los puntos de muestreo del agua de consumo humano en la comunidad de San Salvador de Llachacata, Vilquechico – Huancané.



Fuente: Google Earth.

Las muestras colectadas de las aguas que se destina al consumo humano de los tres puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), se analizaron en el laboratorio de Botánica y Biotecnología de la Facultad de Ciencias Biológicas - UNA Puno, evaluando parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.



3.2. DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó en un diseño observacional, de tipo descriptivo, ya que se presentaron los valores de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en las aguas provenientes del manantial, reservorio y piletas domiciliarias, luego se interpretó estos datos en relación con la información previa y el marco teórico. Además, adoptó un enfoque comparativo al contrastar los resultados de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas provenientes del manantial, reservorio y piletas domiciliarias con los valores establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de estudio fue infinita, por lo que se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, de tal modo, que se evaluaron un total de 27 muestras, en cada mes de estudio (septiembre, octubre y noviembre) con 3 repeticiones por cada punto de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), tal como se presenta a continuación:

Tabla 2

Distribución de muestras de agua por puntos y meses de muestreo.

Lugar de muestreo	Meses por muestreo /repeticiones			Total
	Septiembre	Octubre	Noviembre	
Manantial	3	3	3	9
Reservorio	3	3	3	9
Piletas domiciliarias	3	3	3	9
Total	9	9	9	27



3.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO

a. Toma de muestras

La toma de muestra se realizó mediante el Protocolo de procedimientos para la toma de muestra, preservación, conservación, transporte almacenamiento y recepción de agua para consumo humano (Resolución Directoral N°160-2015), para iniciar la toma de muestra, se procedió a utilizar el equipo de protección personal adecuado, incluyendo mandil, guantes, gorro y mascarilla. En los tres puntos específicos designados.

El manantial y el reservorio: La toma de muestras se realizó en frascos de vidrio limpios, previamente enjuagados tres veces con la misma muestra, seguidamente se llenaron los frascos hasta alcanzar un volumen de 500 ml sumergiéndolos apropiadamente.

En las piletas domiciliarias: Se desinfecto con alcohol al 70 %, se dejó correr el agua durante dos a tres minutos, luego se tomaron las muestras en frascos de vidrio limpios, también enjuagados tres veces con la misma muestra, a continuación estos frascos fueron sellados y etiquetados adecuadamente (código de identificación de campo, coordenadas, localidad, punto de muestreo, fecha y hora de muestreo, tipo de análisis, nombre del preservante y muestreador) y fueron colocados en el respectivo cooler a una temperatura de 4 °C y finalmente fueron trasladados al laboratorio de Botánica y Biotecnología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNA-Puno.



b. Principales parámetros fisicoquímicos

Potencial de hidrogeniones (pH)

Método. Potenciometría

Fundamento: Se considera una solución como ácida si su pH es inferior a 7, mientras que se clasifica como neutra cuando su pH es exactamente 7 y como alcalina si su pH supera 7; esta variación en el pH puede impactar en los organismos vivos, como algas, plancton y otros, pudiendo influir en el aroma y sabor del agua (Castillo *et al.*, 2022).

Procedimiento:

En un vaso precipitado de 250 ml se agregó 25 ml de la muestra, para esto se enjuagó tres veces antes del análisis, luego se introdujo el electrodo del potenciómetro y cada vez que se cambió de pH se realizó el respectivo enjuagado del electrodo con agua destilada y secándolo con papel toalla y posteriormente se anotaron los datos que se mostraron en la pantalla del respectivo equipo (Fundación Nacional de Salud, 2013).

Conductividad eléctrica

Método. Conductimetría

Fundamento: En la práctica, se emplean electrodos de diversas dimensiones y formas para medir la conductividad. Por lo tanto, durante la medición, en lugar de evaluar directamente la conductividad, se mide la conductancia. Esta conductancia se ajusta multiplicándola por la constante (k) correspondiente a cada celda en particular, convirtiéndola así en conductividad expresada en siemens por centímetro (S/cm) (Blanco, 2018).



Procedimiento:

Se agregó 25 ml de la muestra en un vaso de precipitado de 250 ml, previamente enjuagado por 3 veces, posteriormente se introdujo el electrodo del conductímetro multiparámetro portátil, luego se registró los datos que aparezcan en la pantalla del equipo (Fundación Nacional de Salud, 2013).

Nitratos

Método. Colorimetría

Procedimiento:

Se realizó mediante el kit VISOCOLOR ® ECO, se llenó ambos tubos con 5 ml de muestra, luego se adicionó 5 gotas de NO₃-1 cerrar y mezclar, seguidamente se añadió una cuchara medidora rasa de NO₃-2 luego se agitó directamente por un 1 minuto. Después se desplazó el comparador hasta lograr la equiparación cromática en la zona que era traslúcida, luego se hizo la lectura del valor de medida y finalmente se anotó los resultados.

Sulfatos

Métodos: Espectrofotometría

Fundamento: Para llevar a cabo este procedimiento, se requiere que la muestra sea tratada con cloruro de bario en un entorno ácido, esto provoca la formación de un precipitado blanco de sulfato de bario. Además, es necesario utilizar un solvente acondicionador que contenga glicerina y alcohol, esto tiene como propósito ajustar la viscosidad de la muestra, lo que permite que el precipitado de BaSO₄ permanezca en suspensión, asegurando valores estables de turbidez. Esta estabilidad de la turbidez es esencial para que la intensidad de los fotones que



atraviesan una muestra con el analito se reduzca debido a la absorción, la medición de esta reducción de intensidad, conocida como absorbancia, es la señal que se utiliza en este método (Castillo *et al.*, 2022).

Procedimiento:

En un Erlenmeyer de 250 ml se colocó 25 ml de la muestra, luego se adicionó 0.01 mg (una pizca) de cloruro de bario, seguidamente se disolvió y se dejó reposar por un tiempo de 10 minutos, después se encendió y calibro el equipo espectrofotómetro, finalmente se colocó en una cubeta y se midió la transmitancia en una longitud de onda de 420 nm y anotándose el valor de la respectiva muestra (Fundación Nacional de Salud, 2013).

$$\text{Sulfatos mg/l} = \frac{\text{Factor de Tabla} * 100}{\text{ml muestra}}$$

Dureza total

Método: Titulometria

Fundamento: La técnica volumétrica que emplea EDTA para la determinación de calcio y magnesio implica el uso de soluciones de ácido etilen diamino tetracetico como agentes tituladores, estos agentes forman complejos quelados solubles al añadirse a una solución que contiene ciertos cationes metálicos, los cuales establecen iones complejos solubles con calcio y magnesio. Se emplean indicadores específicos, como el colorante negro ericromo T, que señala cuando los iones de calcio y magnesio han formado complejos con EDTA a un pH de 10; en este punto, la solución adquiere un tono vino rojo. Al agregar EDTA como titulante, los iones de calcio y magnesio serán complejados gradualmente hasta



que la solución alcanza un color azul, indicando así el final de la titulación (Calsín, 2016).

Procedimiento:

Se utilizó una bureta con un soporte universal para la titulación, para el cual se empleó un matraz de 250 ml limpio y seco, se enjuagó 3 veces luego se le adicionó 25 ml de muestra de agua en estudio, seguidamente se agregó 1 ml de la solución tampón pH 10, luego se agregó 3 gotas de eriocromo T, finalmente se tituló con EDTA, y luego se anotó el volumen del gasto (Fundación Nacional de Salud, 2013).

$$\text{Dureza mg/l} = \frac{\text{G EDTA} * \text{N EDTA} * \text{meq CaCO}_3 * 100.000}{\text{V muestra}}$$

c. Variables

- **Variable independiente:** Puntos de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias).
- **Variable dependiente:** Calidad fisicoquímica del agua de consumo humano.

d. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos del agua fueron analizados mediante estadística descriptiva (media y el coeficiente de variación). Posteriormente, se realizaron pruebas estadísticas inferenciales de análisis de varianza y de contraste de Tukey para comparar los resultados de los parámetros fisicoquímicos entre los puntos de muestreo.



3.5. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD BACTERIOLÓGICA DE COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO

a. Toma de muestra

Se realizó mediante el Protocolo de procedimientos para la toma de muestra, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano (Resolución Directoral N°160- 2015), antes de comenzar la recolección de muestras, se llevó puesto el atuendo apropiado, que incluía un mandil, guantes, gorro y mascarilla:

En manantial y reservorio: Para los análisis bacteriológicos las muestras se recolectaron en frascos de vidrios de 500 ml debidamente esterilizados, se realizó en forma directa dejando un espacio de aireación de 2.5 cm del frasco que fueron cerrados y colocados con papel kraft sellados con una cuerda.

En la piletas domiciliarias: Se desinfecto la pileta con alcohol al 70 %, después se dejó fluir el agua durante dos minutos antes de la toma de muestra en frascos limpios esterilizados y etiquetados (código de identificación de campo, coordenadas, localidad, punto de muestreo, fecha y hora de muestreo, tipo de análisis, nombre del preservante y muestreador) y fueron depositados en el respectivo cooler a una temperatura de 4 °C y finalmente son trasladados al laboratorio de Botánica y Biotecnología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNA-Puno.

b. Método. Número más probable (Pascual y Calderón, 2000).



c. **Fundamento.** El NMP es la evaluación de la densidad probable de bacterias de coliformes, considerando los resultados positivos y negativos obtenidos en cada dilución, la identificación de coliformes totales mediante el método del Número Más Probable (NMP) se basa en la capacidad de este grupo de fermentar la lactosa, produciendo ácido y gas durante la incubación a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, con un límite de 48 horas, utilizando un medio de cultivo que incluye sales biliares. Este proceso se divide en dos fases: la prueba presuntiva y la prueba confirmativa (Blanco, 2018).

d. **Procedimiento:**

Evaluación de coliformes totales

Prueba presuntiva. Se inocularon muestras de agua en volúmenes de 10 ml, 1 ml y 0.1 ml en una secuencia de 9 tubos que contenían caldo lactosado, en los primeros 3 tubos presentaron concentración simple, mientras que en los 6 tubos restantes fue de doble concentración, posteriormente los tubos fueron etiquetados adecuadamente y se colocaron en incubación a una temperatura de $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante un período de 24 - 48 horas (Fundación Nacional de Salud, 2013).

Interpretación. En caso que la cantidad total de tubos sea negativa, se concluye que en el análisis no se encontraron coliformes totales ni coliformes fecales en la muestra analizada. Asimismo, se registraron de manera adecuada todos los tubos que arrojaron resultados positivos en la prueba presuntiva y se llevó a cabo la prueba confirmatoria para los coliformes fecales (Castillo *et al.*, 2022).

Prueba confirmativa para coliformes termotolerantes. Se transfirió el inóculo de tres asadas en cada tubo con resultado positivo en la prueba preliminar a tubos que contenían caldo verde brillante bilis con campana de Durham, los cuales



fueron posteriormente incubados a 45.5 °C durante un lapso de 48 horas. La aparición de producción de gas en el tubo Durham y el proceso de fermentación que ocurrieron durante este período de 24 - 48 horas confirmaron la presencia de coliformes termotolerantes, estos resultados se cuantificaron utilizando el concepto del número más probable (Fundación Nacional de Salud, 2013).

Interpretación. Si hay presencia de turbidez y se registra la producción de gas, se clasifica la prueba como positiva, siendo necesario tomar nota del número de tubos positivos para realizar posteriormente el cálculo del NMP, si no se observa gas en ningún tubo incluso con presencia de turbidez se considera como resultado negativo, asignando el código 0, 0, 0 para el cálculo del NMP con un nivel de confiabilidad del 95%, según la tabla del número más probable (Castillo *et al.*, 2022).

e. Variables

- **Variable independiente.** Puntos de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias).
- **Variable dependiente.** Calidad bacteriológica del agua de consumo humano.

f. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de los parámetros bacteriológicos del agua fueron analizados mediante estadística descriptiva (media y el coeficiente de variación). Posteriormente, se realizaron pruebas estadísticas inferenciales de análisis de varianza y de contraste de Tukey para comparar los resultados de los parámetros bacteriológicos entre los puntos de muestreo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN MANANTIAL, RESERVORIO Y PILETAS DOMICILIARIAS

4.1.1. Conductividad eléctrica

Tabla 3.

Valores de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en agua de consumo humano en tres puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), durante los meses de septiembre – noviembre del 2021.

