

DEPÓSITO LEGAL ZU2020000153

ISSN 0041-8811

E-ISSN 2665-0428

Revista de la Universidad del Zulia

Fundada en 1947
por el Dr. Jesús Enrique Lossada



Ciencias del
Agro,
Ingeniería
y Tecnología

Año 16 N° 45

Enero - Abril 2025

Tercera Época

Maracaibo-Venezuela

Evaluación microbiológica y fisicoquímica de un manantial para el consumo humano en Huancayo, Perú

Omar Saúl Antesano Chávez *

Melisha Erika Rosas Poma**

Nataly Johanna Zavala Figueroa ***

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua para consumo humano en el manantial de Matapuquio, ubicado en Huancayo, Perú. Metodología: La investigación es de tipo básica, el diseño fue descriptivo comparativo, con los siguientes parámetros en 04 puntos de muestreo: Coliformes Fecales (Termotolerantes), Coliformes Totales, Escherichia coli, Conductividad, pH, Salinidad, Sólidos Totales Disueltos. Resultados: En cuanto a coliformes totales no muestran contaminación fecal. Así también, en cuanto a la presencia de Escherichia Coli no se detectó (<1,0 UFC/100mL), muestra que la seguridad del agua es aceptable para el consumo humano. en cuanto a la CE los resultados son adecuados para el agua potable también, los valores de pH varían entre 7,90 y 8,13, adecuado para el consumo humano. El resultado de salinidad fue de 0,17 ppt en todas las muestras indica una baja cantidad de sales disueltas, es viable para el consumo humano. Finalmente, el resultado de TDS en las muestras fueron constantes en 236 mg/L, está dentro de los límites para ser considerada agua potable. Se concluye que al momento del estudio se resalta que el manantial de Matapuquio es apto para el consumo humano con buenas características microbiológicas y fisicoquímicas.

PALABRAS CLAVE: Consumo de agua, Bacteriología del agua, Calidad del agua, Análisis de agua, Contaminación del agua.

*Universidad Tecnológica del Perú, Facultad de Ingeniería Industrial. Huancayo, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6833-7070>. E-mail: C20179@utp.edu.pe

**Universidad Tecnológica del Perú, Facultad de Ingeniería Industrial. Huancayo, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5011-5541>

***Universidad Franklin Roosevelt. Huancayo, Perú. <https://orcid.org/0000-0001-7940-6369>

Recibido: 27/08/2024

Aceptado: 22/10/2024

Microbiological and Physicochemical Evaluation of a Spring for Human Consumption in Huancayo, Peru

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the microbiological and physicochemical quality of water for human consumption from the Matapuquio spring, located in Huancayo, Peru. Methodology: The research is of a basic type, with a descriptive-comparative design, and was conducted using the following parameters at four sampling points: Fecal Coliforms (Thermotolerant), Total Coliforms, Escherichia coli, Conductivity, pH, Salinity, and Total Dissolved Solids (TDS). Results: Regarding total coliforms, no fecal contamination was observed. Similarly, Escherichia coli was not detected (<1.0 CFU/100mL), indicating that the water's safety is acceptable for human consumption. In terms of conductivity, the results are suitable for potable water. Additionally, pH values ranged from 7.90 to 8.13, which is adequate for human consumption. The salinity result was 0.17 ppt in all samples, indicating a low amount of dissolved salts, making it viable for human consumption. Finally, the TDS results were consistent at 236 mg/L, within the limits to be considered potable water. Conclusion: At the time of the study, it was highlighted that the Matapuquio spring is suitable for human consumption, with good microbiological and physicochemical characteristics.

KEYWORDS: Water consumption, Water bacteriology, Water quality, Water analysis, Water contamination.

Introducción

Las fuentes de agua han cobrado especial importancia en los últimos años en Latinoamérica y evaluar la calidad del agua para consumo humano en los manantiales ubicados en el distrito de Chupaca, en el centro del Perú, es un problema crítico debido a las condiciones geográficas y climáticas únicas de la zona que han agudizado el acceso a este recurso tan básico para la población, el correcto mantenimiento, conocimiento de la población, limpieza comunitaria y evaluación constante influyen en la disponibilidad y pureza del agua en especial para el consumo humano. El manantial de “Matapuquio” situado aproximadamente a 297 kilómetros de Lima, en la ciudad de Chupaca se caracteriza por su uso tradicional, regular e incluso considerado por algunos pobladores como medicinal, nos

plantea un desafío importante para la gestión sostenible del agua que actualmente está administrado por la comunidad de Matapuquio, Ahuac, este manantial es fuente tanto para el consumo humano, animal y agrícola como mencionan varios autores al respecto del aprovechamiento de fuentes de agua cerca de las comunidades emergentes entre ellos (Bouchaou et al., 2002; Gonzales Saenz et al., 2023; Miguel & González Ribot, 2022; Pedron et al., 2022). Los manantiales de esta región sirven como fuentes vitales de agua potable para las comunidades locales como la comunidad campesina de Ñahuinpuquio y Matapuquio, por lo que la evaluación y el mantenimiento de su calidad son esenciales para la salud pública y la sostenibilidad ambiental que requiere evaluación constante de la fuente según (Antesano Chávez et al., 2023; Choque-Quispe et al., 2021; Gonzales Saenz et al., 2023).



