

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**CALIDAD DE LAS AGUAS DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DE LA
RIBERAS DEL RÍO TOROCOCHA DEL DISTRITO DE JULIACA, 2025**

PRESENTADA POR:

ALBER MAGNO QUIJO VERA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



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



11.8%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 28 OCT 2025, 11:26 AM

Similarity report

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

● IDENTICAL
2.39%

● CHANGED TEXT
9.4%

Report #29565055

ALBER MAGNO QUIJO VERA // CALIDAD DE LAS AGUAS DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DE LA RIBERAS DEL RÍO TOROCOCHA DEL DISTRITO DE JULIACA, 2025 RESUMEN Las aguas subterráneas de los pozos ubicados en la ribera del río Torococha representan una amenaza urgente para la salud pública, debido a la infiltración de aguas residuales y residuos orgánicos e inorgánicos que provocan enfermedades como fiebre, disentería y diarrea, etc. Por ello, en la presente investigación se ha planteado como objetivo evaluar la calidad del agua de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha del distrito de Juliaca, 2025. Metodología, se empleó un enfoque descriptivo y cuantitativo, caracterizando las aguas subterráneas en diversos puntos según los parámetros organolépticos, microbiológicos, químicos inorgánicos y orgánicos establecidos en el DS N° 031-2010-SA. Los resultados promedio obtenidos fueron: pH 7,32; conductividad eléctrica 1,59 ms/cm; sólidos disueltos totales 0,80 g/l; dureza total 690,33 mg/l; cloruros 258,11 mg/l; sulfatos 210,33 mg/l; coliformes totales 3 NMP/100 ml; coliformes termotolerantes 1,3 NMP/100 ml; arsénico 0,015 mg/l; plomo 0,005 mg/l; mercurio no detectado; nitratos 0,50 mg/l; trihalometanos 1,33 µg/l; aceites y grasas 1 mg/l. Al comparar estos valores con los límites máximos permisibles, se evidenció que los niveles de cloruros, sulfatos, dureza total, coliformes totales y termotolerantes, así como arsénico, trihalometanos y aceites y grasas,

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

**CALIDAD DE LAS AGUAS DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DE LA
RIBERAS DEL RÍO TOROCOCHA DEL DISTRITO DE JULIACA, 2025**

PRESENTADA POR:

ALBER MAGNO QUIJO VERA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:


Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

PRIMER MIEMBRO

:


Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

SEGUNDO MIEMBRO

:


M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

ASESOR DE TESIS

:


Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 07 de noviembre del 2025

DEDICATORIA

Doy gracias a Dios por darme fuerza en los momentos difíciles y por inspirarme en cada paso del camino. Nada de esto habría sido posible sin su presencia.

Agradezco a mis padres, Alejandro Quijo y Tomás Vera, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme con su ejemplo el valor del trabajo duro, la responsabilidad y la fe. A mi familia, por su amor incondicional y su constante respaldo. Gracias por estar siempre ahí para mí y por animarme a seguir adelante incluso en los momentos difíciles.

Este logro es tan suyo como mío. Les dedico esta tesis de todo corazón.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Universidad Privada San Carlos, a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y su plana docente por brindarme la oportunidad de formarme como profesional.

Al Ingeniero Julio Wilfredo Cano Ojeda, por su invaluable apoyo, guía y dedicación durante el desarrollo de esta tesis. Su compromiso, paciencia y disposición para compartir sus conocimientos fueron fundamentales para llevar a cabo este trabajo. Agradezco sinceramente cada uno de sus consejos, su tiempo y el interés genuino que mostró en cada etapa del proceso.

Asimismo, agradezco a todas las personas que me acompañaron a lo largo de esta etapa académica; a mis profesores, por los aprendizajes compartidos; y a mis compañeros, por su compañía y colaboración durante estos años de formación.

Este logro no hubiera sido posible sin el apoyo de todos ustedes.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA , ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	15
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	15
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES	16
1.3. OBJETIVO DEL ESTUDIO	19
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	20
2.1.1. AGUA SUBTERRÁNEA DE CONSUMO HUMANO	20
2.1.2. CALIDAD ORGANOLÉPTICA DEL AGUA POZO	21
2.1.3. CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE POZO	25

2.1.4. CALIDAD QUIMICA INORGANICA Y ORGANICA DEL AGUA DE POZO	26
2.1.5. CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	28
2.1.6. POZOS RÚSTICOS	29
2.1.7. POZOS ARTESIANOS	29
2.2. MARCO CONCEPTUAL	29
2.3. HIPÓTESIS	30
2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	30
2.3.2 . HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	30
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	31
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	32
3.2.1. POBLACIÓN	32
3.2.2. MUESTRA	32
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	32
3.3.1. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO	32
3.3.2. MATERIALES E INSTRUMENTOS	37
3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	38
CAPÍTULO IV	
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. PARA EL OBJETIVO 01: CALIDAD ORGANOLÉPTICA DE LAS AGUAS DE POZO PARA CONSUMO HUMANO DE LA RIBERA DEL RÍO TOROCOCHA SEGÚN DS N° 031-2010-SA.	39
4.2. PARA EL OBJETIVO 02: CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LAS AGUAS DE POZO PARA CONSUMO HUMANO DE LA RIBERA DEL RÍO TOROCOCHA SEGÚN EL DS N° 031-2010-SA.	45

4.3. PARA EL OBJETIVO 03: CALIDAD QUÍMICA INORGÁNICA Y ORGÁNICA DE LAS AGUAS DE POZOS EN LA RIBERA DEL RÍO TOROCOCHA SEGÚN EL DS N° 031-2010-SA.	47
4.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	52
4.4.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL	52
4.4.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1.	52
4.4.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2.	53
4.4.4. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3.	53
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Registro de ubicación de los pozos.	32
Tabla 02: Límites máximos permisibles de calidad organoléptica.	34
Tabla 03: Límites máximos permisibles de calidad microbiológica.	35
Tabla 04: Límites máximos permisibles de calidad química inorgánica y orgánica	36
Tabla 05: Operacionalización de las variables de investigación.	38

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación del lugar de estudio	31
Figura 02: Nivel de pH , en las aguas de pozo de consumo humano.	39
Figura 03: Nivel de conductividad eléctrica, en las aguas de pozo de consumo humano.	40
Figura 04: Nivel de dureza , en agua de pozo de consumo humano.	41
Figura 05: Sólidos disueltos totales en agua de pozo.	42
Figura 06: Cloruro en agua de pozo de consumo humano.	43
Figura 07: Sulfatos en agua de pozo de consumo humano.	44
Figura 08: Coliformes totales en agua de pozo de consumo humano	45
Figura 09: Coliformes termotolerantes en agua de pozo para consumo humano	46
Figura 10: Arsénico en agua de pozo de consumo humano.	47
Figura 11: Concentración de plomo de agua de pozo de consumo humano.	48
Figura 12: Mercurio en agua de pozo de consumo humano.	49
Figura 13: Nitratos en agua de pozo de consumo humano.	49
Figura 14: Trihalometano en agua de pozo de consumo humano	50
Figura 15: Aceites y grasas en agua de pozo de consumo humano	51
Figura 16: Toma de la muestra 01	64
Figura 17: Toma de muestra 02	65
Figura 18: Toma de muestra 03	65
Figura 19: Análisis de la calidad de agua	66
Figura 20: Muestras de agua de pozo de consumo humano	66
Figura 21: adición de lo reactivos en las muestras de agua	67
Figura 22: Colocación en el multiparámetro	67

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia: CALIDAD DE LAS AGUAS DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DE LAS RIBERAS DEL RÍO TOROCOCHA DEL DISTRITO DE JULIACA, 2025	62
Anexo 02: Certificado de resultados de agua	63
Anexo 03: Panel fotográfico	64

RESUMEN

Las aguas subterráneas de los pozos ubicados en la ribera del río Torococha representan una amenaza urgente para la salud pública, debido a la infiltración de aguas residuales y residuos orgánicos e inorgánicos que provocan enfermedades como fiebre, disentería y diarrea, etc. Por ello, en la presente investigación se ha planteado como objetivo evaluar la calidad del agua de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha del distrito de Juliaca, 2025. Metodología, se empleó un enfoque descriptivo y cuantitativo, caracterizando las aguas subterráneas en diversos puntos según los parámetros organolépticos, microbiológicos, químicos inorgánicos y orgánicos establecidos en el DS N° 031-2010-SA. Los resultados promedio obtenidos fueron: pH 7,32; conductividad eléctrica 1,59 ms/cm; sólidos disueltos totales 0,80 g/l; dureza total 690,33 mg/l; cloruros 258,11 mg/l; sulfatos 210,33 mg/l; coliformes totales 3 NMP/100 ml; coliformes termotolerantes 1,3 NMP/100 ml; arsénico 0,015 mg/l; plomo 0,005 mg/l; mercurio no detectado; nitratos 0,50 mg/l; trihalometanos 1,33 µg/l; aceites y grasas 1 mg/l. Al comparar estos valores con los límites máximos permisibles, se evidenció que los niveles de cloruros, sulfatos, dureza total, coliformes totales y termotolerantes, así como arsénico, trihalometanos y aceites y grasas, exceden la normativa vigente, lo que representa un riesgo para la salud. En contraste, los parámetros de conductividad, pH, sólidos disueltos totales, plomo, mercurio y nitratos se encuentran dentro del rango permitido, lo que indica una calidad parcial del agua, pero insuficiente para garantizar su inocuidad. Concluyendo que: La calidad del agua no es apta para el consumo humano, ya las muestras analizadas no cumple con la totalidad de los parámetros organolépticos, microbiológicos, orgánicos e inorgánicos, excediendo los límites máximos permisibles DS N° 031-2010-SA.

Palabras clave: Agua, Inorgánica, Microbiológica, Orgánica, Organoléptica.

ABSTRACT

The groundwater from wells located on the banks of the Torococha River poses an urgent threat to public health due to the infiltration of sewage and organic and inorganic waste, which causes diseases such as fever, dysentery, and diarrhea, among others. Therefore, the objective of this research is to evaluate the quality of well water for human consumption on the banks of the Torococha River in the district of Juliaca, 2025. Methodology: A descriptive and quantitative approach was used, characterizing groundwater at various points according to the organoleptic, microbiological, inorganic chemical, and organic parameters established in DS No. 031-2010-SA. The average results obtained were: pH 7.32; electrical conductivity 1.59 ms/cm; total dissolved solids 0.80 g/l; total hardness 690.33 mg/l; chlorides 258.11 mg/l; sulfates 210.33 mg/l; total coliforms 3 MPN/100 ml; thermotolerant coliforms 1.3 MPN/100 ml; arsenic 0.015 mg/l; lead 0.005 mg/l; mercury not detected; nitrates 0.50 mg/l; trihalomethanes 1.33 µg/l; oils and fats 1 mg/l. When comparing these values with the maximum permissible limits, it was found that the levels of chlorides, sulfates, total hardness, total and thermotolerant coliforms, as well as arsenic, trihalomethanes, and oils and fats, exceed the current regulations, posing a health risk. In contrast, the parameters for conductivity, pH, total dissolved solids, lead, mercury, and nitrates are within the permitted range, indicating partial water quality, but insufficient to ensure safety. In conclusion: the water quality is not suitable for human consumption, as none of the analyzed samples meet all the organoleptic, microbiological, organic, and inorganic parameters, exceeding the maximum permissible limits established by DS No. 031-2010-SA.

Keywords: Water, Inorganic, Microbiological, Organic, Organoleptic.

INTRODUCCIÓN

Uno de los componentes más cruciales para la existencia y el desarrollo de todas las formas de vida es el agua. Sin agua, la Tierra acabaría desapareciendo. El agua es un recurso natural esencial para todas las necesidades de los seres humanos, incluida la nutrición, sistemas de saneamiento, salud, energía; dado que sin agua no hay sociedad ni cultura, en última instancia no hay vida; los aspectos que se refieren al agua tienen un ámbito mundial, los problemas que se plantean y sus soluciones son a menudo marcadamente locales (Gaspar et al., 2024). La Tierra está compuesta por poco más de 1.387 millones de km² de agua, de los cuales el 97 % se encuentra en los mares y el 2 % está aislado en los glaciares. En los continentes poco más del 80% del agua está en la superficie y el sobrante como aguas subterráneas (FUNCAGUA, 2020)

El ciclo del agua incluye las aguas subterráneas. Tras las precipitaciones, una parte del agua se filtra en la tierra y, como resultado de la gravedad, continúa moviéndose bajo tierra hasta que es detenida por un acuífero, que es una roca compacta e impermeable. Durante la estación seca, el agua de los ríos y otras fuentes superficiales se acumula en varios acuíferos. En la estación de lluvias puede ocurrir lo contrario, es decir, que parte de las aguas subterráneas fluya a los lagos y ríos (IAEA, 2024).

Con la aprobación de la Ley de Recursos Hídricos N.º 29338, Perú ha logrado grandes avances en la utilización y preservación de este recurso. Debido a la escasez de estudios en nuestro país, las propiedades hidrogeológicas de los acuíferos son prácticamente desconocidas. Sin embargo, no podemos determinar las características hidrogeológicas del subsuelo, el comportamiento del agua ni la transferencia de contaminantes, ya que los perfiles del suelo y las condiciones hidrogeológicas varían. Dada la importancia de la sostenibilidad y la seguridad a largo plazo, la evaluación de riesgos ha ganado amplia aceptación como enfoque preventivo y de control de la contaminación (Apaza, 2019).

Teniendo en cuenta , el presente estudio está conformado por capítulos donde : en el capítulo I, se encuentra el planteamiento del problema , antecedentes y objetivos de la investigación. Capítulo II, el marco teórico y conceptual e hipótesis de la investigación.

Capítulo III, se encuentra la metodología de investigación y Capítulo IV , la exposición y análisis de los resultados y discusiones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA , ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las características hidrogeológicas de las aguas subterráneas las hacen menos vulnerables a la contaminación antropogénica y a los cambios medioambientales, pero cuestiones como la creciente demanda del recurso y el nivel de contaminación han atraído la atención de todo el mundo porque, una vez que un acuífero está contaminado, es imposible «limpiarlo» y los procedimientos de remediación son caros y largos.

En lo que respecta a las aguas subterráneas, los estudios se han centrado en determinar su calidad mediante el examen de las características fisicoquímicas y biológicas, así como en analizar las fluctuaciones hidrológicas en términos de tiempo y espacio que repercuten en la gestión integrada de los recursos hídricos (Apaza, 2019).

La calidad del agua subterránea se ve afectada por la mineralogía del acuífero por el que fluye. En este caso la calidad organoléptica es aquella que se puede percibir directamente por los sentidos. Por otro lado, también tenemos la calidad química inorgánica y orgánica del agua las cuales son determinadas por medio equipos en un laboratorio. En el contexto del agua, estas propiedades son indicativas de su calidad y aceptabilidad para el consumo humano.

Esto se debe a que, a medida que el agua subterránea fluye a través de las rocas, su composición química cambia mediante el intercambio de elementos químicos entre las rocas y el agua, dado que el agua es un disolvente universal (Huizar & Salazar, 2018).