Lugar de muestreo	Meses	Repeticiones			Prom	C. V. (%)
		1	2	3		
Manantial	Septiembre	1423	1479	1350	1417.33	4.56
	Octubre	1125	1430	1360	1305.00	12.24
	Noviembre	1200	1100	1180	1160.00	4.56
Reservorio	Septiembre	1728	1680	1790	1732.67	3.18
	Octubre	1353	1420	1315	1362.67	3.90
	Noviembre	1237	1110	1210	1185.67	5.64
Piletas domiciliarias	Septiembre	1625	1520	1610	1585.00	3.58
	Octubre	1620	1590	1420	1543.33	6.99
	Noviembre	1140	1220	1130	1163.33	4.24

ECA para agua, cat. 1, A1: 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$

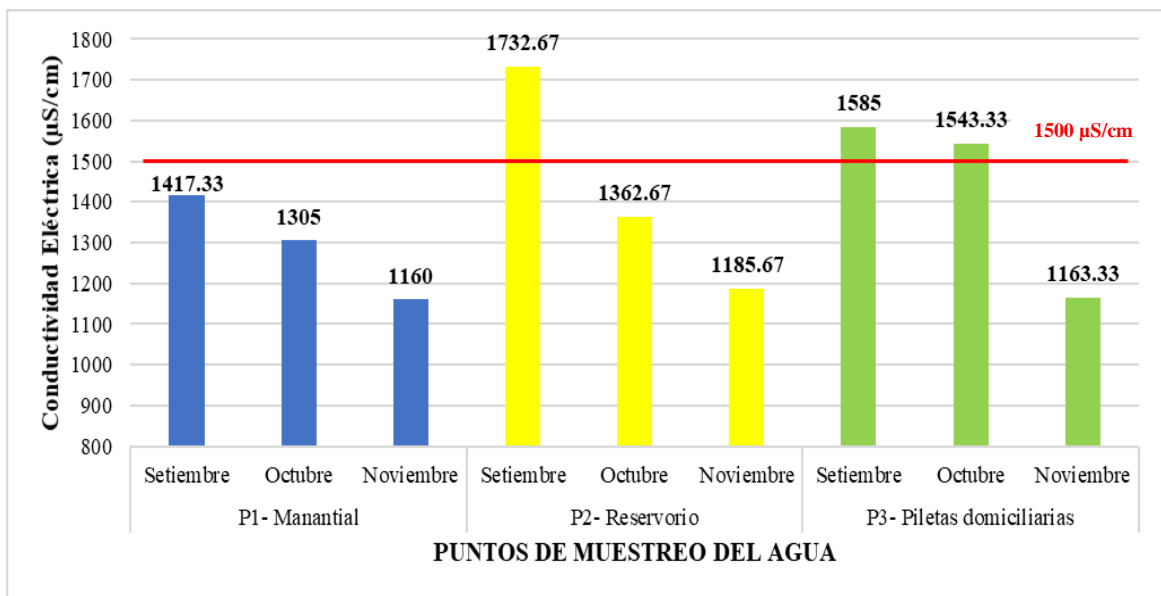
Fuente: Elaboración propia.

La conductividad eléctrica del agua presentó valores superiores a los establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, que puede ser potabilizada con desinfección (categoría 1 – A1), de 9 promedios obtenidos, 3 superaron la norma citada, estas fueron una muestra del reservorio (1732.67

$\mu\text{S/cm}$) y 2 muestras en piletas domiciliarias (1585 $\mu\text{S/cm}$ y 1543.33 $\mu\text{S/cm}$), todas colectadas en los meses de septiembre y octubre (Tabla 3).

Figura 3.

Conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$) en agua de consumo humano durante meses y puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), según norma ECA para agua.



Las muestras de agua presentaron valores promedio de conductividad eléctrica entre 1160.00 $\mu\text{S/cm}$ – 1417.33 $\mu\text{S/cm}$ en el manantial; por otro lado, en el reservorio los valores oscilaron entre 1185.67 $\mu\text{S/cm}$ – 1732.67 $\mu\text{S/cm}$; mientras tanto, en las piletas domiciliarias los valores fluctuaron entre promedios de 1163.33 $\mu\text{S/cm}$ – 1585.00 $\mu\text{S/cm}$. Con respecto al coeficiente de variabilidad, estos oscilaron entre 3.18 % en muestras del reservorio en el mes de septiembre y 12.24 % en muestras de manantial en el mes de octubre (Figura 3).

Luego del análisis de varianza, con un nivel de significancia del 95 %, se determinó que los valores de conductividad eléctrica en muestras de agua evaluadas entre meses, presentaron diferencia estadística significativa ($F=4.70$; $gl=2$; $P\text{-valor}=0.02$). A continuación, la prueba de Tukey arrojó que los valores de

conductividad eléctrica en las muestras de agua, no presentaron diferencia estadística significativa entre los meses de octubre y noviembre; simultáneamente ambos meses fueron superiores estadísticamente a los valores de conductividad eléctrica presentada en el mes de septiembre, como se observa en la Figura 4. Por otro lado, los valores de conductividad eléctrica presentaron diferencias estadísticas entre los tres puntos de muestreo tal como se observa en la Figura 5 (Anexo 1).

Figura 4.

Valores de conductividad eléctrica por meses de muestreo según la prueba de Tukey.

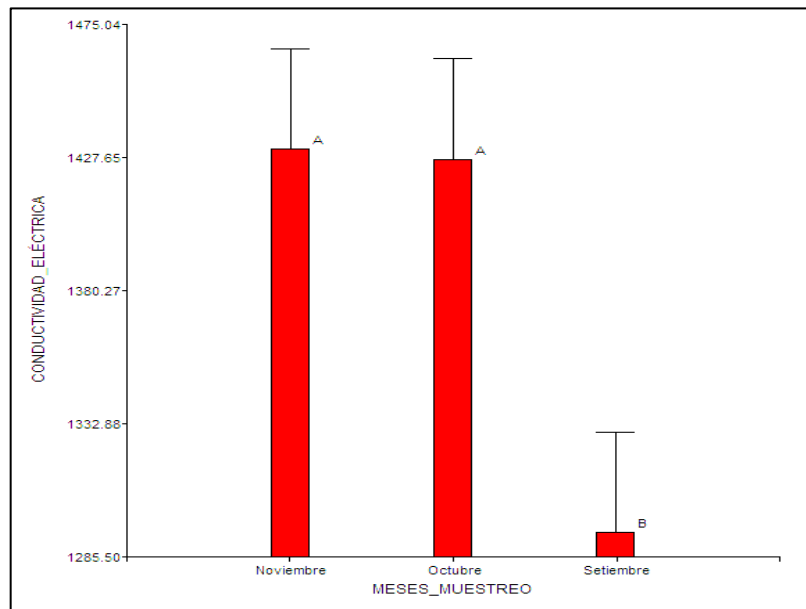
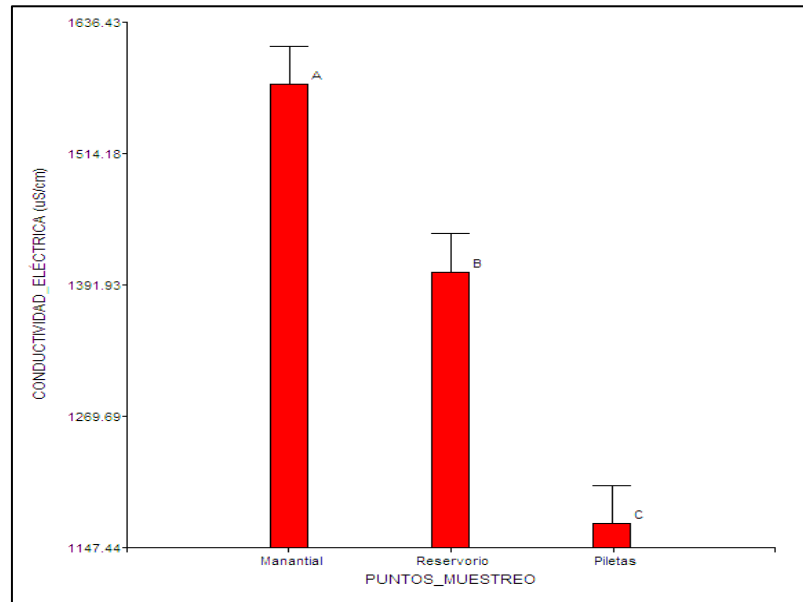


Figura 5.

Valores de conductividad eléctrica por puntos de muestreo según la prueba de Tukey.



En la presente investigación el valor de la conductividad eléctrica en aguas evaluadas en la comunidad de San Salvador Llachacata (1160.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – 1732.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$), fueron superiores a los obtenidos por Mamani (2019), quien en 18 muestras de agua para consumo humano en tres puntos (rio Coata, Zona oriente y occidente del rio Coata), obtuvo valores de conductividad eléctrica entre 216.67 – 1284 $\mu\text{S}/\text{cm}$; asimismo a los registrados por Yana (2017), en la ciudad de Azángaro, donde el sistema de abastecimiento de agua potable presentó la conductividad eléctrica entre 1074.20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – 1208.43 $\mu\text{S}/\text{cm}$; a los reportados por Saldaña (2017), en el distrito de Bambamarca con muestras de agua con conductividad eléctrica promedio de 501.08 $\mu\text{S}/\text{cm}$; a los citados por Blanco (2018), evaluó tres puntos de muestreo (ojo de agua, reservorio y distribución domiciliaria) con valores de conductividad eléctrica de 480.00 – 906.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y a los registrados por Petro y Wees (2014) quienes determinaron valores de



conductividad eléctrica entre 158.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – 947.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en muestras de agua del municipio de Turbaco.

Los valores más elevados de conductividad eléctrica se registraron en el reservorio durante el mes de septiembre, en piletas domiciliarias en el mes de septiembre y octubre, estos resultados tendrían influencia de la naturaleza del terreno a través del cual fluye el agua, lo que contribuye a los niveles más altos de conductividad eléctrica (Fernández, 2012), asimismo está asociado con la temporada de lluvias, removiendo sustancias del suelo que se disuelven en el agua (Broussett *et al.*, 2018). Una muestra de agua que posea una conductividad eléctrica alta es proporcional a la concentración de salinidad de la misma muestra, lo cual está relacionada con la cantidad de minerales presentes en el agua (Gomez, 2022).

Los altos niveles de conductividad eléctrica, indican la posibilidad de contaminación ante valores superiores a los 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, como la mezcla con muestras agua salada, lo que implica un riesgo significativo para la salud de las personas (Dueñas y Hinojosa, 2021). Por consiguiente, la influencia de la conductividad en la salud humana, se manifiesta con una probabilidad de causar trastornos estomacales temporales debido a la alta concentración de salinidad, y también puede llevar a la aparición de diarrea debido a la presencia elevada de sulfatos y cloruros en el agua (Barragán *et al.*, 2018).

Luego del análisis, discusión e interpretación, la elevada conductividad eléctrica en el agua del reservorio y las piletas domiciliarias, superando los estándares establecidos por las normas ECA para la categoría 1, la población consumidora podría tener implicaciones negativas en su salud llegando a causar

trastornos estomacales, en tal sentido se necesita tomar medidas para estas complicaciones de manera inmediata para salvaguardar la salud y el bienestar de la población.

4.1.2. Sulfatos

Tabla 4.

Sulfatos (mg/l) en aguas de consumo humano en tres puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), durante los meses de septiembre – noviembre del 2021.

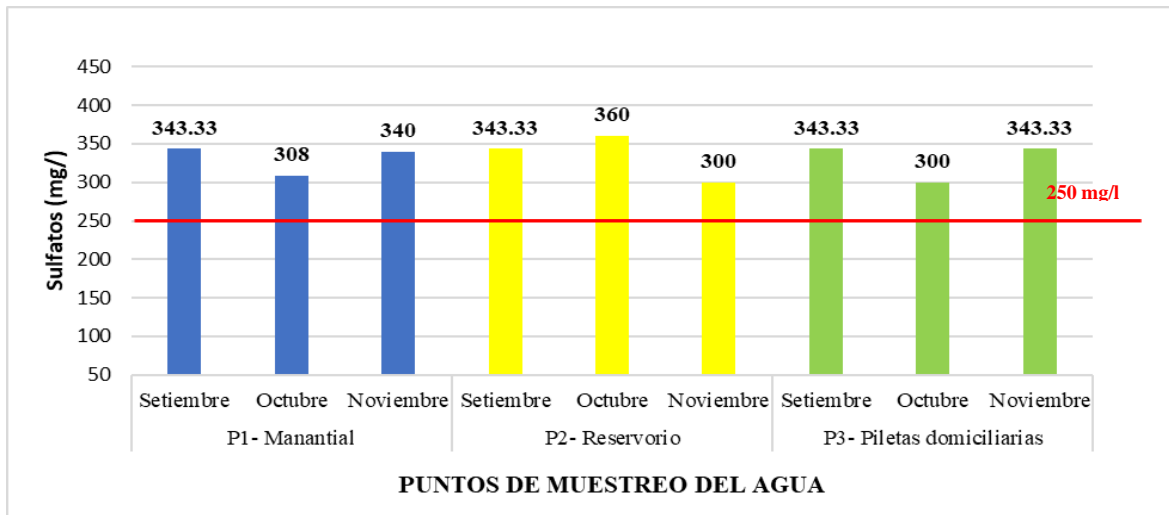
Lugar de muestreo	Meses	Repeticiones			Prom	C. V. (%)
		1	2	3		
Manantial	Septiembre	360	310	360	343.33	8.41
	Octubre	308	308	308	308.00	0.00
	Noviembre	280	360	380	340.00	15.56
Reservorio	Septiembre	360	360	310	343.33	8.41
	Octubre	360	360	360	360.00	0.00
	Noviembre	310	280	310	300.00	5.77
Piletas domiciliarias	Septiembre	360	360	310	343.33	8.41
	Octubre	310	280	310	300.00	5.77
	Noviembre	360	360	310	343.33	8.41

ECA para agua, cat. 1, A1: 250 mg/l

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6.