Figura 1. Toma de muestra en la zona de acceso a los turistas del Manantial de Matapuquio.

La calidad del agua del manantial de Chupaca se evaluó a través de una variedad de parámetros físicos, químicos y biológicos, entre ellos la turbidez, el pH y la presencia de contaminantes como nitratos y metales pesados aportes significativos y similares a los de (Challco Jimenez, 2023; Choque-Quispe et al., 2021; Menchaca Dávila et al., 2022; Salari et al., 2018). Estos factores son cruciales para determinar la seguridad del agua para el consumo humano y que pueden afectar directamente la salud y el bienestar de la población local,

especialmente de los grupos vulnerables como los bebés y los ancianos. Otro aspecto es el consumo terapéutico y/o medicinal, ya que muchos pobladores y visitantes sostienen y practican que al beber de estas aguas y bañarse en ellas ayuda en el tratamiento de malestares nerviosos entre otros.

Fue necesario realizar un seguimiento y una evaluación periódicos para abordar los posibles riesgos para la salud que plantean los contaminantes, que pueden provenir de escorrentías agrícolas, uso de químicos, desechos animales e infraestructuras antiguas que van deteriorándose y son invadidas por plantas, musgos, algas, entre otros como mencionan (Addisie, 2022; Bouchaou et al., 2002; Lewoyehu, 2021). En el caso específico del manantial de Matapuquio se han realizado modificaciones en su trayecto como zonas de empozamiento, caídas y accesos para el público en general lo cual se considera una alteración, aunque necesaria para el crecimiento de la zona es un factor que podría comprometer su integridad.

Las principales y notorias controversias en torno a la calidad del agua en el distrito de Chupaca suelen estar relacionadas con el impacto de las prácticas turísticas, en particular el uso de jabones, champús, detergentes, entre otros que los visitantes del manantial suelen utilizar por ser una práctica generalizada, que pueden provocar contaminación por falta y o exceso de nutrientes y propiciando la aparición de algas nocivas y especies invasoras (Muzirafuti, 2024; Pedron et al., 2022; Sharma et al., 2024). Además, generaría una alteración microbiológica mediante la variación del pH por el uso de estos insumos que alteran el ecosistema microbiológico del manantial (Alcca Chahuares, 2023; Arroyo-Díaz et al., 2022; Challco Jimenez, 2023; Villagómez Villacrés, 2023).

El uso de esta fuente debe ser responsable y se debe garantizar el acceso al agua potable no sólo porque es vital para prevenir enfermedades en la comunidad de Matapuquio, sino también para mejorar las condiciones socioeconómicas generales de la comunidad de Ahuac, ya que los problemas de calidad del agua pueden exacerbar las desigualdades en materia de salud y agotar los recursos sanitarios de las comunidades aledañas a Matapuquio.

Se planteó como problema principal :¿Cuál es la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua para consumo humano en el manantial de Matapuquio, ubicado en Huancayo, Perú?, teniendo como objetivo evaluar la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua para consumo humano en el manantial de Matapuquio, ubicado en Huancayo, Perú en cuanto a la

presencia de coliformes fecales, coliformes totales, conductividad, presencia de *Escherichia Coli*, pH, salinidad y sólidos totales disueltos, parámetros que también son considerados en otros estudios similares mencionan dichas variables como puntos importantes de la salud de una fuente de agua (Antesano Chávez et al., 2023; Bouchaou et al., 2002; Humphrey et al., 2023; Lewoyehu, 2021; Miguel & González Ribot, 2022; Pedron et al., 2022; Salari et al., 2018).

1. Materiales y métodos

1.1. Área de estudio

El estudio se desarrolló en la provincia de Chupaca, específicamente en el distrito de Ahuac en el trayecto que une su plaza y la laguna de Ñahuinpuquio a un promedio de 10 min por carretera por automóvil en el trayecto se encuentra el Manantial de Matapuquio, que fue objeto de estudio donde se ubicaron 04 zonas de muestreo que se detallan a continuación:

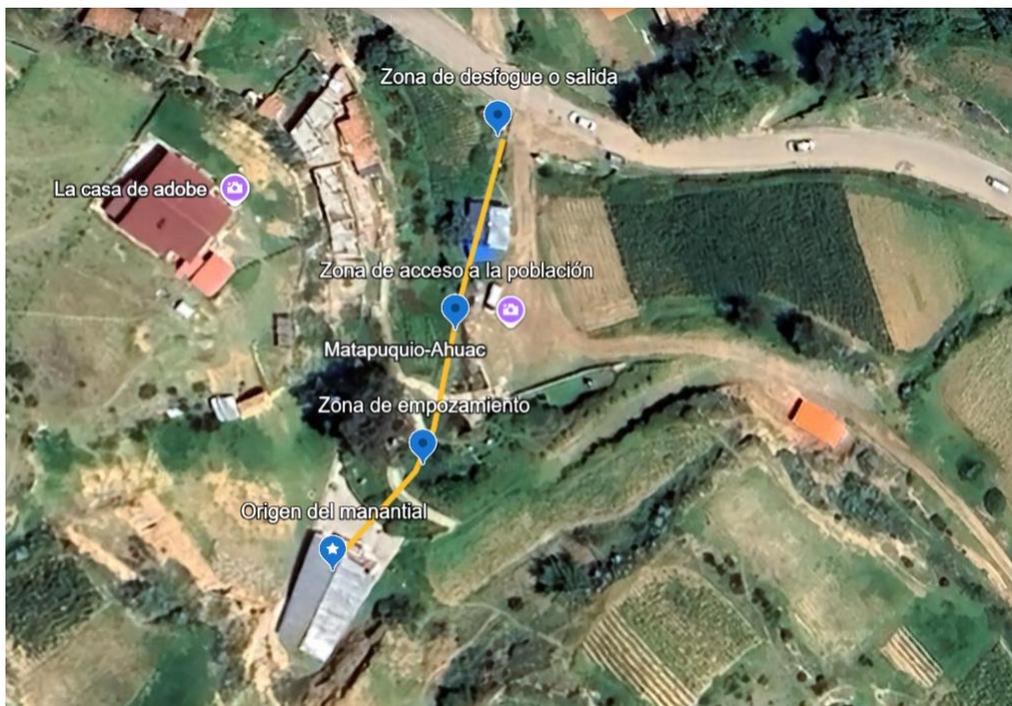


Figura 2. Puntos de muestreo, punto (01) Origen del manantial, punto (02) Zona de empozamiento, punto (03) Zona de acceso a la población y el punto (04) Zona de desfogue o salida.

Tabla 1. Área de muestreo y coordenadas de ubicación de los puntos de medición desde el origen al desfogue del manantial Matapuquio.

Área de muestreo	Ubicación
Punto (01) Origen del manantial.	12°05'05" S 75°19'38" W
Punto (02) Zona de empozamiento.	12°05'05" S 75°19'37" W
Punto (03) Zona de acceso a la población.	12°05'04" S 75°19'37" W
Punto (04) Zona de desfogue o salida.	12°05'03" S 75°19'37" W

1.2. Mediciones y sensores

A continuación, se detallan los diferentes parámetros utilizados, los métodos, técnicas e instrumentos de medición utilizados en la evaluación del manantial de Matapuquio.

Tabla 2. Parámetros utilizados, métodos/técnicas e instrumentos utilizados en la medición del agua del manantial de Matapuquio

Parámetro Analizado	Método/Técnica	Instrumento de Medición
Coliformes Fecales (Termotolerantes)	Filtro de membrana, SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 9222 D, 24ª Ed. 2023	Filtrador de membrana y medios de cultivo selectivos
Coliformes Totales	Filtro de membrana, SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 9222 B, 24ª Ed. 2023	Filtrador de membrana y medio Endo
Escherichia coli	Filtro de membrana con EC-MUG, SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 9222 H, 24ª Ed. 2023	Filtrador de membrana y medios de cultivo selectivos (EC-MUG)
Conductividad	Método de laboratorio para conductividad, SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 2510 B, 24ª Ed. 2023	Conductímetro
pH	Método electrométrico, SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 4500-H+ B, 24ª Ed. 2023	Potenciómetro (pH-metro)

Salinidad	Conductividad eléctrica, SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 2520 B, 24ª Ed. 2023	Conductímetro
Sólidos Totales Disueltos	Secado a 180°C, SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 2540 C, 24ª Ed. 2023	Horno de secado y balanza analítica

1.3. Descripción del experimento

Las muestras fueron recolectadas y analizadas en buen estado de conservación. Los análisis se llevan a cabo entre el febrero de 2024, con los siguientes parámetros: Coliformes Fecales y Totales: Se utilizó la técnica de filtro de membrana según las normas SMEWW-APHA-AWWA-WEF para identificar y cuantificar estos microorganismos mediante un medio de cultivo específico.



Figura 3. Adecuaciones en el trayecto para fines religiosos y turísticos del cauce del manantial de Matapuquio.

Para *Escherichia coli*: Se realizó una filtración de membrana con medio EC-MUG, que permite identificar la presencia de *E. coli* por fluorescencia bajo luz UV. Para la

Conductividad y Salinidad: Se midió con un conductímetro, relacionando la conductividad con la cantidad de sales disueltas. En cuanto al pH: Se midió de forma electrométrica, empleando un potenciómetro para determinar la acidez o alcalinidad de la muestra. Finalmente, para Sólidos Totales Disueltos: La muestra filtrada se secó a 180°C en un horno para calcular los sólidos disueltos por diferencia de peso.



Figura 4. Evaluación de la conductividad y salinidad en el Punto 03 Zona de acceso a la población.

1.4. Análisis estadístico

Para el registro de los resultados se utilizó Google Earth, Excel 2013; y para la extracción de tablas se utilizó el paquete estadístico Jamovi Desktop - 2.3.28 solid.