La tasa de cambio depende de factores como el pH, la temperatura y la fuerza iónica, entre otros. Estos factores influyen en la adsorción de ciertos elementos químicos, lo que a su vez influye en la disponibilidad y la movilidad de diferentes elementos. Por lo tanto, es necesario comprender adecuadamente la composición natural del agua subterránea para un monitoreo eficaz de su calidad como parte de la gestión de recursos (Agyemang, 2023). La construcción inadecuada de pozos también puede causar contaminación del agua subterránea. Las actividades agrícolas, la eliminación inadecuada de desechos sólidos y los excrementos de animales cerca de los pozos también podrían contaminar el agua (Boadi et al., 2020).

La contaminación de las aguas subterráneas de los pozos cercanos a las riberas del río Torococha es un grave problema que hay que abordar de inmediato. Las aguas residuales sin tratar y los residuos orgánicos e inorgánicos se infiltran en los pozos, contaminando y causando enfermedades como fiebre, disentería y diarrea. Hay que proteger la salud de las personas que consumen el agua de estos pozos, por lo que hay que tomar precauciones. Metales pesados como el plomo, el arsénico y otros, así como gérmenes y virus, pueden contaminar los pozos cercanos al río. Para identificar los contaminantes y evaluar el grado de riesgo para la salud, es esencial un control rutinario de la calidad del agua. Teniendo en cuenta lo mencionado en la zona de estudio de la ribera del río Torococha del distrito de Juliaca se plantea la presente interrogante general que se presenta a continuación:

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la calidad de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha del distrito de Juliaca , 2025?

PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la calidad organoléptica de las aguas de pozos de la ribera del río Torococha?

- ¿Cuál es la calidad microbiológica de las aguas de pozos en la ribera del río Torococha?
- ¿Cuál es la calidad química inorgánica y orgánica de las aguas de pozos en la ribera del río Torococha?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Fahimah et al. (2023), en su estudio sobre la calidad del agua subterránea, en sus resultados obtuvo un alto nivel de turbidez en el agua subterránea comunitaria de Bandung. El mayor porcentaje de muestras de agua subterránea que excedían el límite máximo permisible se encontró en Rancaekek (88%), seguido de Ciparay, Majalaya, Soreang, Baleendah, Pangalengan y Pacet (88 %, 82 %, 74 %, 63 %, 56 % y 50%, respectivamente). El 24,05% de las muestras que excedieron el límite máximo permisible se utilizaron para fines de higiene, saneamiento y bebida. El nivel de turbidez difirió significativamente en función de las diferencias en la topografía y el tipo de suelo ($p < 0,05$), pero no con el tipo de pozo ($p > 0,05$). En pozos excavados, la turbidez tiene una correlación negativa significativa con la profundidad ($p < 0,05$).

Boadi et al. (2020), recolectaron veinte muestras de agua potable de pozo de hogares y comunidades y se evaluó su calidad. Los resultados indicaron que el 95 % de las muestras tenían valores de pH por debajo de las pautas de agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 6,5 a 8,5. Los valores de pH obtenidos oscilaron entre 4,33 y 7,03. Los demás parámetros fisicoquímicos se encontraban dentro de los límites establecidos por la OMS para el agua potable. El índice de calidad del agua calculado para las muestras fue de 54,25, lo que indica que no eran aptas para el consumo. Además, el 85 % de las muestras estaban contaminadas con coliformes totales y fecales, lo que las hacía no aptas para el consumo.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Castillo et al. (2022), entre sus resultados obtuvieron un pH de 7.2 como valor mínimo en el mes de octubre y su valor máximo de 7.7 en el mes de agosto. Todos los valores

mencionados se encuentran dentro del límite máximo permitido. Según el D. S. N°-031-2010-SA, las mediciones de sólidos disueltos totales (mg/l) en agosto se encontraban dentro de los límites máximos permitidos, alcanzando un máximo de 895 mg/l en la estación 1 y descendiendo a un mínimo de 20 mg/l en la estación 3. Ambas estaciones presentaron valores de conductividad eléctrica ($\mu\text{mho/cm}$) en agosto, siendo la estación 1 la de mayor valor con 1789 $\mu\text{mho/cm}$ y la estación 2 la de menor valor con 32 $\mu\text{mho/cm}$. Respecto a la conductividad no se encontró dentro de los límites máximos permisibles para consumo humano.

Chávez & Torres (2019), evaluaron la calidad bacteriológica de agua de consumo humano de pozos artesianos y pozos rústicos. Para la toma de muestra se consideraron 10 pozos artesanos y rústicos. Según sus resultados, de diez pozos artesianos, seis tenían niveles de coliformes totales superiores a los límites permitidos (1500 NMP/100 ml), y cuatro pozos no informaron de la presencia ni de coliformes termotolerantes ni de coliformes totales. En cambio, diez pozos rústicos presentaban tanto coliformes termotolerantes como totales, con valores máximos de 1100 NMP/100 ml y 7500 NMP/100 ml, respectivamente. Finalmente, llegamos a la conclusión de que, a diferencia de los pozos rústicos, que superan los requisitos de la normativa de calidad del agua para el consumo humano, los parámetros bacteriológicos del agua de cuatro pozos artesianos demostraban la ausencia de coliformes totales y termotolerantes, lo que los hacía no aptos para el consumo humano.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

Quille (2022) , de acuerdo al orden de los puntos muestreados, el estudio demuestra la dispersión de coliformes termotolerantes o fecales en las siete muestras de agua subterránea de las zonas expansivas del norte de la ciudad de Juliaca. Los datos muestran una variabilidad significativa, que va desde 7,8 NMP/100 mL a 3,4 NMP/100 mL, lo que indica los diferentes grados de contaminación en cada punto. Esto sugiere que ningún punto de muestreo puede ser utilizado como referencia de ninguna manera. Coliformes totales: El recuento más probable de coliformes totales por 100 mL es

significativamente superior a las normas máximas permitidas por la ciudad de Juliaca para la potabilidad de las aguas subterráneas, que son de 1,8 NMP/100 mL. Por lo tanto, para potabilizar el agua, son necesarios procedimientos de filtración y desinfección.

Mamani (2023), utilizó muestras de cuatro pozos de los pueblos de Queata, Carata, Cupiro Pampa y Uquisilla para evaluar los niveles de metales pesados en las aguas subterráneas del distrito de Coata. Los estudios microbiológicos, de metales pesados y fisicoquímicos se realizaron en el laboratorio Bhios de Arequipa. Se detectaron metales pesados mediante la técnica ICP-MS, nitrito, nitrato, sulfatos, cloruros y fluoruros mediante el método DS-031, y aniones, DBO5, fenoles, DQO, CE y OD mediante el método DC 031. Durante el periodo de estiaje, los cuatro pozos arrojaron los siguientes resultados: La temperatura osciló entre 21°C y 21.5 °C, la DBO5 entre 2 y 3.2 mg/l, la DQO entre 11 y 111 mg/l, la conductividad entre 707 y 7890 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el potencial de hidrógeno entre 7,7 y 8 unidades de pH.

Sandoval (2021), según su estudio, el agua de pozo del centro de Moro presentaba los siguientes parámetros físicos: una conductividad eléctrica media de 5270 $\mu\text{S}/\text{cm}$, superior al límite permitido de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$; una temperatura media de 17.82 °C; un total de sólidos disueltos de 683 mg/l, dentro de los límites normales; y una turbidez media de 1.34 UNT, dentro de los límites normales. El pH medio era de 7.62 unidades, lo que está dentro de los límites normales; los sulfatos medios eran de 44 mg/l, los nitratos medios eran de 38 mg/l, la dureza total media era de 134 mg/l, así como los cloruros medios eran de 289 mg/l, todos ellos dentro de los límites normales. Los coliformes totales en el agua de pozo tenían una media de 110 UFC/100 ml, lo que supera el límite permitido de 100 UFC/100 ml. Las cinco muestras de agua no incluían coliformes termo tolerantes. Se determina que tanto la conductividad eléctrica como los coliformes totales superan el límite permitido en cuanto a microbiología y características físicas, respectivamente.

Sarmiento (2023), evaluó los niveles de las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua de pozo apta para consumo humano en la periferia de la ciudad de Desaguadero 2022. Tomó como muestra en estudio ocho pozos de acuerdo a las

direcciones identificadas por el norte dos puntos, oeste dos puntos, sur dos puntos y estos dos puntos. Se obtuvieron los siguientes resultados Parámetros físicos: conductividad eléctrica 832,38 $\mu\text{S}/\text{cm}$, turbidez 3 NTU y temperatura 17 $^{\circ}\text{C}$, todos ellos por debajo del LMP. Según el DS N°031-2010-SA, la dureza total (765 mg CaCO_3/l) y los nitratos (52 mg NO_3/l) superan el LMP, aunque los parámetros químicos (pH 7.7) están dentro de él. Los parámetros bacteriológicos de coliformes totales (179 NMP/100 ml) y termo tolerantes (57 NMP/100 ml) superan el umbral del DS N° 031-2010-SA de $\leq 1,8$ NMP/100 ml.

Aguilar (2017), en su estudio en la zona I del río Torococha, para coliformes totales de 11000 NMP/100 ml, coliformes fecales 2000 y 115 NMP/100 ml; en la zona II para coliformes totales 11000 NMP/100 ml, coliforme termotolerantes 3350 y 200 NMP/100 ml. Esto comparado con la categoría 4 para los ríos de la sierra, coliformes totales y termotolerantes, superan los ECAs. Respecto a la concentración bacteriana situados en las aguas subterráneas procedentes de pozos que se encuentran a 200 m de cuerpo natural (río). En este caso coliformes totales 4925 NMP/100ml; coliformes fecales con 661 17 NMP/100 ml. Estos comparados con los ECA, se encuentran fuera de los establecido.

Vilca (2022), en su estudio los parámetros microbiológicos de la muestra, los Coliformes totales tiene el siguiente valor es: 0 (UFC/100ml) en el L.M.P. Estos fluidos no están dentro de los Límites Máximos Permisibles porque están gravemente contaminados y no deben ser consumidos por los seres humanos debido a los riesgos potenciales para la salud. Los valores hallados en la muestra de agua subterránea fueron de 140 (UFC/100 ml). El valor de los coliformes termotolerantes es el siguiente: Dado que las lecturas en la muestra de agua subterránea nos dieron 2 (UFC/100 ml) y el L.M.P. mostró 0 (UFC/100 ml), estos fluidos no están dentro de los Límites Máximos Permisibles.

1.3. OBJETIVO DEL ESTUDIO

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha del distrito de Juliaca, 2025

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la calidad organoléptica de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha según DS N° 031-2010-SA.
- Determinar la calidad microbiológica de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha según el DS N° 031-2010-SA.
- Determinar la calidad química inorgánica y orgánica de las aguas de pozos en la ribera del río Torococha según el DS N° 031-2010-SA.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1.1. AGUA SUBTERRÁNEA DE CONSUMO HUMANO

El agua subterránea es un término común utilizado para describir el agua que se encuentra bajo la superficie. No obstante, hay que señalar que no toda el agua que se filtra en la tierra se denomina agua subterránea, ni toda el agua que se filtra y se almacena de forma que permite su extracción en cantidades suficientes para satisfacer la demanda humana. El agua que se encuentra bajo la superficie de la tierra se denomina agua subterránea. Aunque algunos autores se refieren a ella como geohidrología, es importante señalar que la hidrogeología se dedica únicamente a la hidráulica de las aguas subterráneas; por tanto, un subcampo de la hidrología (Apaza, 2019).

Millones (2022), consideran al agua subterránea como fuente importante para abastecer áreas urbanas y rurales; dándose uso en actividades agrícolas, beneficiando también a los peces y sus entornos; como también protegiendo a ecosistemas, en periodos de estiaje y sequías. Las aguas subterráneas se convierten en un amortiguador crucial que suministra más agua cuando escasean las fuentes superficiales.

Las aguas subterráneas constituyen el 98% del agua dulce no congelada accesible como fuente de abastecimiento para numerosos fines en función de sus características fisicoquímicas y biológicas.

Este recurso es cuantitativamente mayor que el agua superficial, participa de numerosos procesos naturales y brinda innumerables servicios ecosistémicos (Cerón et al., 2021).

La profundidad de las aguas subterráneas viene determinada por el techo del acuífero en otros lugares, el nivel freático en acuíferos no confinados y la profundidad de las aguas subterráneas. Los acuíferos con niveles freáticos más profundos son menos propensos a ser contaminados. Existe una mayor probabilidad de atenuación de una carga contaminante dada a través de la degradación o la retención natural si la zona no saturada es más gruesa y el tiempo de transporte de un contaminante a las aguas subterráneas se alarga (Apaza, 2019).

2.1.2. CALIDAD ORGANOLÉPTICA DEL AGUA POZO

a) Olor de las aguas

En la práctica, la ausencia de olor puede servir como señal sustitutiva de la ausencia de contaminantes como las sustancias químicas fenólicas. Sin embargo, el olor a sulfuro de hidrógeno puede ser una señal de que las sustancias orgánicas del agua son sépticas (Pancca, 2021).

b) Sabor

El sabor es la cualidad de una sustancia que es percibida por el sentido del gusto. Entre ellas existe el Ácido: Los ácidos orgánicos, de los que los vegetales son especialmente abundantes, son los principales responsables del sabor de los alimentos. Como incluyen calorías, además del sabor añaden valor nutritivo. Pueden encontrarse en forma de ácidos, sales, potasio y calcio.

Dulce: Uno de los pocos sabores considerados universalmente como uno de los más agradables por todos los pueblos y civilizaciones del planeta es el dulce. Se encuentra sobre todo en las papilas gustativas de la punta de la lengua.

Salado: Reacciona con la capacidad única de las papilas gustativas de la parte anterior de la lengua, a ambos lados. La detección se realiza a través de canales iónicos capaces de reconocer iones solubles de potasio (K⁺), sodio (Na⁺) y otros metales alcalinos.

Amargo: Al ser posiblemente el más desagradable de los cinco, es el hábito que más hay que aprender. Las papilas gustativas de la parte posterior de la lengua son las encargadas de detectarlo (Salazar & Vásquez, 2016).

c) Color

Sugiere que algunas propiedades del agua pueden estar relacionadas con la turbidez y pueden darse sin ella. Aún no se pueden determinar las estructuras químicas básicas de las especies que producen el color (Pancca, 2021). Esta característica del agua se atribuye con frecuencia a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etc. Se cree que los siguientes factores son responsables del color natural del agua, excluyendo el causado por vertidos industriales:

- Extracción acuosa de compuestos vegetales
- La descomposición de la materia
- La materia orgánica del suelo
- la existencia de compuestos metálicos como el manganeso y el hierro.
- una mezcla de los procedimientos mencionados.