Valores de sulfatos en agua de consumo humano durante meses y puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), según norma ECA para agua.



La concentración de sulfatos en muestras de agua mostró valores promedios entre 308.00 mg/l – 343.33 mg/l en el manantial; por otra parte, en el reservorio los valores oscilaron entre 300.00 mg/l – 360.00 mg/l; mientras tanto, en las piletas domiciliarias los valores presentaron entre 300.00 mg/l – 343.33 mg/l. Con respecto al coeficiente de variabilidad, estos oscilaron entre 0.00 % en muestras del manantial y reservorio, mientras que en muestras del manantial fue 15.56 %. Los sulfatos en las muestras analizadas presentaron valores superiores a los establecidos por los estándares de calidad ambiental (ECA), que pueden ser potabilizadas con desinfección (categoría 1 – A1), de 27 muestras todas superaron la norma establecida (Figura 6).

La prueba de análisis de varianza de los niveles de sulfatos en las muestras de agua destinadas al consumo humano, con un nivel de confianza del 95%, no presentaron diferencia estadística significativa ($F=0.07$; $gl=2$; $P\text{-valor}=0.93$, Anexo 10) entre meses (Figura 7) ni entre los tres puntos de muestreo (Figura 8).

Figura 7.

Valores de sulfatos en muestras de agua por meses de muestreo según la prueba de Tukey.

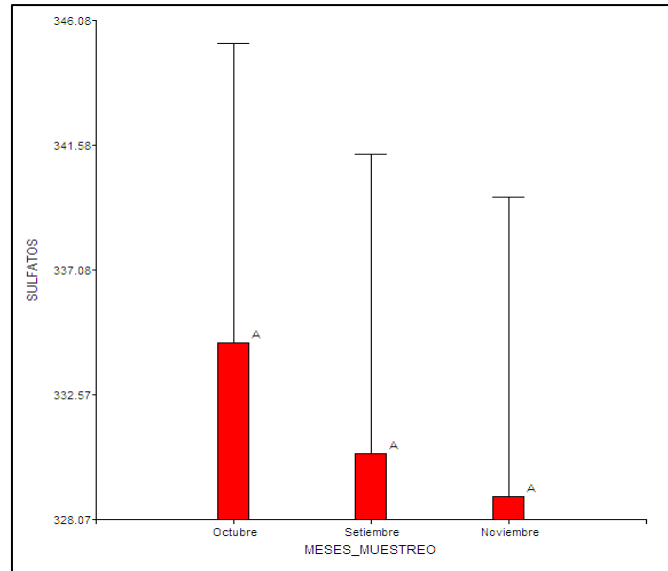
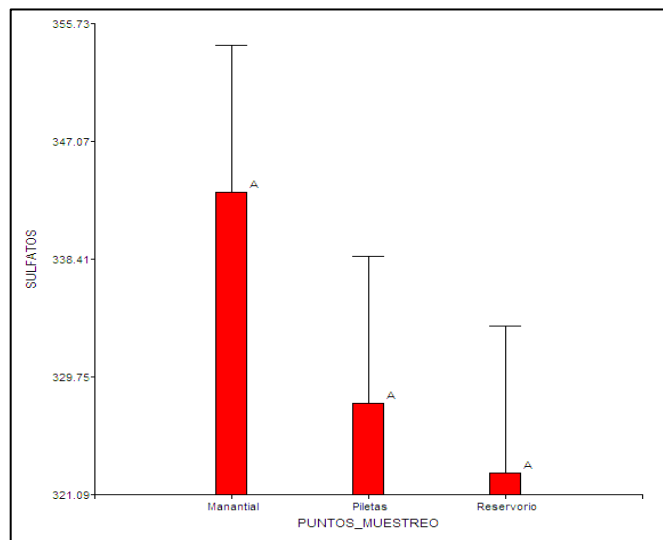


Figura 8.

Valores de sulfatos en muestras de agua por puntos de muestreo según la prueba de Tukey.



Los valores de sulfatos en los tres puntos de muestreo oscilaron entre 300 mg/l y 360 mg/l, estos fueron similares a los obtenidos por Calsín (2016), quien en muestras de agua del sector Taparachi III de la ciudad de Juliaca, de 70 pozos



(32 artesianos y 38 tubulares), obtuvo valores de sulfatos de 226 mg/l – 324 mg/l. En contraste fueron inferiores a los mencionados por Martínez (2017), quien aguas del distrito de Samán, provincia de Azángaro, las aguas presentaron valores de sulfatos de 104.5 mg/l y a los registrados por Mamani (2019), en fuentes de aguas de la comunidad de Suches, distrito de Caracoto, provincia de San Román, obteniendo valores de sulfatos de 93 mg/l – 305 mg/l.

Las fuentes de agua en los puntos de muestreo con elevados niveles de sulfatos, se deben a que tienen influencia de los suelos y/o formaciones rocosas que albergan minerales de sulfato, estos minerales al entrar en contacto con el agua que fluye a través de las rocas, se disuelven y contribuyen a su composición química, posiblemente debido a la presencia de yeso, que es un compuesto de sulfato de calcio (CaSO_4) (Ponce, 2020). Los sulfatos se encuentran de manera extensa en el entorno natural y puede estar presente en aguas naturales desde pequeñas cantidades hasta varios miles de mg por litro, después de los bicarbonatos los iones de sulfato son los aniones predominantes en el agua natural, en consecuencia los sulfatos desempeñan un papel importante en la medida de la conductividad total (Bonilla, 2013).

Ante la alta concentración de sulfatos en la investigación respecto al agua de consumo humano, los sulfatos en grandes concentraciones pueden producir una irritación gastrointestinal, esto afectaría a las personas no habituadas al beber agua con niveles altos. Cuando el agua supera los 250 mg/l tiene un sabor amargo, esto hace que el agua sea incómoda para beber a causa de los efectos mencionados, es recomendable no consumir en concentraciones mayores a 500 mg/l (DIGESA, 2009). Sin embargo, la alta concentración de sulfatos puede ocasionar un efecto laxante en el cuerpo humano, asimismo causa deshidratación como efecto

secundario en el organismo, siendo los niños y adultos mayores los más perjudicados por esta condición (Bolaños *et al.*, 2017).

Tras llevar a cabo el análisis de los sulfatos en los tres puntos de muestreo, las muestras de agua presentaron una contaminación probablemente debido a las formaciones rocosas y suelos con minerales sulfatados, lo que resalta la necesidad inmediata de proteger la integridad del suministro de agua en todas las etapas de distribución, uno de los problemas de la alta concentración de sulfatos puede causar efectos laxantes teniendo la posibilidad de experimentar diarrea y deshidratación.

4.1.3. pH

Tabla 5

pH en agua de consumo humano en tres puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), durante los meses de septiembre – noviembre del 2021.

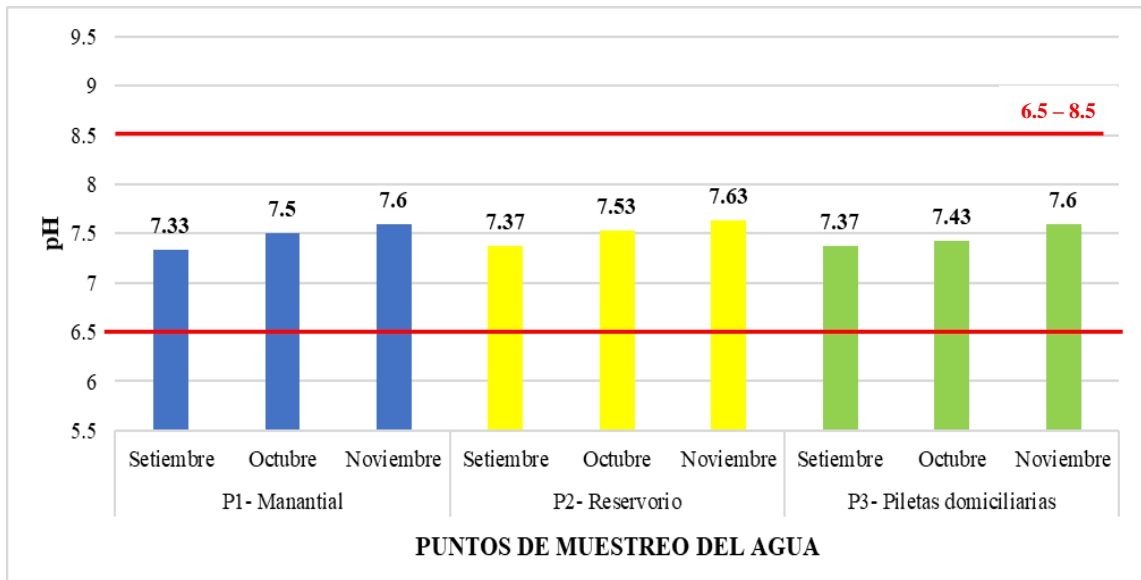
Lugar de muestreo	Meses	Repeticiones			Prom	CV (%)
		1	2	3		
Manantial	Septiembre	7.3	7.4	7.3	7.33	0.79
	Octubre	7.5	7.7	7.3	7.50	2.67
	Noviembre	7.5	7.6	7.7	7.60	1.32
Reservorio	Septiembre	7.4	7.4	7.3	7.37	0.78
	Octubre	7.5	7.6	7.5	7.53	0.77
	Noviembre	7.6	7.6	7.7	7.63	0.76
Piletas domiciliarias	Septiembre	7.4	7.3	7.4	7.37	0.78
	Octubre	7.4	7.4	7.5	7.43	0.78
	Noviembre	7.6	7.6	7.6	7.60	0.00

ECA para agua, cat. 1, A1: pH: 6.5 - 8.5

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9.

Valores de pH en agua de consumo humano durante meses y puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), según norma ECA para agua.



El agua mostró valores de pH entre 7.33 – 7.60 en muestras del manantial, en el reservorio predominaron entre 7.37 – 7.63, mientras tanto, en piletas domiciliarias los promedios fueron de 7.37 – 7.60. Con respecto al coeficiente de variabilidad, estos oscilaron entre 0.00 % en muestras de las piletas domiciliarias y 2.67 % en muestras del manantial (Figura 9).

El pH del agua se encontró dentro de los estándares de calidad ambiental (ECA), que pueden ser potabilizadas con desinfección (categoría 1 – A1) con un valor promedio de 6.5 – 8.5. Por consiguiente, de las 27 muestras analizadas los valores se ubicaron en el rango establecido (Figura 9).

El análisis de varianza con un nivel de significancia del 95 %, determinó que los valores de pH en muestras de agua evaluadas entre meses, no presentaron diferencia estadística significativa ($F=0.70$; $gl=2$; $P\text{-valor}=0.50$, Anexo 11), tal

como se muestra en la Figura 10; pero si presentaron entre los tres puntos de muestreo (Figura 11).

Figura 10.

Valores de pH en muestras de agua de consumo humano por meses de muestreo según la prueba de Tukey.