2. Resultados y discusión

Los principales resultados de este estudio se enmarcan en 04 muestras recogidas en el Manantial de Matapuquio, de libre acceso que ha tenido en su trayecto diversas modificaciones por la población para su uso y consumo (Ke et al., 2024; Méndez, 2023; Muzirafuti, 2024), tales como encauses, creación de estructuras, empozamiento y otros que han alterado la esorrentía natural para el aprovechamiento humano, si bien es algo normal

en lugares donde el ser humano habita (Nisa & Umar, 2024; Pribawanto et al., 2024; Wei et al., 2024), es necesario cuidar de la integridad y características del agua en su trayecto, debido a la posible contaminación microbiológica y fisicoquímica (Gonzales Saenz et al., 2023; Menchaca Dávila et al., 2022; Méndez, 2023). Este Manantial en especial no solo es utilizado por los pobladores sino también por turistas con fines recreativos y medicinales.

Para este estudio se tomaron las siguientes muestras:

Tabla 3. Datos de las muestras evaluadas, código, coordenadas, fecha y hora del muestreo analizados del manantial de Matapuquio.

Datos	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Muestra 04
Código de laboratorio	M-24-09413	M-24-09414	M-24-09415	M-24-09416
Coordenadas - utm wgs 84	12°05'05"S	12°05'05"S	12°05'04"S	12°05'03"S
(a)	75°19'38"W	75°19'37"W	75°19'37"W	75°19'37"W
Fecha y hora de muestreo	14-02-2024	14-02-2024	14-02-2024	14-02-2024
	11:30	11:45	12:00	12:15

Tabla 4. Resultados microbiológicos: coliformes fecales termotolerantes, coliformes totales y Escherichia Coli analizados del manantial de Matapuquio.

Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados			
			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (UFC/100mL) (*)	UFC/100 mL	1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Coliformes Totales (UFC/100mL) (*)	UFC/100 mL	1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Escherichia Coli (UFC) (*)	UFC/100 mL	1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

En los cuatro puntos de muestreo, los niveles de coliformes fecales y totales están por debajo del límite de cuantificación del método (<1,0 UFC/100mL) (Kowalik et al., 2024; Pant et al., 2024; Taloor et al., 2024; Upreti et al., 2024; Yanuar et al., 2024), lo cual indica la

ausencia de estos contaminantes y es positivo para el consumo humano, en cuanto a coliformes totales no indican contaminación fecal. Por otro lado, en cuanto a la presencia de *Escherichia Coli* no se detectó (<1,0 UFC/100mL) en ninguna muestra analizada, lo cual nos indica al momento de la medición que la seguridad del agua es aceptable para su consumo (Daniel et al., 2023; De Arquitectura et al., 2019; Méndez, 2023).

Tabla 4. Resultados fisicoquímicos: Conductividad, pH, salinidad y sólidos totales disueltos-analizados del manantial de Matapuquio.

Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados			
			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Conductividad (*)	µS/cm	0,01	349,00	349,00	348,00	349,00
pH (**)	Unidad de pH	0,01	7,90	7,91	8,13	8,11
Salinidad (**)	ppt	0,01	0,17	0,17	0,17	0,17
Sólidos Totales Disueltos (*)	mg/L	5	236	236	236	236

En cuanto a la conductividad eléctrica los resultados oscilaron entre 348 y 349 µS/cm en las muestras. Este parámetro ayuda a caracterizar el contenido de sales en el agua, con estos niveles indicando una baja presencia de sales disueltas, considerado adecuado para el agua potable (Hanif et al., 2024; Jalali et al., 2024; Lewoyehu, 2021; Pedron et al., 2022). Así también, los valores de pH varían entre 7,90 y 8,13, dentro del rango neutral a ligeramente básico, lo cual es adecuado para el consumo humano y se encuentra en el rango recomendado para agua potable. El resultado de salinidad fue de 0,17 ppt en todas las muestras indica una baja cantidad de sales disueltas, que es favorable para el uso y consumo humano. Finalmente, el resultado de TDS en las 4 muestras fueron constantes en 236 mg/L en todas las muestras, lo cual está dentro de los límites generalmente recomendados para agua potable, indicando que no hay una carga significativa de sólidos disueltos (Antesano Chávez et al., 2023; Nunes Martins de Lima et al., 2023; Salari et al., 2018).



Figura 5. Evaluación de la conductividad y salinidad en el Punto 03 Zona de acceso a la población, desviación por escalinatas y conductos artificiales.

Al respecto del uso de los manantiales por la población y visitantes, actualmente en el departamento de Junín específicamente en la ciudad de Huancayo y lugares, alrededores y ciudades cercanas son pocos los manantiales que se le han atribuido beneficios medicinales y/o terapéuticos que aunque no han sido verificados del todo son de uso empírico y popular como la cura o tratamiento de lo que se denomina como “mal de susto” o males que afectan al sistema nervioso, esta entre otras creencias religiosas y turísticas es una de las razones por la cual la población y turistas de la ciudad visitan regularmente este manantial como otros estudios también afirman que esta atribución a las fuentes de agua es común en varios lugares en el mundo (Hartanto et al., 2024; He et al., 2024; Hibbs et al., 2024; Quiñones Huatangari & Delgado Soto, 2024; Sharma et al., 2024; Turhan et al., 2024), los visitantes y pobladores se bañan y consumen de esta fuente de agua, sin embargo, aún no hay estudios que sustenten dichos beneficios pero al ser de uso popular, se debe investigar a profundidad para su consumo seguro y sustentable (Bouchaou et al., 2002; Chalco Jimenez, 2023; Daniel et al., 2023; Lewoyehu, 2021).