Entre otras cosas, el pH, la temperatura, la duración del contacto, la materia accesible y la solubilidad de los productos químicos coloreados influyen en cómo se forma el color en el agua. El color que queda después de filtrar el agua es el color real; el color del agua bruta o natural es el color aparente.

d) Turbiedad

La turbidez es una característica óptica del agua que mide la claridad relativa. La turbidez del agua generalmente se asocia con la materia en suspensión. La turbidez del agua también indica el crecimiento de microorganismos patógenos en por qué las partículas en suspensión pueden proteger a los microbios. Por lo general, la alta turbidez en el agua subterránea se encuentra en pozos poco profundos o pozos mal construidos, ya que pueden contaminarse con agua superficial (como ríos), especialmente durante fuertes lluvias (Liu et al., 2023) . La alta turbidez en el agua subterránea puede ser causada por el contenido de arcilla (Helmy & Notodarmojo, 2019). Además, la alta turbidez puede ser causada por partículas orgánicas (plantas o animales en descomposición) y partículas inorgánicas por factores geológicos naturales. La naturaleza ácida fomenta las interacciones entre la roca y el agua subterránea que resultan en una mayor turbidez del

agua debido a la meteorización de la roca (Agyemang, 2023), que es más estricto que el límite máximo de la OMS de 5 NTU (OMS, 2017).

Aunque la turbidez no siempre es una amenaza directa para la salud pública, tiene un efecto adverso en la salud humana en concentraciones superiores al límite superior. Una turbidez elevada puede funcionar como nido de bacterias nocivas cuando se combina con partículas.

e) pH

La concentración de iones hidrógeno en el agua viene dada por el logaritmo negativo de la concentración molar de iones hidrógeno. Las concentraciones desfavorables de hidrógeno en el agua dificultan el tratamiento biológico, alteran la biota de las fuentes receptoras y acaban matando a los microorganismos. Los hongos crecen más fácilmente que las bacterias en aguas con un pH inferior a 6 durante el tratamiento biológico.

f) Conductividad

La conductividad eléctrica (CE) del agua es una medida de su capacidad para transmitir la corriente eléctrica. Para simplificar, se utiliza $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C aunque la CE se mide en siemens por metro (S/m) según el Sistema Internacional de Unidades. La conductividad del agua está relacionada con la concentración de sales en disolución, cuya disociación da lugar a iones que pueden transportar corriente eléctrica. Como la temperatura influye en la solubilidad de las sales en el agua, la conductividad varía con la temperatura del agua (Solís et al., 2018).

g) Dureza

La dureza del agua es una medida de la concentración de metales alcalinotérreos, principalmente calcio (Ca) y magnesio (Mg), en el agua como resultado de la descomposición de rocas y minerales. La concentración de metales alcalinotérreos, principalmente calcio (Ca) y magnesio (Mg), en el agua como resultado de la descomposición de rocas y minerales se mide por la dureza del agua. Se suele expresar como carbonato cálcico (CaCO_3) en miligramos por litro (Solís et al., 2018).

Existen diferentes tipos de dureza:

- La dureza total es la cantidad de sales de calcio y magnesio disueltas en el agua.
- La dureza producida por los carbonatos de calcio, magnesio e hidrógeno se denomina específicamente dureza «carbonatada» o «temporal».
- Las sales de calcio y magnesio nitrato, sulfato y cloruro proporcionan una dureza permanente o no carbonatada.

Del mismo modo, las vías navegables pueden clasificarse en función de su dureza:

- Aguas blandas: < 60 mg/L
- Aguas ligeramente duras: (60-120) mg/L
- Aguas moderadamente duras: (120-180) mg/L - Aguas duras: > 180 mg/L

h) Hierro

En algunas rocas y suelos de Minnesota pueden encontrarse minerales ricos en hierro. El hierro puede disolverse en el agua cuando llueve o la nieve se derrite en el suelo y el agua se filtra a través de rocas y suelos que contienen hierro. El hierro también puede producirse ocasionalmente por la oxidación de tuberías de agua de acero o hierro. Del mismo modo que el hierro de un cubo metálico se oxida cuando se expone al aire y al agua, los minerales de hierro del agua oxidan y decoloran las prendas y los accesorios de fontanería después del lavado. Si han entrado gérmenes peligrosos en el pozo, el hierro puede causar problemas. El hierro es necesario para el crecimiento de varios organismos peligrosos. Si el agua contiene hierro, puede ser más difícil eliminar los gérmenes peligrosos (Box & Paul, 2022).

i) Aluminio

Como es un componente de las arcillas y puede existir en forma soluble en sistemas coloidales que generan turbidez, el aluminio es un componente natural de las aguas superficiales y subterráneas. También está muy disperso en el medio ambiente y se cree que es perjudicial para el desarrollo de las plantas en suelos ácidos. Es el tercer elemento más abundante en la corteza terrestre; las intervenciones antropogénicas contribuyen a su liberación con incidencia de enfermedades en la población y acumulaciones dañinas en el ambiente (Ospina & Cardona, 2021) .

j) Cobre

La contaminación por metales pesados es uno de los problemas más importantes que afectan al medio ambiente debido a su toxicidad y al daño que causa a los ecosistemas acuáticos y terrestres, así como a la salud humana. Debido a su composición química, estos compuestos no se descomponen en productos más inocuos mediante procesos físicos, químicos o biológicos. En cambio, permanecen en el medio ambiente y se acumulan en los organismos a lo largo del tiempo en forma de iones o complejos metálicos. Aunque el cobre es necesario para que el metabolismo humano funcione con normalidad, una cantidad excesiva procedente de agua o bebidas contaminadas puede provocar anemia, caída del cabello, náuseas, vómitos y/o malestar estomacal, así como daños en los riñones y el hígado (Rodríguez et al., 2020).

2.1.3. CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE POZO

a) Coliformes termotolerantes

Los desechos de los seres humanos y de los animales de sangre caliente contienen esta clase de bacterias coliformes. Son básicamente de origen fecal y, tras 24 horas de incubación, pueden fermentar la lactosa y producir gas y ácido a $44,0 \pm 0,2$ °C. Comprende *Escherichia* y, en menor medida, especies de los géneros *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*; estas últimas sirven como marcadores secundarios cruciales de lo bien que se eliminan las bacterias fecales mediante los procedimientos de tratamiento del agua. Muestran el potencial de contaminación fecal, así como la calidad del agua tratada (Quille, 2022).

b) Coliformes totales

Todas las bacterias gramnegativas de esta diversa categoría tienen morfología bacilar, son aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasas negativas, no son esporógenas y pueden digerir la lactosa para producir gas y ácido a 37 °C en 48 horas. Se dividen principalmente en 4 géneros: *Enterobacter*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Klebsiella*, la especie más frecuente y predominante es *Escherichia coli*, la demostración y el recuento de organismos coliformes, pueden encontrarse en mayor cantidad en aguas

contaminadas, su hábitat está en las vías entéricas del tracto gastrointestinal del ser humano y animales, luego son eliminadas en las heces y se consideran como indicadores de contaminación en los cuerpos de agua no obstante menciona que en la actualidad, no se recomienda los coliformes totales para la evaluación de la calidad de las aguas debido a que las bacterias de este grupo pueden ser encontradas de forma natural en aguas, suelos y vegetación (Aguilar, 2017) .

2.1.4. CALIDAD QUIMICA INORGANICA Y ORGANICA DEL AGUA DE POZO

a) Cloro

La eficacia se predice por el cloro libre por tiempo de contacto; es ineficaz contra los quistes de *Cryptosporidium*. Este proceso se ve inhibido por la turbidez y los solutos que necesitan cloro; en consecuencia, para garantizar el éxito de la desinfección, la turbidez debe mantenerse por debajo de 1 NTU.

Mantener la turbidez por debajo de 5 UNT debe ser el objetivo cuando esto no sea factible, aunque la desinfección debe seguir utilizándose si no se alcanzan los 5 UNT. Tras al menos 30 minutos de contacto a pH <8,0, la concentración residual de cloro libre debe ser $\geq 0,5$ mg/l para que la desinfección tenga éxito. El sistema de distribución debe mantener un contenido de cloro residual. En el lugar de suministro debe haber una concentración residual mínima de 0,2 mg/l de cloro libre (OMS, 2018).

b) Arsénico

Elemento que se encuentra de forma natural en la corteza terrestre, el arsénico está presente en el suelo, el agua y el aire, entre otros lugares. Es muy venenoso en estado inorgánico. La exposición a niveles elevados de arsénico inorgánico puede producirse por fumar, beber agua contaminada, utilizar agua contaminada con fines industriales, regar cultivos alimentarios y consumir alimentos contaminados. La exposición prolongada al arsénico inorgánico, principalmente a través de los alimentos y el agua potable, puede causar intoxicación crónica. El cáncer de piel y la aparición de lesiones cutáneas son los efectos más característicos (OMS, 2022).

c) Mercurio

El mercurio puede ser orgánico (como el metilmercurio, que entra en el organismo a través de los alimentos) o elemental (o metálico), al que las personas pueden estar expuestas en algunas ocupaciones.

El grado de toxicidad y el modo en que estas formas de mercurio afectan al aparato digestivo, la piel, los pulmones, los riñones, los ojos y los sistemas neurológico e inmunológico varían (OPS, 2024).

La corteza terrestre contiene mercurio por causas naturales, como las erupciones volcánicas, la meteorización de las rocas y la actividad humana. Esta última es la principal fuente de emisiones de mercurio, procedentes sobre todo de la combustión de carbón en centrales eléctricas, procesos industriales, incineración de residuos, calefacción y cocina, y la extracción de metales como el mercurio y el oro.

d) Plomo

La corteza terrestre contiene trazas de plomo, un metal de origen natural. Aunque tiene ciertas aplicaciones ventajosas, puede ser venenoso tanto para las personas como para los animales, lo que acarrea consecuencias negativas para la salud. El plomo está presente en muchos aspectos del medio ambiente, como el aire, el suelo, el agua e incluso en nuestros hogares. Las acciones humanas, como el uso de combustibles fósiles, incluido el uso anterior de gasolina con plomo, determinadas instalaciones industriales y el uso anterior de pintura con plomo en las casas, son las principales responsables de nuestra exposición. La pintura, la cerámica, las tuberías y fontanería, las soldaduras, la gasolina, las pilas, la munición y los cosméticos son sólo algunos de los muchos artículos que contienen plomo o compuestos de plomo dentro y fuera de nuestras casas (USEPA, 2021).

e) Trihalometanos totales

Cuando se desinfecta el agua se produce una clase de materiales conocidos como subproductos de la desinfección (DAP). Los trihalometanos (THM) son subproductos del

uso del cloro como desinfectante. Entre los THM presentes en el agua potable se encuentran el dibromoclorometano (DBCM), el bromodiclorometano (BDCM), el cloroformo y el bromoformo. El cloro es el desinfectante más utilizado en España. No se pueden negar las ventajas de la cloración del agua, que ha reducido enormemente la incidencia de enfermedades bacterianas, víricas y parasitarias. Además del cloro que se añade al agua en las instalaciones de tratamiento de agua potable, también es necesario asegurarse de que haya un nivel suficiente de cloro residual libre en el agua potable distribuida como precaución adicional (Agencia de Salud Pública, 2023).

f) Aceites y grasa

Son sustancias químicas que proceden tanto de plantas como de animales, y están compuestas principalmente por ésteres de ácidos grasos y glicerina, o triglicéridos. En general, la expresión se utiliza para describir materiales sólidos a temperatura ambiente, mientras que el término «aceite» describe materiales líquidos en las mismas circunstancias. Los triésteres de glicerol que existen de forma natural se mezclan para formar grasas y aceites. A temperatura ambiente, las grasas son mezclas sólidas, mientras que los aceites son líquidos. Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos de cadena larga que se producen cuando se hidrolizan las grasas y los aceites. Los lípidos son solubles en disolventes polares pero insolubles en agua (Muñoz, 2021).

2.1.5. CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

La contaminación de las aguas subterráneas se produce cuando los subproductos de diversas actividades humanas penetran en el acuífero, dando lugar a la introducción o acumulación de compuestos típicos de dichas actividades (Apaza, 2019). La erosión natural de las formaciones rocosas es la fuente de ciertos contaminantes. Otros contaminantes son liberados por empresas, productos agrícolas o sustancias químicas que los particulares utilizan en sus patios y casas. Los vertederos, los depósitos de residuos peligrosos, las fosas sépticas y los depósitos de almacenamiento de agua también pueden contener contaminantes. Actualmente, los contaminantes más peligrosos en las aguas subterráneas son los compuestos orgánicos industriales, que incluyen

combustibles como la gasolina, pinturas, barnices, disolventes y pesticidas. Pueden encontrarse aguas de pésima calidad (muy sulfatadas, cloruradas, o duras, etc.) sin que por ello se encuentren contaminadas, incluso el hecho de introducir sustancias extrañas puede llegar a mejorar la calidad del agua para un uso determinado (es el caso del exceso de nitratos en la agricultura) (Rodríguez & Villazón, 2009).

2.1.6. POZOS RÚSTICOS

Es el resultado de una perforación o excavación como manantial o acuífero limitado cuyo nivel freático está más alto que el nivel del suelo. Es un agujero que se perfora con equipo o una excavación natural hecha por el hombre en la tierra que llega a una fuente de agua o donde brota lo suficiente como un surtidor. Para evitar que los muros se derrumben y deterioren, suelen tener forma cilíndrica y estar sujetos con ladrillo, piedra, cemento o madera (Chávez & Torres, 2019).

2.1.7. POZOS ARTESIANOS

Cualquier circunstancia en la que el agua subterránea se eleva por encima del nivel del acuífero bajo presión se denomina artesanal.

Para el cumplimiento de un sistema artesiano existen dos requisitos: como primero, el agua debe contener de un acuífero inclinado. Segundo debe existir acuicludos en la parte encima y debajo del acuífero para el impedimento de la filtración del agua. El agua ascenderá a un nivel conocido como nivel piezométrico cuando esta capa se perfora debido a la presión causada por el peso del agua sobre ella. Los sistemas artesianos actúan como conductos, transmitiendo a menudo el agua a grandes distancias desde áreas remotas de recarga hasta los puntos de descarga (Chávez & Torres, 2019).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

a) Agua subterránea: Es el agua que se aloja y circula en el subsuelo, conformando los acuíferos (Aguilar, 2017).

b) Calidad de agua.

Son aquellas características físicas químicas y bacteriológicas por medio de las cuales se puede determinar si el agua es adecuada o no para el uso al que se le destina (Vilca, 2022).

c) Consumo humano

El consumo humano hace referencia a la utilización de productos y servicios por parte de los individuos con el propósito de satisfacer sus requerimientos fundamentales y aspiraciones (Quispe, 2024).

d) Ribera del río

Las riberas son zonas adyacentes al cauce del río, influenciadas funcional y estructuralmente por éste y que albergan una compleja comunidad biológica (Magnaleno, 2013).

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad de las aguas de pozos para consumo humano de la ribera del río Torococha del distrito de Juliaca, 2025, no cumple con el LMP DS N° 031-2010-SA.

2.3.2 . HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La calidad organoléptica de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha no cumplen con el LMP DS N° 031-2010-SA.
- La calidad microbiológica de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha no cumplen con el LMP DS N° 031-2010-SA.
- La calidad química inorgánica y orgánica de las aguas de pozos en la ribera del río Torococha no cumplen con el LMP DS N° 031-2010-SA.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La caracterización de las aguas subterráneas se realizó a lo largo de la ribera del río Torococha, en la zona de Juliaca. El río Torococha está situado en la ciudad de Juliaca a 3826 metros sobre el nivel del mar. Tiene una extensión aproximada de 41.00 kilómetros cuadrados, con coordenadas de 15° 29' 24" latitud sur y 70° 09' 00" longitud oeste.