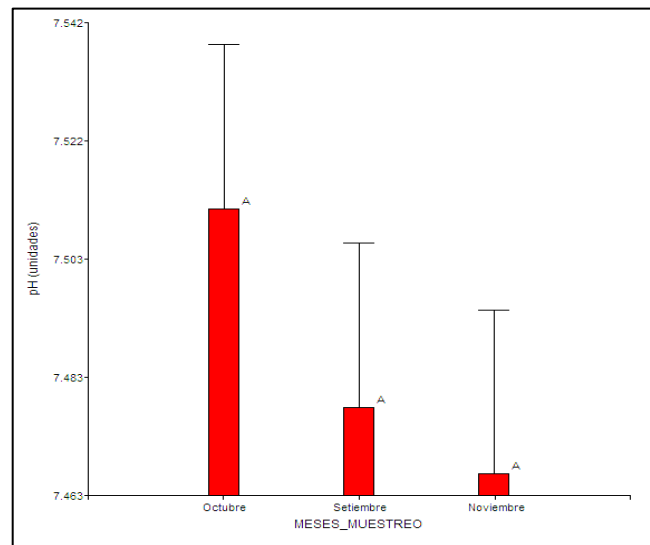
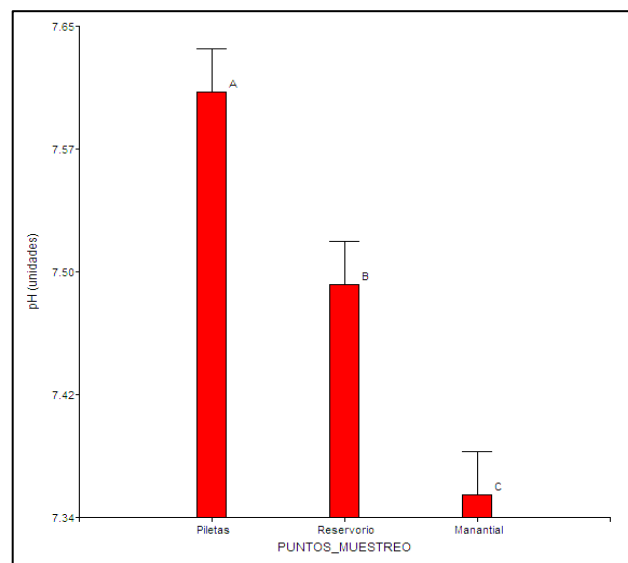


Figura 11.

Valores de pH en muestras de agua de consumo humano por puntos de muestreo según la prueba de Tukey.





Los valores del pH en la fuente de agua para consumo humano oscilaron entre 7.33 – 7.63 unidades, estos fueron similares a los registrados por Mamani (2019), quien en la comunidad de Suches de la provincia de San Román (Puno – Perú), obtuvo valores de 7.47 – 8.23 unidades; también a los reportados por Saldaña (2017) quien en el distrito de Bambamarca (Cajamarca), registró valores promedios de 7.84 unidades de pH; y a los mencionados por Curo (2015), quien en muestras de aguas de pozos en cuatro parcialidades del distrito de Huata determinó valores de pH de 6.9 – 7.8 unidades.

El nivel de pH evaluado se encuentra dentro de los valores permitidos por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, este parámetro es ampliamente investigado debido a que ejerce una gran influencia en numerosos procesos que ocurren en el agua y en la infraestructura de las redes de distribución del agua, además puede desempeñar un papel significativo durante los procesos de coagulación y desinfección (Giraldo y Carvajal, 2019). A su vez se busca mantener el valor promedio como una condición deseable en aguas destinadas al consumo humano ya que cualquier alteración en este factor puede conllevar consecuencias negativas, como la presencia de sustancias que puedan resultar tóxicas para la salud de las personas (Pérez, 2016).

El pH no tiene un impacto directo en los consumidores, pero es un indicador importante de la calidad del agua, para lograr una desinfección efectiva con cloro, es recomendable que el pH sea inferior a 8, pero cuando el pH supere el valor de 11 puede causar irritación ocular y originar trastornos cutáneos (Castillo *et al.*, 2022).

De acuerdo a los análisis de resultados de este parámetro (pH), se sugiere que el agua no es ni demasiado ácida ni demasiado alcalina, lo que contribuye a la aceptabilidad y seguridad del agua potable, esta condición óptima del pH siendo vital para la salud humana, el funcionamiento eficiente de los sistemas de distribución y la eficacia de los procesos de tratamiento del agua, Además, se destaca la importancia de llevar a cabo un seguimiento constante para garantizar que los niveles permanezcan en los rangos apropiados.

4.1.4. Dureza

Tabla 6

Dureza (mg/l) en agua de consumo humano en tres puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), durante los meses de septiembre – noviembre del 2021.

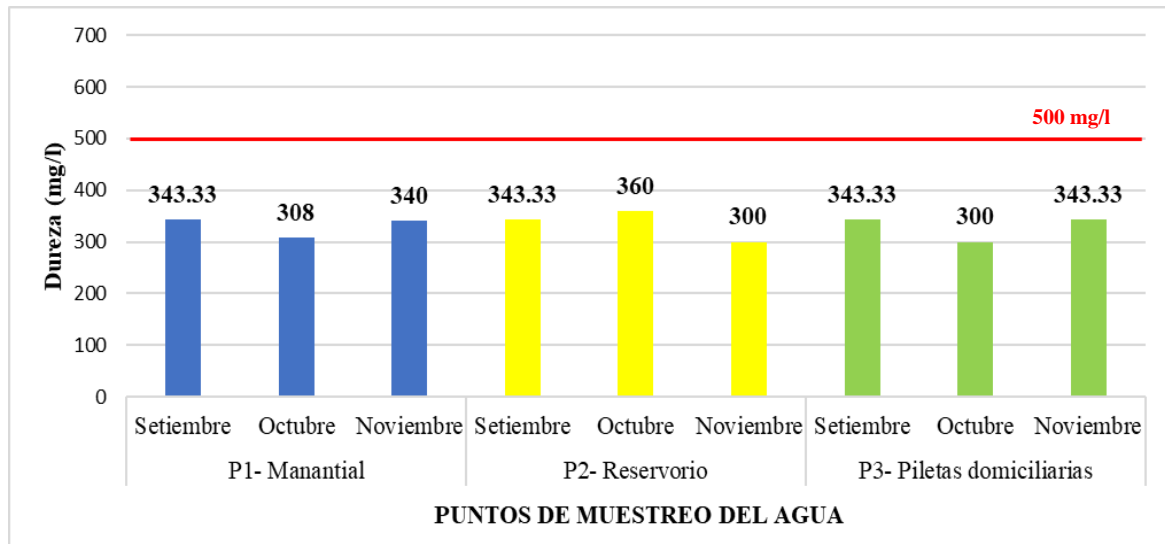
Lugar de muestreo	Meses	Repeticiones			Prom	C. V. (%)
		1	2	3		
Manantial	Septiembre	32.00	38.00	35.00	35.00	8.57
	Octubre	39.00	45.00	37.00	40.33	10.32
	Noviembre	35.00	33.00	30.00	32.67	7.70
Reservorio	Septiembre	35.00	32.00	39.00	35.33	9.94
	Octubre	42.00	48.00	44.00	44.67	6.84
	Noviembre	41.00	42.00	47.00	43.33	7.42
Piletas domiciliarias	Septiembre	37.00	38.00	41.00	38.67	5.38
	Octubre	31.00	28.00	33.00	30.67	8.21
	Noviembre	34.00	38.00	37.00	36.33	5.73

ECA para agua, cat. 1, A1: 500 mg/l

Fuente: Elaboración propia.

Figura 12.

Valores de dureza (mg/l) en agua de consumo humano durante meses y puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), según norma ECA para agua.



Las muestras de agua tuvieron valores promedios de dureza entre 32.67 mg/l – 40.33 mg/l en muestras procedentes de manantial, en el reservorio los valores predominaron entre 35.33 mg/l – 44.67 mg/l, por otro lado, en las piletas domiciliarias los valores oscilaron entre promedios de 30.67 mg/l – 38.67 mg/l. Respecto al coeficiente de variabilidad, oscilaron entre 5.38 % en muestras de piletas domiciliarias en el mes de septiembre y 10.32 en muestras del manantial en octubre.

Según la normativa ECA, los valores de dureza del agua se encuentran dentro de los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), que pueden ser potabilizadas con desinfección (categoría 1 – A1) con un valor 500 mg/l. Por consiguiente, en los tres puntos de muestreo no se superaron los valores establecidos por la norma (Figura 12).

Luego de realizar el análisis de varianza, con un nivel de significancia del 95 %, se determinó que los valores de dureza en muestras de aguas evaluadas entre los meses, si presentaron diferencia estadística significativa ($F=4.18$; $gl=2$; $P\text{-valor}=0.02$, Anexo 5), lo cual fue corroborado por mediante la prueba de Tukey, donde resultó que los valores de dureza en las muestras de agua presentaron diferencias estadística significativas entre los meses (Figura 13), más no entre los tres puntos de muestreo como se observa en la Figura 14.

Figura 13.

Valores de dureza en muestras de agua de consumo humano por meses de muestreo según la prueba de Tukey.

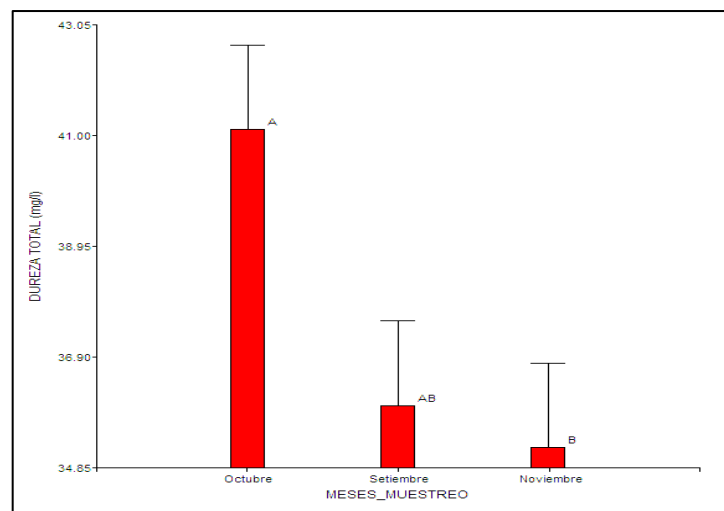
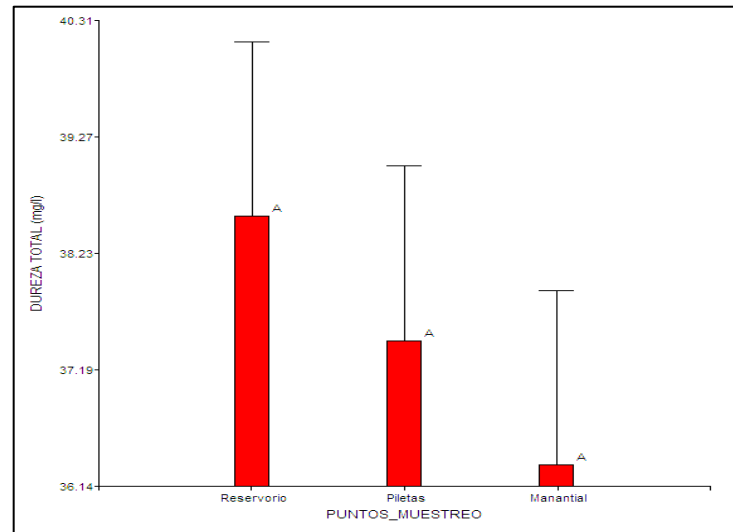


Figura 14.

Valores de dureza en muestras de agua de consumo humano por meses de muestreo según la prueba de Tukey.



Los valores de dureza de 30.67 mg/l – 47.00 mg/l obtenidos en la investigación fueron inferiores a los reportados por Petro y Wees (2014), quienes el municipio de Turbaco, obtuvieron valores de dureza total de 66.60 mg/l – 225.80 mg/l; a los registrados por Huaccha y Villena (2018), quienes indican en la calidad fisicoquímica y microbiológico del agua del manantial NE-02 en el caserío Agua Blanca, resultados de dureza total 293.93 mg/l; a los presentados por Curo (2015), quien en cuatro parcialidades del distrito de Huata (Puno-Perú) reportó valores de dureza que variaron entre 285.9 mg/l – 408.3 mg/l; y a los citados por Mamani (2019), quién en muestras de agua de la comunidad de Suches, obtuvo valores de 178.33 mg/l – 953.33 mg/l.

La dureza del agua en los tres puntos de muestreo se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa vigente, y está clasificada como agua blanda, lo que indica una dureza inferior a 60 mg/l y sugiere tener una capacidad de amortiguación reducida, lo que puede conducir el riesgo de corrosión en las



tuberías, debido a la presencia de metales pesados como el cobre, plomo y cadmio. Además de eso la magnitud de la corrosión y la liberación de estos metales también es afectada por factores como el pH, la alcalinidad y la concentración de oxígeno disuelto, como lo señala Neira (2006). Adicionalmente la dureza del agua se origina de manera natural ya que proviene de los minerales presentes en el suelo debido a la existencia de rocas sedimentarias que filtran el agua a través de las capas del suelo y del escurrimiento (Barragán *et al.*, 2018).