Los resultados permiten establecer parámetros para evaluar en forma constante este Manantial ya que en esta zona muestra un incremento en el número de viviendas, también en la afluencia de turistas, que buscan llegar a la laguna de Ñahuinpuquio y ruinas aledañas como Arwaturu y/o realizan tours constantes convirtiéndose en paso obligatorio para estos recorridos, en esta zona para el servicio turístico se ha implementado una ampliación , creando un parqueadero de autos y escalinatas se ha modificado la ruta de caída natural y modificado los accesos incrementando el contacto con la fuente de agua, esto puede tener un impacto en la calidad del agua del manantial (Jesús Clover Torres Díaz & Alejandro Chávez Santa Cruz, 2023).



Figura 6. Evaluación de la conductividad y salinidad en el Punto 02 Zona de empozamiento.

Al respecto cabe resaltar que con el pasar del tiempo se ha ido invadiendo los accesos y trayecto por concreto, piedras, plantas, algas y musgos, estos agentes biológicos pueden alterar la microbiología del agua. Sumado a la falta de descolmatación, modificaciones sin

criterio ambiental e incrementar su trayecto ponen en peligro su potabilidad e integridad (Miguel & González Ribot, 2022; Nunes Martins de Lima et al., 2023), así también la persistencia de algunas bacterias que pueden ser traídas en forma invertida por turistas y animales puedan afectar la ecología endémica del manantial y posiblemente comprometer su consumo. Otro aspecto a considerar es el incremento de uso de químicos como jabones, champús y otros materiales de aseo que la población y turistas utilizan para su aseo personal (duchas improvisadas en las fuentes), lavado de automóviles, ropas, etc. Afectarían en gran medida la calidad fisicoquímica (Hartanto et al., 2024; Manoutsoglou & Bei, 2024; Moscovitz et al., 2024; Pham et al., 2024; Tashpulatova et al., 2024), que si bien es cierto, no se quedan en este espacio específico porque el agua corre un una pendiente, pero van afectando todo su recorrido inclusive el residuo de estos químicos pueden estar presentes en estas zonas de empozamiento (Addisie, 2022; Arroyo-Díaz et al., 2022; Salari et al., 2018).



Figura 7. Modificación del trayecto del agua con escalinatas, conductos y accesos para visitantes del manantial de Matapuquio.

Por otro lado este aumento de la población y por ende número de visitas han creado una necesidad de agua para aseo personal, uso doméstico, animal y agrícola entre otros que pueden generar cambios físicos y químicos pudiendo afectar el pH, que al incrementar podría

incrementar la presencia de algunas algas y bacterias perjudiciales (Addisie, 2022; Bozkaya & Aluç, 2024; Inan et al., 2024; Manoutsoglou & Bei, 2024; Sailo et al., 2024), por lo tanto, futuros estudios en la zona deben abordar el impacto de la afluencia de turistas, el incremento de la población aledaña que son parte normal del crecimiento de la civilización pero que sin embargo, si este crecimiento no es monitoreado adecuadamente y evaluado en forma continua puede dañar en forma permanente la fuente de agua (He et al., 2024; Li et al., 2024; Maharjan et al., 2024; Pham et al., 2024).

Conclusiones

En cuanto a coliformes totales no indican contaminación fecal. Así también, en cuanto a la presencia de *Escherichia Coli* no se detectó (<1,0 UFC/100mL), lo cual nos indica al momento de la medición que la seguridad del agua es aceptable para el consumo humano.

En los puntos de muestreo seleccionados en el manantial de Matapuquio, los niveles de coliformes fecales y totales están por debajo del límite de cuantificación del método (<1,0 UFC/100mL), se puede decir que hay ausencia de estos contaminantes y es positivo para el consumo humano,

En cuanto a la conductividad eléctrica los resultados oscilaron entre 348 y 349 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en las muestras., nos indica baja presencia de sales disueltas, considerado adecuado para el agua potable también, los valores de pH varían entre 7,90 y 8,13, dentro del rango neutral a ligeramente básico, adecuado para el consumo humano

El resultado de salinidad fue de 0,17 ppt en todas las muestras indica una baja cantidad de sales disueltas, es viable para el consumo humano.

Finalmente, el resultado de TDS en las muestras fueron constantes en 236 mg/L, está dentro de los límites para ser considerada agua potable.

Al momento del estudio se resalta que el manantial de Matapuquio es apto para el consumo humano con buenas características microbiológicas y fisicoquímicas.

Referencias

Addisie, M. B. (2022). Evaluating Drinking Water Quality Using Water Quality Parameters and Esthetic Attributes. *Air, Soil and Water Research*, 15.