Figura 01: Ubicación del lugar de estudio

Fuente : Google Earth

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población estuvo conformada por las aguas de pozo para consumo humano procedentes de pozos que se encuentran ubicados en la ribera del río Torococha.

3.2.2. MUESTRA

La muestra estuvo conformada por 3 pozos de monitoreo para la caracterización de las aguas subterráneas procedentes de la ribera del río Torococha. Ver tabla 1.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

El tipo de investigación es descriptiva, puesto que se realizará la caracterización de las aguas subterráneas en diferentes puntos de la ribera del río Torococha.

Diseño de Investigación: Cuantitativo, dado que se obtendrán datos numéricos.

3.3.1. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO

3.3.1.1. OBJETIVO 01: Determinar la calidad organoléptica de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha según DS N° 031-2010-SA.

a) Identificación de los puntos de los pozos a muestrear

Se empezó con la identificación de los puntos de muestreo, donde se solicitó el permiso a las viviendas de la ribera del río Torococha, para la toma de muestra de agua subterránea de consumo humano de los pozos.

Tabla 01: Registro de ubicación de los pozos.

Codificación de pozo	Familia de vivienda	Zona	Coordenadas	
			Este	Norte
P- 01	xxxxxxxxxxxxxx	19 L	381395.47	8287523.64
P- 02	xxxxxxxxxxxxxx	19L	380898.48	8287511.75
P- 03	xxxxxxxxxxxxxx	19L	380825.75	8287033.29

Según la tabla 01 muestra los datos que se consideró para la identificación de los puntos de monitoreo en los pozos.

b) Toma de muestra de agua de pozo

Para la toma de muestra se ha dispuesto un recipiente o frasco de vidrio adecuadamente esterilizados, donde estos fueron recomendados por el mismo laboratorio, esto con la finalidad de obtener mejores resultados.

La extracción de las muestras de los pozos tubulares correspondientes ya existentes se realizó con la ayuda de un recipiente de plástico transparente previamente analizado con alcohol.

De acuerdo con la norma NTP ISO 5667-5: 2001 «Guía para la toma de muestras de agua para consumo humano y agua utilizada para la elaboración de alimentos y bebidas», se dejó fluir el agua durante dos minutos antes de la toma de muestras. En el caso de pozos artesianos, el agua se extrajo utilizando un cubo de plástico limpio (balde) y una cuerda.

Posteriormente los envases con las muestras de aguas subterráneas fueron transportados en unas cajas cooler en la cual ayudó a la muestra a conservarse con la temperatura adecuada. En exteriores de las cajas cooler se identificó cada muestra con su respectivo código:

- Punto de muestreo (con su codificación)
- Procedencia de agua (agua subterránea)
- El número de muestra tomada o código.
- Colocar la hora de recolección de muestra.
- Volumen de la muestra recolectada
- Datos personales del responsable (nombre y firma) de la toma de muestra.
- Observaciones (detalle de algún acontecimiento ocurrido en la toma de muestra).

los parámetros que se considerarán para la caracterización de las aguas subterráneas según el D.S. 031 -2010-SA, Reglamento de la Calidad para agua Consumo Humano.

Tabla 02: Límites máximos permisibles de calidad organoléptica.

N°	Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1	Olor	---	Aceptable
2	Sabor	---	Aceptable
3	Color	UCV escala Pt/Co	15
4	Turbiedad	UNT	5
5	pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6	Conductividad	µmho/cm	1500
7	Dureza	mg/L	500
8	Aluminio	mg/L	0,3

Nota : UCV : Unidad de color verdadero; UNT: Unidad nefelométrica de turbiedad (DIGESA, 2010).

3.3.1.2. OBJETIVO 02: Determinar la calidad microbiológica de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha según el DS N° 031-2010-SA.

Para la toma de muestra se ha dispuesto un recipiente o frasco de vidrio adecuadamente esterilizados, donde estos fueron recomendados por el mismo laboratorio, esto con la finalidad de obtener mejores resultados.

De conformidad con la norma NTP ISO 5667-5: 2001, «Guía para la toma de muestras de agua destinada al consumo humano y de agua utilizada para la elaboración de alimentos y bebidas», se tomaron muestras de los pozos tubulares correspondientes utilizando las bombas actualmente instaladas y un recipiente de plástico transparente esterilizado con alcohol antes de su uso. Se dejó fluir el agua durante aproximadamente dos minutos antes de la toma de muestras. En el caso de los pozos artesianos, se utilizó un balde de

plástico limpio para extraer el agua con la ayuda de una cuerda. Posteriormente los envases con las muestras de aguas subterráneas fueron transportados en unas cajas cooler en la cual ayudó a la muestra a conservarse con la temperatura adecuada. En exteriores de las cajas cooler se identificó cada muestra con su respectivo código:

- Punto de muestreo (con su codificación)
- Procedencia de agua (agua subterránea)
- El número de muestra tomada o código.
- Colocar la hora de recolección de muestra.
- Volumen de la muestra recolectada
- Datos personales del responsable (nombre y firma) de la toma de muestra.
- Observaciones (detalle de algún acontecimiento ocurrido en la toma de muestra)

Tabla 03: Límites máximos permisibles de calidad microbiológica.

N °	Parámetros	Unidad de medida	Límites máximos permisibles
1	Coliformes termo tolerantes	UFC/100 ml	0 (*)
2	Coliformes totales	UFC/100 ml	0 (*)

Nota : UFC: Unidad formadora de colores (DIGESA, 2010)

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

Según la tabla 03 se detalla los parámetros microbiológicos que se consideraron según el D.S N° 031-2010, Reglamento de la calidad del agua para consumo humano.

3.3.1.3. OBJETIVO 03: Determinar la calidad química inorgánica y orgánica de las aguas de pozos en la ribera del río Torococha según el DS N° 031-2010-SA.

Para la toma de muestra se ha dispuesto un recipiente o frasco de vidrio adecuadamente esterilizados, donde estos fueron recomendados por el mismo laboratorio, esto con la finalidad de obtener mejores resultados. De conformidad con la norma NTP ISO 5667-5: 2001, «Guía para la toma de muestras de agua destinada al consumo humano y de agua

utilizada para la elaboración de alimentos y bebidas», se tomaron muestras de los pozos tubulares correspondientes utilizando las bombas actualmente instaladas y un recipiente de plástico transparente esterilizado con alcohol antes de su uso. Se dejó fluir el agua durante aproximadamente dos minutos antes de la toma de muestras. En el caso de los pozos artesianos, se utilizó un recipiente de plástico limpio para extraer el agua con la ayuda de una cuerda. Posteriormente los envases con las muestras de aguas subterráneas fueron transportados en unas cajas cooler en la cual ayudó a la muestra a conservarse con la temperatura adecuada. En exteriores de las cajas cooler se identificó cada muestra con su respectivo código:

- Punto de muestreo (con su codificación)
- Procedencia de agua (agua subterránea)
- El número de muestra tomada o código.
- Colocar la hora de recolección de muestra.
- Volumen de la muestra recolectada
- Datos personales del responsable (nombre y firma) de la toma de muestra.
- Observaciones (detalle de algún acontecimiento ocurrido en la toma de muestra)

Tabla 04: Límites máximos permisibles de calidad química inorgánica y orgánica

N °	Parámetros	Unidad de medida	Límites máximos permisibles
1	Arsénico	mg/L	0,010
2	Plomo	mg/L	0,010
3	Mercurio	mg/L	0,001
4	Trihalometanos totales		1,00
5	Aceites y grasas	mg/L	0,5

Según la tabla 04 se detalla los parámetros microbiológicos que se consideraron según el D.S N° 031-2010, Reglamento de la calidad del agua para consumo humano.

3.3.2. MATERIALES E INSTRUMENTOS

Materiales

- Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
- Cámara fotográfica
- Laptop, procesador
- Libreta de campo
- Impresora
- Mascarilla de protección
- Guantes de PVC
- Zapatos de seguridad antideslizante.
- Mandil de protección
- Tablero de anotaciones

Instrumentos

- Ficha de recolección de datos de diagnósticos de la situación actual de los pozos.
- Reglamento de la calidad del agua para consumo humano.

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 05: Operacionalización de las variables de investigación.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD MEDIDA
Independiente Calidad del agua	Calidad	Organolépticas	----
		Microbiológica	-----
		Química inorgánica y orgánica	
		Olor	-----
		Sabor	----
	Calidad organoléptica	Color	---
		Turbiedad	---
		pH	UNT
		Conductividad	—
		Dureza	
Dependiente		Hierro	µmho/cm
Aguas de pozo	Calidad microbiológica	Coliformes totales	
		Coliformes fecales	mg/L
			UFC/100 ml
	Calidad química inorgánica y orgánica	Arsénico	mg/L
		Plomo	
		Mercurio	
		Trihalometanos totales	
	Aceites y grasas		

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. PARA EL OBJETIVO 01: CALIDAD ORGANOLÉPTICA DE LAS AGUAS DE POZO PARA CONSUMO HUMANO DE LA RIBERA DEL RÍO TOROCOCHA SEGÚN DS N° 031-2010-SA.

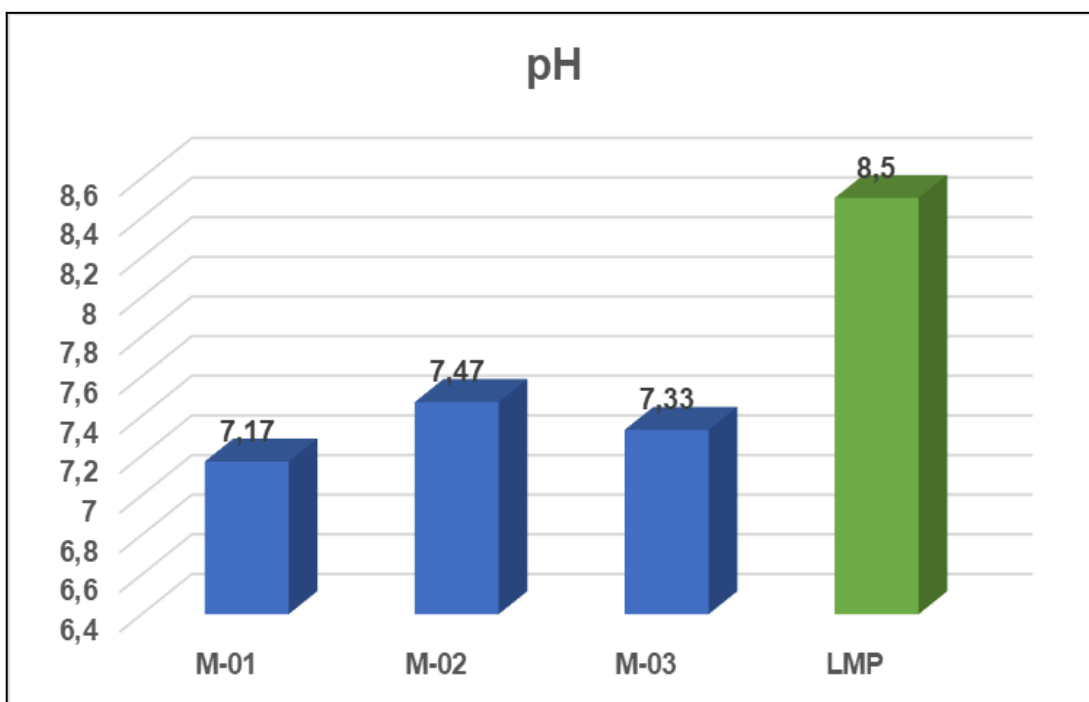


Figura 02: Nivel de pH , en las aguas de pozo de consumo humano.

Según la figura 02 muestra el nivel de pH en las aguas de pozo de consumo humano en los tres lugares de muestreo , se evidencia que , en la muestra dos se ha obtenido un valor de 7.47 ,seguida por la muestra tres y finalmente la muestra uno. Estos resultados comparados con el DS N° 031 -2010-SA, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.

al respecto Boadi et al. (2020), en su trabajo obtuvo un pH, por debajo de lo establecido para agua potable según la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 6,5 a 8,5 cuyos valores de pH obtenidos oscilaron entre 4,33 y 7,03, estos difieren en comparación con los resultados obtenidos en el presente estudio. Mientras comparado con Castillo et al. (2022), son similares, quien obtuvo un pH de 7.2 como valor mínimo en el mes de octubre y su valor máximo de 7.7. Todos los valores mencionados se encuentran dentro del límite máximo permitido. También, Mamani (2023), utilizó muestras de cuatro pozos de los pueblos de Queata, Carata, Cupiro Pampa y Uquisilla, el potencial de hidrógeno se encontró entre 7,7 y 8 unidades de pH semejando a los obtenidos en el presente estudio.

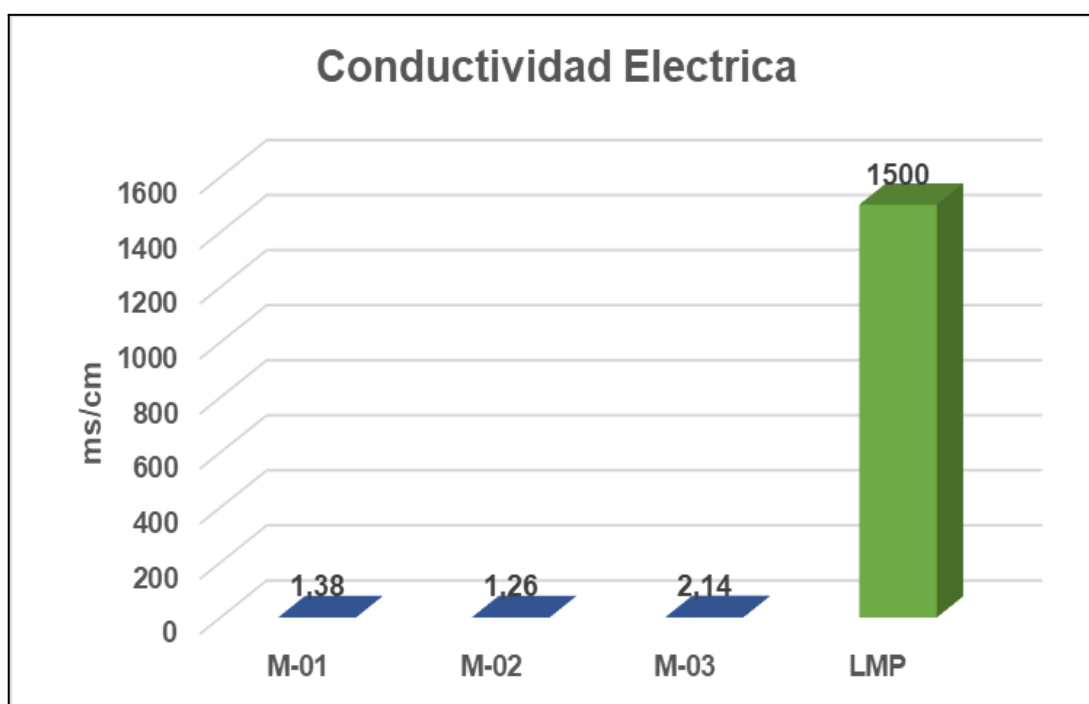


Figura 03: Nivel de conductividad eléctrica, en las aguas de pozo de consumo humano.