La dureza del agua es una medida que señala la cantidad total de iones alcalinotérreos en el agua, lo que la convierte en un indicador importante de la calidad del agua, estas aguas naturales presentan calcio y magnesio que es típicamente mucho mayor que otros iones alcalinotérreos. Además, el agua con alta dureza tiende a dejar depósitos sólidos o costras como el carbonato de calcio en las tuberías pudiendo causar obstrucciones, sin embargo la intensidad de la dureza del agua se incrementa a medida que aumenta la concentración de calcio y magnesio (Castillo *et al.*, 2022). Los estudios epidemiológicos investigaron la relación de la dureza del agua para consumo y su asociación con enfermedades cardiovasculares y litiasis urinaria en ciertas regiones, concluyéndose que la población consumidora tolera el agua dura y las condiciones locales pueden permitir niveles de dureza de hasta 500 mg/l (Pérez, 2016).

Luego de realizar los análisis de dureza, se encontró por debajo de los estándares establecidos, lo que se resalta que es un parámetro esencial para asegurar la calidad del agua y satisfacer las necesidades de la comunidad ya que el agua cumple con los requisitos de calidad, lo cual es fundamental para el bienestar y salud de la población.

4.1.5. Nitratos

Tabla 7

Nitratos (mg/l) en agua de consumo humano en tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), durante los meses de septiembre – noviembre del 2021.

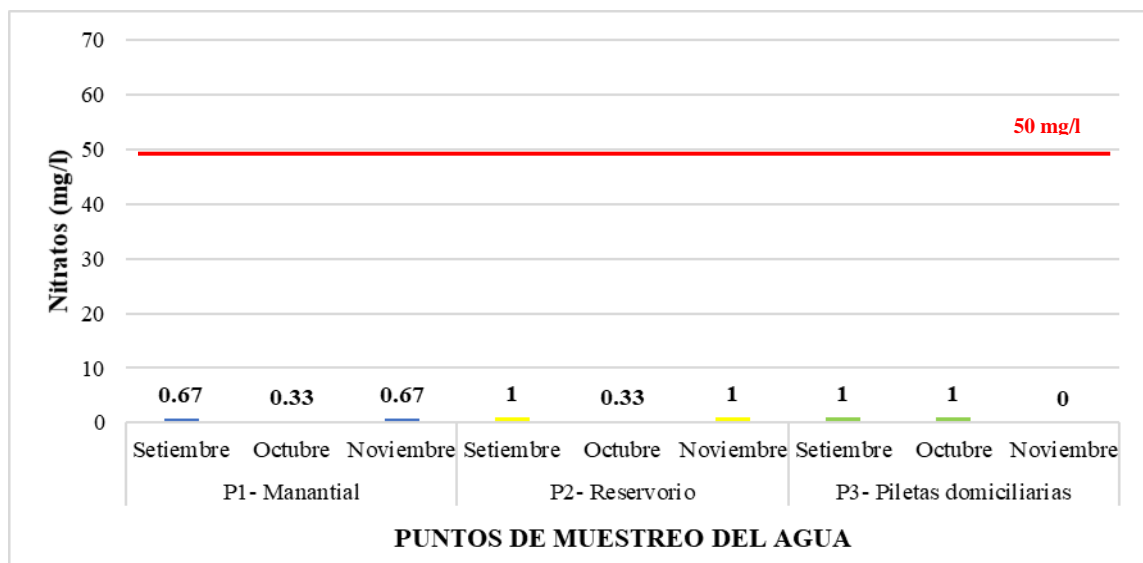
Lugar de muestreo	Meses	Repeticiones			Prom	CV (%)
		1	2	3		
Manantial	Septiembre	1.0	1.0	0.0	0.67	86.60
	Octubre	0.0	0.0	1.0	0.33	173.21
	Noviembre	1.0	1.0	0.0	0.67	86.60
Reservorio	Septiembre	1.0	1.0	1.0	1.00	0.00
	Octubre	0.0	0.0	1.0	0.33	173.21
	Noviembre	1.0	1.0	1.0	1.00	0.00
Piletas domiciliarias	Septiembre	1.0	1.0	1.0	1.00	0.00
	Octubre	1.0	1.0	1.0	1.00	0.00
	Noviembre	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00

ECA para agua, cat. 1, A1: 50 mg/l

Fuente: Elaboración propia.

Figura 15.

Valores de nitratos en agua de consumo humano durante meses y puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), según norma ECA para agua.





Las muestras de agua presentaron valores promedios de nitratos entre 0.33 mg/l – 0.67 mg/l en muestras procedentes del manantial; en el reservorio los valores fueron de 0.33 mg/l – 1.00 mg/l; mientras tanto, en las piletas domiciliarias los valores oscilaron entre 0.00 mg/l y 1.00 mg/l. Respecto al coeficiente de variabilidad, oscilaron entre 0.00 % en muestras de piletas domiciliarias y 1.00 % en muestras de piletas domiciliarias y del reservorio.

Según la normativa ECA, los valores de nitrato se encuentran dentro de los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), que pueden ser potabilizadas con desinfección (categoría 1 – A1) con un valor de 50 mg/l. Por consiguiente, en los tres puntos de muestreo no se superaron los valores establecidos por la norma (Figura 15).

Luego de realizar el análisis de varianza con un nivel de significancia del 95 %, se determinó que los valores de nitratos en muestras de agua evaluadas no presentaron diferencia estadística significativa ($F=0.48$; $gl=2$; $P\text{-valor}=0.62$, Anexo 4) entre meses. A continuación, la prueba de Tukey confirmó que los valores de nitratos en las muestras de agua no presentaron diferencia estadística significativa entre los tres meses de muestreo (Figura 16), de igual modo no presentaron diferencia estadística entre los tres puntos de muestreo (Figura 17).

Figura 16.

Valores de nitratos en muestras de agua de consumo humano por meses de muestreo según la prueba de Tukey.

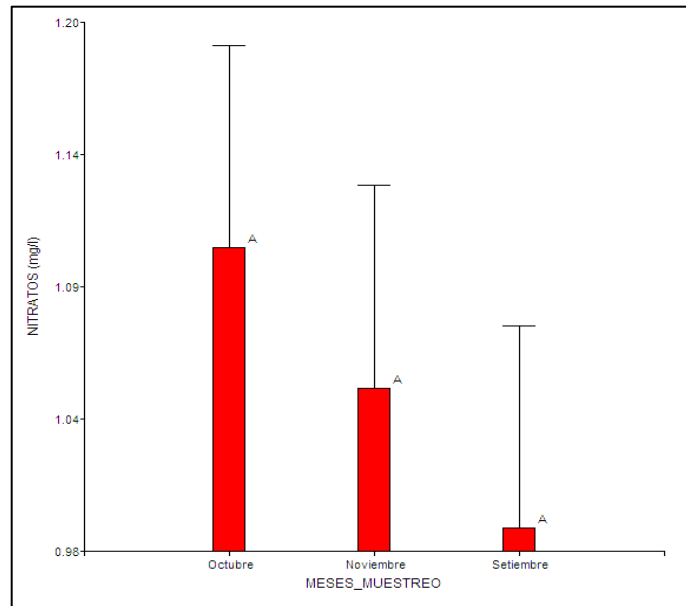
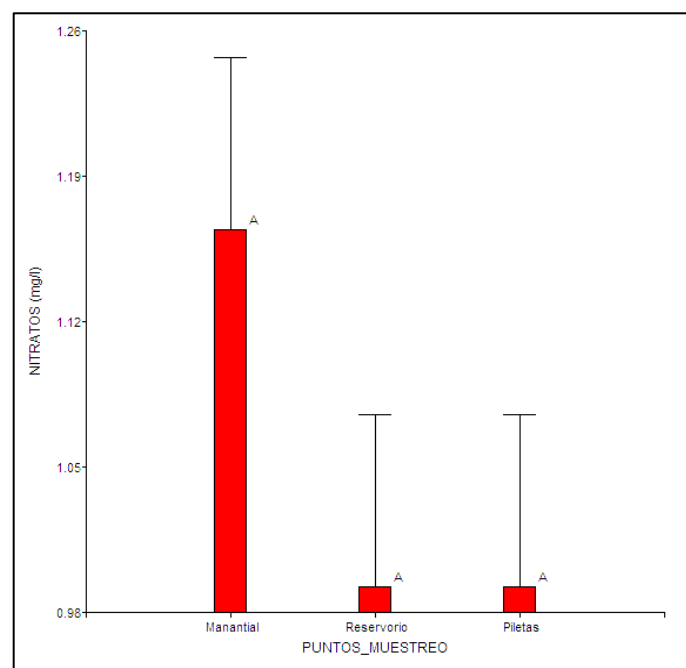


Figura 17.

Valores de nitratos en muestras de agua de consumo humano por puntos de muestreo según la prueba de Tukey.





Los resultados obtenidos del análisis de nitratos oscilaron de 0 mg/l – 1 mg/l, siendo estos similares a los reportados por Mamani (2019), donde los valores del agua de seis puntos de muestreo estuvieron de 1.43 – 25.0 mg/l en la comunidad de Suches, distrito de Caracoto; a los registrados por Calsín (2016), quien reportó en aguas en el sector Taparachi III de la ciudad de Juliaca presentaron valores de nitratos de 3.22 – 34.1 mg/l; a su vez por Contreras (2021), quién obtuvo cifras de 16.19 mg/l en los manantiales de la parcialidad de Jiscullaya.

En la presente investigación los contenidos de nitrato en agua no superaron los valores para consumo humano (0 – 1 mg/l). El contenido de nitrato en el agua varía de acuerdo a la región y a la zona donde fue colectada y puede ser influida por las actividades naturales relacionadas con la ganadería y agricultura (Vetere *et al.*, 2010), asimismo se pueden encontrar en las aguas subterráneas debido a diferentes causas, esto puede originarse por la descomposición de rocas que tienen nitratos, aunque es poco común y se relaciona con la contaminación provocada por actividades urbanas, industriales y ganaderas, además del uso incorrecto de fertilizantes que contienen altas cantidades de compuestos de nitrógeno (Bonilla, 2013).

La presencia de nitrato en el agua destinada al consumo humano es motivo de gran preocupación debido a que su aumento puede provocar metahemoglobinemia en lactantes menores de 6 años, los nitratos pueden ser absorbidos por el intestino delgado y transportados a través del torrente sanguíneo para luego ser excretados por las vías urinarias. Por otro lado, también se encuentran los nitratos en fertilizantes agrícolas, los cuales son las principales fuentes de contaminación del agua (Vitoria *et al.*, 2015).

La hipótesis alterna es aceptada debido a que en el proyecto se establece que los parámetros analizados como la conductividad eléctrica y sulfatos supera los valores de la categoría 1 – A1 en las normas ECA para agua.

Luego del análisis y resultados en relación con los nitratos sugiere que al menos en este aspecto, el suministro de agua es seguro para el consumo y otras aplicaciones domésticas, es fundamental para preservar la salud pública y la calidad del agua, por lo tanto, también es importante continuar monitoreando de manera regular estos niveles para asegurar que se mantengan dentro de los límites recomendados.

4.2. CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN EL MANANTIAL, RESERVORIO Y PILETAS DOMICILIARIAS

4.2.1. Coliformes totales

Tabla 8

Recuento de coliformes totales (NMP/100 ml) en agua de consumo humano en tres puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), durante los meses de septiembre – noviembre del 2021.