<https://doi.org/10.1177/11786221221075005>

Alcca Chahuares, B. (2023). Calidad del agua para consumo humano de los manantiales Quipata- Totorpujo, Plaza, Estadio y Jjaquejihuata distrito de Platería – Puno - 2022. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/499>

Antesano Chávez, O. S., Rosas Poma, M. E., & Zavala Figueroa, N. J. (2023). Impacto del turismo en la calidad del agua de una laguna del Valle del Mantaro. *Revista de La Universidad Del Zulia*, 14(39). <https://doi.org/10.46925//rdluz.39.10>

Arroyo-Díaz, F., Salgado-Souto, S. A., Del Rio-Salas, R., Talavera-Mendoza, O., Ramírez-Guzmán, A., Ruíz, J., Sarmiento-Villagrana, A., & Guzmán-Martínez, M. (2022). PTE and multi-isotope assessment of spring water used for human consumption in the historical mining region of Taxco de Alarcón in southern Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 116, 103811. <https://doi.org/10.1016/J.JSAMES.2022.103811>

Bouchaou, L., Mangin, A., & Chauve, P. (2002). Turbidity mechanism of water from a karstic spring: example of the Ain Asserdoune spring (Beni Mellal Atlas, Morocco). *Journal of Hydrology*, 265(1–4), 34–42. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00098-7](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00098-7)

Bozkaya, O., & Aluç, Y. (2024). Physico-chemical characterization of food grade natural spring salt from the Central Anatolia region of Turkey and investigation of its microplastic content. *Journal of Food Science and Technology*, 61(9). <https://doi.org/10.1007/s13197-024-05942-0>

Challco Jimenez, G. K. (2023). Determinación de la calidad del agua para consumo humano del manantial Marampampa distrito de Ocobamba, Cusco 2023. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/532>

Choque-Quispe, D., Froehner, S., Ligarda-Samanez, C. A., Ramos-Pacheco, B. S., Peralta-Guevara, D. E., Palomino-Rincón, H., Choque-Quispe, Y., Solano-Reynoso, A. M., Barboza-Palomino, G. I., Taipe-Pardo, F., & Zamalloa-Puma, L. M. (2021). Insights from Water Quality of High Andean Springs for Human Consumption in Peru. *Water* 2021, Vol. 13, Page 2650, 13(19), 2650. <https://doi.org/10.3390/W13192650>

Daniel, F., Gabriela, M., Félix Daniel Andueza Leal, G., Araque Rangel, J., González Escudero, M., Sacoto, D., León Leal, A., Gabriela Gutiérrez, M., Flores, S., & Escobar Arrieta, S. (2023). Bacterial biodiversity in medicinal mineral spa waters of Ecuador and Venezuela. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, ISSN-e 2602-8484, Vol. 15, N°. 1, 2023 (Ejemplar Dedicado a: Ciencia Abierta), Págs. 56-78, 15(1), 56–78. <https://doi.org/10.29166/revfig.v15i1.4368>

De Arquitectura, F., Bautista, E., & Lucero, I. (2019). La bioconstrucción en la revitalización del ecoturismo en el Santuario Arqueológico de Wari Willka del Distrito de Huancán - Huancayo. *Universidad Nacional Del Centro Del Perú*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6108>

Gonzales Saenz, W., Acharte Lume, L. M., Poma Palacios, J. C., Sánchez Araujo, V. G., Quispe

Coica, F. A., Meseguer Pallares, R., Gonzales Saenz, W., Acharte Lume, L. M., Poma Palacios, J. C., Sánchez Araujo, V. G., Quispe Coica, F. A., & Meseguer Pallares, R. (2023). Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en seis comunidades rurales altoandinas de Huancavelica-Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 25(1), 23–31. <https://doi.org/10.18271/RIA.2023.486>

Hanif, M., Parji, Maruti, E. S., & Wahyuni, R. S. (2024). Cultural resilience study: the role of the temanten mandi ritual in Sendang Modo on the survival of the surrounding community. *Cogent Arts and Humanities*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311983.2024.2304401>

Hartanto, P., Lubis, R. F., Alam, B. Y. C. S. S. S., Sendjaja, Y. A., Ismawan, I., Iskandarsyah, T. Y. W. M., & Hendarmawan, H. (2024). Multivariate Data Analysis to Assess Groundwater Hydrochemical Characterization in Rawadanau Basin, Banten Indonesia. *Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik*, 39(1). <https://doi.org/10.17794/rgn.2024.1.12>

He, P., Zhang, H., Li, S., Zhou, X., Zhou, X., He, M., Tian, J., Zhang, Y., Wu, Z., Chen, T., Liu, Y., Aldahan, A., & Huang, Y. (2024). Geological and hydrochemical controls on water chemistry and stable isotopes of hot springs in the Three Parallel Rivers Region, southeast Tibetan Plateau: The genesis of geothermal waters. *Science of the Total Environment*, 906. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167648>

Hibbs, B. J., Eastoe, C. J., & Merino, M. (2024). Issues of Bias in Groundwater Quality Data Sets in an Irrigated Floodplain Aquifer of Variable Salinity. *Geosciences (Switzerland)*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/geosciences14030066>

Humphrey, C. E., Gardner, P. M., Spangler, L. E., Nelson, N. C., Toran, L., & Solomon, D. K. (2023). Quantifying stream-loss recovery in a spring using dual-tracer injections in the Snake Creek drainage, Great Basin National Park, Nevada, USA. *Hydrogeology Journal*. <https://doi.org/10.1007/s10040-023-02619-4>

Inan, S., Çetin, H., & Yakupoğlu, N. (2024). Spring water anomalies before two consecutive earthquakes (Mw 7.7 and Mw 7.6) in Kahramanmaraş (Türkiye) on 6 February 2023. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 24(2). <https://doi.org/10.5194/nhess-24-397-2024>

Jalali, M., Shademani, M., Paripour, M., & Jalali, M. (2024). Assessment of water quality for mountainous high-elevated spring waters using self-organized maps. *Groundwater for Sustainable Development*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2024.101082>

Ke, Y., Song, X., Yang, L., & Yang, S. (2024). River–Spring Connectivity and Hydrogeochemical Processes in a Karst Water System of Northern China: A Case Study of Jinan Spring Catchment. *Water (Switzerland)*, 16(6). <https://doi.org/10.3390/w16060829>

Kowalik, R., Widłak, M., Metryka-Telka, M., Stoińska, R., & Czerwonka, G. (2024). Application of multi-species microbial bioassay for toxicity risk assessment LumiMARA luminometric tests and chemical analyses to assess water quality in the świętokrzyskie voivodeship. *Desalination and Water Treatment*, 317. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100003>

Lewoyehu, M. (2021). Evaluation of Drinking Water Quality in Rural Area of Amhara

Region, Ethiopia: The Case of Mecha District. *Journal of Chemistry*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9911838>

Li, C., Gao, X., Xiang, X., Jiang, C., Duan, Y., Wang, W., Zhang, X., Tan, T., Wang, Q., & Wang, Y. (2024). Intense Human Activities Induce the Dynamic Changes of Interaction Pattern Between Karst Water-Quaternary Groundwater in the Basin-Mountain Coupling Belt Over the Past 60 Years. *Water Resources Research*, 60(2). <https://doi.org/10.1029/2023WR035211>

Maharjan, N., Kayastha, S. P., & Bhuiyan, C. (2024). Hydro-geochemical and microbial analysis of springs in Raghuganga rural municipality of Gandaki Province, Nepal. *Environmental Earth Sciences*, 83(1). <https://doi.org/10.1007/s12665-023-11321-3>

Manoutsoglou, E., & Bei, E. S. (2024). Incipient Salinization: A Case Study of the Spring of Asclepieion in Lentas (Ancient Lebena), Crete. *Geosciences (Switzerland)*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/geosciences14030056>

Menchaca Dávila, S., Calva-Maldonado, A., Jiménez-Windsor, G., & Juárez-Cerrillo, S. F. (2022). Disponibilidad hídrica del manantial “Ojo de Agua” ubicado en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz, México. *UVserva*, 14. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi14.2890>

Méndez, L. A. (2023). Calidad y estado sanitario del agua distribuida para consumo humano en Guastatoya, El Progreso. *Revista Científica Internacional*, 6(1), 23–34. <https://doi.org/10.46734/REVCIENTIFICA.V6I1.60>

Miguel, R. E., & González Ribot, J. V. (2022). Sustentabilidad de la explotación de agua subterránea en la Cuenca Guanchín–Sañogasta, Chilecito, La Rioja. *Revista Estudios Ambientales - Environmental Studies Journal*, 10(2). <https://doi.org/10.47069/estudios-ambientales.v10i2.1612>

Moscovitz, S., Glassner, H., Wokam NJOMGANG, R. M., Aflalo, E. D., Ovadia, O., & Sagi, A. (2024). Community composition of invasive, outbreak, and non-pest snail species along a source spring-to-fishpond gradient in a spatially structured aquacultural region. *Journal of Environmental Management*, 351. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119653>

Muzirafuti, A. (2024). Remotely Sensed and Field Data for Geomorphological Analysis of Water Springs: A Case Study of Ain Maarrouf. *Geosciences (Switzerland)*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/geosciences14020051>

Nisa, F. U., & Umar, R. (2024). Spring water system classifications and their methods of study: An overview of the current status and future perspectives. In *Journal of Earth System Science* (Vol. 133, Issue 1). <https://doi.org/10.1007/s12040-023-02218-7>

Nunes Martins de Lima, L., Aparecida Ribeiro Santana, M., & Naiara Gonçalves dos Reis, L. (2023). Impactos socioambientais da ocupação urbana em área de proteção permanente No Parque Alvorada, Itapuranga (Go) – Brasil. *Papeles de Geografía*, 68. <https://doi.org/10.6018/geografia.522651>

- Pant, M., Singh, S., & Singh, J. (2024). Seasonal behavior and spatial variations of water quality index and micro-biological changes in the springs of Indian Himalayan Region. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04624-3>
- Pedron, R., Esposito, A., Cozza, W., Paolazzi, M., Cristofolini, M., Segata, N., & Jousson, O. (2022). Microbiome characterization of alpine water springs for human consumption reveals site- and usage-specific microbial signatures. *Frontiers in Microbiology*, 13, 946460. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2022.946460/BIBTEX>
- Pham, V. H. T., Ho, V. H., Tran, D. D., Pham, T. D., Huynh, D. N., & Chau, N. X. Q. (2024). Impact of water resources variation on winter-spring rice yield in the upper Vietnamese Mekong Delta: A case study of An Giang Province. *Irrigation and Drainage*, 73(2). <https://doi.org/10.1002/ird.2907>
- Pribawanto, A. Y. S., Pandjaitan, N. H., & Sutoyo, S. (2024). Spring Water Catchment Building and Water Distribution System for Domestic Needs. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 13(1). <https://doi.org/10.23960/jtep-1.v13i1.1-11>
- Quiñones Huatangari, L., & Delgado Soto, J. A. (2024). Características Fisicoquímicas y Microbiológicas del Agua Superficial del Bosque de Chinchiquilla, Nueva Libertad, Chirinos, Cajamarca. *Revista Científica Pakamuros*, 4(1). <https://doi.org/10.37787/50jh9q32>
- Sailo, L., Das, M., & Vanlalhruaia, H. (2024). Geochemical Evolution of Spring Water Sources in West Phaileng, Mizoram. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 1061 LNEE. https://doi.org/10.1007/978-981-99-4362-3_9
- Salari, M., Salami Shahid, E., Afzali, S. H., Ehteshami, M., Conti, G. O., Derakhshan, Z., & Sheibani, S. N. (2018). Quality assessment and artificial neural networks modeling for characterization of chemical and physical parameters of potable water. *Food and Chemical Toxicology*, 118, 212–219. <https://doi.org/10.1016/J.FCT.2018.04.036>
- Sharma, P. R., Rawat, R., Pradhan, P., Thakur, N., Tiwari, A., Pathak, A. P., & Tripathi, A. (2024). Unveiling the Elemental Composition and Categorization of Sikkim Hot-Spring Water with Laser-Induced Breakdown Spectroscopy and Advanced Analytical Techniques. *Energy and Environment Focus*, 7(2). <https://doi.org/10.1166/eef.2023.1282>
- Taloor, A. K., Sharma, S., Pir, R. A., & Kumar, K. (2024). Appraisal of health risks associated with exposure of fluoride and nitrate contaminated springs in the Doda Kishtwar Ramban (DKR) region of Jammu and Kashmir, India. *Journal of Geochemical Exploration*, 257. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2023.107380>
- Tashpulatova, S. A., Mamarakhimov, O. M., Azimova, D. O., Abdurashidov, Z. A., & Parmanova, N. A. (2024). Determination and assessment of healing properties based on chemical analysis of spring waters in Jizzakh (Uzbekistan). *E3S Web of Conferences*, 480. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448002013>
- Torres Díaz, Jesús Clover & Chávez Santa Cruz, Alejandro (2023). *Calidad bacteriológica del agua de consumo humano de la comunidad de Cuchacmalca, distrito de Cochabamba - 2020*.

<http://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/387>

Turhan, Ş., Kurnaz, A., & Aydın, E. (2024). Assessment of internal radiation exposure caused by radon in commercially bottled spring waters consumed in Turkey. *International Journal of Environmental Health Research*, 34(2). <https://doi.org/10.1080/09603123.2023.2211948>

Upreti, M. R., Kayastha, S. P., & Bhuiyan, C. (2024). Water quality, criticality, and sustainability of mountain springs—a case study from the Nepal Himalaya. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(1). <https://doi.org/10.1007/s10661-023-12186-6>

Villagómez Villacrés, C. S. (2023). *Evaluación de la calidad microbiológica del agua de consumo humano de la comunidad el Quinche*. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/37810>

Wei, K., Jiao, Y., Zhang, G., Wang, Y., & Zhang, H. (2024). Influence of Spring Water Residence Time on the Irrigation Water Stability in the Hani Rice Terraces. *Water (Switzerland)*, 16(6). <https://doi.org/10.3390/w16060804>

Yanuar, A. T., Pramudia, Z., Dwi Susanti, Y. A., & Kurniawan, A. (2024). Analysis of microplastics in spring water. *Emerging Contaminants*, 10(1). <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2023.100277>

Agradecimientos

Nuestro especial agradecimiento a la Universidad Tecnológica del Perú – sede Huancayo, por el apoyo en gestión y financiamiento de este proyecto.

Así también, a los pobladores de la comunidad de Matapuquio por colaborar en la realización del presente estudio.

Conflicto de interés

Los autores de este manuscrito declaran no tener ningún conflicto de interés.

Declaración ética

Los autores declaran que el proceso de investigación que dio lugar al presente manuscrito se desarrolló siguiendo criterios éticos, por lo que fueron empleadas en forma racional y profesional las herramientas tecnológicas asociadas a la generación del conocimiento.

Copyright

La *Revista de la Universidad del Zulia* declara que reconoce los derechos de los autores de los trabajos originales que en ella se publican; dichos trabajos son propiedad intelectual de sus autores. Los autores preservan sus derechos de autoría y comparten sin propósitos comerciales, según la licencia adoptada por la revista

Licencia Creative Commons

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional



REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA, Fundada el 31 de mayo de 1947

UNIVERSIDAD DEL ZULIA, Fundada el 11 de septiembre de 1891