Según la figura 03 presenta la concentración de la conductividad eléctrica en las aguas de pozo para consumo humano: En los tres lugares de muestreo, se evidencia que, existe baja concentración de sales en disolución, cuya disociación genera iones capaces de transportar la corriente eléctrica. Comparado con los límites máximos permisibles del DS N° 031 -2010-SA, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles. Los resultados obtenidos son diferentes a comparación con Mamani (2023), utilizó muestra

de cuatro pozos de los pueblos de Queata, Carata, Cupiro Pampa y Uquisilla, la conductividad fluctúa entre 707 ms/cm y 7890 ms/cm. Así también, Sarmiento (2023), evaluó los niveles de las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua de pozo apta para consumo humano en la periferia de la ciudad de Desaguadero 2022. Tomó como muestra en estudio ocho pozos de acuerdo a las direcciones identificadas, donde se obtuvieron una conductividad eléctrica 832,38 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Finalmente, Sandoval (2021), el agua del pozo del centro de Moro presentaba una conductividad eléctrica media de 5270 $\mu\text{S}/\text{cm}$, superior al límite permitido de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

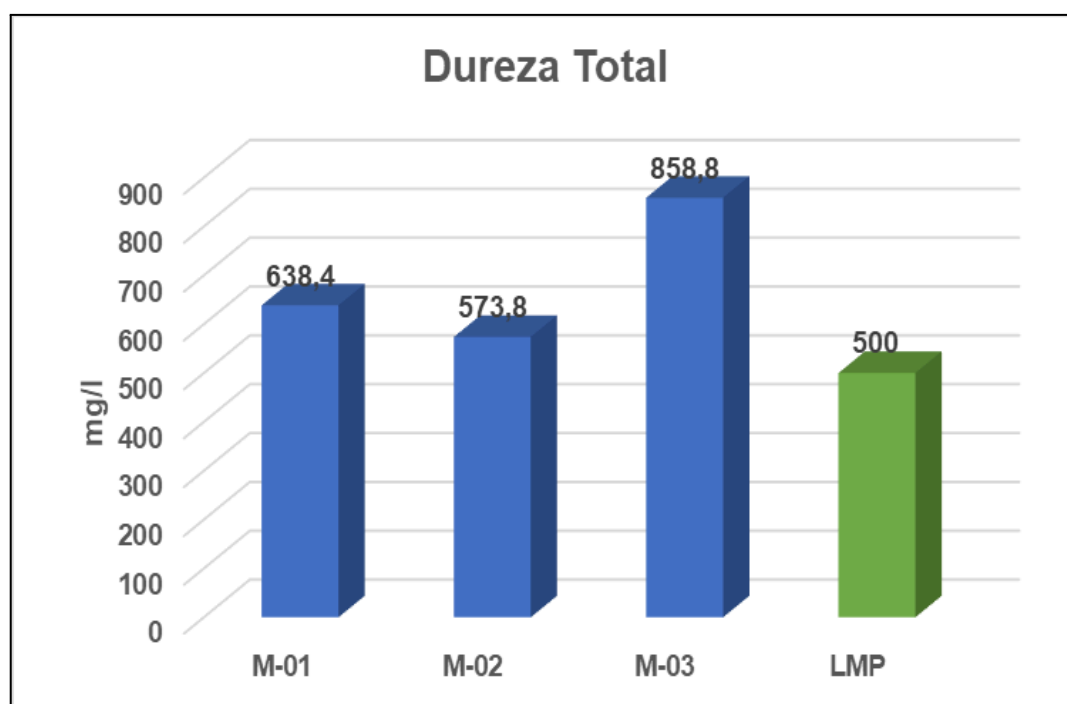


Figura 04: Nivel de dureza , en agua de pozo de consumo humano.

Según la figura 04 muestra el nivel de dureza total de agua en agua de pozo, se evidencia que existe concentración total de iones calcio y magnesio. En la tercera muestra se evidencia 858,8 mg/l mayor concentración, le sigue 638,4 mg/l y finalmente 573,8 mg/l , estos resultados comparados con los límites máximos permisibles, sobrepasan. En su estudio, Sandoval (2021), el agua del pozo del centro de Moro presentaba una dureza total media de 134 mg/l, todos ellos dentro de los límites normales. Se evidencia que los resultados obtenidos en la presente investigación comparados con Sandoval son diferentes.

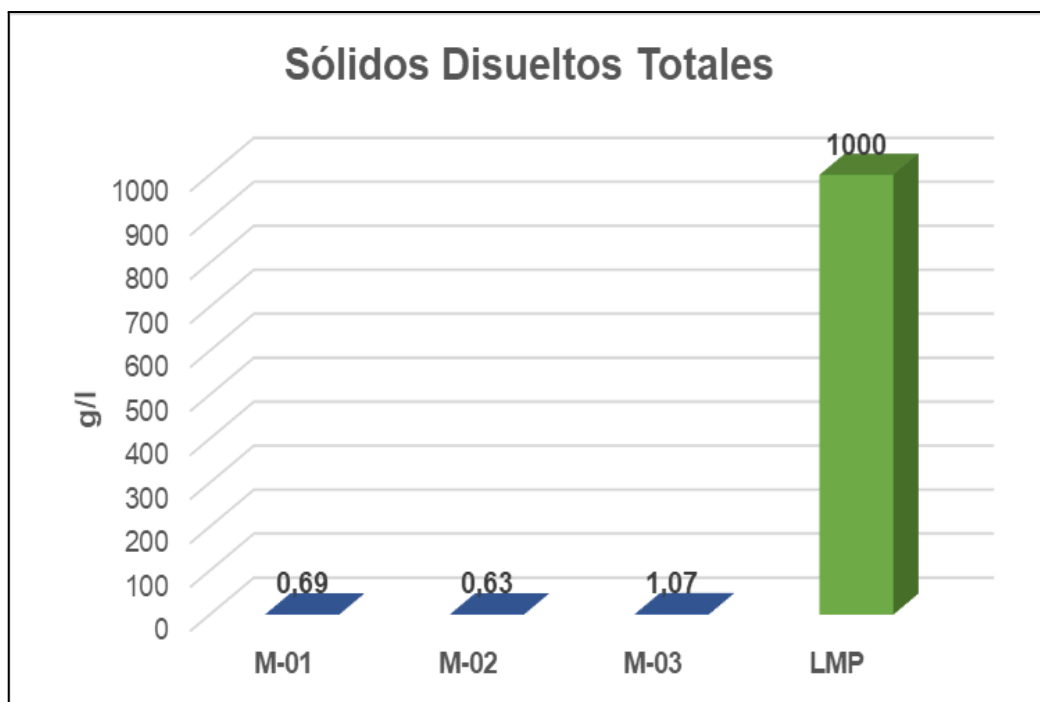


Figura 05: Sólidos disueltos totales en agua de pozo.

Según la figura 05 muestras el nivel de sólidos disueltos totales en las aguas de pozo de consumo humano , donde se evidencia poca presencia de partículas inorgánicas y orgánicas pequeñas disueltas en el agua, estas concentraciones comparados con los límites máximos permisibles , se encuentran dentro de lo establecido. Estos resultados comparados con Ávila (2024), quien obtuvo en SDT 196.75, 226 y 187.8 mg/L. Por su parte Castillo (2021), obtiene en sólidos disueltos totales , 250 mg/l , un pH de 7,01 y una CE de 538,64 S/cm. dichos resultados superan significativamente a los obtenidos en la presente investigación.

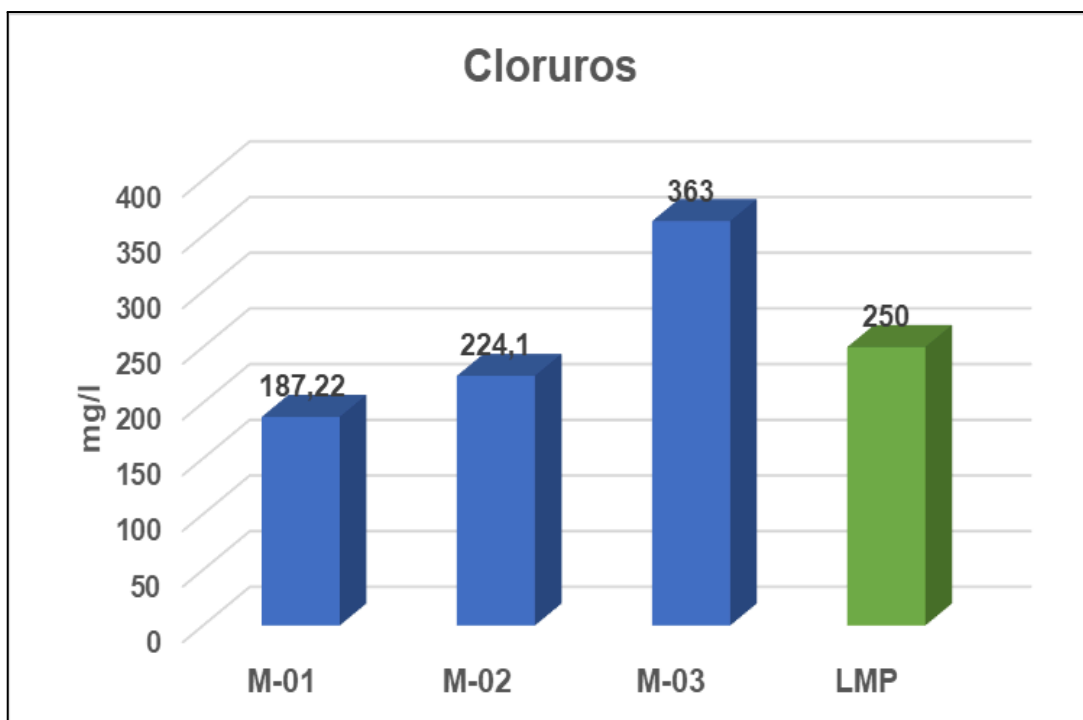


Figura 06: Cloruro en agua de pozo de consumo humano.

Según la figura 06 muestra la concentración de cloruro en las aguas de pozo de consumo humano, donde la muestra uno presenta 187,22 mg/l, la muestra dos 224,1 mg/l y finalmente en la muestra tres 363 mg/l, comparados con los límites máximos permisibles establecidos por la norma DS 031-2010 DIGESA, superan los LMP, es decir existe mayor concentración de cloro en la muestra tres. En su estudio Sandoval (2021), el agua de pozo del centro poblado de Moro presentó cloruros una concentración de 289 mg/l, todos ellos dentro de los límites permitidos. Se evidencia que los resultados obtenidos en la presente investigación comparados con los de Sandoval difieren en 26 mg/l con el valor más alto obtenido en la presente investigación.

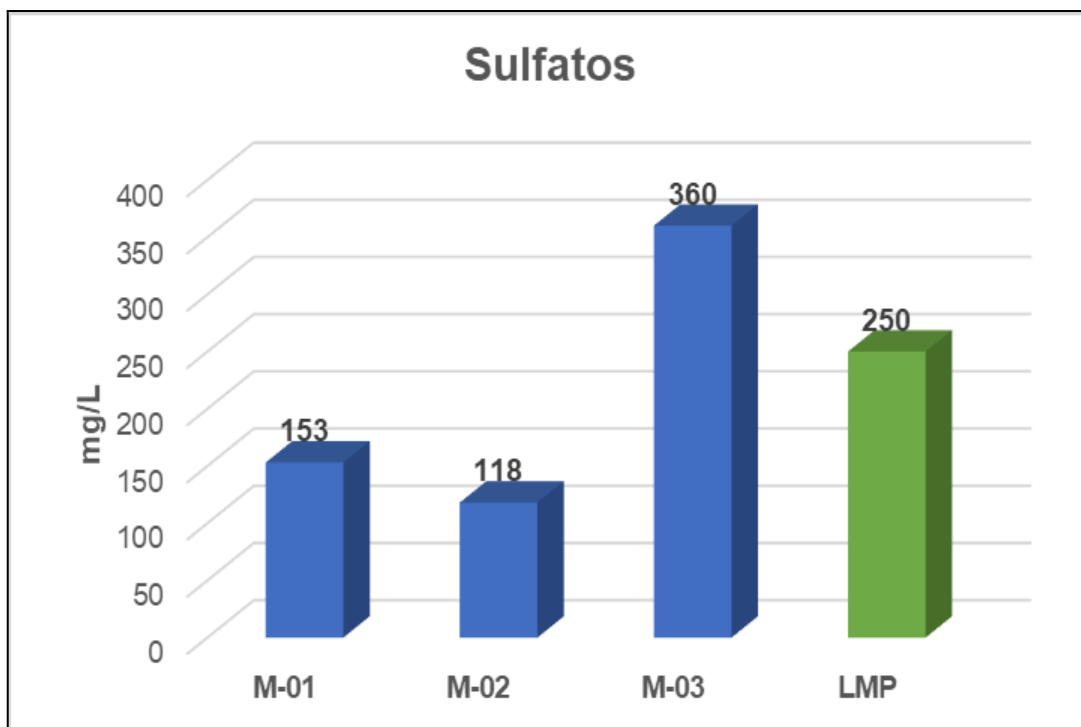


Figura 07: Sulfatos en agua de pozo de consumo humano.

Según la figura 07 muestra la concentración de sulfato en el agua de pozo, donde en la muestra uno se ha obtenido 153 mg/l, muestra dos 118 mg/l y la última muestra 360 mg/l, se evidencia que, en la muestra tres existe mayor concentración 360 mg/l, que llega a sobrepasar los límites máximos permisibles. Estos resultados comparados con Ávila (2024), en su resultado ha obtenido en sulfatos 50.82, 37.05 y 39.06 mg/L, son diferentes.

4.2. PARA EL OBJETIVO 02: CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LAS AGUAS DE POZO PARA CONSUMO HUMANO DE LA RIBERA DEL RÍO TOROCOCHA SEGÚN EL DS N° 031-2010-SA.