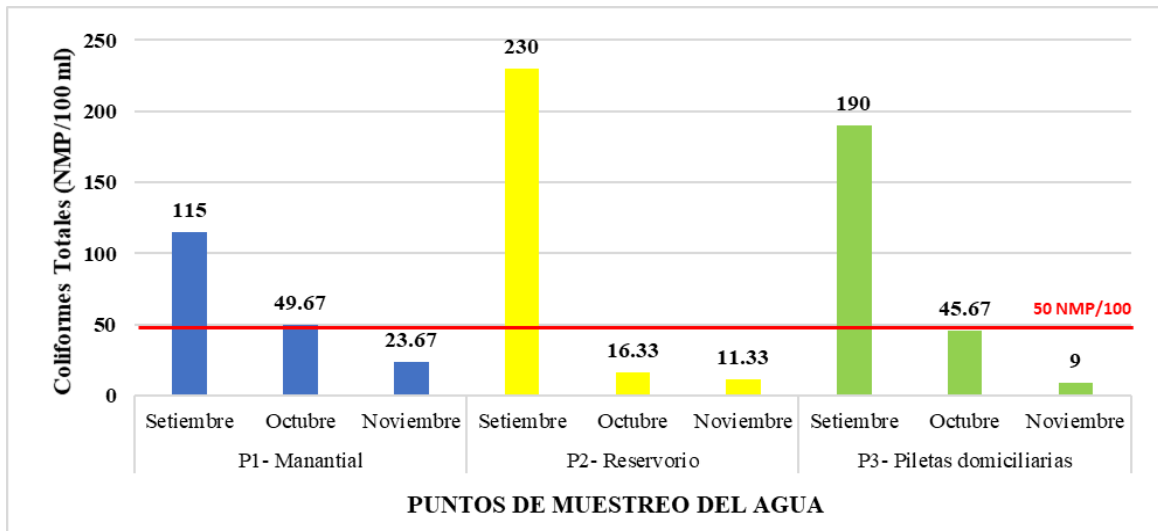
Lugar de muestreo	Meses	Repeticiones			Prom	CV (%)
		1	2	3		
Manantial	Septiembre	150	95	100	115.00	26.45
	Octubre	55	30	64	49.67	35.47
	Noviembre	30	21	20	23.67	23.27
Reservorio	Septiembre	240	240	210	230.00	7.53
	Octubre	20	14	15	16.33	19.68
	Noviembre	14	9	11	11.33	22.21
Piletas domiciliarias	Septiembre	210	150	210	190.00	18.23
	Octubre	30	43	64	45.67	37.57
	Noviembre	7	9	11	9.00	22.22

ECA para agua, cat. 1, A1: 50 NMP/100 ml

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18.

Carga bacteriológica de coliformes totales en agua de consumo humano durante meses y puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), según norma ECA para agua.



Los valores promedios de las coliformes totales oscilaron de 23.67 NMP/100 ml – 115 NMP/100 ml en muestras procedentes del manantial; en el reservorio los valores estuvieron entre 11.33 NMP/100 ml – 230 NMP/100 ml; mientras tanto, en las piletas domiciliarias los valores oscilaron entre 9 NMP/100 ml – 190.00 NMP/100 ml. Con respecto al coeficiente de variabilidad, estos oscilaron entre 7.53 % en muestras de reservorio y 37.57 % en muestras de piletas domiciliarias.

Según la normativa ECA, el valor permitido para coliformes totales para agua que pueden ser potabilizadas con desinfección (categoría 1 – A1) es de 50 NMP/100 ml, de las 9 muestras promedios analizadas, tres superaron los valores de la norma citada, entre ellas las muestras de manantial con 115 NMP/100 ml, asimismo en el reservorio 230 NMP/100 ml y en piletas domiciliarias 190 NMP/100 ml.

Luego de realizar el análisis de varianza, con un nivel de significancia del 95 %, se determinó que los valores de coliformes totales en muestras de aguas evaluadas entre los meses, no presentaron diferencia estadística significativa ($F=1.14$; $gl=2$; $P\text{-valor}=0.33$). Corroborándose con la prueba de Tukey donde no presentaron diferencia significativa entre los meses de muestreo (Figura 19) ni entre los tres puntos de muestreo (Figura 20).

Figura 19.

Valores de coliformes totales en muestras de agua de consumo humano por meses de muestreo según la prueba de Tukey.

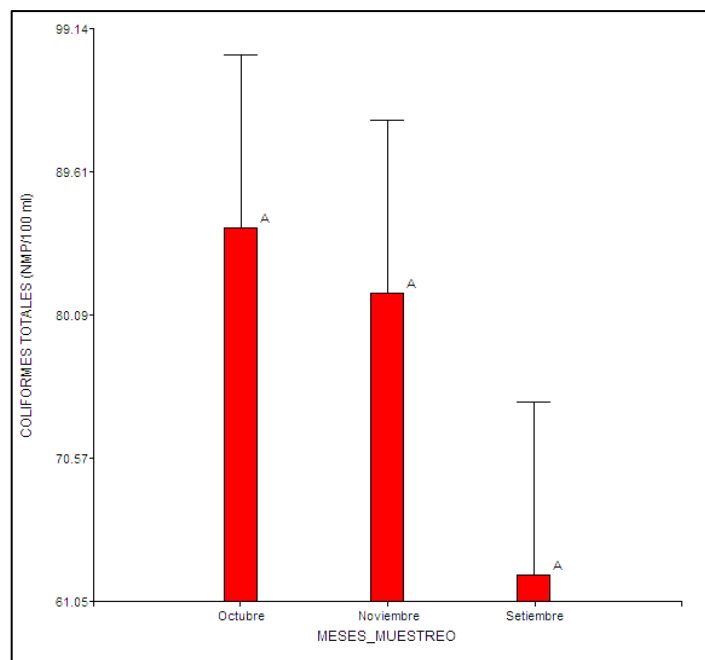
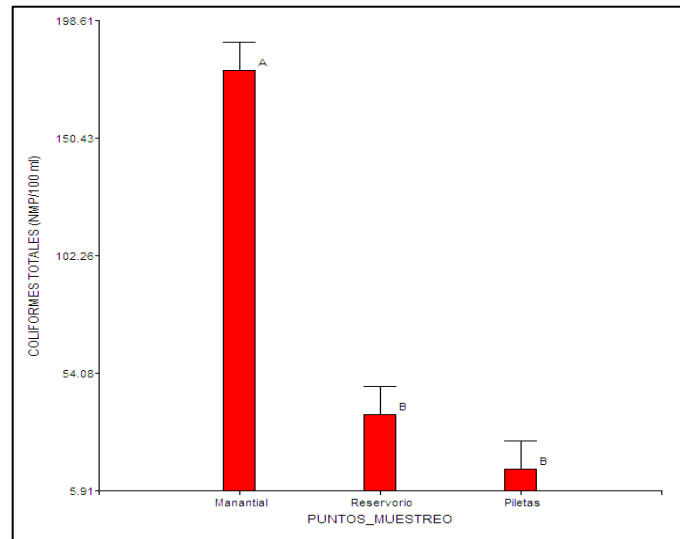


Figura 20.

Valores de coliformes totales en muestras de agua de consumo humano por puntos de muestreo según Prueba Tukey.



Los valores de coliformes totales oscilaron entre 9 NMP/100 ml – 230 NMP/100 ml, estos fueron superiores a los reportado por Mamani (2019), quien, en aguas superficiales y subterráneas de la comunidad de Suches, distrito de Caracoto obtuvo valores de 26.67 NMP/100 ml; en contraste fueron inferiores a los reportados por Quispe (2017), quien en aguas del distrito de Santa Rosa registraron valores de 330 NMP/100 ml; superan también a los indicados por Saldaña (2017), que en muestras de agua de consumo humano en el distrito de Bambamarca, determinó valores de coliformes totales de 8.5 NMP/100 ml.

La presencia de coliformes totales en la investigación indica contaminación bacteriológica, este grupo se refiere a bacilos Gram negativos que no forman esporas y tienen la capacidad de fermentar lactosa, produciendo gas (Rodríguez *et al.*, 2018), los valores altos de coliformes totales hallados en la investigación demostraría que los manantiales se localizan en áreas de pastoreo para ganado ovino, estos albergan abrevaderos cercanos que resulta en un tránsito



directo, en consecuencia ocasiona que el suelo cercano a la fuente de agua quede cubierto de excrementos, por tanto pueden llegar a contaminar la captación debido a posibles defectos estructurales como no cubiertas y pueden llegar por el discurrimiento de las precipitaciones (Rodríguez *et al.*, 2003).

La identificación de niveles altos de coliformes totales en este estudio, resalta la existencia de un riesgo vinculado a la presencia de desechos de animales en el agua destinada al consumo humano, por ende su presencia indica deficiencias en el proceso de tratamiento del agua y en la integridad del sistema de distribución, lo que podría poner en peligro la salud pública (OMS, 2011). Además, es esencial notar que la contaminación del agua también podría tener un papel en la propagación de enfermedades gastrointestinales, entonces de ahí que la exposición de contacto directo podría dar lugar a infecciones en la piel, los ojos y los oídos (Castillo *et al.*, 2022).

Tras llevar a cabo el análisis, la interpretación y la obtención de los resultados, la detección de coliformes totales podría ser un indicio de contaminación, presentando un riesgo potencial para la salud pública y este hallazgo podría estar vinculado a posibles enfermedades gastrointestinales en los consumidores. Por ende, es esencial llevar a cabo tratamientos apropiados para asegurar la potabilidad del agua y salvaguardar la salud de la comunidad.

4.2.2. Coliformes termotolerantes

Tabla 9

Recuento de coliformes termotolerantes (NMP/100ml) en agua de consumo humano en tres puntos (manantial, reservorio y piletas domiciliarias), durante los meses de septiembre – noviembre del 2021.

Lugar de muestreo	Meses	Repeticiones			Prom	C. V. (%)
		1	2	3		
Manantial	Septiembre	< 3	< 3	< 3	< 3	0.00
	Octubre	< 3	< 3	< 3	< 3	0.00
	Noviembre	< 3	< 3	< 3	< 3	0.00
Reservorio	Septiembre	< 3	< 3	< 3	< 3	0.00
	Octubre	< 3	< 3	< 3	< 3	0.00
	Noviembre	< 3	< 3	< 3	< 3	0.00
Piletas domiciliarias	Septiembre	< 3	< 3	< 3	< 3	0.00
	Octubre	< 3	< 3	< 3	< 3	0.00
	Noviembre	< 3	< 3	< 3	< 3	0.00

Fuente: elaboración propia.

El recuento de coliformes termotolerantes en la investigación presentó valores menores a 3 NMP/ 100 ml, estos resultados fueron inferiores a los reportados por Huaccha y Villena (2018) en Cajamarca (Perú), quien en el agua del manantial NE-02 en el Caserío de Agua Blanca, obtuvieron valores de coliformes termotolerantes de 0.7 NMP/100 ml; asimismo, a los reportados por Saldaña (2017) quien en el distrito de Bambamarca, en cuatro puntos de muestreo reportó recuentos de coliformes termotolerantes de 3.50 NMP/100 ml y a los indicados por Mamani (2019) en la comunidad de Suches donde se presentó valores de coliformes termotolerantes entre 3 – 60 NMP/100 ml.



En la investigación los recuentos de coliformes termotolerantes fueron inferiores en los tres puntos de muestreo obteniendo un valor de menores a 3, ello indica que las muestras de agua presenta condiciones aceptables desde el punto de vista bacteriológico en términos de contaminación fecal, caso contrario señalaría la existencia de contaminación fecal procedente de heces de animales de sangre caliente y el ser humano, por consiguiente es esencial subrayar que la presencia de coliformes fecales en el agua conlleva un riesgo significativo para la salud y hace que el agua sea segura para el consumo humano, pero de todas maneras debe ser sometida a un tratamiento de cloración para eliminar coliformes termotolerantes con una eficiencia del 100 % (Gonzales y Núñez, 2021).

La presencia frecuente de resultados elevados en los análisis bacteriológicos sugiere la existencia de contaminación fecal en el agua. Por lo tanto, es recomendable llevar a cabo de manera regular la supervisión y análisis bacteriológicos tanto de los sistemas de suministro de agua, como de las fuentes de agua que abastecen a la población (Aguilar y Navarro, 2018), en ese sentido, la existencia de bacterias de coliformes de origen fecal podría desencadenar trastornos gastrointestinales, tales como diarrea, vómitos severos y una significativa deshidratación (Castillo *et al.*, 2022).

La hipótesis alterna se acepta porque el proyecto evidencia que los parámetros evaluados de coliformes totales, supera los valores de la categoría 1-A1 en las normas ECA para agua. No obstante, en cuanto a los coliformes termotolerantes están dentro de los límites establecidos.

Tras el análisis de los resultados se deduce que no hay presencia de coliformes termotolerantes en el agua de consumo humano, lo que sugiere que no



está contaminada por coliformes fecales, esto afirma que en base a estos hallazgos en el agua presenta una calidad bacteriológica aceptable para los habitantes de la comunidad San Salvador de Llachacata, pero es necesario realizar un seguimiento adicional y en casos extremos, implementar medidas para garantizar la seguridad del suministro de agua potable.



V. CONCLUSIONES

- Los parámetros fisicoquímicos de las muestras de la comunidad de San Salvador Llachacata presentaron la conductividad eléctrica entre 1160 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – 1732.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sulfatos entre 300 mg/l – 360 mg/l, pH 7.33 – 7.60 unidades, dureza 30.67 mg/l – 44.67 mg/l y nitratos 0 – 1 mg/l, de los cuales los parámetros de conductividad eléctrica y sulfatos superan los valores de la norma ECA para agua categoría 1, en tal sentido el agua no es apta para el consumo humano.
- La evaluación de los coliformes totales oscilaron entre 9 NMP/100 ml – 230 NMP/100 ml y los coliformes termotolerantes registraron valores < 3 , indicando que el agua no es apta para el consumo humano al superar las normas ECA para agua en la categoría 1.



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones sobre la calidad del agua en la comunidad de San Salvador de Llachacata, en periodos de lluvia y estiaje, que sería beneficioso para completar la información recopilada en el actual estudio.
- Se recomienda realizar estudios complementarios de parámetros organolépticos (temperatura, sabor, olor, turbiedad, entre otros) en fuentes de agua de consumo humano, con el propósito de implementar tratamientos adecuados para su potabilización.
- Realizar capacitaciones a la JASS (Junta Administradora de Servicios de Saneamiento) con el propósito de implementar un programa de limpieza y desinfección trimestral en la captación de agua, depósitos de almacenamiento y conexiones domiciliarias, con la finalidad de controlar la población bacteriológica en el agua de consumo humano.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, O., y Navarro, B. (2018). Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de LlañucanCHA del distrito de Abancay, provincia de Abancay.
- Arévalo, E. (2019). Optimización de un sistema de abastecimiento para aguas subterráneas destinadas al uso poblacional, en función de la evaluación fisicoquímica y microbiológica en el distrito de la Banda de de Shilcayo, 2019. Tesis de grado. Universidad Peruana Unión. 1–303. papers2://publication/uuid/45D7E632-B571-4218-9E47-8B4457FEA9D3
- Barragán, D., Centeno, A., y Guayara, M. (2018). Análisis de alta conductividad y dureza en agua dulce y su potencial incidencia en la salud humana- caso aplicativo región de San Antonio, Municipio de Anapoima Cundinamarca. Tesis de ingeniero civil. Universidad Piloto de Colombia. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 111.
- Barrenechea, A. (2009). Manual Teórico de Aspectos Fisicoquímicos de la calidad del agua. 1- 56. 28(4), 303–310.
- Blanco, M. (2018). Estudio de la calidad de agua potable para consumo humano en el distrito de Cabanillas, provincia San Román, departamento de Puno. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/10619>
- Bolaños, A., Cordero, J., Segura, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela - Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*. 15-27. *Revista Tecnología En Marcha*, 30(4), 15. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Bonilla, F. (2013). Análisis de parámetros hidrogeoquímicos del manantial El Castillo, Xalapa. Diploma en especialista en Diagnóstico y Gestión Ambiental. Universidad Veracruzana. 1–78. <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/42125%0Ahttps://cdigital.uv.mx/>



- Broussett, M., Chambi, A., Mollocondo, M., Aguilar, L. y Lujano, E. (2018). Evaluación Físico-Química y Microbiológica de Agua para Consumo Humano Puno-Perú Physical-Chemical and Microbiological Evaluation of Water for Human Consumption Puno-Peru. 47–68.
- Calsín, K. (2016). Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno 2016. (tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú . 1–64.
- Carbajal, A. y Gonzáles, M. (2012). Propiedades y Funciones biológicas del agua.p.33-45. *Chirurgia*, 4(1–2), 46–49.
- Castillo, I., Medina, R., Zuñiga, H. (2022). Agua potable un derecho de la humanidad. Puno, Perú : Primera Edicion Digital. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.010>
- Contreras, H. (2021). Calidad del agua para consumo humano en los manantiales en la parcialidad de Jiscullaya, el Collao - Puno, 2019. Tesis de grado. Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú. 1–208. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15683>
- Curo, M. (2015). Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata- Puno, 2016. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano. Perú. 1–99. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5302/Condori_Mamani_Meyner_Uriel_Ruelas_Yanque_Julio.pdf?sequence=1%0Ahttp://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2816/Luna_Mamani_Elizabeth.pdf?sequence=1
- DIGESA. (2009). Parametros organolépticos. Grupo de estudio Técnico Ambiental. http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO_DE_USO_1.pdf
- DIGESA. (2015). Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo. resolucion humano. Resolución Directoral N° 160-2015- DIGESA. In Resolución Directoral (Vols. 160–2015, p. 23). http://www.digesa.minsa.gob.pe/normaslegales/normas/rd_160_2015_digesa.pdf



- Dueñas, C., y Hinojosa, L. (2021). Calidad del agua potable y su influencia en la salud humana. 1(3), 11–20. <https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v1i3.19>
- FAO. (2021). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura - Sistemas al límite.
- Fernandez, A. (2012). El agua: un recurso esencial. Revista Científica de América Latina, el Caribe , España y Portugal. pp, 147- 170. 81. <https://doi.org/10.48213/travessia.vi81.866>
- Flores Cerna, J. C. (2016). Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas. (Tesis de Maestría en ciencias). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. 153. http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1298/Tesis_Maestría.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., D’Elia, M. y Paris, M. (2013). Protección de la Calidad del Agua Subterránea. www.worldbank.org
- Fundación Nacional de Salud. (2013). Manual práctico de análisis de agua. Brasilia, Brasil: Editor Coordinación Social, Departamento de Salud Ambiental. 1–150.
- Gamboa, R. (2018). Calidad Microbiana de las fuentes de agua de mayor consumo humano de la población del mercado e Lima- Perú, 2018. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Callao. Perú.
- Giraldo, S., y Carvajal, V. (2019). Factores de riesgo de la calidad del agua para consumo humano y morbilidad sentida en usuarios del acueducto la Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017. (Titulo de grado). Universidad de Antioquia, Colombia.
- Gomez, D. (2022). Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del reservorio Angásh para consumo humano, distrito de Yanahuanca. (Tesis de grado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco, Perú. 1(1), 1–187. http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/6050/Tesis_57389.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/10302%0Ahttp://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/414/1/T026_70261078_T.pdf



- Gonzales, W., y Núñez, M. (2021). Eficiencia del proceso de cloración en la eliminación de coliformes termotolerantes en una planta de tratamiento de agua potable. *Revista Nor@ndina*, 4(2), 70–76. <https://doi.org/10.37518/2663-6360x2021v4n2p70>
- Huaccha, J., y Villena, M. (2018). Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del manantial NE-02 para su consumo humano del caserío Agua Blanca, distrito de Sorochuco, Cajamarca. (Tesis de grado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Ucv, 0–89. <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/abr/perdomo.pdf>
- López, C., Zambrano, L., Ruiz, R., Guzmán, M., Pérez, R., Sandoval, R., et al. (2017). El estado del agua en México. Actores, sectores y paradigmas para una transformación social-ecológica. Friedrich-Ebert-Stiftung. (Vol. 1). http://centro.paot.org.mx/documentos/paot/libro/aguaen_mexico.pdf
- López, O. (2016). Calidad del agua de consumo humano en el sistema de abastecimiento de agua potable en la parroquia Siete de Octubre, del Cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos, 2016. (Tesis de grado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador. <http://190.15.134.12/handle/43000/1998>
- Mamani, M. (2019). Parametros fisicoquimicos, metales pesados (As y Pb), bacteriológicos y alternativas de saneamiento ambiental de fuentes de agua de la comunidad de suches Distrito Caracoto , Provincia de san roman, Region Puno, 2018. Tesis en magíster scientiae en Ecología. EPG. UNA Puno. 2006–2011.
- Marín, Y. (2019). Calidad Fisicoquímica y Microbiológica de Agua de Consumo Humano del Distrito de Oxamarca - Celedín. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.
- Martinez, J. (2017). Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de consumo humano del distrito de Saman, Provincia de Azangaro-Puno. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano. Perú. 1–70.
- MINAM., D. S. N. 004-2017-. (2017). Aprueban estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. Fecha de publicación miércoles 7 de Junio del 2017.10 p. *El Peruano*, 6–9.



<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-estandares-de-calidad-ambiental-eca-para-agua-y-e-decreto-supremo-n-004-2017-minam-1529835-2/>

- Neira, M. (2006). Dureza en aguas de consumo humano y uso industrial, impactos y medidas de mitigación. Estudio de caso: Chile. Universidad de Chile, 83. http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2006/neira_m/sources/neira_m.pdf
- OMS. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano. cuarta edición que incorpora la primera adenda. Organización Mundial de La Salud, 4, 608. <https://bit.ly/7FYT>
- Pascual, M., y Calderón, V. (2000). Subido por: In Microbiología alimentaria. Metodología para alimentos y bebidas. Madrid, España: Editorial Diaz de Santos.
- Pérez, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. Revista Tecnología En Marcha, 29(3), 3. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
- Petro, A., y Wees, T. (2014). Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del municipio de Turbaco-Bolívar, Caribe Colombiano. (Tesis de grado). Universidad Tecnológica de Bolívar. Colombia. 7–89. <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0067155.pdf>
- Pineda, V. (2022). Estudio de la calidad del agua potable en barrios del sector de la curva de la Parroquia Puerto Bolívar, 2021. (Tesis de Grado). Universidad Tecnica de Machala, Ecuador. 87. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18627/1/T-27501_PINEDA ENCALADA VIVIANA SOLANGE.pdf
- Ponce, J. (2020). Características hidrogeológicas del manantial Moyococha, para determinar su zona de recarga, Cajamarca, Perú. (Tesis de grado). Universidad Privada del Norte.
- Quispe, D. (2017). Calidad bacteriológica y físico-química del agua de seis manantiales del distrito de Santa Rosa-Melgar [tesis para optar título profesional en biología, Universidad Nacional del Altiplano]. 85. <http://hdl.handle.net/11056/13212>
- Quispe, I. (2016). Evaluación de calidad de agua para consumo humano del centro



- poblado Pampachacra área de influencia del botadero municipal de Huancavelica, 2016. (tesis de grado). Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga. Ayacucho. Perú. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3175>
- Raffo, E. (2013). Tratado del agua y la legislación peruana. Revista de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Vol.16 (2):106-117. Industrial Data, 16(2), 106–117. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81632390013>
- Ramírez, E., Robles, E., Sainz, M., Ayala, R., y Campoy, E. (2010). Calidad microbiológica del acuífero de zacatepec, Morelos, México. Revista internacional de contaminación ambiental. 25(4), 247–255.
- Rodríguez, R., Martínez, C., Hernández, D., De Lucas, J., y Acevedo, L. (2003). Calidad del agua de fuentes de manantial en la zona básica de salud de Siguenza. Revista Española de Salud Pública., 77(3), 423–432. <https://doi.org/10.1590/s1135-57272003000300012>
- Rodríguez, S. C., Asmundis, C. L., Ayala, M. T., y Arzú, O. R. (2018). Presencia de indicadores microbiológicos en agua para consumo humano en San Cosme (Corrientes, Argentina). Revista Veterinaria, 29(1), 9. <https://doi.org/10.30972/vet.2912779>
- Saldaña, E. (2017). Determinación de la calidad del agua para consumo humano en el distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, región Cajamarca, 2017.(Tesis de Pregrado). Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte. Cajamarca-Perú. 115. https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14209/Saldaña_Vásquez_Edwin_Jhon.pdf?sequence=1&isAllowed=y.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SUNASS. (2004). La calidad del agua potable en el Perú. https://www.sunass.gob.pe/Publicaciones/agua_potable.pdf%0Ahttp://www.ghbook.ir/index.php?option=com_dbook&task=readonline&book_id=13650&page=73&chckhashk=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component
- Turpo, V. (2014). Revaloración histórica de la danza autoctona Wiphalitas en el contexto cultural del distrito de Huancané 2014. (Tesis de grado). Universidad Nacional



del Altiplano, Puno, Perú.

- Vetere, V., Merlo, A., Patrignani, M., Bolla, P., Ruggera, p., Soberón, et al. (2010). Determinación de Nitratos y Nitritos en agua de consumo humano. X, 115–119.
- Vitoria, I., Maraver, F., Sánchez-Valverde, F., y Armijo, F. (2015). Contenido en nitratos de aguas de consumo público españolas. Gaceta Sanitaria, 29(3), 217–220. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2014.12.007>
- Yana, W. (2017). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua, en el sistema de abastecimiento de agua potable en la Ciudad de Azángaro, Puno - 2017. (Tesis de grado) Universidad Nacional del Altiplano. Perú. 1–69.