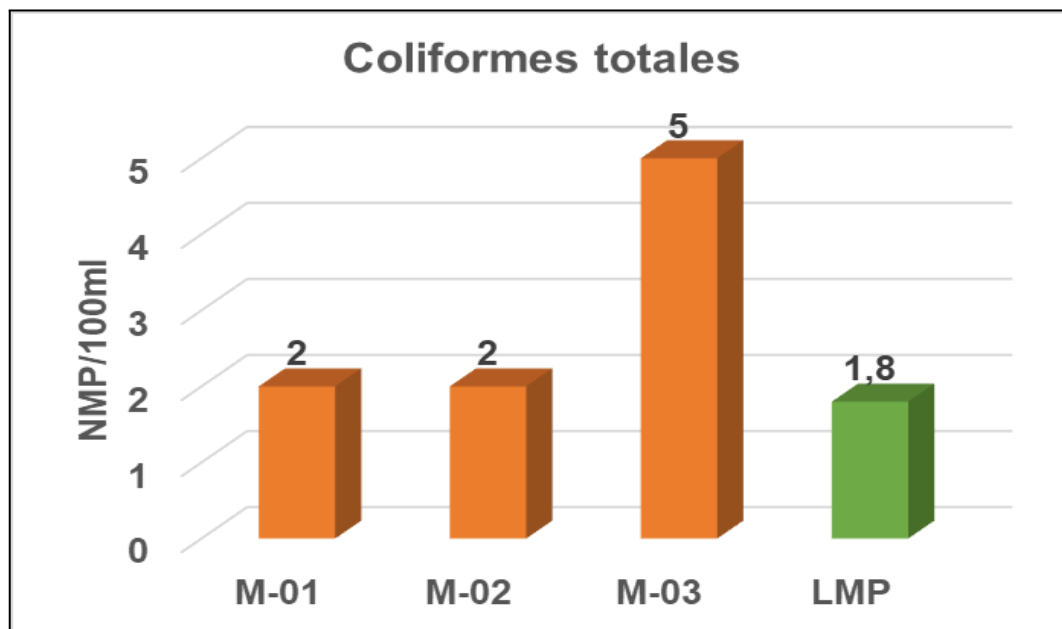


Figura 08: Coliformes totales en agua de pozo de consumo humano

Según la figura 08 muestra la concentración de coliformes totales, se evidencia una concentración de 2 NMP/100 ml en la primera muestra, segunda muestra 2 NMP/100 ml y, por último, en la muestra tres 5 NMP/100 ml, comparado con los límites máximos permisibles, superan lo establecido por la normativa. En su estudio Sarmiento (2023), evaluó los niveles de las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua de pozo apta para consumo humano en la periferia de la ciudad de Desaguadero 2022, respecto a coliformes totales (179 NMP/100 ml) supera el umbral del DS N° 031-2010-SA de $\leq 1,8$ NMP/100 ml. Aguilar (2017), en su estudio en la zona I obtuvo, para coliformes totales 11000 NMP/100 ml, en la zona II para coliformes totales 11000 NMP/100 ml. Vilca (2022), en Coliformes totales tienen el siguiente valor es: 0 (UFC/100ml) en el L.M.P. Estos fluidos no están dentro de los Límites Máximos Permisibles porque están gravemente contaminados y no deben ser consumidos por los seres humanos debido a los riesgos potenciales para la salud. Se evidencia que los resultados obtenidos en la presente investigación comparados con otros estudios, son diferentes.

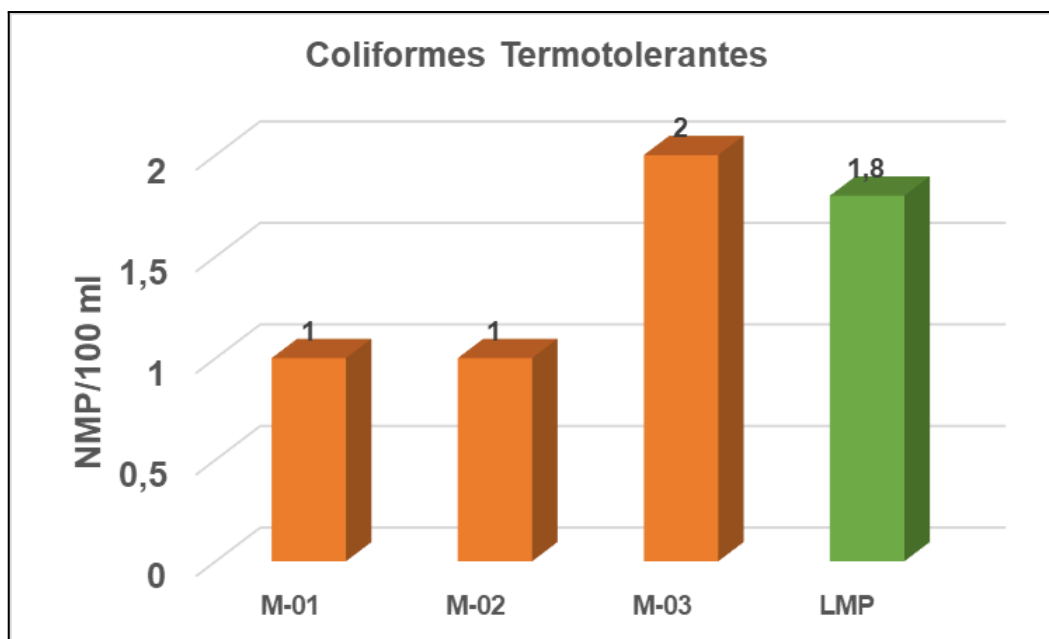


Figura 09: Coliformes termotolerantes en agua de pozo para consumo humano

Según la figura 09 muestra la concentración de coliformes termotolerantes, se evidencia que una concentración de 1 NMP/100 ml en la primera muestra, segunda muestra 1 NMP/100 ml y, por último, en la muestra tres con 2 NMP/100 ml, comparado con los límites máximos permisibles, la muestra tres, supera lo establecido por la normativa. En el estudio de Chávez & Torres (2019), evaluaron la calidad bacteriológica de agua de consumo humano de pozos artesianos y pozos rústicos. Para la toma de muestra se consideraron 10 pozos artesanos y rústicos. En cambio, diez pozos rústicos presentaban tanto coliformes termotolerantes, con valores máximos de 1100 NMP/100 ml y 7500 NMP/100 ml, respectivamente. Sarmiento (2023), tomó como muestra en estudio ocho pozos de acuerdo a las direcciones identificadas termo tolerantes (57 NMP/100 ml) superan el umbral del DS N° 031-2010-SA de $\leq 1,8$ NMP/100 ml. Se evidencia que los resultados obtenidos en la presente investigación comparados con otros estudios, son diferentes.

4.3. PARA EL OBJETIVO 03: CALIDAD QUÍMICA INORGÁNICA Y ORGÁNICA DE LAS AGUAS DE POZOS EN LA RIBERA DEL RÍO TOROCOCHA SEGÚN EL DS N° 031-2010-SA.

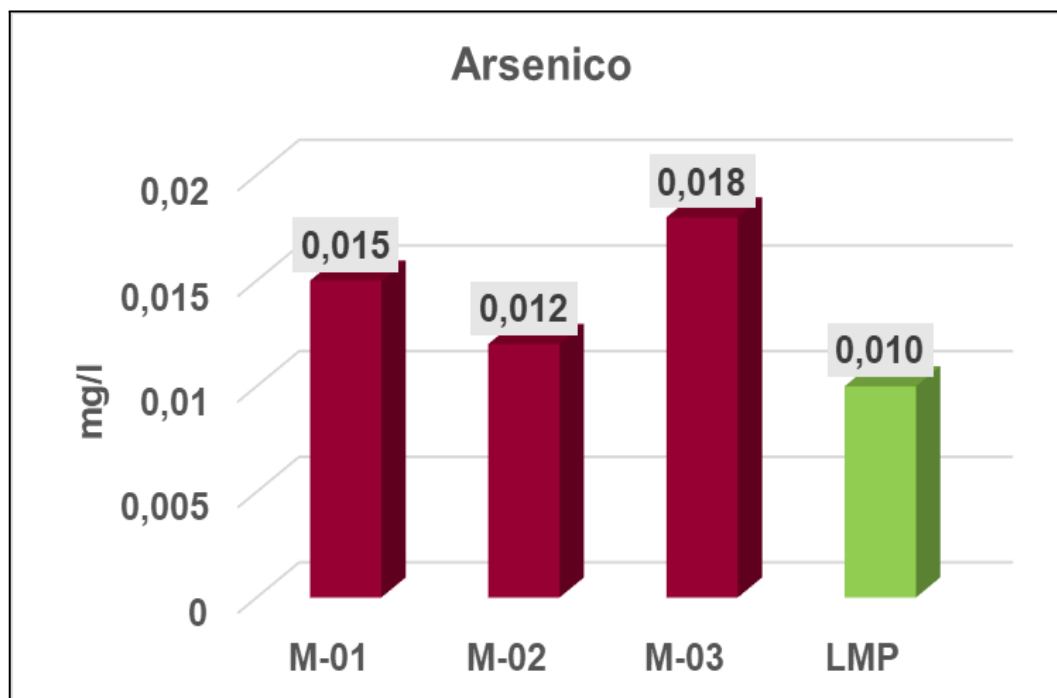


Figura 10: Arsénico en agua de pozo de consumo humano.

Según la figura 10 Muestra la concentración de arsénico en el agua , se evidencia una concentración de 0,015 mg/l en la primera muestra, segunda muestra 0,012 mg/l y, por último, en la muestra tres 0,018 mg/l , comparado con los límites máximos permisibles , superan lo establecido por la normativa. En su estudio Quispe (2024), a partir de las muestras de agua subterránea en tres puntos de muestreo, en la M1=0.01787 mg/L, M2=0.01065 mg/L, y la M5=0.01558 mg/L, es relativamente superior a 0.01 mg/L de Arsénico establecida en el D.S, N° 031-2010-SA. Así también, Mestas (2025), en su resultado muestran que el 100% de las muestras tomadas de dos pozos, ubicados en distintas áreas de la urbanización, presentan un nivel tóxico de arsénico, superando los 50 µg/L. Se ha determinado que existe un grave riesgo para la salud humana debido a los altos niveles de contaminación por arsénico en las aguas subterráneas de la zona de Taparachi, en la ciudad de Juliaca. Se evidencia que los resultados obtenidos en la presente investigación comparados con otros estudios, son diferentes.

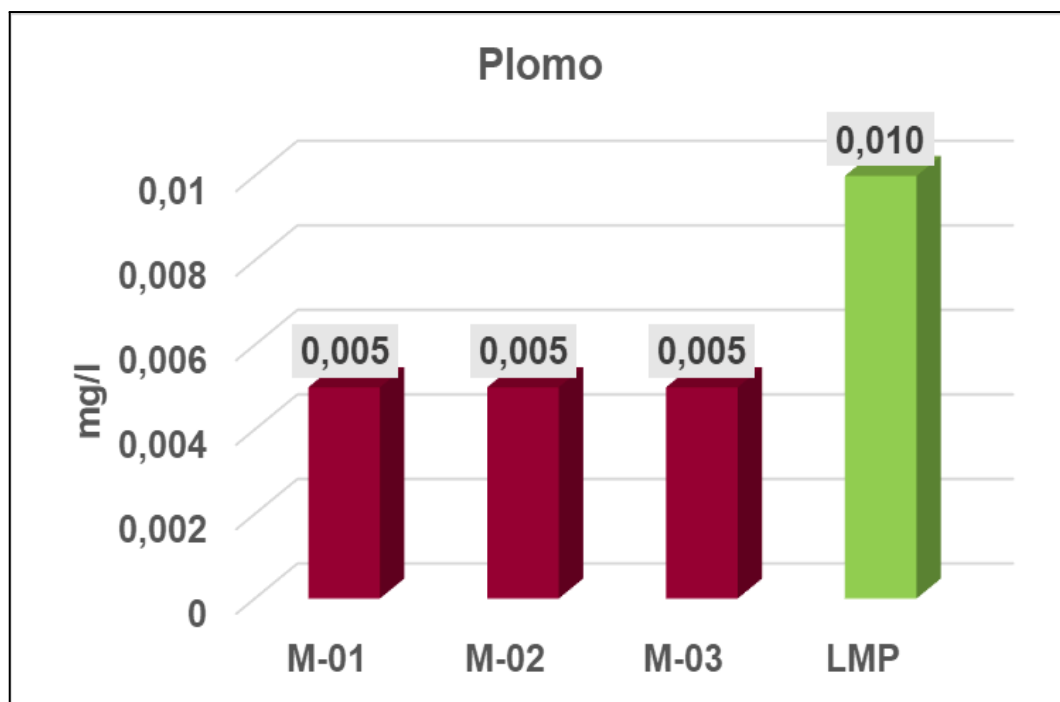


Figura 11: Concentración de plomo de agua de pozo de consumo humano.

Según la figura 11 muestra la concentración de plomo en el agua , se evidencia una concentración de 0,005 mg/l en la primera muestra, segunda muestra 0,005 mg/l y, por último, en la muestra tres 0,005 mg/l , comparado con los límites máximos permisibles , se encuentra dentro de la normativa. En el estudio de Monroy et al. (2024), las concentraciones más elevadas de plomo se encontraron en el pozo de abastecimiento 3, ubicado en la cabecera cantonal de Baba, con un valor de $0,833 \pm 0,032$ mg/L. Así también Soto (2018), en su resultado de su investigación sobre la presencia de metales pesados en las aguas subterráneas contaminadas por las operaciones mineras en el distrito de Vista Alegre-Nasca, ha obtenido 10 ppm a 2 ppm para el plomo. Se evidencia que los resultados obtenidos en la presente investigación comparados con otros estudios, son diferentes.

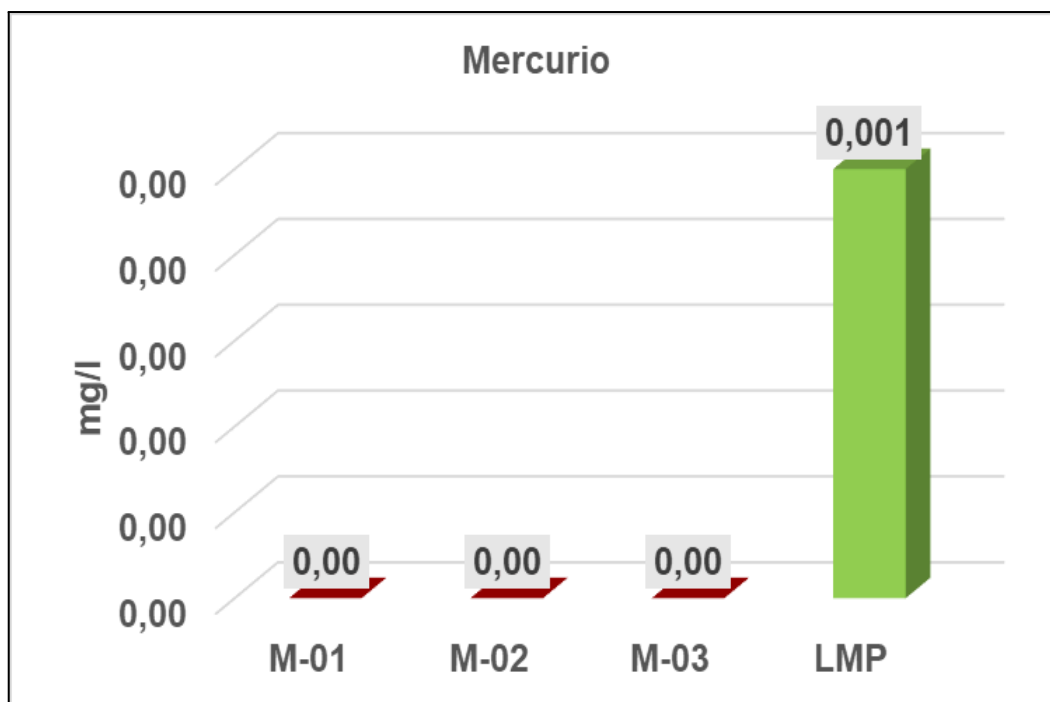


Figura 12: Mercurio en agua de pozo de consumo humano.

Según la figura 12 muestra la concentración de mercurio en el agua de pozo de consumo humano, donde se evidencia que, no existe presencia de concentración de mercurio.

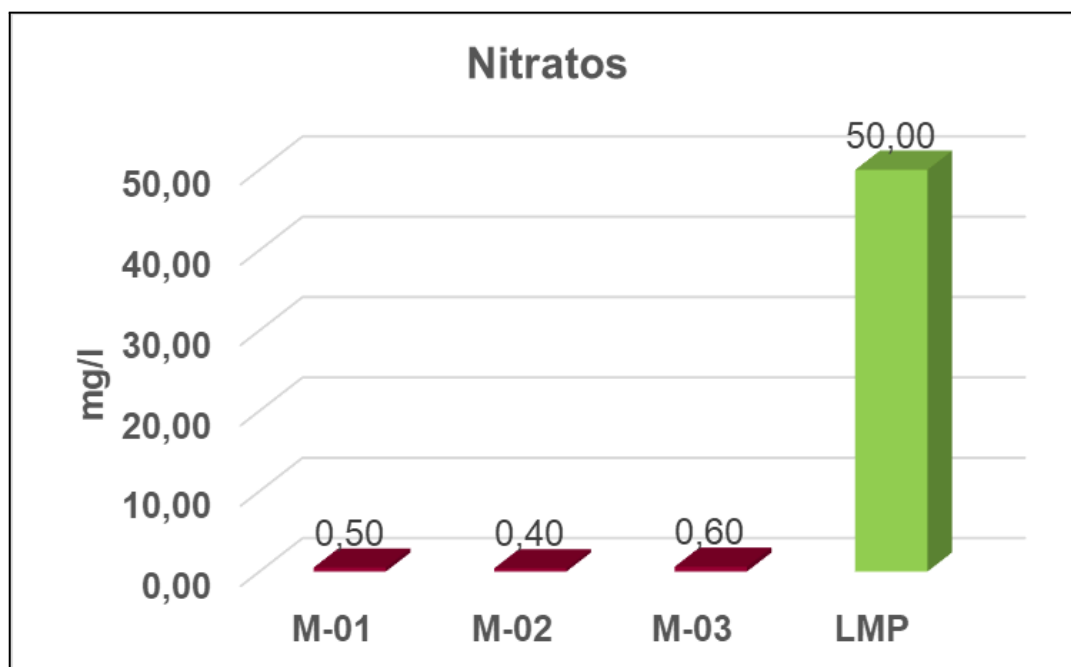


Figura 13: Nitratos en agua de pozo de consumo humano.

Según la figura 13 muestra la concentración de nitratos en el agua de pozo de consumo humano, donde se evidencia que, en la primera muestra hay 0,050 mg/l , segunda muestra 0,40 mg/l y en la tercera muestra 0,60 mg/l , estos resultados comparados con los límites máximos permisibles, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles. En su estudio Sandoval (2021, el agua del pozo del centro de Moro presentaba , los nitratos medios eran de 38 mg/l. Se evidencia que los resultados obtenidos en la presente investigación comparados con Sandoval, son diferentes.

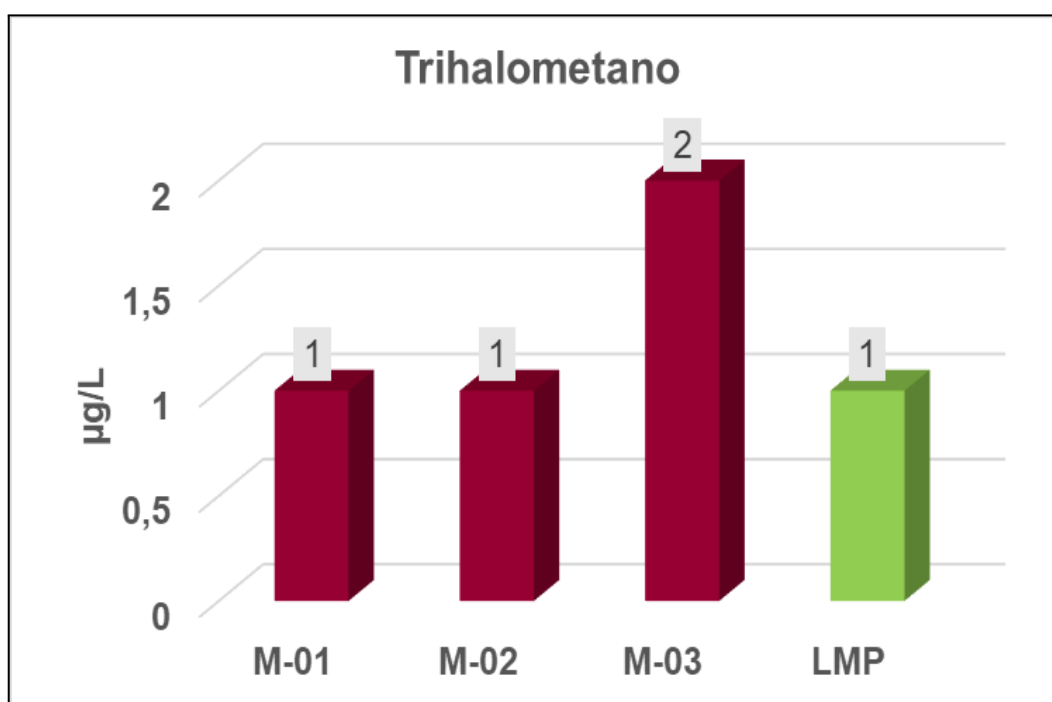


Figura 14: Trihalometano en agua de pozo de consumo humano

Según la figura 14 muestra la concentración de trihalometano en el agua de pozo de consumo humano, donde se evidencia que, en la primera muestra hay 1 µ/l , segunda muestra 1 µ/l y en la tercera muestra 2 µ/l , estos resultados comparados con los límites máximos permisibles, se encuentran dentro de la normativa, mientras que, en la tercera muestra, sobrepasa. Se evidencia presencia de materia orgánica, y concentración de bromuros del agua, pH y temperatura. El cloroformo es el THM más abundante y acostumbra a ser el principal subproducto de la desinfección encontrado en el agua clorada.

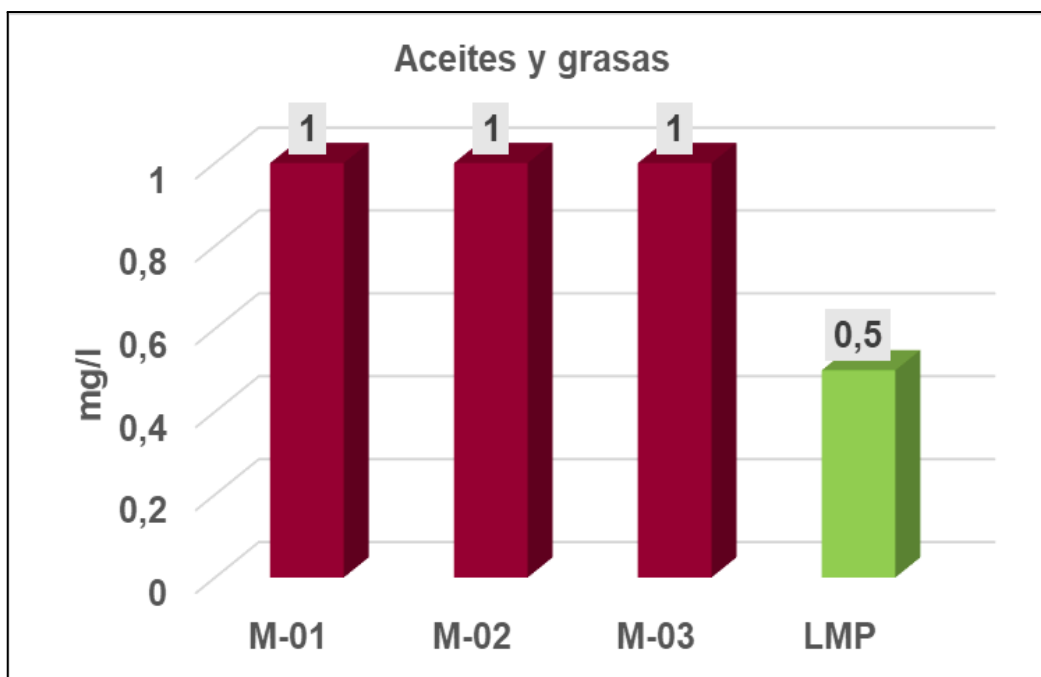


Figura 15: Aceites y grasas en agua de pozo de consumo humano

Según la figura 15 muestra la concentración de aceites y grasas en el agua de pozo de consumo humano, donde se evidencia que, en la primera muestra hay 1 mg/l, segunda muestra 1 mg/l y en la tercera muestra 1 mg/l, estos resultados comparados con los límites máximos permisibles, no se encuentran dentro de la normativa.

4.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

4.4.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Hipótesis General : La calidad de las aguas de pozos para consumo humano de la ribera del río Torococha del distrito de Juliaca, 2025, no cumple con el LMP DS N° 031-2010-SA.

Hipótesis nula (H_0): La calidad de las aguas de pozos para consumo humano de la ribera del río Torococha del distrito de Juliaca, 2025, **si cumple** con el LMP DS N° 031-2010-SA.

Hipótesis alternativa (H_1): La calidad de las aguas de pozos para consumo humano de la ribera del río Torococha del distrito de Juliaca, 2025, **no cumple** con el LMP DS N° 031-2010-SA.

La calidad organoléptica, no cumple para dureza, cloruro y sulfato, en la tercera muestra. Para microbiológico no cumple para coliformes totales y coliformes termotolerantes en la muestra 3. Respecto a la calidad química inorgánica y orgánica, no cumple para arsénico, trihalometano en la muestra 3 y para aceites y grasas. Por consiguiente, se acepta la hipótesis alterna y rechaza la hipótesis nula.

Respecto a los parámetros que cumplen respecto a la calidad organoléptica: pH, Ce, STD, cloruro en la muestra 1 y 2 y sulfato en la muestra 1 y 2. Calidad microbiológica, en la muestra 1 y muestra 2 de coliformes termotolerantes. Calidad química inorgánica y orgánica, plomo ,mercurio,nitrato y trihalometano en la muestra 1 y 2. Se acepta la hipótesis nula y rechaza la hipótesis alterna.

4.4.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1.

Hipótesis general: La calidad organoléptica de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha no cumplen con el LMP DS N° 031-2010-SA.

Hipótesis nula (H_0): La calidad organoléptica de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha **si cumplen** con el LMP DS N° 031-2010-SA.

Hipótesis alternativa (H_1): La calidad organoléptica de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha **no cumplen** con el LMP DS N° 031-2010-SA.

De acuerdo a los resultados obtenidos , respecto a la calidad organoléptica, no cumple para dureza, cloruro y sulfato en la tercera muestra. Se acepta la hipótesis alterna y rechaza la hipótesis nula.

Mientras que pH, Ce, STD, cloruro en la muestras 1 y 2 y sulfato en la muestra 1 y 2, se encuentran dentro de lo establecido. Se acepta la hipótesis nula y rechaza la hipótesis alterna.

4.4.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2.

Hipótesis general: La calidad microbiológica de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha no cumplen con el LMP DS N° 031-2010-SA.

Hipótesis nula (H_0): La calidad microbiológica de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha **si cumplen** con el LMP DS N° 031-2010-SA.

Hipótesis alternativa (H_1): La calidad microbiológica de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha **no cumplen** con el LMP DS N° 031-2010-SA.

De acuerdo a los resultados obtenidos , respecto a la calidad microbiológica, no cumple para coliformes totales y coliformes termotolerantes en la muestra 3. Se acepta la hipótesis alterna y rechaza la hipótesis nula.

Mientras que en la muestra 1 y muestra 2, se encuentran dentro de lo establecido. Acepta la hipótesis nula y rechaza la hipótesis alterna.

4.4.4. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3.

Hipótesis general: La calidad química inorgánica y orgánica de las aguas de pozos en la ribera del río Torococha no cumplen con el LMP DS N° 031-2010-SA.

Hipótesis nula (H_0): La calidad química inorgánica y orgánica de las aguas de pozos en la ribera del río Torococha **si cumplen** con el LMP DS N° 031-2010-SA.

Hipótesis alternativa (H_1): La calidad química inorgánica y orgánica de las aguas de pozos en la ribera del río Torococha **no cumplen** con el LMP DS N° 031-2010-SA.

De acuerdo a los resultados obtenidos , respecto a la calidad química inorgánica y orgánica , de acuerdo a la hipótesis planteada, no cumple para arsénico, trihalometano

en la muestra 3 y para aceites y grasas. Se acepta la hipótesis alterna y rechaza la hipótesis nula.

Mientras que plomo ,mercurio,nitrato y trihalometano en la muestra 1 y 2, se encuentran dentro de lo establecido. Se acepta la hipótesis nula y rechaza la hipótesis alterna

CONCLUSIONES

.PRIMERA: En cuanto a la calidad organoléptica, los parámetros evaluados pH con un (promedio de 7.32), conductividad eléctrica (1.59 mS/cm) y sólidos disueltos totales con (0.80 mg/L) se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la norma. Sin embargo, la concentración de los parámetros como la dureza total, cloruros y sulfatos exceden los límites máximos establecidos por la normativa DS N° 031-2010-SA.

SEGUNDA: Respecto a la calidad microbiológica, los resultados muestran que las bacterias coliformes totales presentan un promedio de 3 NMP/100 ml, mientras que los coliformes termotolerantes alcanzan 1.3 NMP/100 ml. Al compararlos con los límites establecidos por el DS N° 031-2010-SA, se observa que los coliformes totales superan el valor permitido, mientras que los coliformes termotolerantes se mantienen dentro del rango establecido por la normativa.

TERCERA: En relación a la concentración de los parámetros químicos inorgánicos y orgánicos, como el arsénico con (0.015 mg/L), plomo (0.005 mg/L) y nitrato (0.500 mg/L) se encuentran dentro de los rangos permitidos por la normativa vigente. No obstante, los niveles de trihalometanos, aceites y grasas exceden los límites establecidos por el DS N° 031-2010-SA

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Fortalecer la vigilancia sanitaria en torno a la calidad microbiológica del agua, promoviendo la desinfección adecuada de los pozos y la implementación de barreras físicas que eviten la infiltración de aguas residuales, especialmente en las zonas donde se superaron los límites de coliformes y desarrollar campañas de concientización comunitaria sobre los riesgos asociados al consumo de agua contaminada, fomentando prácticas seguras como la hervida o filtración del agua antes de su uso doméstico.

SEGUNDA: Coordinar con las autoridades locales y regionales para la ejecución de proyectos de saneamiento básico que reduzcan la descarga de residuos orgánicos e inorgánicos en las riberas del río Torococha, contribuyendo a la protección de las fuentes subterráneas.

TERCERA: A futuros investigadores, promover estudios complementarios que permitan identificar el origen específico de los contaminantes como trihalometanos, aceites, grasas, arsénico, plomo y nitratos, y establecer estrategias de remediación ambiental en las zonas afectadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Salud Pública. (2023). Los trihalometanos (THM) en el agua de consumo
documento informativo.
https://higieneambiental.com/sites/default/files/images/pdf/THM_esp.pdf
- Aguilar, E. (2017). Calidad bacteriológica del río Torococha y su influencia en las aguas
de pozo de los barrios San Isidro y San Jacinto de la ciudad de Juliaca.
Universidad Nacional del Altiplano.
- Agyemang, V. (2023). Application of GIS technique in suitability assessment of
groundwater in the Assin North and South municipalities, Ghana. *Journal of
African Earth Sciences*, 197, 104778.
<https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2022.104778>
- Apaza, M. (2019). Determinación del nivel de riesgo de contaminación del agua
subterránea en la microcuenca Jayllihuaya—Puno 2018 [Universidad Nacional del
Altiplano. Repositorio Institucional - UNAP].
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/21232>
- Boadi, N., Saah, S., Baa, F., Mensah, E., & Addo, M. (2020). Safety of borehole water as
an alternative drinking water source. *Scientific African*, 10, e00657.
<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00657>
- Box, P., & Paul, S. (2022). El hierro en el agua de un pozo.
[https://www.health.state.mn.us/communities/environment/water/docs/wells/waterqu
ality/ironspan.pdf](https://www.health.state.mn.us/communities/environment/water/docs/wells/waterquality/ironspan.pdf)
- Castillo, D., Tuesta, L., & Salazar, S. (2022). Evaluación de la calidad del agua
subterránea durante la pandemia por covid-19 en la Universidad Nacional de
Trujillo, Perú. *Telos*, 24(2), 219-234.
- Cerón, L., Sarria, J., Torres, J., & Soto, J. (2021). Agua subterránea: Tendencias y
desarrollo científico. *Información tecnológica*, 32(1), 47-56.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000100047>
- Chávez, D., & Torres, V. (2019). Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de

- consumo humano de pozos artesianos y pozos rústicos en la comunidad de Santo Tomas , Iquitos—Perú. [Universidad Nacional de la Amazonia Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/6827/Dany_Tesis_Titulo_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Fahimah, N., Salami, I., Oginawati, K., & Thaher, Y. (2023). Variations of groundwater turbidity in the Bandung regency, Indonesia: From community-used water quality monitoring data. *HydroResearch*, 6, 216-227. <https://doi.org/10.1016/j.hydres.2023.06.001>
- Helmy, Q., & Notodarmojo, S. (2019). Improvement of the raw drinking water quality from shallow well by ozone treatment. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85075984731&origin=inward&txGid=8a6b01409b3054a8d93ac0af284847d6>
- Huizar, R., & Salazar, G. (2018). Capítulo 7: Evolución química del agua subterránea natural. <https://fc79.gw-project.org/espanol/capitulo-7/>
- Liu, X., Xia, J., Zu, J., Zeng, Z., Li, Y., Li, J., Wang, Q., Liu, Z., & Cai, W. (2023). Spatiotemporal variations and gradient functions of water turbidity in shallow lakes. *Ecological Indicators*, 147, 109928. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.109928>
- Magnaleno, F. (2013). Las riberas fluviales. https://www.researchgate.net/publication/256993717_Las_riberas_fluviales
- Mamani, Y. (2023). Identificación de metales pesados en aguas subterráneas con fines productivos en Queata, CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, Distrito de Coata, 2021 [Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional - UNAP. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/22142>
- Millones, A. (2022). Relación de la calidad de las aguas subterráneas con la resistividad aparente de los suelos mediante sondajes eléctricos verticales en la cuenca del Río Zapatilla [Universidad Nacional del Altiplano. Repositorio Institucional - UNAP]. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19397>
- Muñoz, V. (2021). Análisis comparativo de parámetros de aceites y grasas de la Bahía de

- Vegueta en Huacho. Universidad Nacional José Fautino Sánchez Carrión.
- OMS. (2017). Water quality and health - review of turbidity: Information for regulators and water suppliers (No. WHO/FWC/WSH/17.01). Article WHO/FWC/WSH/17.01. <https://iris.who.int/handle/10665/254631>
- OMS. (2018). Guías para la calidad del agua de consumo humano: Cuarta edición que incorpora la primera adenda (4a ed + 1a adenda). Organización Mundial de la Salud. <https://iris.who.int/handle/10665/272403>
- OMS. (2022). Arsénico. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- OPS. (2024). Mercurio. OMS. <https://www.paho.org/es/temas/mercurio>
- Ospina, O. E., & Cardona, O. H. (2021). Evaluación de la contaminación por aluminio del agua para consumo humano, región central de Colombia. *Inge CuC*, 17(2), 31-41. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.17.2.2021.04>
- Panca. (2021). Evaluación de los efectos de las letrinas sobre la calidad del agua subterránea para uso humano en las zonas 15 de Agosto y San Salvador en Juliaca, distrito de San Román-Puno [Universidad Nacional del Altiplano].
Repositorio Institucional - UNAP]. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15510>
- Quille, Y. (2022). Evaluación de la calidad de aguas subterráneas para su potabilización unifamiliar en zonas de expansión noroeste de la ciudad de Juliaca [Universidad Nacional del Altiplano. Repositorio Institucional - UNAP]. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18902>
- Quispe, D. (2024). Evaluación de la calidad de agua subterránea para consumo humano en la comunidad Carata, distrito de Coata. https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/21845/Quispe_Yan_a_David_Alfredo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, D., & Villazon, I. (2009). Microbiología de aguas subterráneas en la región sur del municipio de Valledupar -Cesar.
- Rodríguez, O., Pérez, R., Aguilera, I., Pérez, R., Abalos, A., Rodríguez-Gámez, O.,

- Pérez-Macías, R., Aguilera-Rodríguez, I., Pérez-Silva, R. M., & Abalos-Rodríguez, A. (2020). Remoción de cobre de aguas contaminadas empleando ramnolípidos. *Revista Cubana de Química*, 32(3), 511-526.
- Salazar, L., & Vasquez, D. (2016). Estandarización del método para la determinación de olor y sabor en el agua de consumo mediante el método 2150B, 2160B y 2170B del standard methods. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Sandoval, E. (2021). Análisis de la calidad de agua para consumo humano en pozos tubulares del centro poblado de Moro Paucarcolla, Puno 2019 [Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC S.A.C./243>
- Sarmiento, N. (2023). Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de pozos para consumo humano de la zona periférica de la ciudad de Desaguadero – Puno 2022 [Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/647>
- Solís, Y., Zúñiga, L., & Mora, D. (2018). La conductividad como predictor de la dureza del agua en manantiales y pozos de Costa Rica. *Revista Marcha: Tecnología*, 31(1), 35. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>
- US EPA, O. (2021). Información sobre el plomo [Overviews and Factsheets]. <https://espanol.epa.gov/plomo/informacion-sobre-el-plomo>
- Vilca, U. (2022). “Características microbiológicas de los pozos de agua subterránea en el consumo humano de la urbanización Villa las palmeras Chilla – Juliaca, 2021”. Universidad Privada San Carlos. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC S.A.C./146>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia: CALIDAD DE LAS AGUAS DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DE LAS RIBERAS DEL RÍO TOROCOCHA DEL DISTRITO DE JULIACA, 2025

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	METODOLOGÍA
<p>General ¿Cuál es la calidad de las aguas de pozos para consumo humano de la ribera del río Torococha del distrito de Juliaca, 2025?</p>	<p>General Evaluar la calidad de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha del distrito de Juliaca, 2025.</p>	<p>General La calidad de las aguas de pozos para consumo humano de la ribera del río Torococha del distrito de Juliaca, 2025 no cumplen con los parámetros de calidad LMP DS N° 031-2010-SA</p>	<p>Independiente Pozos en las riberas del río</p>	<p>Agua de pozo</p>	<p>Calidad organoléptica Calidad microbiológica Calidad químico inorgánica y orgánica</p>	<p>Tipo de investigación: Descriptiva Enfoque: cuantitativo Técnicas: Observación Laboratorio</p>
<p>Específicos ¿Cuál es la calidad organoléptica de las aguas de pozos de la ribera del río Torococha? ¿Cuál es la calidad microbiológica de las aguas de pozos de la ribera del río Torococha? ¿Cuál es la calidad química inorgánica y orgánica de las aguas de pozos de la ribera del río Torococha?</p>	<p>Específicos Determinar la calidad organoléptica de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha según LMP DS N° 031-2010-SA. Determinar la calidad microbiológica de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha según LMP, DS N° 031-2010-SA. Determinar la calidad química inorgánica y orgánica de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha según LMP, DS N° 031-2010-SA.</p>	<p>Específicos La calidad organoléptica de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha no cumplen con los LMP DS N° 031-2010-SA. La calidad microbiológica de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha no cumplen con los límites máximos permisibles, DS N° 031-2010-SA. La calidad química inorgánica y orgánica de las aguas de pozo para consumo humano de la ribera del río Torococha no cumplen con los límites máximos permisibles, DS N° 031-2010-SA.</p>	<p>Dependiente Calidad de agua</p>	<p>Calidad organoléptica Calidad microbiológica Calidad química inorgánica y orgánica</p>	<p>Olor Sabor Color Turbiedad pH Conductividad Dureza Dureza Hierro Coliformes totales Coliformes fecales Arsénico Plomo Mercurio Trihalometanos Aceites y grasas</p>	<p>Instrumentos: Ficha de recolección de datos Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA</p>

Anexo 02: Certificado de resultados de agua



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

INFORME DE ENSAYO 0155/MQA

RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO, MICROBIOLÓGICO Y METALES PESADOS DE AGUA.

PROCEDENCIA :- M – 01 URB. 10 DE MAYO (SUBTERRANEA)
- M – 02 URB. LOS ANGELES (SUBTERRANEA)
- M – 03 ANEXO LOS ANGELES (SUBTERRANEA)
INTERESADO : ALBER QUIJO VERA.
MOTIVO : ANALISIS FISICO – QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO.
FECHA DE MUESTREO : 12/08/2025 (por el interesado).
FECHA DE ANÁLISIS : 13/08/2025.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido Olor : Inodoro
Color : Incoloro Sabor : Insípido

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARAMETROS	UNIDAD	M - 01	M - 02	M - 03	METODOLOGÍA
pH		7.17	7.47	7.33	Potenímetro
C E	mS/cm	1.38	1.26	2.14	Conductímetro
Temperatura (°C)	°C	14.01	14.01	14.01	Termómetro
Sólidos Disueltos Totales	g/l	0.69	0.63	1.07	Evaporación y pesaje

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	638.40	573.80	858.80	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/l	266.56	310.52	399.24	Titulación ácido-base
Cloruro (como Cl ⁻)	mg/l	187.22	224.10	363.11	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	mg/l	153	118	360	Espectrofotometría (Método de bario)
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	0.5	0.4	0.6	método colorimétrico
Calcio (como Ca ²⁺)	mg/l	179.36	129.20	272.08	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg ²⁺)	mg/l	45.85	60.52	43.09	Titulación con EDTA
Piomo (como Pb)	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	Absorción atómica
Arsénico (como As)	mg/l	0.015	0.012	0.018	Absorción atómica
Mercurio (como Hg)	mg/l	0.00	0.00	0.00	Absorción atómica
Aceites y Grasas	mg/l	<1	<1	<1	Gravimetría
Triometanos totales (THMs)	µg/L	<1	<1	<2	GC-ECD

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

Coliformes totales	NMP/100ml	2	2	5	APHA 9221B / EPA 1680
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<1	<1	<2	APHA 9222D / EPA 1603

> La muestra se recibió en el laboratorio.



Gerente
RUC: 20612800741



Analista de Laboratorio
RUC: 20612800741

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

Anexo 03: Panel fotográfico



Figura 16: Toma de la muestra 01



Figura 17: Toma de muestra 02



Figura 18: Toma de muestra 03



Figura 19: Análisis de la calidad de agua

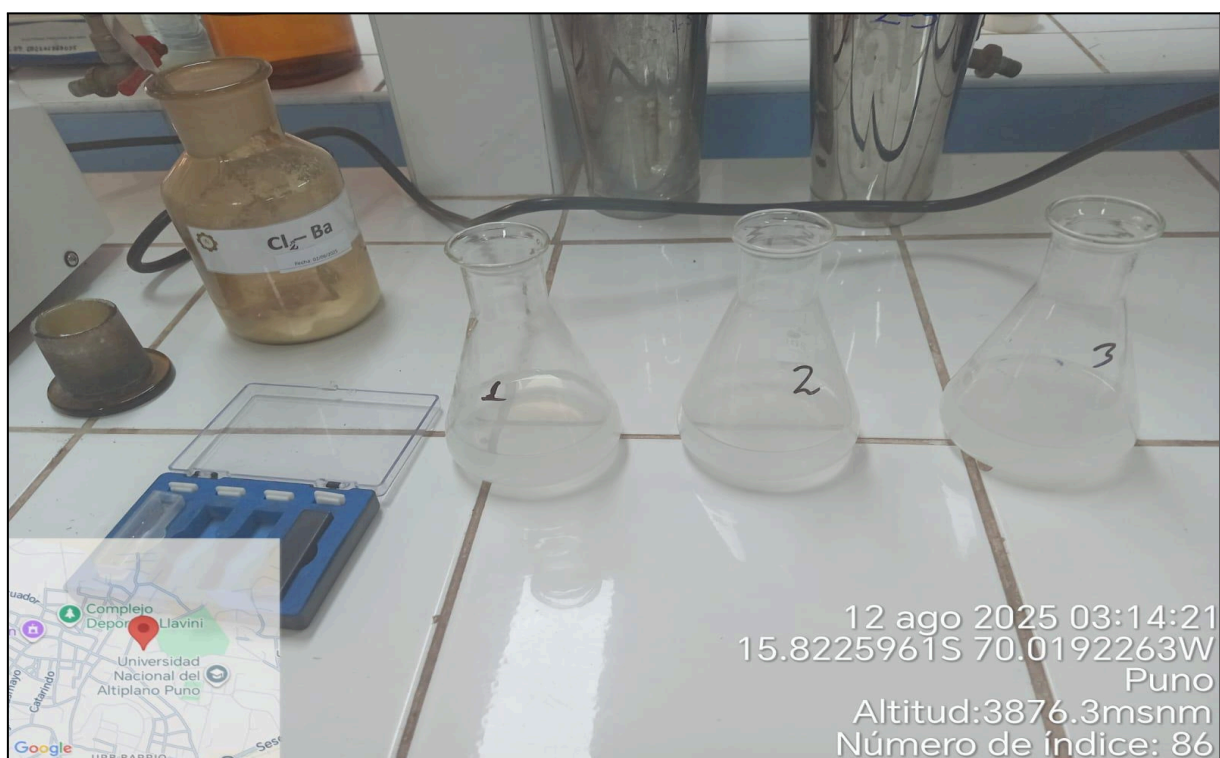


Figura 20: Muestras de agua de pozo de consumo humano



Figura 21: adición de los reactivos en las muestras de agua



Figura 22: Colocación en el multiparámetro