ANEXOS

Tabla 10

Análisis de varianza de los valores de conductividad eléctrica en agua de consumo humano en tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	27	0.77	0.73	7.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	865686.22	4	216421.56	18.69	<0.0001
MESES_MUESTREO	108867.56	2	54433.78	4.70	0.0200
PUNTOS_MUESTREO	756818.67	2	378409.33	32.68	<0.0001
Error	254712.44	22	11577.84		
Total	1120398.67	26			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=127.42013
Error: 11577.8384 gl: 22

MESES MUESTREO	Medias	n	E.E.
Noviembre	1430.56	9	35.87 A
Octubre	1427.00	9	35.87 A
Septiembre	1294.11	9	35.87 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=127.42013
Error: 11577.8384 gl: 22

PUNTOS MUESTREO	Medias	n	E.E.
Manantial	1578.33	9	35.87 A
Reservorio	1403.67	9	35.87 B
Piletas	1169.67	9	35.87 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 11

Análisis de varianza de los valores de sulfatos en agua de consumo humano en tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SULFATOS	27	0.09	0.00	9.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2233.48	4	558.37	0.53	0.7149
MESES_MUESTREO	147.85	2	73.93	0.07	0.9324
PUNTOS_MUESTREO	2085.63	2	1042.81	0.99	0.3876
Error	23175.70	22	1053.44		
Total	25409.19	26			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=38.43522
Error: 1053.4411 gl: 22

MESES MUESTREO	Medias	n	E.E.
Octubre	334.44	9	10.82 A
Septiembre	330.44	9	10.82 A
Noviembre	328.89	9	10.82 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=38.43522
Error: 1053.4411 gl: 22

PUNTOS MUESTREO	Medias	n	E.E.
Manantial	343.33	9	10.82 A
Piletas	327.78	9	10.82 A
Reservorio	322.67	9	10.82 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 12

Análisis de varianza de los valores de pH en agua de consumo humano en tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	27	0.67	0.61	1.10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.30	4	0.08	11.11	<0.0001
MESES_MUESTREO	0.01	2	4.8E-03	0.70	0.5052
PUNTOS_MUESTREO	0.29	2	0.15	21.51	<0.0001
Error	0.15	22	0.01		
Total	0.45	26			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.09790
Error: 0.0068 gl: 22

MESES MUESTREO	Medias n	E.E.
Octubre	7.51	9 0.03 A
Septiembre	7.48	9 0.03 A
Noviembre	7.47	9 0.03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.09790
Error: 0.0068 gl: 22

PUNTOS MUESTREO	Medias n	E.E.
Piletas	7.61	9 0.03 A
Reservorio	7.49	9 0.03 B
Manantial	7.36	9 0.03 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 13

Análisis de varianza de los valores de dureza en agua de consumo humano en tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DUREZA	27	0.30	0.17	12.53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	206.44	4	51.61	2.34	0.0863
MESES_MUESTREO	184.22	2	92.11	4.18	0.0288
PUNTOS_MUESTREO	22.22	2	11.11	0.50	0.6104
Error	484.22	22	22.01		
Total	690.67	26			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.55566
Error: 22.0101 gl: 22

MESES MUESTREO	Medias n	E.E.
Octubre	41.11	9 1.56 A
Septiembre	36.00	9 1.56 A B
Noviembre	35.22	9 1.56 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.55566
Error: 22.0101 gl: 22

PUNTOS MUESTREO	Medias n	E.E.
Reservorio	38.56	9 1.56 A
Piletas	37.44	9 1.56 A
Manantial	36.33	9 1.56 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)



Tabla 14

Análisis de varianza de los valores de Nitratos en agua de consumo humano en tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NITRATOS	27	0.15	0.00	23.41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.23	4	0.06	0.96	0.4507
MESES_MUESTREO	0.06	2	0.03	0.48	0.6262
PUNTOS_MUESTREO	0.17	2	0.09	1.43	0.2596
Error	1.33	22	0.06		
Total	1.56	26			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.29110

Error: 0.0604 gl: 22

MESES_MUESTREO	Medias	n	E.E.	
Octubre	1.11	9	0.08	A
Noviembre	1.05	9	0.08	A
Septiembre	0.99	9	0.08	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.29110

Error: 0.0604 gl: 22

PUNTOS_MUESTREO	Medias	n	E.E.	
Manantial	1.16	9	0.08	A
Reservorio	0.99	9	0.08	A
Piletas	0.99	9	0.08	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



Tabla 15

Análisis de varianza de los valores de coliformes totales en agua de consumo humano en tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
COLIF TOTALES	27	0.85	0.82	45.02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	144340.15	4	36085.04	30.24	<0.0001
MESES_MUESTREO	2716.52	2	1358.26	1.14	0.3386
PUNTOS_MUESTREO	141623.63	2	70811.81	59.34	<0.0001
Error	26255.04	22	1193.41		
Total	170595.19	26			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=40.90904

Error: 1193.4108 gl: 22

MESES_MUESTREO	Medias	n	E.E.
Octubre	85.89	9	11.52 A
Noviembre	81.56	9	11.52 A
Septiembre	62.78	9	11.52 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=40.90904

Error: 1193.4108 gl: 22

PUNTOS_MUESTREO	Medias	n	E.E.
Manantial	178.33	9	11.52 A
Reservorio	37.22	9	11.52 B
Piletas	14.67	9	11.52 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

FOTOS

Figura 21.

Fotografía de toma de muestra del manantial, reservorio y piletas domiciliarias.



Figura 22.

Determinación de nitratos en muestras de aguas del manantial, reservorio y piletas domiciliarias.



Figura 23.

Determinación del pH en muestras de aguas de manantial, reservorio y piletas domiciliarias.

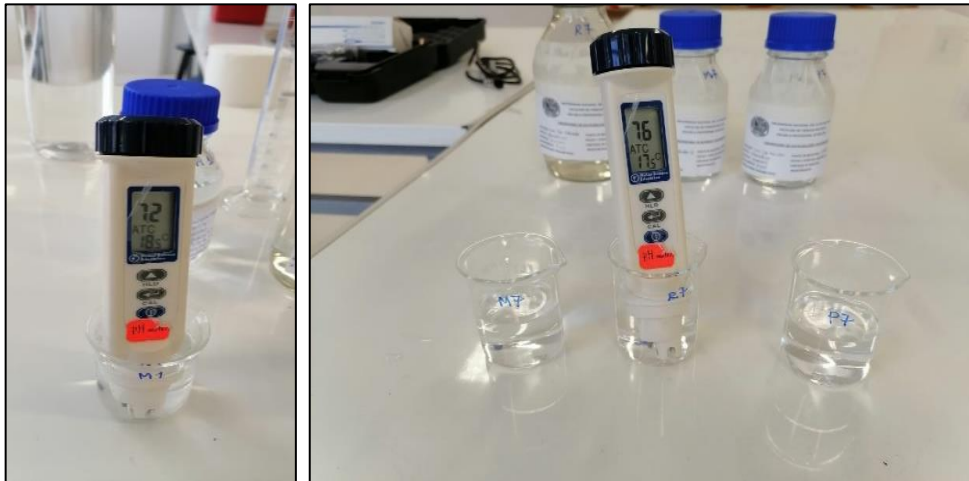


Figura 24.

Determinación de conductividad eléctrica en muestras de aguas de manantial, reservorio y piletas domiciliarias.

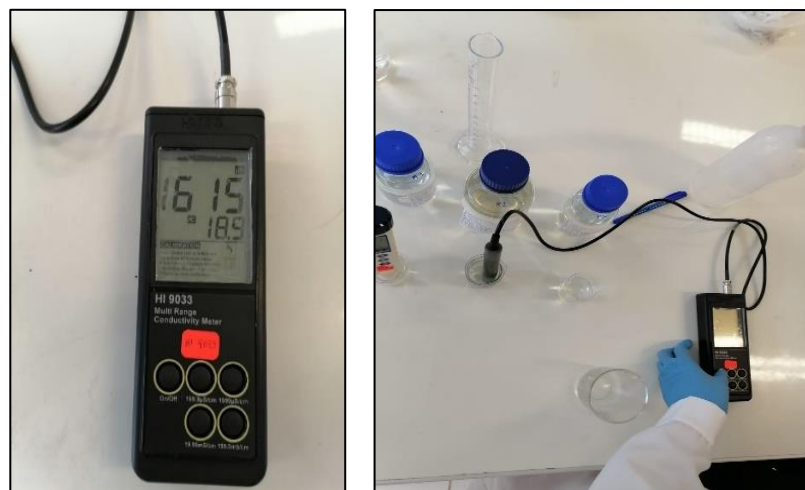


Figura 25.

Determinación de sulfatos en muestras de aguas manantial, reservorio y piletas domiciliarias.



Figura 26.

Determinación de la dureza en muestras de aguas de manantial, reservorio y piletas domiciliarias.



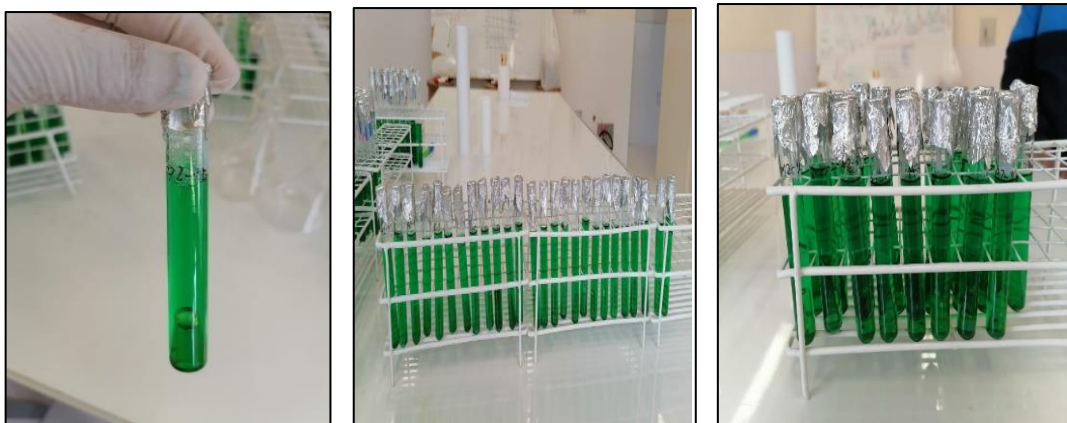
Figura 27.

Determinación de coliformes totales en muestras del manantial, reservorio y piletas domiciliarias.



Figura 28.

Determinación de coliformes termotolerantes en muestras del manantial, reservorio y piletas domiciliarias.





CONSTANCIA

AUTORIDAD QUE DESCRIBE, PRESIDENTE DE LA COMUNIDAD DE SAN SALVADOR DE Llachacata, DISTRITO DE VILQUECHICO, PROVINCIA DE HUANCANE – PUNO.

HACE CONSTAR:

Que la Srta. GLADYS CONDORI MAMANI, egresada de la escuela profesional de biología de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, ha realizado la toma de muestra de agua en la comunidad de san salvador de llachacata , para su investigación titulada “Calidad fisicoquímica y bacteriana del agua de consumo humano en la comunidad de san salvador de llachacata, distrito de vilquechico, provincia de Huancané – Puno”, en los meses de setiembre, octubre y noviembre del 2021 , con la finalidad de dar a conocer a la población la calidad de agua que se consume.

Se le expide la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines que se estime por conveniencia.

Llachacata, 14 de diciembre del 2021




Timoteo Apaza Choque
DNI: 02025483
PRESIDENTE



Universidad Nacional del Altiplano de Puno

Facultad de Ciencias Biológicas
Escuela Profesional de Biología
Programa Académico de Microbiología y Laboratorio Clínico
Laboratorio de Botánica y Biotecnología



Registro: 003-2021

CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, **DOCENTE RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE BOTÁNICA Y BIOTECNOLOGÍA** DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO – PERÚ.

HACE CONSTAR:

Que el (la) Bachiller **GLADYS CONDORI MAMANI**, egresado (a) de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, ha realizado los procedimientos analíticos de laboratorio de su trabajo de investigación (Tesis) titulado: **CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIANA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD DE SAN SALVADOR DE LLACHACATA, DISTRITO DE VILQUECHICO, PROVINCIA DE HUANCANÉ – PUNO**, en el laboratorio de Botánica y Biotecnología, del Programa Académico de Microbiología y Laboratorio Clínico de la Escuela Profesional de Biología, entre los meses de septiembre a noviembre del 2021.

Se le expide la presente Constancia a solicitud del (a) interesado (a) para los fines que se estime por conveniente.

Puno, 13 de diciembre del 2021.


JUAN JOSÉ PAURO ROQUE, Dr. Sc.
Responsable del Laboratorio de Botánica y Biotecnología
FCCBB – UNA Puno



**AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

Por el presente documento, Yo Gladys Condori Mamani,
identificado con DNI 71653972 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
de Biología

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ Calidad Fisicoquímica y Bacteriológica del agua de consumo
humano en la comunidad de San Salvador de Llachacata,
Huancané - Puno, 2021 ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 23 de Enero del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Gladys Condori Mamani,
identificado con DNI 71653972 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
De Biología

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
“Calidad Fisicoquímica y Bacteriológica del agua de consumo humano en la comunidad de San Salvador de Llachacata, Huancané - Puno, 2021”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 23 de Enero del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella