

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE POZO EN LA SALUD DE LA
POBLACIÓN DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN, JULIACA-2025.

PRESENTADA POR:

MARYLIN CONDORI APOMAYTA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2026



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/)



3.76%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 11 JUN 2026, 4:23 PM

Originality & Authorship Report

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

● IDENTICAL
0.88%

● CHANGED TEXT
2.88%

Report #33712539

MARYLIN CONDORI APOMAYTA // IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE POZO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN, JULIACA-2025. RESUMEN El trabajo de investigación tiene como problema, ¿En qué medida el impacto de la calidad del agua de pozo afecta en la salud de la población de la provincia de San Román, Juliaca-2025?, de esta deriva al objetivo, Evaluar el impacto de la calidad del agua de pozo en la salud de la población de la provincia de San Román, Juliaca-2025. Según la tipología la metodología es de tipo básica con enfoque cuantitativo, de diseño no experimental descriptivo de corte transversal de nivel exploratorio – explicativo, en la que se considera como población de estudio fueron tres puntos de muestreo al contorno de la ciudad y la muestra fue la misma población, en la que se aplicó la técnica de la observación y el instrumento fue la guía de observación, validez por juicio de expertos y la confiabilidad de criterio, en la que se alcanzó el siguiente resultado, se evidencia que el 75% (9 parámetros) cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), mientras que el 25% (3 parámetros) no cumple, destacando DBO y nitratos como principales excedentes. El pH presenta un promedio de 8.0 con variación de 0.2, dentro del rango permitido. La DQO alcanza 9.5, ubicándose 0.5 unidades por debajo del límite. La DBO registra 3.5, superando el ECA en 0.5 unidades y con 66.7% de puntos fuera de

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

**IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE POZO EN LA SALUD DE LA
POBLACIÓN DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN, JULIACA-2025.**

PRESENTADA POR:

MARYLIN CONDORI APOMAYTA


PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:


Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

PRIMER MIEMBRO

:


M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

SEGUNDO MIEMBRO

:


Mtra. NATALY SILVIA GARCIA VILCA

ASESOR DE TESIS

:


Mg. LUIS ALBERTH ROSSEL BERNEDO

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 24 de junio de 2026

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis, en primer lugar, a Dios, por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para culminar esta etapa académica.

A mi padre Juan de la Cruz Condori Marca por haberme acompañado en cada momento de mi vida con sus palabras de aliento, con sus buenos consejos de superación y de enfrentar la vida, dándome el cariño y amor incondicional para seguir adelante a pesar de todas las adversidades que se me presentaba en el camino, quien siempre me apoyó en cada momento de mi vida y no me dejó hasta haberme concluir. quien ha sido el pilar fundamental de mi formación personal y profesional.

A mis hermanos, ray anderson, yakelin, griselda y keyla por sus apoyos incondicionales, sacrificio constante y aliento, quienes me motivaron a lograr cumplir mi meta.

A mi madrina quien me ha hecho sentir parte de su familia desde el primer día. gracias por su amor , consejos y comprensión.

Por último, a todos aquellos que creyeron en mí , incluso en los momentos de incertidumbre. Esta tesis no solo representa el cierre de una etapa académica, sino también el inicio de un futuro lleno de desafíos y oportunidades en el campo de la ingeniería y especializaciones.

Marylin Condori Apomayta

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi sincero agradecimiento a Dios por guiar mi camino y concederme la fortaleza necesaria para superar las dificultades presentadas durante el desarrollo de esta investigación.

A la Universidad Privada San Carlos, por ser el pilar fundamental en mi formación académica, brindando los conocimientos y herramientas necesarias para desarrollarme como profesional y contribuir al crecimiento sostenible de mi región.

A los docentes que a lo largo de mi formación, me transmitieron sus conocimientos y valores, sentando las bases para mi crecimiento profesional y personal.

A mi asesor de tesis, por su orientación académica, dedicación y valiosos aportes, los cuales fueron fundamentales para el logro de los objetivos planteados.

A mi familia especialmente a mi padre y hermanos por ser mi motivo y mi apoyo incondicional gracias por su comprensión, sus palabras de aliento, su sacrificio y por creer siempre en mí; este logro es también de ustedes.

Marylin Condori Apomayta

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	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. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO	15
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	15
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	18
1.2.3. A NIVEL LOCAL	20
1.3. OBJETIVOS	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	21
---------------------------	-----------

2.1.1. AGUA	21
2.1.2. CALIDAD DEL AGUA	24
2.1.3. CONTAMINACIÓN	26
2.1.4. CONTAMINACIÓN DEL AGUA	26
2.1.5. PARÁMETROS FÍSICOS Y MICROBIOLÓGICOS	31
2.1.6. PARÁMETROS QUÍMICOS	31
2.1.7. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	31
2.1.8. MARCO NORMATIVO	32
2.2. MARCO CONCEPTUAL	32
2.2.1. AGUA	32
2.2.2. CALIDAD	33
2.2.3. IMPACTO	33
2.2.4. POBLACIÓN	33
2.2.5. POZO	33
2.2.6. SALUD	34
2.3. HIPÓTESIS	34
2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	34
2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	34
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	35
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	36
3.2.1. POBLACIÓN	36
3.2.2. MUESTRA	36
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	37
3.3.1. MÉTODO	37
3.3.2. TÉCNICAS	40
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	41

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	41
CAPÍTULO IV	
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE AGUA DE POZO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN JULIACA.	43
4.1.1. PH	43
4.2. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS	50
4.3. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	59
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Enfermedades por patógenos contaminantes del agua	30
Tabla 02: Punto de muestreo georeferenciado según coordenadas UTM.	37
Tabla 03: Puntos de muestreo de agua de pozo para pH	43
Tabla 04: Demanda Química de Oxígeno (DQO)	45
Tabla 05: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	46
Tabla 06: Conductividad	47
Tabla 07: Temperatura	48
Tabla 08: Oxígeno disuelto	50
Tabla 09: Nitratos	51
Tabla 10: Sólidos Totales Disueltos (STD)	52
Tabla 11: Plomo	53
Tabla 12: Cadmio	55
Tabla 13: Mercurio	56
Tabla 15: Aluminio	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Distribución del agua.	22
Figura 02: Ciclo del agua.	23
Figura 03: Mapa esquemático de ubicación del área de estudio y los puntos de muestreo (M1, M2 y M3) en la ciudad de Juliaca.	36
Figura 04: Puntos de muestreo de agua de pozo para pH	43
Figura 05: Demanda Química de Oxígeno (DQO)	45
Figura 06: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	46
Figura 07: Conductividad	47
Figura 08: Temperatura	49
Figura 09: Oxígeno disuelto	50
Figura 10: Nitratos	51
Figura 11: Sólidos Totales Disueltos (STD)	52
Figura 12: Plomo	54
Figura 13: Cadmio	55
Figura 14: Mercurio	56
Figura 15: Arsénico	57
Figura 16: Aluminio	58
Figura 17: Coliformes Totales	59

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia	71
Anexo 02: Informe de laboratorio	72
Anexo 03: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	75

RESUMEN

El trabajo de investigación tiene como **problema**, ¿En qué medida el impacto de la calidad del agua de pozo afecta en la salud de la población de la provincia de San Román, Juliaca-2025?, de esta deriva al **objetivo**, Evaluar el impacto de la calidad del agua de pozo en la salud de la población de la provincia de San Román, Juliaca-2025. Según la tipología la **metodología** es de tipo básica con enfoque cuantitativo, de diseño no experimental descriptivo de corte transversal de nivel exploratorio – explicativo, en la que se considera como población de estudio fueron tres puntos de muestreo al contorno de la ciudad y la muestra fue la misma población, en la que se aplicó la técnica de la observación y el instrumento fue la guía de observación, validez por juicio de expertos y la confiabilidad de criterio, en la que se alcanzó el siguiente **resultado**, se evidencia que el 75% (9 parámetros) cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), mientras que el 25% (3 parámetros) no cumple, destacando DBO y nitratos como principales excedentes. El pH presenta un promedio de 8.0 con variación de 0.2, dentro del rango permitido. La DQO alcanza 9.5, ubicándose 0.5 unidades por debajo del límite. La DBO registra 3.5, superando el ECA en 0.5 unidades y con 66.7% de puntos fuera de norma. La conductividad eléctrica es 502 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (33.5% del límite), la temperatura varía 2.0 °C (<3 °C) y el oxígeno disuelto 6.3 mg/L (+0.3 mg/L). Los nitratos alcanzan 30.8 mg/L, excediendo en 27.8 mg/L el estándar, aproximadamente 10 veces el límite. Los sólidos disueltos son 336.7 mg/L (33.7%). Los metales pesados se ubican entre 0.38% y 10% del ECA. En coliformes totales, el promedio es 8.0 NMP/100 mL con variación de 0.2, representando 16% del ECA y 100% de cumplimiento, y como **conclusión**, se evidenció que el impacto de la calidad del agua de pozo repercute significativamente en la salud de la población

Palabras claves: Agua, Impacto, Pozo, Población, Salud.

ABSTRACT

The research problem addressed is: To what extent does the impact of well water quality affect the health of the population of the province of San Román, Juliaca, in 2025? This leads to the objective: To evaluate the impact of well water quality on the health of the population of the province of San Román, Juliaca, in 2025. The methodology is basic with a quantitative approach, employing a non-experimental, descriptive, cross-sectional design at an exploratory-explanatory level. The study population consisted of three sampling points around the city, and the sample was the same population. The observation technique was applied, and the instrument was an observation guide. Validity was established through expert judgment, and reliability was determined by criterion analysis. The results showed that 75% (9 parameters) met the Environmental Quality Standards (EQS), while 25% (3 parameters) did not, with BOD and nitrates being the main exceedances. The pH averages 8.0 with a variation of 0.2, within the permitted range. The COD reaches 9.5, 0.5 units below the limit. The BOD registers 3.5, exceeding the Environmental Quality Standard (EQS) by 0.5 units, with 66.7% of points outside the standard. The electrical conductivity is 502 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (33.5% of the limit), the temperature varies by 2.0 °C (<3 °C), and the dissolved oxygen is 6.3 mg/L (+0.3 mg/L). Nitrates reach 30.8 mg/L, exceeding the standard by 27.8 mg/L, approximately 10 times the limit. Dissolved solids are 336.7 mg/L (33.7%). Heavy metals range between 0.38% and 10% of the EQS. In total coliforms, the average is 8.0 MPN/100 mL with a variation of 0.2, representing 16% of the ECA and 100% compliance. In conclusion, it was evident that the impact of well water quality significantly affects the health of the population.

Keywords: Water, Impact, Well, Population, Health.

INTRODUCCIÓN

La investigación denominada “Impacto de la calidad del agua de pozo en la salud de la población de la provincia de San Román, Juliaca – 2025” se orienta al análisis de una situación crítica vinculada a la salud colectiva y al manejo sostenible de los recursos hídricos. Este estudio se inscribe en el campo de las Ciencias de la Salud y el Medio Ambiente, específicamente en la línea de Salud Ambiental, y centra su atención en la evaluación del agua destinada al consumo humano y su incidencia en las condiciones de vida de la población. La relevancia de la investigación se sustenta en el hecho de que, en distintos sectores de la provincia de San Román, el agua subterránea extraída de pozos representa una fuente habitual para el uso doméstico, aun cuando existe un control insuficiente de sus características físico-químicas y microbiológicas, situación que podría propiciar la aparición de afecciones en la salud de los habitantes. Bajo este marco, el objetivo principal del estudio es identificar y analizar el grado de influencia que ejerce la calidad del agua de pozo sobre la salud de la población sanromina, para lo cual se adopta un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de alcance descriptivo-correlacional, apoyado en procedimientos de evaluación de la calidad del agua y en técnicas de recopilación de información relacionadas con la salud poblacional. El documento de investigación se organiza en cinco capítulos claramente diferenciados. En el Capítulo I se desarrolla la formulación del problema, así como los objetivos y las hipótesis planteadas. El Capítulo II comprende la revisión de antecedentes, el marco teórico y los fundamentos conceptuales que respaldan el estudio. El Capítulo III detalla los aspectos metodológicos, considerando el enfoque, el tipo y diseño de investigación, la población y muestra, además de las técnicas, instrumentos y procedimientos de análisis de datos. El Capítulo IV presenta los resultados obtenidos, acompañados de su respectivo análisis e interpretación.

El Capítulo V aborda la discusión de los hallazgos, las conclusiones, las recomendaciones y las referencias bibliográficas utilizadas.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel global, el acceso a agua potable de calidad es uno de los mayores desafíos para la salud pública, especialmente en regiones rurales y periurbanas de países en desarrollo. La contaminación del agua, ya sea por factores naturales o por la actividad humana, ha generado una crisis sanitaria que afecta a millones de personas en todo el mundo. La calidad del agua es un indicador crucial para la salud pública, ya que su consumo está directamente relacionado con la aparición de diversas enfermedades transmisibles como diarreas, enfermedades gastrointestinales y brotes de infecciones, especialmente en zonas donde las infraestructuras de saneamiento son deficientes.

En el contexto nacional, Perú ha avanzado en la provisión de agua potable en varias de sus ciudades principales, pero aún existen grandes deficiencias en muchas regiones, especialmente en áreas rurales y en ciudades intermedias como Juliaca, en la provincia de San Román, ubicada en la región de Puno. Juliaca enfrenta serios problemas de calidad en el agua que proviene tanto de fuentes superficiales como de pozos subterráneos. A pesar de ser una zona con una considerable cantidad de pozos de agua, la calidad de esta fuente ha estado en entredicho debido a la contaminación por metales pesados, bacterias patógenas, y otros agentes contaminantes como nitratos y productos químicos provenientes de la actividad agrícola y ganadera, además de la falta de mantenimiento adecuado en los sistemas de extracción y distribución del agua.

A nivel local, la situación en la provincia de San Román es preocupante. En muchas áreas rurales y periféricas de Juliaca, la población depende de pozos artesanales que no

cuentan con las condiciones adecuadas de mantenimiento y que no han sido sometidos a pruebas regulares de calidad. La presencia de contaminantes microbiológicos y químicos en estas aguas ha incrementado la incidencia de enfermedades como la diarrea, cólera, hepatitis A y otras enfermedades gastrointestinales. Según reportes del Ministerio de Salud y de las autoridades locales, la población más afectada es la de niños y ancianos, quienes tienen un sistema inmunológico más vulnerable. La falta de conciencia sobre los riesgos asociados con el consumo de agua no tratada o de mala calidad también contribuye a la persistencia de estos problemas.

Las causas que subyacen al problema son diversas. En primer lugar, la falta de infraestructura adecuada para el tratamiento y distribución del agua en Juliaca y otras zonas rurales de la provincia de San Román limita el acceso de la población a agua potable de calidad. La deficiencia en el tratamiento de las aguas subterráneas y la escasa inversión pública en proyectos de saneamiento básico son factores que agravan esta situación. Además, la contaminación del agua es exacerbada por la actividad humana, como el uso indiscriminado de pesticidas y fertilizantes en la agricultura, la disposición inapropiada de desechos y aguas residuales, y la falta de control sobre los vertidos industriales que afectan a los recursos hídricos.

Los efectos de esta problemática son graves. Las enfermedades transmitidas por el agua representan una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en la región. El impacto en la salud pública no solo afecta a los individuos, sino que también tiene repercusiones económicas y sociales, pues las familias deben incurrir en costos adicionales para el tratamiento de enfermedades y enfrentan pérdidas laborales debido a la enfermedad. La calidad del agua también incide en el bienestar general de la población, generando desconfianza en las autoridades sanitarias y en la sostenibilidad del acceso a recursos hídricos seguros.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿En qué medida el impacto de la calidad del agua de pozo afecta en la salud de la población de la provincia de San Román, Juliaca-2025?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

- ¿De qué manera la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de pozo, según ECA del agua- categoría 4, afecta a la salud de la población de la provincia de San Román, Juliaca-2025?
- ¿De qué forma la concentración de los parámetros microbiológicos de agua de pozo, según ECA del agua- categoría 4, afecta a la salud de la población de la provincia de San Román, Juliaca-2025?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A nivel internacional

Ramos (2024) en su trabajo de investigación titulado: *“Efectos del consumo de agua contaminada en la calidad de vida de las personas”* tiene como objetivo determinar el impacto del agua contaminada en la salud y calidad de vida humana. La metodología utilizada fue una revisión sistemática de artículos científicos publicados en revistas indexadas como Medline, Scielo, PubMed y Scopus, con estudios realizados en los últimos cinco años. Los resultados mostraron que el agua contaminada, especialmente por microorganismos, parásitos y residuos tóxicos, causa enfermedades como la diarrea aguda. En conclusión, los principales contaminantes del agua son las heces humanas y animales, y las bacterias coliformes, afectando las fuentes de agua y ríos.

Taylor y Córdón (2022) en su trabajo de investigación titulado: *“Calidad del agua potable y su efecto en la salud de la comunidad de Kamla, Costa Caribe Norte de Nicaragua”* analiza la calidad del agua en la comunidad indígena de Kamla. Se tomaron muestras de agua en 17 sitios, evaluando parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos. Los resultados mostraron alteraciones en el pH y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), además de una alta presencia de bacterias coliformes fecales y *Escherichia coli*, lo que indica

contaminación significativa. Según el método ICA, el agua superficial fue clasificada como de calidad regular, requiriendo tratamiento. En conclusión, se recomienda un tratamiento adecuado y medidas preventivas para mejorar la calidad del agua y la salud de la comunidad.

Pozo et al. (2021), en su trabajo de investigación titulada: *“Evaluación de la calidad del agua del pozo de la comunidad “Soledad” del Municipio Il frente, Santiago de Cuba”* realizaron un estudio diagnóstico del agua del pozo para evaluar su aptitud para consumo humano, abasto y riego. Se realizaron cinco muestreos en 2020 durante la temporada seca, con análisis físico-químico y bacteriológico, y la interpretación de índices integradores. Los resultados mostraron que el agua estaba contaminada debido a la presencia elevada de nitratos, nitritos, coliformes y *Escherichia coli*, lo que la hace no apta para consumo humano ni riego, aunque podría utilizarse para abasto animal. Se recomienda tratamiento adecuado.

Méndez et al. (2023), en su trabajo de investigación titulado: *“Calidad microbiológica de pozos de abastecimiento de agua potable en Yucatán, México”*, evaluaron la calidad microbiológica del agua subterránea en 106 pozos del sistema de agua potable de Yucatán. Se analizaron las concentraciones de bacterias coliformes y enterococos para identificar el origen de la contaminación biológica, ya sea de origen humano o animal. Los resultados mostraron que el 83.1% de los pozos superaron los límites permisibles de coliformes totales o fecales según la NOM-127-SSA1-1994. Además, el 84.9% de las muestras presentaron contaminación fecal, de la cual el 50% se asoció con origen humano y el 34% con origen animal. Se concluyó que el acuífero presenta alta vulnerabilidad a la contaminación microbiológica.

Ríos et al. (2021), en su trabajo de investigación titulado: *“Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano”*, abordaron la importancia de establecer modelos de evaluación y gestión para garantizar la calidad del agua potable. Dado el alto costo y tiempo requerido para detectar contaminación microbiana, propusieron el uso de microorganismos bioindicadores, lo que reduce costos y facilita el

control del agua y las enfermedades asociadas. La revisión describió los principales indicadores microbiológicos empleados en el monitoreo del agua potable y sugirió incluir agentes microbianos como virus, bacterias y parásitos. Concluyeron en la necesidad de establecer valores de referencia y definir los microorganismos adecuados basados en evaluaciones específicas.

Mendoza et al. (2021), en su trabajo titulado: “Riesgos potenciales de salud por consumo de agua con arsénico en Colima, México”, estimaron los riesgos para la salud debido a la ingestión crónica de arsénico (As) en el agua. Se muestrearon 36 pozos en 10 acuíferos locales y se realizaron análisis mediante ICP-OES. Se utilizó ArcGIS para calcular la exposición y los riesgos, obteniendo un coeficiente de peligro (HQ) promedio de 2.41, indicando efectos adversos para 183,832 personas en el estado. Además, el riesgo carcinogénico calculado fue de $1.089E-3$, lo que podría generar 446 casos de cáncer. Concluyeron que los niveles de arsénico en el agua incrementan los riesgos de salud en la región.

Hernández et al. (2021), en su trabajo de investigación titulada: “Calidad del agua para consumo humano y salud: dos estudios de caso en Costa Rica”, tienen como objetivo analizar el riesgo de enfermedades relacionadas con las condiciones sanitarias del agua en San Vicente y Colón, Ciudad Quesada, Costa Rica. El estudio, de diseño epidemiológico transversal, empleó encuestas sobre morbilidad y observación de las condiciones sanitarias locales. Los resultados muestran que ambos sistemas de abastecimiento de agua presentan deficiencias, especialmente el de San Vicente, cuyas infraestructuras están en mal estado. Se identificó un riesgo significativo de infecciones transmitidas por el agua, vinculado a la calidad del agua y el manejo inadecuado de desechos. La conclusión destaca la necesidad de considerar factores de saneamiento ambiental al evaluar los riesgos de enfermedades.

Salas et al. (2020), en su trabajo de investigación titulado: “*Importancia del consumo de agua en la salud y la prevención de la enfermedad: situación actual*”, abordan la escasa atención que recibe el agua en las recomendaciones dietéticas, a pesar de ser esencial

para la vida. La investigación analiza la dificultad para determinar las cifras óptimas de agua para el cuerpo, ya que la ingesta y eliminación dependen de factores variables y difíciles de medir. A través de datos de grupos sanos, se estiman ingestas adecuadas, con la EFSA considerando la osmolaridad urinaria para evaluarlas. Los estudios clínicos muestran beneficios de una hidratación adecuada, aunque son limitados y con diseños deficientes. La conclusión destaca la necesidad de mejorar la adherencia a las recomendaciones y las técnicas de medición de hidratación.

Faviel et al. (2019), en su trabajo de investigación titulada: *“Percepción y calidad de agua en comunidades rurales del área natural protegida la encrucijada, Chiapas, México”*, analizan las percepciones de los habitantes de ocho comunidades rurales sobre la calidad, disponibilidad y accesibilidad del agua de pozos artesianos, agua embotellada y entubada. Utilizaron 105 entrevistas domiciliarias y evaluaron la calidad del agua en 29 pozos, nueve marcas de agua embotellada y dos fuentes entubadas mediante parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos. Los resultados muestran que en seis comunidades los pozos artesianos son la fuente principal de agua, aunque varios exceden los límites permitidos de nitratos y presentan coliformes fecales. La calidad del agua influye en las fuentes utilizadas.

1.2.2. A nivel nacional

Ñahui (2023), en su trabajo de investigación titulada: *“Análisis de la calidad de agua para el consumo humano de los centros poblados del distrito de Yauli, Huancavelica - 2023”*, evaluó la calidad del agua en función de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, tomando como referencia los estándares nacionales del DS N°004-2017-MINAM. En la que aplicó la metodología de tipo básico con enfoque cuantitativo de diseño descriptivo y los resultados mostraron que en Izcumachay, el agua cumplía con los estándares para consumo humano. En Villa Hermoza y Torreccacca, aunque los parámetros físico-químicos eran aptos, los análisis microbiológicos presentaron alteraciones en coliformes totales y fecales. En Chocal, el agua también estaba en perfectas condiciones.

Se concluye que la calidad del agua en algunos centros poblados requiere tratamiento microbiológico para garantizar su potabilidad.

Mejía y Taipe (2021), en su trabajo de investigación titulada: *“Influencia de la calidad microbiológica del agua de consumo humano en las enfermedades infecciosas gastrointestinales, CC.PP Matahuasi, distrito de Vilca, Provincia de Huancavelica, 2021”*, buscaron determinar el impacto de la calidad microbiológica del agua en las enfermedades gastrointestinales. Se analizaron parámetros microbiológicos (coliformes fecales y totales) de dos fuentes de agua en Matahuasi. Las muestras fueron enviadas a laboratorios para su análisis y comparadas con el Reglamento de Calidad del Agua (D.S. N° 031-2010-SA). Los resultados mostraron una relación significativa entre los niveles de coliformes y las enfermedades gastrointestinales en la comunidad. Se concluyó que el agua de estas fuentes influye negativamente en la salud, superando los límites establecidos.

Barriga et al. (2022), en su trabajo de investigación titulada: *“Calidad De Aguas Superficiales Y Subterráneas En La Zona De Influencia De Una Canteras De Yeso En El Perú”*, evaluaron la calidad del agua subterránea y superficial en la zona de influencia de una cantera de yeso, utilizando los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para agua. Se realizaron muestreos en un pozo artesanal y en manantiales y flujos superficiales en dos zonas cercanas a la cantera. Para garantizar la fiabilidad de los análisis químicos, se realizó un balance iónico. Los resultados mostraron aguas sulfatadas cálcicas, ligeramente ácidas en el agua subterránea y ligeramente alcalinas en las superficiales, con concentraciones significativas de sulfatos, se concluye que la calidad de agua contiene concentraciones de sulfato.

Castillo et al. (2022), en su trabajo de investigación titulada: *“Evaluación de la calidad del agua subterránea durante la pandemia por covid-19 en la universidad nacional de trujillo, Perú”*, analizaron cómo la pandemia afectó la calidad del agua subterránea en dicha institución. Utilizando una metodología descriptiva, exploratoria y de campo, se realizaron análisis físico-químicos y microbiológicos de muestras de agua en 2020. Los resultados

indicaron que, aunque el agua cumplió con los parámetros de olor y sabor, el pozo de almacenamiento central no cumplió con las normas microbiológicas, representando un riesgo para la salud. Se concluyó que es necesario implementar políticas de control y monitoreo de la calidad del agua en la universidad.

1.2.3. A nivel local

Ramírez (2020), en su trabajo de investigación titulado: *“Determinación de la calidad del agua potable en el distrito de Paucarcolla-Puno-2019”*, analizó si el agua potable del distrito de Paucarcolla cumple con los estándares establecidos en el D.S. 004-2017 MINAM para parámetros físico-químicos y microbiológicos. Se tomaron muestras de agua en tres puntos de muestreo y se evaluaron con métodos estándar para parámetros físico-químicos y microbiológicos. Los resultados mostraron que los parámetros físico-químicos no excedieron los límites establecidos, y los niveles de coliformes totales y termotolerantes también estuvieron dentro de los límites permitidos. La conclusión es que el agua en Paucarcolla es apta para el consumo humano, siempre y cuando sea tratada adecuadamente en el reservorio.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el impacto de la calidad del agua de pozo en la salud de la población de la provincia de San Román, Juliaca-2025.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de pozo, según ECA del agua- categoría 4, en la salud en la provincia de San Román, Juliaca-2025.
- Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos del agua de pozo, según ECA del agua- categoría 4, en la salud de la provincia de San Román, Juliaca-2025

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Agua

El **agua** es un recurso indispensable para la vida humana, ya que desempeña funciones cruciales en los procesos biológicos y en la satisfacción de necesidades básicas como la hidratación, la higiene y la producción de alimentos (World Health Organization [WHO], 2017). Según (Ordóñez, 2007), el agua es un componente esencial en todos los aspectos de la vida humana y su accesibilidad es fundamental para la salud pública. Sin embargo, la calidad del agua utilizada para el consumo es determinante para la salud humana, ya que el agua contaminada puede actuar como vehículo para diversas enfermedades infecciosas y enfermedades relacionadas con la contaminación química, afectando así la salud de las personas y causando problemas de salud pública (Larico-mamani et al. 2022).

El agua constituye uno de los elementos predominantes del planeta, al cubrir más del setenta por ciento de su extensión total, encontrándose distribuida en diversos compartimentos naturales como los océanos, cuerpos lacustres, corrientes fluviales, la atmósfera y los estratos del suelo (Barriga et al., 2022). Este recurso natural representa la base indispensable para el desarrollo y mantenimiento de todas las formas de vida conocidas, además de desempeñar un papel determinante en la regulación climática global y en la configuración geomorfológica de la superficie terrestre mediante su dinámica y energía. Su singularidad radica en un conjunto de propiedades físico-químicas que la convierten en un componente insustituible para los sistemas biológicos, tales como

su elevada capacidad para disolver sustancias, su participación activa en procesos metabólicos esenciales, su alta inercia térmica y su comportamiento anómalo al expandirse durante la congelación. Asimismo, su circulación constante influye de manera directa en la modificación del relieve y en los patrones climáticos regionales y globales.

A escala planetaria, los océanos concentran aproximadamente el 97,5 % del volumen total de agua existente, mientras que sólo una fracción reducida, equivalente al 2,5 %, corresponde al agua dulce (SINIA, 2010). De esta última, la mayor proporción se halla retenida en forma de glaciares, capas de nieve y masas de hielo polar, las cuales almacenan cerca del 80 %. El agua subterránea representa alrededor del 19 %, en tanto que el porcentaje de agua dulce superficial de acceso inmediato es extremadamente limitado, alcanzando apenas el 1 % (Guerrero, 2022a). Esta fracción accesible se localiza fundamentalmente en ecosistemas lacustres, que concentran cerca del 52 %, y en humedales, con aproximadamente el 38 %, tal como se ilustra en la Figura 1.

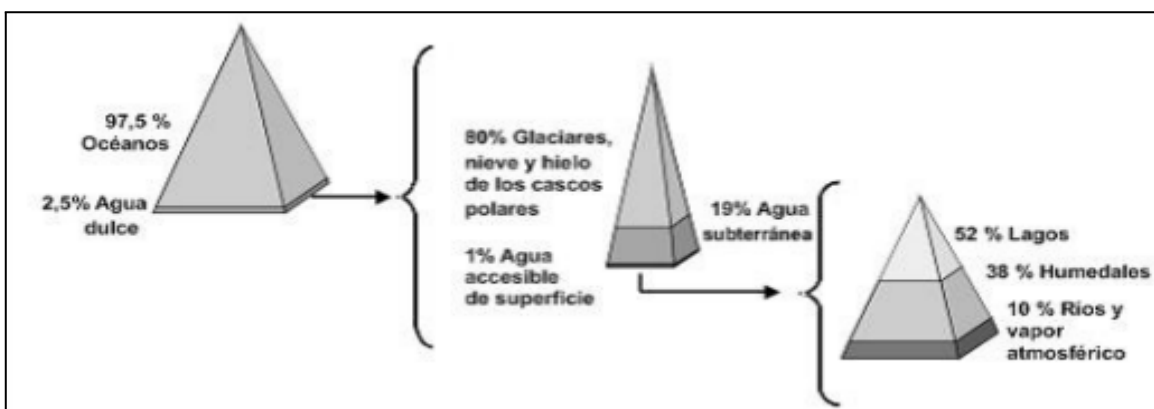


Figura 01: Distribución del agua.

El agua se considera un recurso de carácter renovable; no obstante, su disponibilidad efectiva es limitada. Se estima que, de manera anual, cerca de 505.000 km³ de agua se evaporan desde la superficie oceánica (Charca, 2023). Sin embargo, la mayor proporción de este volumen retorna directamente a los mismos océanos en forma de precipitación, lo que impide su aprovechamiento como fuente de agua dulce para las actividades humanas. En contraste, la precipitación que ocurre sobre los continentes alcanza aproximadamente 120 000 km³ por año, constituyendo la fracción potencialmente

utilizable. Este desplazamiento continuo y a gran escala del agua en el planeta, impulsado principalmente por la energía solar, recibe la denominación de ciclo hidrológico (El Peruano, 2018). Dicho ciclo corresponde a un sistema dinámico y multifacético que integra diversos procesos interrelacionados, entre los que destacan la precipitación atmosférica, el escurrimiento superficial, la evapotranspiración y la infiltración en el subsuelo, tal como se representa en la Figura 2.

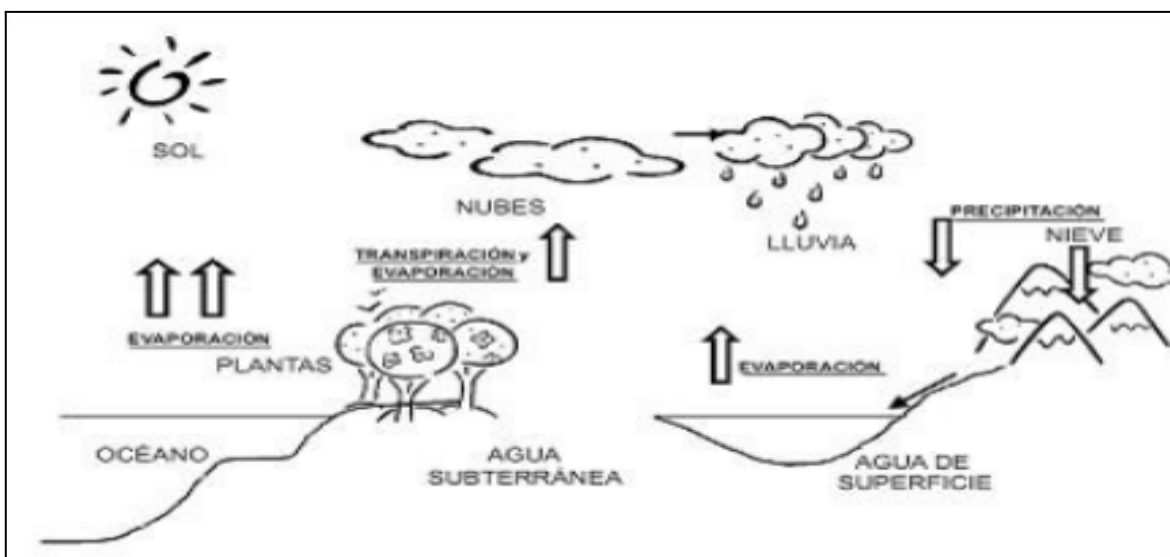


Figura 02: Ciclo del agua.

La sostenibilidad del recurso hídrico resulta inviable si no se reconocen ni se consideran de manera integral todas las etapas que conforman su dinámica natural. En este sentido, no basta con garantizar un uso racional y una asignación equitativa del agua dulce, sino que también es imprescindible proteger las condiciones ecológicas de las cuencas de captación y de los reservorios subterráneos en la fase previa al consumo humano, así como asegurar un tratamiento adecuado y una disposición responsable de las aguas residuales una vez utilizadas (Barriga Paria et al., 2022). Bajo esta perspectiva, cobra especial relevancia el fortalecimiento del conocimiento sobre la interdependencia existente entre las prácticas de aprovechamiento del agua y los ecosistemas que sostienen su provisión.

A medida que la sociedad intensifica el uso del recurso hídrico, se han configurado circuitos de origen antrópico que alteran su comportamiento natural (Damonte et al.

2016). El agua es extraída de los sistemas naturales en condiciones de mayor calidad que aquellas en las que suele ser reincorporada a los mismos cuerpos receptores, generando desequilibrios que comprometen su disponibilidad futura.

2.1.2. Calidad del Agua

La calidad del agua hace referencia a las características físico-químicas y microbiológicas que determinan si el agua es apta para el consumo humano sin representar un riesgo para la salud (Guerrero, 2022). Para evaluar la seguridad del agua potable, se deben considerar parámetros como el pH, la turbidez, la conductividad, la presencia de microorganismos patógenos, entre otros (Smith et al., 2005). En regiones rurales o semiurbanas, como la provincia de San Román, Juliaca, el agua de pozo es una fuente común de abastecimiento. Sin embargo, esta fuente es vulnerable a la contaminación debido a la falta de tratamiento adecuado y de infraestructuras de saneamiento apropiadas (Ramírez, 2020). La contaminación del agua puede ser de origen natural o antropogénico, y los contaminantes incluyen metales pesados, productos químicos agrícolas, y microorganismos patógenos (Bartram & Ballance, 1996). Estos contaminantes afectan tanto el sabor como la potabilidad del agua, incrementando el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua.

La noción de calidad del agua, según los lineamientos establecidos por la Organización Mundial de la Salud y diversas entidades internacionales, hace referencia al conjunto de condiciones que presenta el recurso hídrico en relación con sus atributos físicos, químicos y biológicos, ya sea en su estado natural o tras haber sido modificado por la intervención humana (Ponce-Vega, 2015). De manera general, la evaluación de la calidad del agua se realiza mediante la confrontación de los parámetros obtenidos en muestras específicas con valores guía o estándares previamente definidos (Mora et al., 2016). Tradicionalmente, este concepto ha estado estrechamente vinculado al uso del agua para consumo humano; sin embargo, su definición y exigencia varían en función de los distintos usos a los que puede destinarse, tales como fines agrícolas, industriales o recreativos.

El progresivo deterioro de la calidad del agua se ha consolidado como una preocupación de alcance global, impulsada por factores como el incremento sostenido de la población, la intensificación de las actividades industriales y agropecuarias, así como por los efectos del cambio climático, que generan alteraciones significativas en el comportamiento del ciclo hidrológico (Castillo (Vereau et al. 2022). Estas presiones combinadas comprometen la disponibilidad y seguridad del recurso hídrico en múltiples regiones del mundo.

De acuerdo con el Informe sobre el Desarrollo Mundial del Agua 2012, elaborado por United Nations-Water, la degradación de la calidad del agua conlleva elevados costos económicos y sociales, entre los que se incluyen la pérdida de servicios ecosistémicos, el aumento del gasto sanitario asociado a enfermedades de origen hídrico, la afectación de diversas actividades productivas, el encarecimiento de los procesos de tratamiento del agua y la disminución del valor de las propiedades, entre otros impactos relevantes (Marca, 2023).

Ante esta problemática, organismos internacionales como la OMS y las Naciones Unidas han impulsado diversas iniciativas orientadas a visibilizar la importancia estratégica de la calidad del agua, así como a identificar los principales desafíos que deben afrontarse en materia de salud humana, conservación de los ecosistemas acuáticos y sostenibilidad de los sistemas productivos fundamentales para el desarrollo humano (Méndez et al. 2023).

En este marco, se han propuesto estrategias destinadas a asegurar una calidad del agua compatible con la salud pública, poniendo especial énfasis en una gestión preventiva e integral de los recursos hídricos, que abarque desde la protección de las fuentes de abastecimiento hasta la distribución al consumidor final en el caso del agua potable (Mora *et al.* 2016). Dichas estrategias se sustentan principalmente en la implementación de sistemas eficaces de vigilancia, control y monitoreo continuo.

No obstante, en la actualidad persiste una significativa carencia de información sistemática que respalde la toma de decisiones y la optimización de los procesos de gestión del agua, lo que convierte a esta problemática en un desafío de escala mundial. El Perú no es ajeno a esta situación, ya que la limitada disponibilidad de datos continuos

y el insuficiente conocimiento de los ecosistemas acuáticos dificultan una evaluación precisa del alcance real del problema, constituyéndose en una restricción relevante para la gestión eficiente de los recursos hídricos (Rahaman y Varis, 2020). En este sentido, la red de monitoreo existente resulta insuficiente para caracterizar adecuadamente tanto la disponibilidad como la calidad de las aguas, según lo señalado por el Banco Mundial (2011).

2.1.3. Contaminación

La contaminación del agua de pozo puede tener diversas fuentes, que incluyen desechos industriales, el uso excesivo de productos agroquímicos en la agricultura, las actividades mineras, y la mala gestión de los residuos sólidos y líquidos (USEPA, 2009). Estos factores alteran las propiedades físico-químicas del agua, haciéndola inapropiada para el consumo humano. El riesgo de enfermedades transmitidas por el agua aumenta significativamente en áreas donde no existen sistemas de tratamiento y distribución adecuados (Marca, 2023). En zonas rurales, la falta de infraestructuras de saneamiento, así como la contaminación fecal, son fuentes comunes de contaminación que comprometen la calidad del agua de pozo (Ramos Mancheno, 2024). Esto resalta la necesidad urgente de realizar un monitoreo constante de la calidad del agua, en especial en las áreas con fuentes de agua no tratada o mal gestionada.

2.1.4. Contaminación del Agua

El agua de pozo es especialmente vulnerable a la contaminación por microorganismos patógenos debido a su exposición directa a fuentes de contaminación como aguas residuales no tratadas, desechos humanos o animales, y productos químicos derivados de actividades industriales o agrícolas (Ramos Mancheno, 2024). La contaminación microbiológica es una preocupación de salud pública debido a que los microorganismos patógenos presentes en el agua pueden causar enfermedades infecciosas como diarrea, cólera, tifus y hepatitis A (WHO, 2004). En el contexto de la provincia de San Román, la falta de tratamiento adecuado y la deficiente gestión del agua, sumado a la exposición a

contaminantes fecales, aumenta el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua (Chavez et al. 2014).

2.1.4.1. Fuentes de contaminación

Las fuentes de deterioro de la calidad del agua pueden clasificarse en naturales y antrópicas (Faviel et al. 2019). Las fuentes naturales están relacionadas con las características geológicas y atmosféricas de las zonas por donde circula el agua, incorporando sustancias como sales minerales, calcio, magnesio o hierro. Si bien algunas de estas sustancias pueden resultar perjudiciales para la salud en concentraciones elevadas, generalmente son identificables y susceptibles de eliminación mediante tratamientos adecuados.

Por otro lado, las fuentes artificiales derivan directamente de las actividades humanas (Guerrero, 2022a). El avance industrial y tecnológico ha favorecido la incorporación al agua de compuestos altamente nocivos para los ecosistemas y los organismos vivos, muchos de los cuales presentan una elevada persistencia y complejidad, lo que dificulta su remoción.

2.1.4.2. Principales contaminantes del agua

Los agentes contaminantes del agua son numerosos y pueden agruparse en diversas categorías. Entre ellos se encuentran los microorganismos patógenos, tales como bacterias, virus y protozoos, responsables de enfermedades como el cólera, la fiebre tifoidea, la hepatitis y diversas infecciones gastrointestinales (Tacuri, 2019). En países en desarrollo, estas patologías constituyen una de las principales causas de mortalidad prematura, especialmente en la población infantil. La presencia de bacterias coliformes es utilizada como indicador de contaminación fecal, recomendándose, según la OMS, su ausencia total en el agua destinada al consumo humano (Quispe et al. 2020).

Otro grupo relevante corresponde a los residuos orgánicos, generados por actividades humanas y ganaderas, los cuales son degradados por microorganismos aeróbicos. Cuando estos desechos se acumulan en exceso, provocan una disminución significativa del oxígeno disuelto, afectando la supervivencia de peces y otros organismos acuáticos

(Arpasi *et al.* 2024). Parámetros como el oxígeno disuelto (OD) y la demanda biológica de oxígeno (DBO) permiten evaluar este tipo de contaminación.

Asimismo, las sustancias químicas inorgánicas, incluyendo ácidos, sales y metales pesados como el mercurio y el plomo, representan un riesgo considerable para la salud humana, los ecosistemas y las infraestructuras hidráulicas cuando se presentan en concentraciones elevadas. A ello se suman los nutrientes inorgánicos, principalmente nitratos y fosfatos, que en cantidades excesivas favorecen el crecimiento descontrolado de algas y plantas acuáticas, desencadenando procesos de eutrofización (Ordóñez, 2007).

Los compuestos orgánicos sintéticos, como hidrocarburos, plaguicidas, solventes y detergentes, también constituyen una fuente significativa de contaminación, ya que su estructura molecular compleja dificulta su degradación natural (Guerrero, 2022). De igual manera, los sedimentos y materiales en suspensión, producto de la erosión del suelo, incrementan la turbidez del agua, alteran los hábitats acuáticos y provocan el colmatado de embalses, canales y cuerpos de agua (Taylor y Cordón, 2022).

Otros contaminantes incluyen las sustancias radiactivas, que pueden bioacumularse a lo largo de las cadenas tróficas, y la contaminación térmica, generada por la descarga de aguas calientes provenientes de centrales energéticas o procesos industriales, lo cual reduce la solubilidad del oxígeno y afecta el equilibrio biológico de los ecosistemas acuáticos.

2.1.4.3. Eutrofización

La eutrofización se define como el enriquecimiento excesivo del agua con nutrientes, especialmente fósforo y nitrógeno, lo que estimula el crecimiento acelerado de algas y otras formas vegetales (Díaz y Sotomayor, 2019). Este proceso deteriora la calidad del agua, generando olores desagradables, alteraciones visuales y una reducción significativa del oxígeno disuelto. La descomposición de la biomasa vegetal consume grandes cantidades de oxígeno, haciendo que el ambiente acuático resulte inviable para la mayoría de los organismos.

Las actividades humanas intensifican este fenómeno, convirtiéndolo en un problema grave de contaminación. Entre las principales fuentes se encuentran los vertidos urbanos con alto contenido de detergentes y residuos orgánicos, así como los efluentes agrícolas y ganaderos que aportan fertilizantes y desechos ricos en nitratos y fosfatos.

Para mitigar la eutrofización, resulta fundamental reducir la carga de nutrientes en los vertidos mediante el uso de detergentes con bajo contenido de fosfatos, la optimización del uso de fertilizantes, el tratamiento adecuado de las aguas residuales en estaciones depuradoras que incorporen procesos químicos y biológicos, y la adopción de prácticas agrícolas menos contaminantes. Medidas como el manejo adecuado del estiércol, la reducción de emisiones de óxidos de nitrógeno y amoníaco, y la modificación de los calendarios de cultivo contribuyen a disminuir la erosión y la escorrentía de nutrientes hacia los cuerpos de agua.

2.1.4.4. Efectos de la contaminación del agua en la salud

La contaminación del agua constituye un problema de gran relevancia para la salud pública. Las enfermedades asociadas pueden transmitirse de forma directa, mediante la ingestión de agua contaminada procedente de sistemas de abastecimiento o pozos afectados, así como por contacto cutáneo o mucoso durante actividades recreativas y ocupacionales (Tacuri, 2019). En personas con sistemas inmunológicos debilitados, estas exposiciones pueden desencadenar infecciones graves.

De manera indirecta, el agua actúa como vector de patógenos a través de alimentos irrigados con aguas contaminadas o mediante organismos acuáticos, como moluscos, que bioacumulan virus y bacterias. Además, ciertos insectos que se desarrollan en ambientes acuáticos contaminados funcionan como transmisores de enfermedades como la malaria o la fiebre amarilla (Quispe *et al.*, 2020).

La vulnerabilidad frente a estas infecciones está influida por diversos factores, entre ellos la edad, las condiciones de higiene personal, la acidez gástrica, la motilidad intestinal y el estado del sistema inmunológico, los cuales pueden aumentar o disminuir la

susceptibilidad de las personas frente a los agentes patógenos presentes en el agua (Salazar, 2020).

Tabla 01: Enfermedades por patógenos contaminantes del agua

Agente biológico	Patología asociada	Manifestaciones clínicas principales
Bacterias	Cólera	Episodios severos de diarrea acuosa y vómitos persistentes, que conducen rápidamente a deshidratación; sin tratamiento oportuno puede resultar letal.
Bacterias	Fiebre tifoidea	Elevación prolongada de la temperatura corporal, acompañada de trastornos digestivos, vómitos y procesos inflamatorios que afectan al intestino y al bazo.
Bacterias	Disentería bacteriana	Evacuaciones diarreicas frecuentes; rara vez provoca la muerte en adultos, pero representa una causa importante de mortalidad infantil en países con bajo desarrollo.
Bacterias	Gastroenteritis	Presencia de náuseas, vómitos y dolor abdominal; generalmente cursa con bajo riesgo vital.
Virus	Hepatitis	Inflamación hepática acompañada de ictericia; en algunos casos puede generar lesiones irreversibles en el hígado.
Virus	Poliomielitis	Dolor muscular intenso, debilidad progresiva, temblores y parálisis; en situaciones graves puede ocasionar la muerte.
Protozoos	Disentería amebiana	Diarrea intensa, fiebre y escalofríos; la falta de tratamiento adecuado puede derivar en complicaciones severas.

Helmintos Esquistosomiasis Aparición de anemia y sensación persistente de cansancio físico.

2.1.5. Parámetros Físicos y Microbiológicos

Los parámetros físicos del agua, como el pH, la turbidez y la temperatura, pueden influir en la aptitud del agua para el consumo humano. El pH fuera de los valores normales (6.5-8.5) puede indicar la presencia de contaminantes, lo que puede alterar la salud humana (WHO, 2011). La turbidez es un indicador visual de la presencia de partículas suspendidas, algunas de las cuales pueden ser patógenos (Edwards et al. 2009). Por otro lado, los parámetros microbiológicos, como la presencia de coliformes fecales o termotolerantes, son claves para la evaluación de la calidad del agua, ya que indican la contaminación fecal. Los coliformes fecales son considerados indicadores directos de la presencia de microorganismos patógenos que pueden causar enfermedades gastrointestinales y otras infecciones (Tacuri, 2019). En el caso de los pozos de agua, la presencia de estos parámetros microbiológicos puede poner en grave riesgo la salud de las personas si no se toman medidas adecuadas de tratamiento y purificación del agua.

2.1.6. Parámetros Químicos

Los parámetros químicos incluyen la concentración de metales pesados como el plomo, cadmio y mercurio, así como nitratos y fosfatos, que pueden ser contaminantes derivados de la actividad humana (Marca, 2023). Estos contaminantes tienen efectos tóxicos a largo plazo en el sistema nervioso, cardiovascular y renal, entre otros (Goyer, 2001). Los nitratos, por ejemplo, son particularmente peligrosos para los lactantes, ya que pueden inducir la metahemoglobinemia o síndrome del bebé azul (Smith et al., 2005). Por lo tanto, el monitoreo y control de estos contaminantes es esencial para garantizar la seguridad del agua de pozo y proteger la salud de la población.

2.1.7. Parámetros Microbiológicos

Los parámetros microbiológicos son esenciales para evaluar el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua, especialmente aquellas causadas por microorganismos

patógenos como bacterias, virus y parásitos. La presencia de coliformes fecales y otros indicadores de contaminación fecal en el agua sugiere que el agua puede contener patógenos responsables de infecciones gastrointestinales y otras enfermedades (Tacuri, 2019a). En áreas rurales, como Juliaca, donde el acceso a agua tratada es limitado, la medición de estos parámetros es crucial para evitar brotes de enfermedades transmitidas por el agua (Tacuri, 2019b).

2.1.8. Marco Normativo

El marco normativo regula los estándares y límites máximos permitidos para diversos parámetros en el agua potable. Estos límites son establecidos por organizaciones nacionales e internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y las autoridades locales encargadas de la gestión del agua (WHO, 2004). Estas normativas son fundamentales para proteger la salud pública, ya que garantizan que el agua utilizada por las personas cumpla con los estándares necesarios de calidad, reduciendo el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua. El cumplimiento de estas normativas es esencial para mitigar el impacto de la contaminación en la salud de la población.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. AGUA

El agua constituye un componente natural imprescindible para la continuidad de la vida y el funcionamiento equilibrado de los ecosistemas, siendo un insumo clave en los procesos biológicos, sociales y económicos. La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce que la disponibilidad de agua en condiciones seguras y en cantidad suficiente es un factor determinante para la protección de la salud humana y un derecho fundamental de las personas. De igual manera, la UNESCO, destaca que, aunque el agua forma parte de los recursos renovables, su carácter limitado convierte a su disponibilidad en un elemento decisivo para el bienestar colectivo y la sostenibilidad del desarrollo (Taylor y Cordón, 2022).

2.2.2. CALIDAD

La calidad puede conceptualizarse como el conjunto de atributos propios de un bien, proceso o servicio que le permiten responder de manera adecuada a determinados requerimientos o expectativas. Conforme a lo establecido por la Norma ISO 9000, la calidad se vincula con el nivel de cumplimiento de un sistema de propiedades frente a criterios previamente definidos. En el contexto ambiental, este concepto se relaciona con la observancia de parámetros y normas que aseguran condiciones apropiadas para un uso específico del recurso (Castillo *et al.*, 2022).

2.2.3. IMPACTO

El impacto hace referencia a los efectos que una acción, evento o condición produce sobre un sistema determinado, pudiendo manifestarse de manera favorable o desfavorable. Según Conesa (2010), el impacto implica una modificación generada en el entorno natural o social como consecuencia directa o indirecta de la intervención humana. En los estudios ambientales y sociales, este concepto permite analizar las transformaciones que inciden en la salud, el medio ambiente y la calidad de vida de las poblaciones.

2.2.4. POBLACIÓN

La población se define como el conjunto de personas que comparten rasgos comunes y se encuentran ubicadas dentro de límites espaciales y temporales específicos. De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), la población constituye el universo sobre el cual se pretende inferir o generalizar los resultados obtenidos en una investigación. Desde el enfoque social, representa al colectivo humano que experimenta directa o indirectamente los efectos de una problemática determinada.

2.2.5. POZO

El pozo es una obra de excavación construida artificialmente con la finalidad de acceder y extraer agua subterránea contenida en formaciones acuíferas. Según (Castillo *et al.*, 2022), los pozos facilitan el aprovechamiento de este recurso para distintos fines, tales como el abastecimiento doméstico, la producción agrícola y el uso industrial. Sin

embargo, la calidad del agua extraída está condicionada por la naturaleza geológica del terreno y por el grado de protección frente a posibles focos de contaminación.

2.2.6. SALUD

La salud se concibe como una condición integral de bienestar que involucra aspectos físicos, mentales y sociales, y no se limita únicamente a la ausencia de enfermedades. La Organización Mundial de la Salud (OMS) la define como un componente esencial para el desarrollo pleno del ser humano. Asimismo, (Quispe *et al.*, 2020), plantea que la salud es el resultado de la interacción de diversos factores, entre los cuales el entorno ambiental especialmente la calidad del agua desempeña un rol determinante.

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. Hipótesis general

La calidad del agua de pozo impacta en la salud de la población de la provincia de San Román, Juliaca-2025.

2.3.2. Hipótesis específicas

- La concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de pozo, según ECA del agua- categoría 4, afecta a la salud de la población de la provincia de San Román, Juliaca-2025.
- La concentración de los parámetros microbiológicos del agua de pozo, según ECA del agua- categoría 4, afecta a la salud en la población de la provincia de San Román, Juliaca-2025.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en la provincia de San Román, ubicada en la región de Puno, Perú, específicamente en la ciudad de Juliaca, que depende en gran medida del agua proveniente de pozos para el consumo humano. La zona seleccionada abarca el contorno del área urbana, con el objetivo de analizar de manera representativa las condiciones de la calidad del agua de pozo y su impacto en la salud de la población.

Coordenadas de la zona de estudio

Punto de muestreo M1:

- Latitud: 15°29'10" S
- Longitud: 70°07'20" O

Punto de muestreo M2:

- Latitud: 15°30'05" S
- Longitud: 70°08'45" O

Punto de muestreo M3:

- Latitud: 15°28'40" S
- Longitud: 70°06'10" O

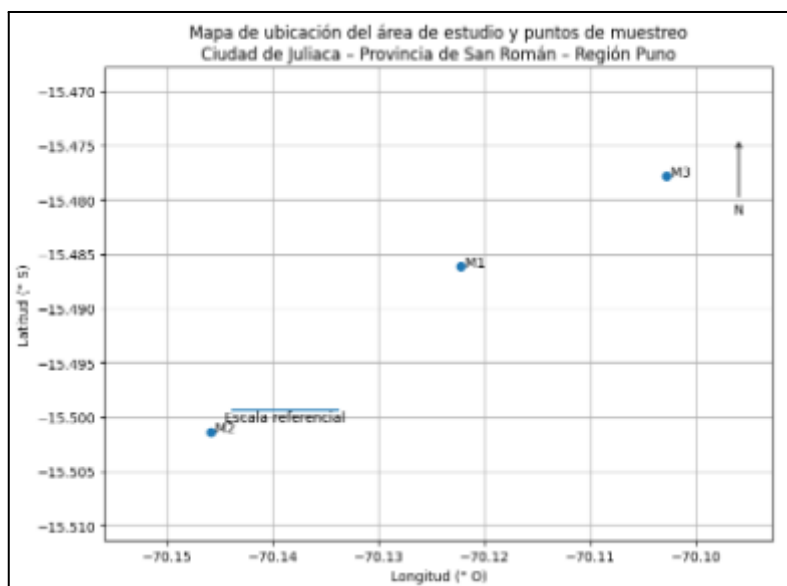


Figura 03: Mapa esquemático de ubicación del área de estudio y los puntos de muestreo (M1, M2 y M3) en la ciudad de Juliaca.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

Población de estudio, está compuesta por muestra de agua de pozo, en tres puntos de muestreo al contorno de la ciudad, donde se consume el agua de pozo por los habitantes de la provincia de San Román, específicamente de Juliaca.

3.2.2. Muestra

La muestra está compuesta por la misma población de estudio, es decir el agua de pozo, punto de muestreo M1, punto de muestreo M2, punto de muestreo M3, de consumo por los habitantes de la provincia de San Román, específicamente de Juliaca.

Tabla 02: Punto de muestreo georeferenciado según coordenadas UTM.

Punto de muestreo	de	Tipo	Lugar de muestreo	de Coordenadas UTM	
				Latitud	Longitud
Punto de muestreo M1	de	Agua de pozo	Conos centro	15°29'10" S	70°07'20" O
Punto de muestreo M2	de	Agua de pozo	Cono sur	15°30'05" S	70°08'45" O
Punto de muestreo M3	de	Agua de pozo	Cono norte	15°28'40" S	70°06'10" O

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. Método

El estudio desarrollado se enmarca en un diseño de investigación no experimental, de carácter descriptivo, en el cual se aplica el método deductivo–analítico (Hernández Sampieri, 2018), para la interpretación y evaluación de los datos obtenidos.

Materiales empleados

- Los materiales y equipos utilizados fueron proporcionados por el laboratorio correspondiente, entre los que se incluyen elementos de protección personal, tales como guantes.
- Para el análisis fisicoquímico se emplearon recipientes de muestreo, tanto de vidrio como de plástico estéril.
- Asimismo, se utilizaron instrumentos de medición, tales como medidores de pH, conductividad eléctrica y termómetros.
- Para el análisis microbiológico se consideraron los materiales necesarios para garantizar la cadena de custodia de las muestras.

Metodología aplicada para el objetivo específico 1: Evaluar la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua subterránea de la provincia de San Román, ciudad de Juliaca, conforme a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del Agua – Categoría 4.

La determinación de los parámetros fisicoquímicos se efectuó mediante la obtención de muestras en tres estaciones de muestreo diferenciadas, localizadas dentro del ámbito territorial del estudio. La actividad de muestreo se desarrolló respetando rigurosamente las normas de bioseguridad y los procedimientos técnicos previamente establecidos. En cada punto seleccionado se extrajeron volúmenes de 1 000 ml de agua, los cuales fueron depositados en envases previamente esterilizados y rotulados de acuerdo con el análisis específico a realizar.

Posteriormente, las muestras fueron transportadas al laboratorio bajo un sistema formal de cadena de custodia, a fin de preservar la integridad y estabilidad de los componentes analizados. En el laboratorio se llevó a cabo la medición de los parámetros físicos, entre ellos potencial de hidrógeno (pH), temperatura y conductividad eléctrica, utilizando un equipo multiparámetro de la marca HANNA. De manera complementaria, el estudio de los parámetros químicos, que comprendió oxígeno disuelto, fósforo, nitratos, sólidos totales disueltos, demanda química de oxígeno, así como metales pesados como plomo, cadmio y mercurio, se realizó en el Laboratorio de Análisis Aguas–Suelos–Minerales. Finalmente, los datos obtenidos fueron procesados, contrastados e interpretados en concordancia con los objetivos planteados en la investigación.

Procedimiento:

- Se analizaron los parámetros fisicoquímicos del agua de pozo en la provincia de San Román, Juliaca, según el ECA del Agua-Categoría 4.
- Se tomaron muestras de 1,000 ml en tres puntos distintos de muestreo, siguiendo protocolos de bioseguridad.

- Las muestras fueron etiquetadas, transportadas en cadena de custodia y evaluadas en el laboratorio.
- Los parámetros físicos (pH, temperatura, conductividad) se midieron con equipo multiparámetro (HANNA).
- Los análisis químicos (oxígeno disuelto, fósforo, nitratos, plomo, cadmio, mercurio, entre otros) se realizaron en el laboratorio MQA LABS.

Metodología aplicada para el objetivo específico 2: Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos del agua de pozo de la provincia de San Román, ciudad de Juliaca, de acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del Agua – Categoría 4.

Para la evaluación microbiológica del agua subterránea se procedió a la recolección de muestras en tres puntos de muestreo distintos, aplicando de manera estricta los protocolos de bioseguridad y las directrices técnicas vigentes. Las muestras obtenidas fueron trasladadas al laboratorio bajo un procedimiento controlado de cadena de custodia, garantizando así su adecuada conservación y fiabilidad analítica.

En el laboratorio se desarrolló el análisis de los indicadores microbiológicos, específicamente la cuantificación de coliformes termotolerantes, empleando los métodos establecidos en el Laboratorio de Análisis Aguas–Suelos–Minerales. Posteriormente, los resultados alcanzados fueron evaluados e interpretados con base en los criterios normativos definidos por los ECA del Agua, permitiendo emitir conclusiones respecto a la calidad microbiológica del agua de pozo destinada al consumo humano.

Procedimiento:

- Se analizarán los parámetros microbiológicos del agua de pozo, según el ECA del Agua-Categoría 4.
- Se realizaron muestreos en tres puntos diferentes, con protocolos de bioseguridad.

- Las muestras fueron preservadas en cadena de custodia y evaluadas para coliformes termotolerantes en el laboratorio MQA LABS.

3.3.2. Técnicas

Técnica: observación

La observación es una técnica cualitativa de recolección de datos que implica el registro sistemático de comportamientos, eventos, situaciones o fenómenos tal como ocurren en su entorno natural (González, 2020).

Instrumento: la guía de observación

La guía de observación es un instrumento estructurado que ayuda a organizar el proceso de observación, con preguntas clave y áreas a cubrir. Su objetivo es asegurarse de que los datos recolectados sean relevantes, completos y sistemáticos (Tamayo & Siesquen, 2008).

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable 1 Calidad del agua de pozo	1.1. Parámetros fisicoquímicos	1.1.1. Temperatura del agua	De razón
		1.1.2. Ph del agua	
		1.1.3. Conductividad eléctrica	
		1.1.4. Concentración de oxígeno disuelto	
		1.1.5. Nitratos	
		1.1.6. Sólidos totales	
		1.1.7. Demanda bioquímica de oxígeno DQO y DBO	
		1.1.8. Metales pesados	
Variable 2 Parámetros físico químico y microbiológico	1.2. Parámetros microbiológicos	1.2.1. Coliformes termo tolerantes	

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

La investigación se sustenta en un enfoque cuantitativo, en tanto se recurre a la obtención, sistematización y examen de datos expresados numéricamente, con la finalidad de identificar vínculos entre la calidad del agua proveniente de pozos y el estado de salud de la población. El diseño adoptado es no experimental, dado que las variables de interés no son objeto de intervención intencional, sino que se analizan conforme se manifiestan en su entorno real.

De igual modo, el estudio se enmarca en un diseño transeccional o de corte transversal, debido a que la recopilación de la información se realiza en un solo periodo temporal, correspondiente al año 2025. Este enfoque permite caracterizar y examinar la condición existente de la calidad del agua de pozo y su repercusión en la salud de los habitantes de la provincia de San Román, en el contexto específico de la ciudad de Juliaca.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE AGUA DE POZO EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN JULIACA.

Resultados del objetivo específico 1: parámetros físico químicos

4.1.1. PH

Tabla 03: Puntos de muestreo de agua de pozo para pH

Punto de Muestreo 1	Punto de Muestreo 2	Punto de Muestreo 3	Promedio	ECA de Agua
7.9	8.1	8.0	8.0	6.5 a 9.0

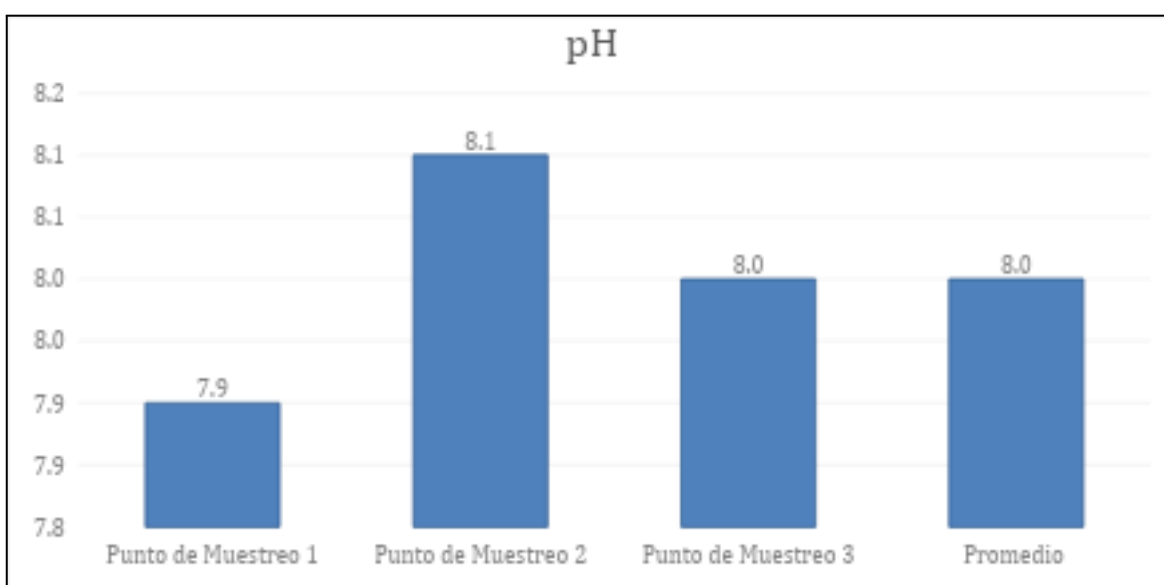


Figura 04: Puntos de muestreo de agua de pozo para pH

INTERPRETACIÓN:

La medición de pH en tres puntos de muestreo de agua de pozo muestra el valor de 7.9, 8.1 y 8.0, respectivamente, obteniéndose el promedio de 8.0. Desde esta perspectiva cuantitativa, se observa una variación mínima de 0.2 unidades de pH entre el valor más bajo y el más alto, lo que evidencia alta homogeneidad en calidad de agua respecto a este parámetro.

De esta manera, al comparar este resultado con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, que establece un rango permitido entre 6.5 y 9.0, se comprueba que el valor registrado se encuentra dentro del límite permisible. En término numérico, el promedio de pH (8.0) se ubica 1.5 unidad por encima del límite inferior y 1.0 unidad por debajo del límite superior, lo que indica que el agua presenta una ligera tendencia a la alcalinidad, pero sin exceder los rangos establecidos.

El análisis de potencial de hidrógeno (pH) en tres puntos de muestreo (7.9, 8.1 y 8.0), con un promedio de 8.0, muestra variación mínima de 0.2 unidades, Este comportamiento uniforme es consistente con lo expresado por (Loo Gil, 2021), quien sostiene que pequeña fluctuación de pH en agua natural indica estabilidad química y baja influencia de contaminante externo.

Tabla 04: Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Punto de Muestreo 1	Punto de Muestreo 2	Punto de Muestreo 3	Promedio	ECA de Agua
9.4	9.9	9.1	9.5	10

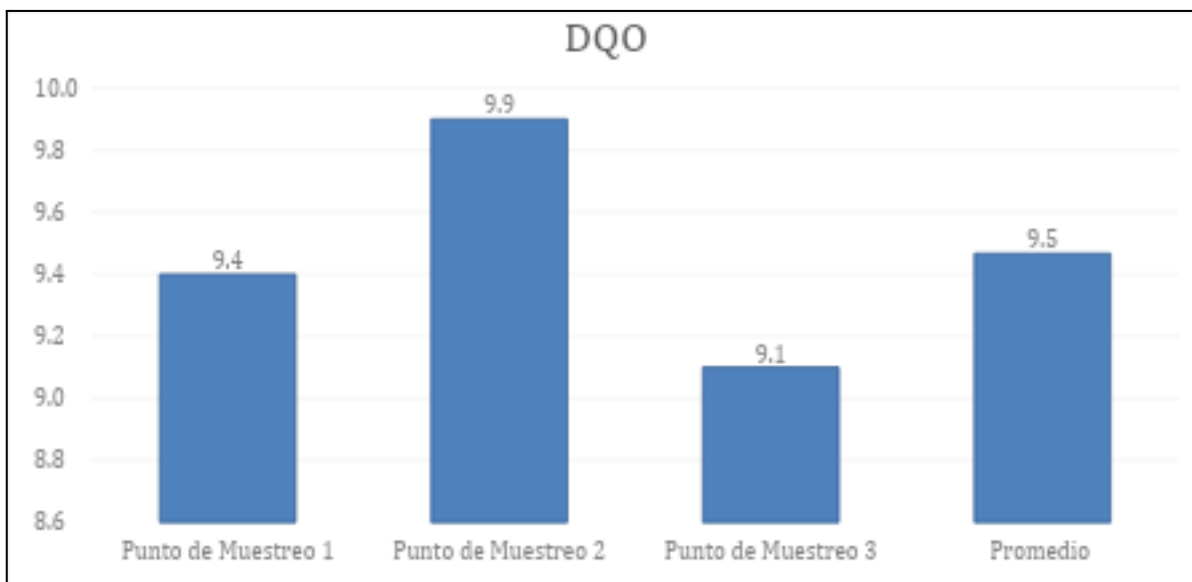


Figura 05: Demanda Química de Oxígeno (DQO)

INTERPRETACIÓN:

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) registrada en tres puntos de muestreo presenta valor de 9.4, 9.9 y 9.1, respectivamente, obteniéndose el promedio de 9.5. Desde el análisis cuantitativo, se evidenció una variación de 0.8 unidades entre el valor máximo (9.9) y el mínimo (9.1), lo que muestra una relativa uniformidad en concentración de materia orgánica en el agua de pozo evaluada.

Al comparar este resultado con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, cuyo valor de referencia es 10, se evidencia que todo punto de muestreo se encuentra por debajo del límite permisible. En término numérico, el promedio (9.5) se ubica 0.5 unidades por debajo del ECA, en tanto el valor más alto (9.9) se aproxima al límite, sin superarlo.

El análisis de DQO (9.4, 9.9 y 9.1; promedio 9.5) muestra baja variación (0.8), lo que muestra uniformidad en carga orgánica de agua, en concordancia con lo expresado por

(Muñoz Espitia et al., 2022), Al compararse con el ECA del Ministerio del Ambiente del Perú (10), todo valor se mantiene dentro del límite permisible, con promedio 0.5 unidad por debajo. Según (Humpire 2022), este nivel refleja presencia moderada de materia orgánica sin representar riesgo.

Tabla 05: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Punto de Muestreo 1	Punto de Muestreo 2	Punto de Muestreo 3	Promedio	ECA de Agua
3.5	3.9	3.0	3.5	3

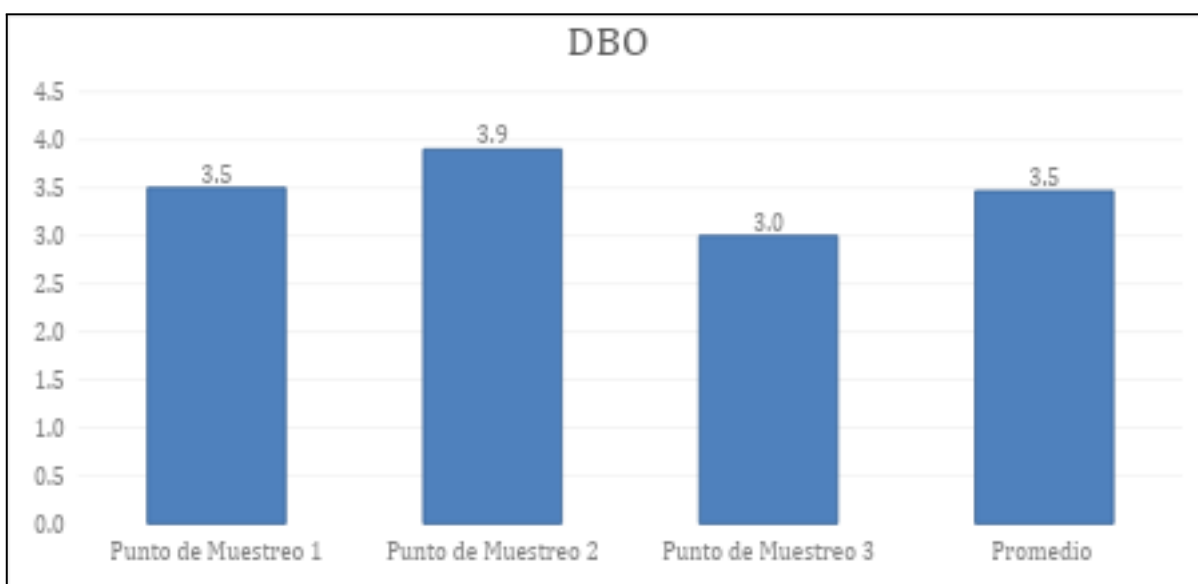


Figura 06: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

INTERPRETACIÓN:

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) registrada en tres puntos de muestreo presenta valor de 3.5, 3.9 y 3.0, respectivamente, con promedio de 3.5. Desde el análisis cuantitativo, se evidencia variación de 0.9 unidades entre el valor máximo (3.9) y el mínimo (3.0), lo que muestra ligera dispersión en concentración de materia orgánica biodegradable en el agua de pozo evaluada.

Al comparar este resultado con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecido en 3, se revela que dos de los tres puntos de muestreo (3.5 y 3.9) supera el

límite permisible, mientras que uno de ellos (3.0) se encuentra justo en el valor máximo permitido. En término promedio, el valor obtenido (3.5) excede el ECA en 0.5 unidades, lo que representa incumplimiento de los estándares de calidad.

El análisis de DBO (3.5, 3.9 y 3.0; promedio 3.5) muestra ligera variación (0.9), expresando presencia de materia orgánica biodegradable, según (Salazar, 2020), Al compararse con el ECA del Ministerio del Ambiente del Perú (3), dos valores superan el límite y el promedio lo excede en 0.5, demostrando incumplimiento. Según (Tacuri, 2019), esto refleja carga orgánica elevada que puede alterar la calidad del agua.

Tabla 06: Conductividad

Punto de Muestreo 1	Punto de Muestreo 2	Punto de Muestreo 3	Promedio	ECA de Agua
481.0	538.0	487.0	502.0	1500

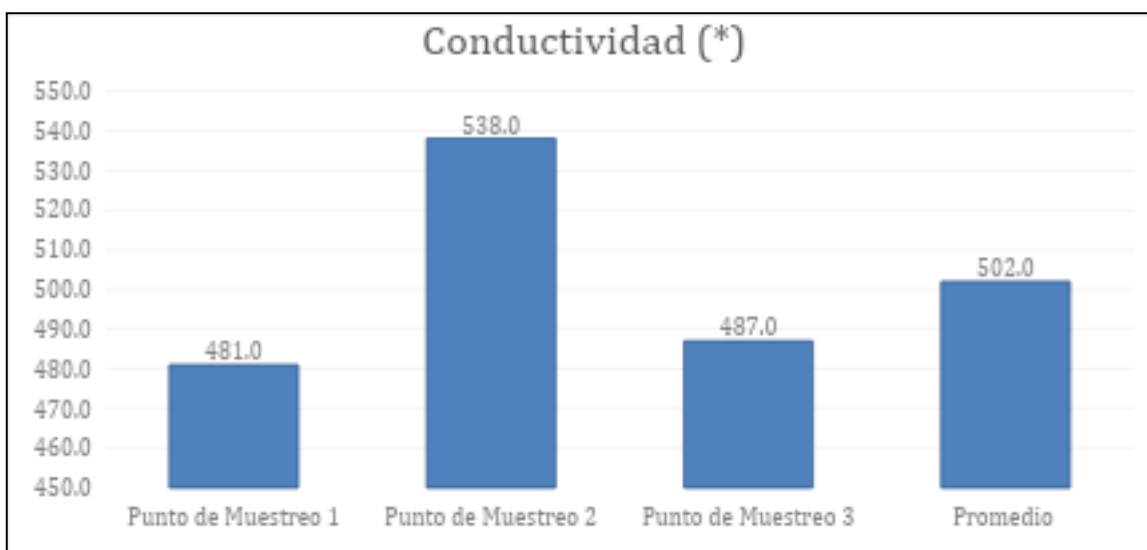


Figura 07: Conductividad

INTERPRETACIÓN:

La conductividad eléctrica registrada en tres puntos de muestreo muestra valor de 481.0, 538.0 y 487.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, obteniéndose el promedio de 502.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Desde el análisis cuantitativo, se evidencia variación de 57.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ entre valor máximo (538.0

$\mu\text{S/cm}$) y mínimo ($481.0 \mu\text{S/cm}$), lo que evidencia ligera variabilidad en concentración de sales disueltas en el agua de pozo evaluado.

Al comparar este resultado con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, fijado en $1500 \mu\text{S/cm}$, se evidencia que el valor se encuentra muy por debajo del límite permisible. En término numérico, el promedio ($502.0 \mu\text{S/cm}$) representa aproximadamente un 33.5% del valor máximo permitido, manteniéndose el margen de $998.0 \mu\text{S/cm}$ por debajo del ECA.

La conductividad eléctrica (promedio $502.0 \mu\text{S/cm}$) muestra ligera variación ($57.0 \mu\text{S/cm}$), mostrando moderada presencia en sales disueltas, acorde a (Álvarez et al., 2023), Al compararse con el ECA del Ministerio del Ambiente del Perú ($1500 \mu\text{S/cm}$), el valor está muy por debajo del límite (33.5%), lo que refleja buena calidad del agua, según (Arango, 2012).

Tabla 07: Temperatura

Punto de Muestreo 1	Punto de Muestreo 2	Punto de Muestreo 3	Promedio	ECA de Agua
18.5	17.0	19.0	18.2	$\Delta 3$

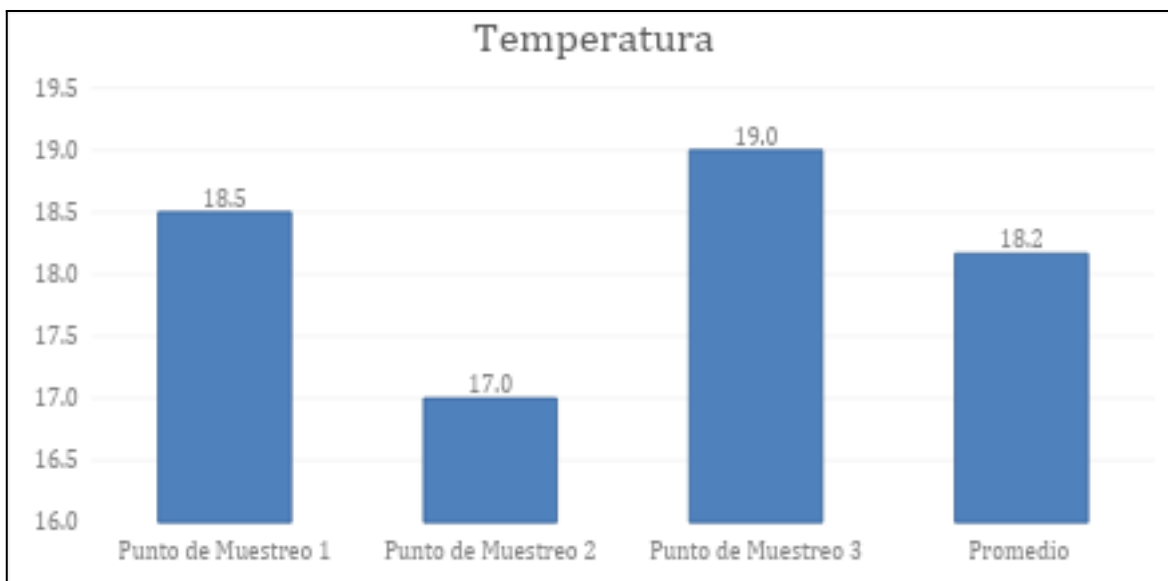


Figura 08: Temperatura

INTERPRETACIÓN:

La temperatura de agua registrada en tres puntos de muestreo presenta valores de 18.5 °C, 17.0 °C y 19.0 °C, respectivamente, obteniéndose el promedio de 18.2 °C. Desde el análisis cuantitativo, se evidencia variación de 2.0 °C entre el valor máximo (19.0 °C) y el mínimo (17.0 °C), lo que indica ligera fluctuación térmica entre punto evaluado.

En analogía con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, se establece variación máxima permitida de $\Delta 3$ °C, se muestra que los valores registrados se mantienen dentro del rango permitido, ya que la diferencia observada no supera el límite establecido. El promedio obtenido refleja condición térmica estable y propia del entorno natural del agua subterránea.

La temperatura (promedio 18.2 °C) muestra variación de 2.0 °C, mostrando ligera fluctuación y estabilidad térmica, acorde a (Osorio, 2021). Al cotejar con el ECA del Ministerio del Ambiente del Perú ($\Delta 3$ °C), El valor cumple el límite permisible. Según (Taylor y Córdón.2022), estas variaciones no afectan la calidad del agua.

4.2. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS

Tabla 08: Oxígeno disuelto

Punto de Muestreo 1	Punto de Muestreo 2	Punto de Muestreo 3	Promedio	ECA de Agua
6.0	7.0	6.0	6.3	≥ 6

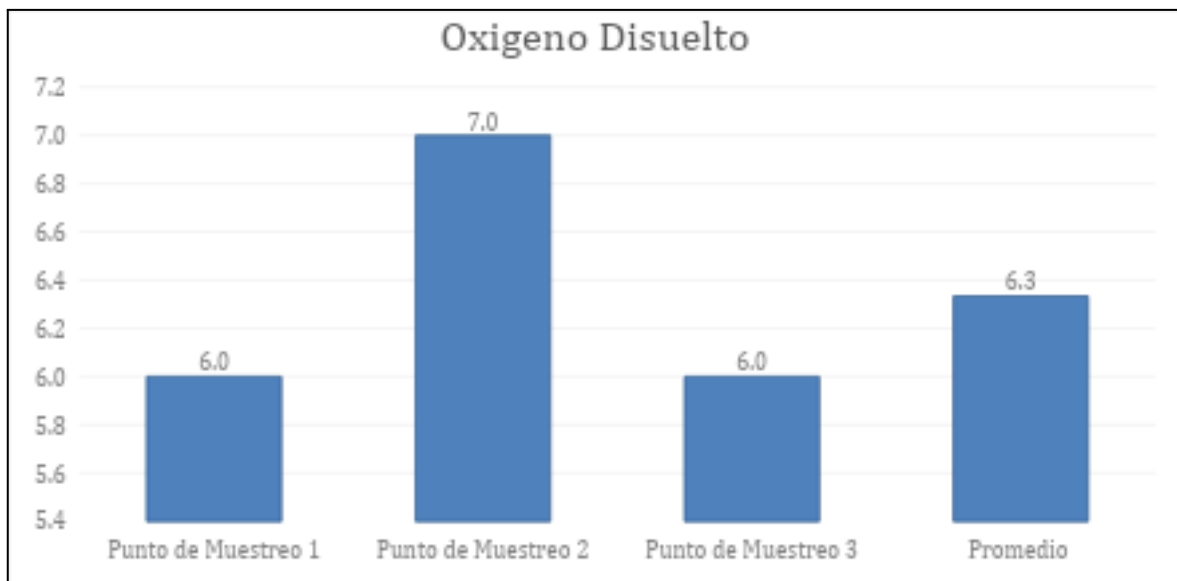


Figura 09: Oxígeno disuelto

INTERPRETACIÓN:

El oxígeno disuelto registrado en tres puntos de muestreo presenta valores de 6.0, 7.0 y 6.0 mg/L, proporcionalmente, obteniéndose el promedio de 6.3 mg/L. Desde el análisis cuantitativo, se evidencia una variación de 1.0 mg/L entre el valor máximo (7.0 mg/L) y el mínimo (6.0 mg/L), lo que evidencia ligera variabilidad en la disponibilidad de oxígeno en el agua de pozo evaluado.

Al comparar este resultado con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, que instituye el valor mínimo de ≥ 6 mg/L, se verifica que todos los puntos de muestreo cumplen con el límite determinado. Dos de los valores (6.0 mg/L) se encuentran exactamente en el umbral mínimo permitido, mientras que uno (7.0 mg/L), lo supera, elevando el promedio por encima del estándar.

El oxígeno disuelto (promedio 6.3 mg/L) muestra ligera variación (1.0 mg/L), mostrando adecuada oxigenación, según (Taylor y Cordón, 2022). Al cotejar con el ECA del Ministerio del Ambiente del Perú (≥ 6 mg/L), todos los valores cumplen el límite, reflejando buena calidad de agua, de acuerdo con (Davila y Inuma, 2019).

Tabla 09: Nitratos

Punto de Muestreo 1	Punto de Muestreo 2	Punto de Muestreo 3	Promedio	ECA de Agua
31.1	30.8	30.5	30.8	3

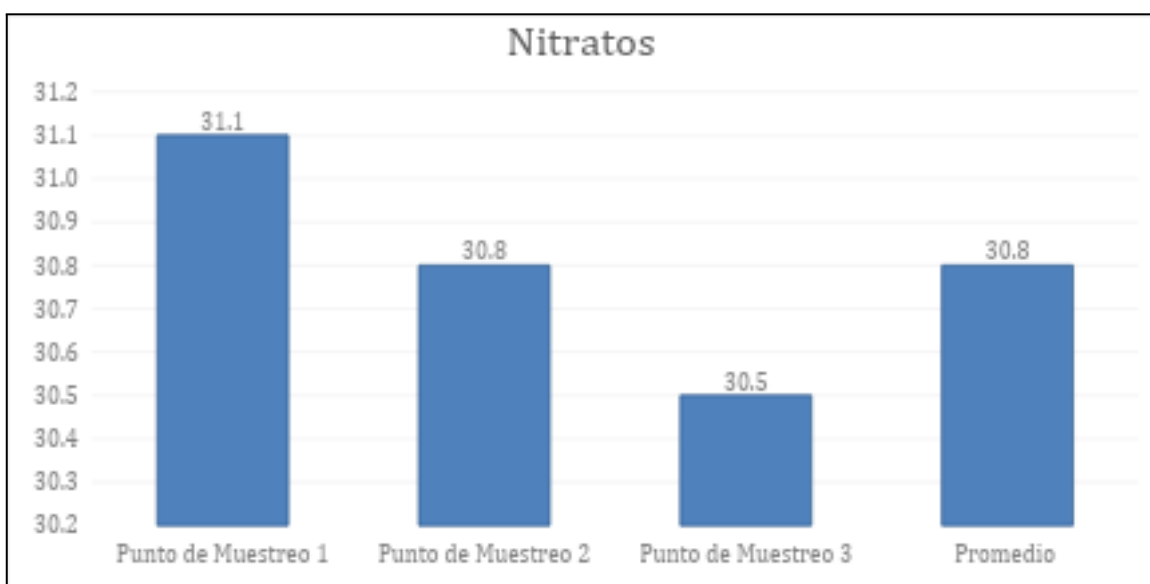


Figura 10: Nitratos

INTERPRETACIÓN:

La concentración de nitrato registrado en tres puntos de muestreo presenta valor de 31.1, 30.8 y 30.5 mg/L, respectivamente, obteniéndose el promedio de 30.8 mg/L. Desde el análisis cuantitativo, se evidencia una variación mínima de 0.6 mg/L entre el valor máximo (31.1 mg/L) y el mínimo (30.5 mg/L), lo que revela alta uniformidad en la distribución de nitratos en el agua de pozo evaluado.

Al comparar el resultado con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecido en 3 mg/L, se evidencia incumplimiento significativo del límite permisible en

todo punto de muestreo. En término numérico, el promedio (30.8 mg/L) supera el ECA en 27.8 mg/L, es decir, alcanza el valor que es aproximadamente 10 veces mayor que el estándar permitido.

El análisis de nitratos (promedio 30.8 mg/L) evidencia mínima variación (0.6 mg/L), indicando fuente constante de contaminación, según (Mora et al., 2016). Al comparar con ECA del Ministerio del Ambiente del Perú (3 mg/L), se evidencia incumplimiento, con valor hasta 10 veces superior. Según (Mora et al., 2016), este nivel representa riesgo para la calidad del agua.

Tabla 10: Sólidos Totales Disueltos (STD)

Punto de Muestreo 1	Punto de Muestreo 2	Punto de Muestreo 3	Promedio	ECA de Agua
330.0	354.0	326.0	336.7	1000

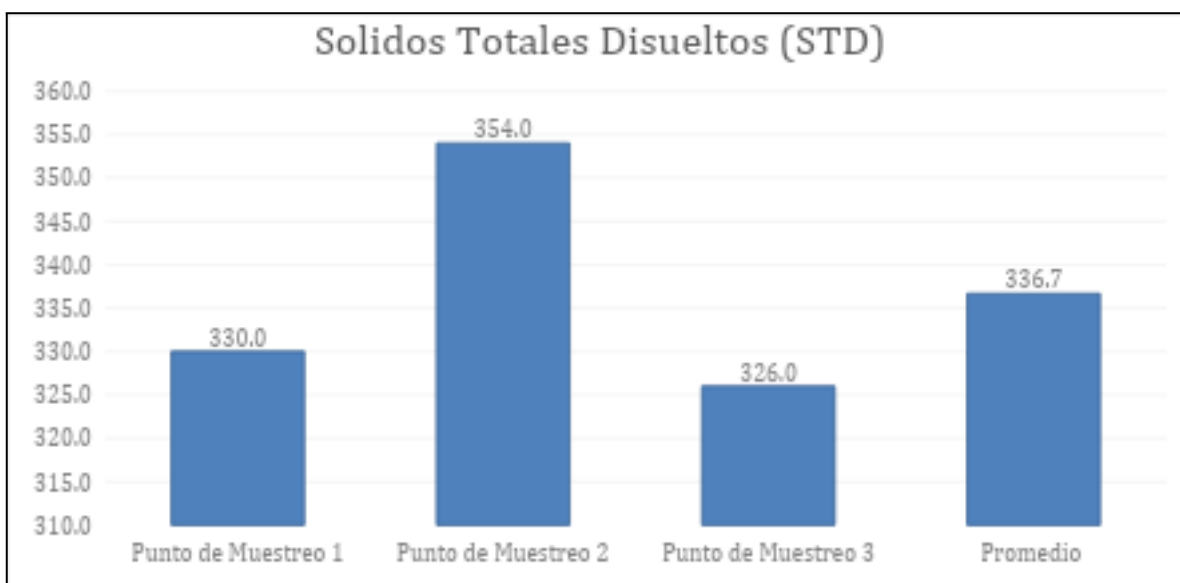


Figura 11: Sólidos Totales Disueltos (STD)

INTERPRETACIÓN:

Los Sólidos Totales Disueltos (STD) registrado en tres puntos de muestreo presenta valor de 330.0, 354.0 y 326.0 mg/L, respectivamente, obteniéndose el promedio de 336.7 mg/L. Desde el análisis cuantitativo, se evidencia variación de 28.0 mg/L entre el valor máximo

(354.0 mg/L) y el mínimo (326.0 mg/L), lo que indica que la ligera variabilidad en la concentración de sales y minerales disueltos en el agua de pozo evaluada.

Al comparar este resultado con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecido en 1000 mg/L, se muestra que todo el valor se halla ampliamente por debajo del límite permisible. En término numérico, el promedio (336.7 mg/L) representa aproximadamente el 33.7% del valor máximo permitido, manteniéndose con un margen de 663.3 mg/L por debajo del ECA.

El análisis de STD (promedio 336.7 mg/L) evidencia ligera variación (28.0 mg/L), indicando mineralización moderada y estabilidad, según (Osorio, 2021). Al compararse con ECA del Ministerio del Ambiente de Perú (1000 mg/L), el valor está muy por debajo del límite (33.7%), reflejando buena calidad de agua, de acuerdo con (Taylor y Cordón, 2022)

Metales pesados

Tabla 11: Plomo

Punto de Muestreo 1	Punto de Muestreo 2	Punto de Muestreo 3	Promedio	ECA de Agua
0.00100	0.00100	0.00100	0.00100	0.01

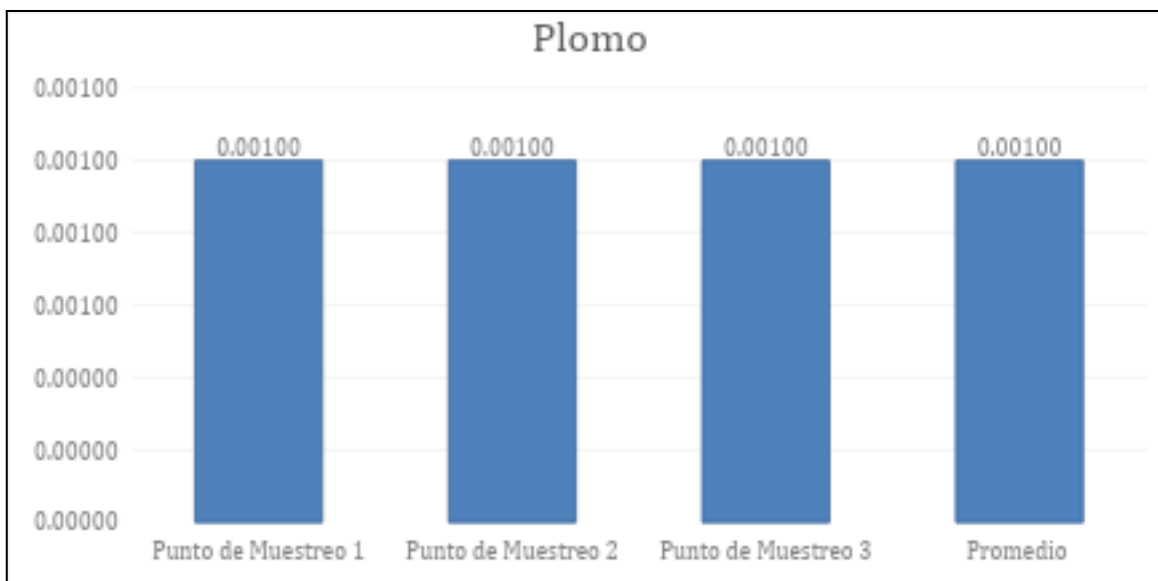


Figura 12: Plomo

INTERPRETACIÓN:

La concentración de plomo registrado en tres puntos de muestreo presenta valor idéntico de 0.00100 mg/L, obteniéndose el promedio de 0.00100 mg/L. Desde el análisis cuantitativo, no se evidencia variación entre los puntos analizados, lo que evidencia distribución totalmente homogénea de este metal en el agua de pozo.

Al comparar este resultado con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, determinado en 0.01 mg/L, se verifica que todo el valor se encuentra muy por debajo del límite permisible. En término numérico, el promedio representa apenas el 10% del valor máximo permitido, manteniéndose un margen de 0.009 mg/L por debajo de ECA.

El plomo (0.00100 mg/L) no presenta variación, demostrando distribución homogénea y nivel bajo, según (Davila e Inuma, 2019). Al cotejar con el ECA del Ministerio del Ambiente del Perú (0.01 mg/L), se halla muy por debajo del límite (10%), indicando bajo riesgo, de acuerdo con (Tacuri, 2019).

Tabla 12: Cadmio

Punto de Muestreo 1	Punto de Muestreo 2	Punto de Muestreo 3	Promedio	ECA de Agua
0.00020	0.00020	0.00020	0.00020	0.003

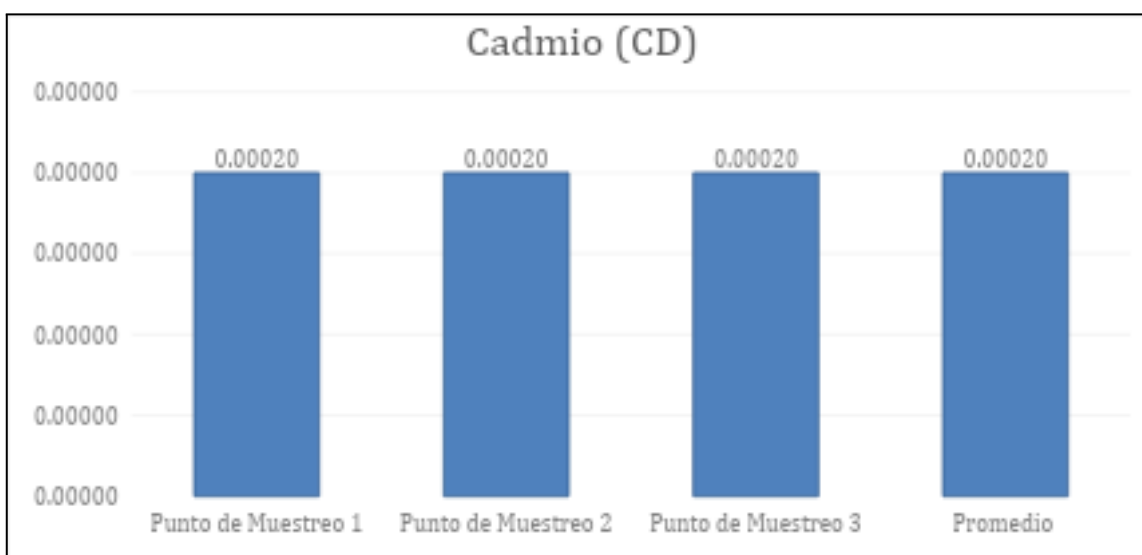


Figura 13: Cadmio

INTERPRETACIÓN:

La concentración de cadmio registrado en tres puntos de muestreo presenta valor idéntico de 0.00020 mg/L, obteniéndose un promedio de 0.00020 mg/L. Desde el análisis cuantitativo, no se muestra variación entre los puntos evaluados, lo que revela una distribución totalmente homogénea de este metal del agua de pozo.

Al comparar este resultado con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecido en 0.003 mg/L, se evidencia que todo el valor se encuentra muy por debajo del límite permisible. En término numérico, el promedio personifica aproximadamente el 6.7% de valor máximo permitido, manteniéndose el margen de 0.0028 mg/L por debajo del ECA.

El cadmio (0.00020 mg/L) no muestra variación, demostrando distribución homogénea y nivel muy bajo, según (Castillo et al., 2022). Al cotejar con el ECA del Ministerio del

Ambiente del Perú (0.003 mg/L), se halla muy por debajo del límite (6.7%), indicando bajo riesgo, de acuerdo con (Mendoza et al., 2021).

Tabla 13: Mercurio

Punto de Muestreo 1	Punto de Muestreo 2	Punto de Muestreo 3	Promedio	ECA de Agua
0.000100	0.000100	0.000100	0.000100	0.001

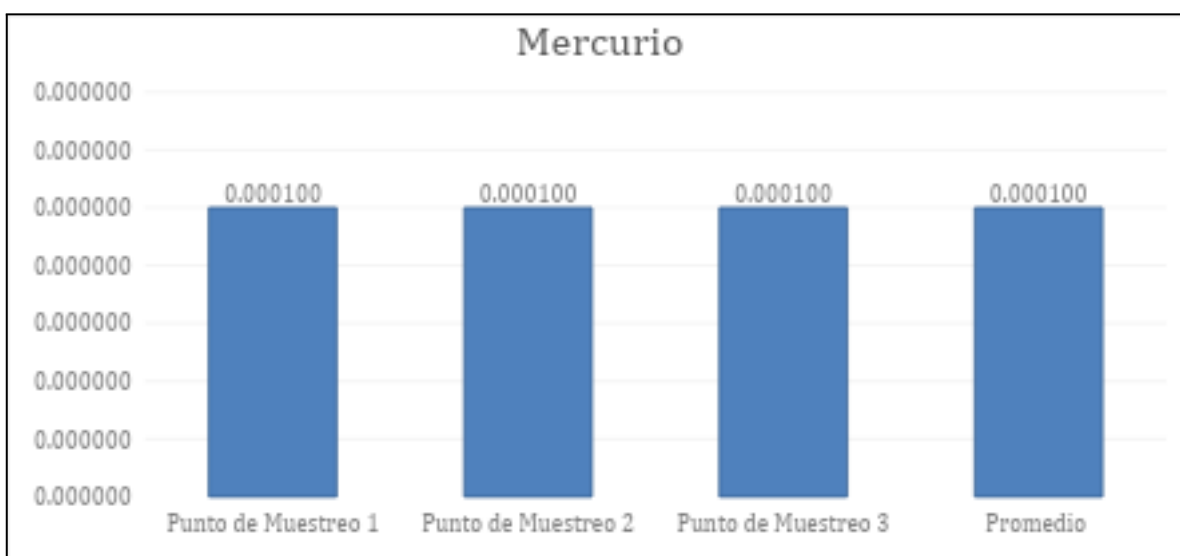


Figura 14: Mercurio

INTERPRETACIÓN:

La concentración de mercurio registrada en tres puntos de muestreo presenta valor idéntico de 0.000100 mg/L, obteniéndose un promedio de 0.000100 mg/L. Desde el análisis cuantitativo, no se evidencia variación entre los puntos evaluados, lo que muestra distribución completamente homogénea de este metal en el agua de pozo.

Al comparar este resultado con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecido en 0.001 mg/L, se verifica que los valores se encuentran muy por debajo del límite permisible. En término numérico, el promedio representa aproximadamente el 10% del valor máximo permitido, manteniéndose un margen de 0.0009 mg/L por debajo del ECA.

El mercurio (0.000100 mg/L) no muestra variación, demostrando distribución homogénea y nivel muy bajo, según (Davila y Inuma, 2019). Al cotejar con el ECA del Ministerio del Ambiente del Perú (0.001 mg/L), se halla muy por debajo del límite (10%), indicando bajo riesgo, de acuerdo con (Pozo et al., 2021).

Tabla 14. Arsénico

Punto de Muestreo 1	Punto de Muestreo 2	Punto de Muestreo 3	Promedio	ECA de Agua
0.00100	0.00100	0.00100	0.00100	0.01

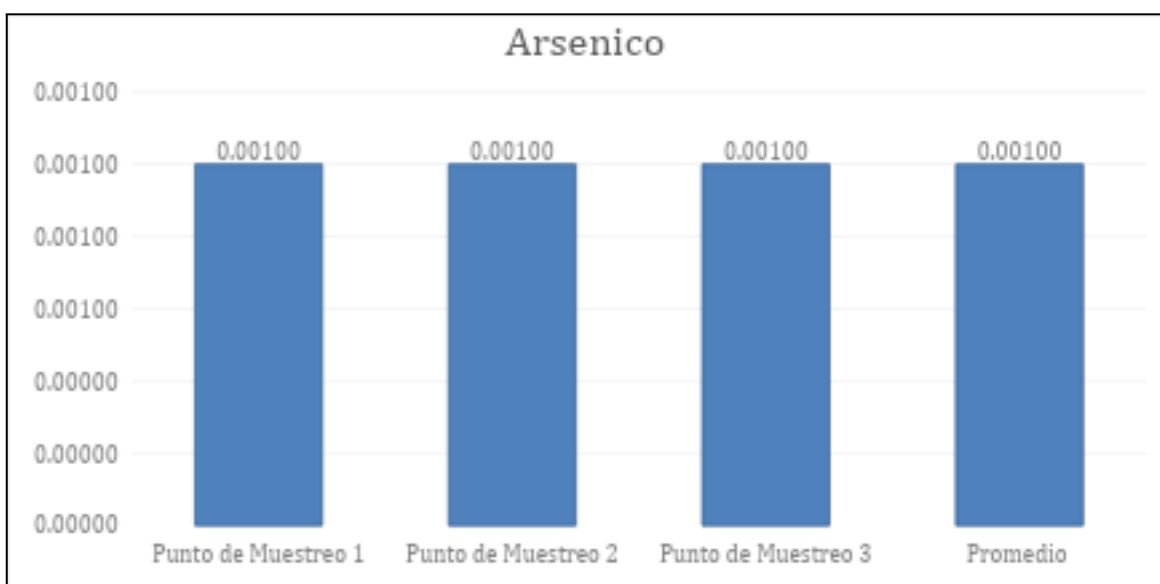


Figura 15: Arsénico

INTERPRETACIÓN:

La concentración de arsénico registrado en tres puntos de muestreo presenta valor idéntico de 0.00100 mg/L, obteniéndose un promedio de 0.00100 mg/L. Desde el análisis cuantitativo, no se muestra variación entre el punto evaluado, lo que indica una distribución completamente homogénea de este metaloide en el agua de pozo.

Al comparar estos resultados con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecido en 0.01 mg/L, se verifica que todos los valores se encuentran muy por debajo del límite permisible. En términos numéricos, el promedio representa aproximadamente el

10% del valor máximo permitido, manteniéndose con un margen de 0.009 mg/L por debajo del ECA.

El arsénico (0.00100 mg/L) no muestra variación, demostrando distribución homogénea y nivel bajo, según (Mora et al., 2016). Al cotejar con el ECA del Ministerio del Ambiente del Perú (0.01 mg/L), se halla muy por debajo del límite (10%), indicando bajo riesgo, de acuerdo con (Mendoza et al., 2021).

Tabla 15: Aluminio

Punto de Muestreo 1	Punto de Muestreo 2	Punto de Muestreo 3	Promedio	ECA de Agua
0.0030	0.0043	0.0030	0.0034	0.9

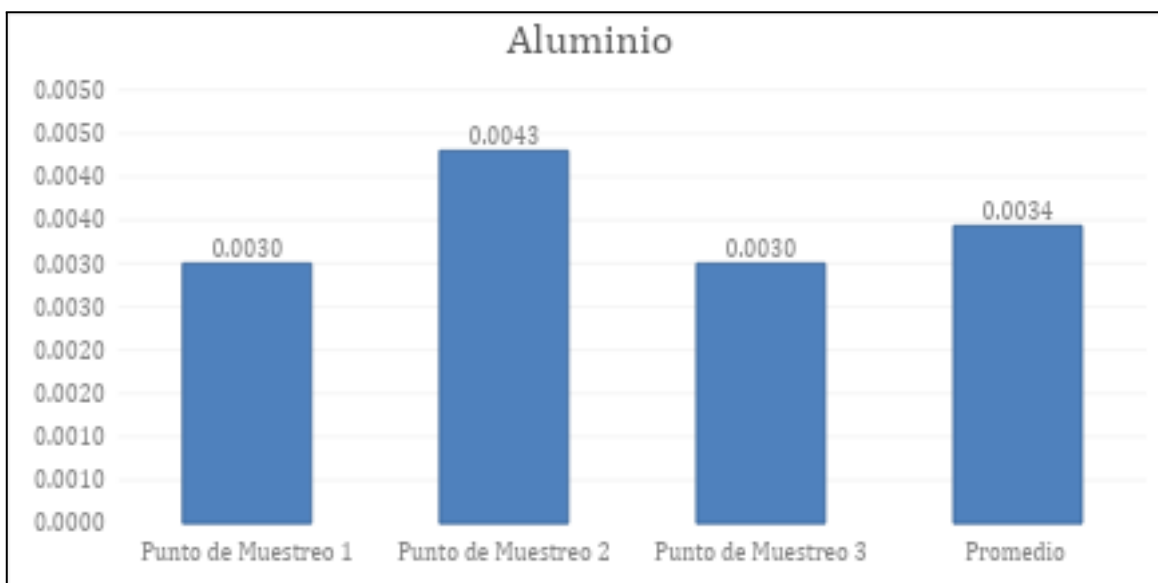


Figura 16: Aluminio

INTERPRETACIÓN:

La concentración de aluminio registrada en tres puntos de muestreo presenta valor de 0.0030, 0.0043 y 0.0030 mg/L, respectivamente, obteniéndose un promedio de 0.0034 mg/L. Desde el análisis cuantitativo, se evidencia variación de 0.0013 mg/L entre el valor máximo (0.0043 mg/L) y el mínimo (0.0030 mg/L), lo que evidencia una baja dispersión y relativa homogeneidad en presencia de este elemento en el agua de pozo evaluado.

Al comparar este resultado con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecido en 0.9 mg/L, se verifica que los valores se encuentran ampliamente por debajo del límite permisible. En términos numéricos, el promedio (0.0034 mg/L) representa aproximadamente el 0.38% del valor máximo permitido, manteniéndose el margen de 0.8966 mg/L por debajo de ECA.

El aluminio (promedio 0.0034 mg/L) muestra baja variación (0.0013 mg/L), mostrando homogeneidad y condición natural, según (Rafael et al. 2017). Al cotejar con el ECA del Ministerio del Ambiente del Perú (0.9 mg/L), se halla muy por debajo del límite (0.38%), sin representar riesgo, de acuerdo con (Tacuri, 2019).

4.3. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Resultados del objetivo 2: Parámetros microbiológicos

Tabla 16. *Coliformes Totales*

Punto de Muestreo 1	Punto de Muestreo 2	Punto de Muestreo 3	Promedio	ECA de Agua
7.9	8.1	8.0	8.0	50

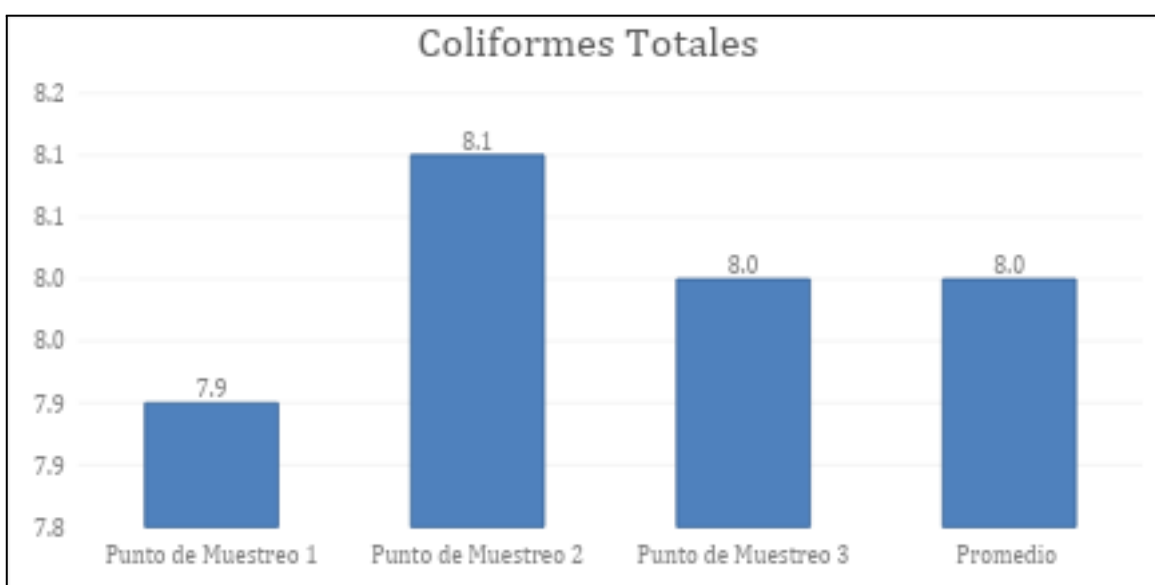


Figura 17: Coliformes Totales

INTERPRETACIÓN:

La concentración de coliformes totales registrada en tres puntos de muestreo presenta valores de 7.9, 8.1 y 8.0 NMP/100 mL, respectivamente, obteniéndose un promedio de 8.0 NMP/100 mL. Desde el análisis cuantitativo, se evidencia una variación mínima de 0.2 unidad entre el valor máximo (8.1) y el mínimo (7.9), lo que evidencia alta homogeneidad en la presencia de microorganismo indicador del agua de pozo evaluada.

Al comparar este resultado con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecido en 50 NMP/100 mL, se evidencia que los valores se encuentran muy por debajo del límite permisible. En término numérico, el promedio (8.0 NMP/100 mL) representa aproximadamente el 16% del valor máximo permitido, manteniéndose el margen de 42.0 NMP/100 mL por debajo del ECA.

El análisis de coliforme total (7.9, 8.1 y 8.0 NMP/100 mL; promedio 8.0) muestra variación mínima de 0.2, lo que indica alta homogeneidad y presencia de microorganismo indicador. Este comportamiento, según (Marca, 2023), refleja condición microbiológica estable y baja influencia de fuente reciente de contaminación fecal.

Al cotejar con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) del Ministerio del Ambiente del Perú (50 NMP/100 mL), se verifica que el valor se encuentra muy por debajo del límite permisible, simbolizando aproximadamente el 16% del máximo permitido. De acuerdo con Tacuri (2019), la baja concentración de coliformes totales indica un adecuado control microbiológico, por lo que el agua no representa riesgo para la salud en este parámetro.

CONCLUSIONES

Primera. - A partir del análisis integral de los parámetros evaluados en los tres puntos de muestreo de agua de pozo, se determinó que la calidad del agua presenta un comportamiento mayoritariamente conforme a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del Perú, con homogeneidad y estabilidad en la mayoría de las variables, aunque se identificaron incumplimientos significativos en dos indicadores clave.

Segunda. – En lo que respecta a las características físico-químicas básicas: el pH (promedio 8.0), la temperatura (18.2 °C), la conductividad eléctrica (502.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$), los sólidos totales disueltos (336.7 mg/L) y el oxígeno disuelto (6.3 mg/L) cumplen plenamente los límites establecidos, evidenciando estabilidad química, térmica y baja concentración de sales disueltas, lo cual refleja condiciones naturales del agua subterránea sin alteraciones importantes en estos aspectos. Por su parte, la Demanda Química de Oxígeno (promedio 9.5) se mantuvo por debajo del límite permisible, indicando carga orgánica moderada sin riesgos, mientras que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (promedio 3.5) superó el estándar, revelando presencia elevada de materia orgánica biodegradable que podría afectar la calidad del recurso.

El hallazgo más relevante y crítico correspondió a los nitratos, con un promedio de 30.8 mg/L —valor aproximadamente 10 veces superior al límite de 3 mg/L establecido—, lo que demuestra una fuente constante y activa de contaminación, posiblemente asociada a actividades antrópicas como prácticas agrícolas o disposición de residuos, representando un riesgo potencial para el uso del agua. Por el contrario, todos los metales pesados evaluados (plomo, cadmio, mercurio, arsénico y aluminio) registraron concentraciones muy bajas, entre el 0.38% y el 10% de los valores máximos permitidos, sin variaciones

significativas entre puntos, lo que confirma la ausencia de contaminación de origen industrial o geológico peligroso en la zona.

Tercera. – La concentración de coliformes totales (promedio 8.0 NMP/100 mL) se ubicó muy por debajo del límite normativo, reflejando baja presencia de microorganismos indicadores de contaminación fecal y condiciones sanitarias adecuadas en este aspecto.

En síntesis, el agua de pozo evaluada presenta buena calidad en parámetros básicos, metales pesados y condición microbiológica, pero presenta alteraciones por materia orgánica biodegradable y, sobre todo, por niveles excesivos de nitratos. Estos resultados permiten concluir que, aunque el recurso mantiene características naturales estables, está sometido a presión por contaminantes de origen externo, por lo que no cumple totalmente con la normativa ambiental vigente y requiere medidas de monitoreo continuo y mitigación para reducir los niveles de nitratos y prevenir riesgos sanitarios y ambientales.

RECOMENDACIONES

Primera. - Se recomienda establecer medidas de control y gestión adecuadas para corregir las desviaciones identificadas, tomando como referencia los valores establecidos en los estándares de calidad ambiental (ECA) del Perú.

Segunda. - Se recomienda implementar medidas correctivas enfocadas prioritariamente en la reducción de nitrato y de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), dado que representan el 25% de parámetros que incumple el ECA y constituye el principal riesgo en la calidad del agua. En término específico, es necesario identificar y controlar posible fuente de contaminación de origen antrópico o agrícola, como el uso excesivo de fertilizante o la infiltración de agua residual. De esta manera, se sugiere establecer un programa de monitoreo periódico que consienta verificar la disminución de nitratos (actualmente 30.8 mg/L, 10 veces el límite) y de la DBO (3.5 mg/L, 0.5 unidad por encima de ECA).

Tercera. - Se recomienda mantener la condición actual de protección sanitaria del agua de pozo, dado que el 100% de puntos de muestreo cumple con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) el promedio de coliforme total (8.0 NMP/100 mL) se halla 42.0 NMP/100 mL por debajo del límite permisible. No obstante, con el fin de resguardar esta condición microbiológica favorable, es necesario realizar el monitoreo periódico que permita verificar que el nivel se mantenga dentro del 16% del límite establecido y evitar incremento futuro. De esta manera, se sugiere reforzar medidas preventivas como la protección del pozo, el control de fuente de contaminación cercana y la adecuada gestión sanitaria del entorno, garantizando la sostenibilidad de la calidad microbiológica del agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, L., Barbosa, A., Montilla-Velasco, J. C., & Trujillo, E. (2023). Caracterización físico-química de suelos con potencial agrícola del estado Táchira, Venezuela. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, 5(9), 50–64. <https://doi.org/10.38186/difcie.59.05>
- Arango, Á. (2012). Efectos del pH y la conductividad en la electrocoagulación de aguas residuales de la industria láctea. *Producción + Limpia*, 7(1), 59–67. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552012000100006
- Arpasi Lima, W. S., Tito Diaz, D., Alvarez Huayhua, H. J., & Ccolque Centeno, F. A. (2024). Percepción de contaminación en el río Torococha y grado de responsabilidad social en la población de Chilla, Juliaca - Perú. *Waynarroque - Revista de Ciencias Sociales Aplicadas*, 4(1), 77–87. <https://doi.org/10.47190/rcsaw.v4i1.97>
- Barriga Paria, C. J., Figueroa Condori, E. F., Chavez Quispe, B. J., Flores Arias, J. M., Flores Bautista, G. S., Mamani, E. E., Cabana Bautista, I. A., & Quispe Quispe, R. F. (2022). Calidad De Aguas Superficiales Y Subterráneas En La Zona De Influencia De Una Cantera De Yeso En El Perú. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 88(2). <https://doi.org/10.37761/rsqp.v88i2.383>
- Castillo Vereau, D. E., Tuesta Collantes, L., & Salazar Saldaña, S. E. (2022). Evaluación de la calidad del agua subterránea durante la pandemia por covid-19 en la universidad nacional de trujillo, Perú. *Telos Revista de Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*, 24(2), 219–234. <https://doi.org/10.36390/telos242.02>
- CHARCA, C. P. A. (2023). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA CONSUMO HUMANO, DISTRITO DE PAUCARCOLLA, 2022. *Universidad Privada San Carlos-Puno*, 116. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4523>
- Damonte Valencia, G., Gonzales Negreiros, I., & Lahud Vega, J. (2016). La Construcción del Poder Hídrico: Agroexportadores y Escasez de Agua Subterránea en el valle de Ica y Villacurí. *Anthropologica*, 34(37), 87–114.

<https://doi.org/10.18800/antropologica.201602.004>

- Davila, V., & Inuma, D. (2019). Evaluación de las características del agua para consumo humano, en pozos tubulares y su incidencia en la salud, en los asentamientos humanos Los Olivos y los 4 suyos, distrito de Calleria, Departamento Ucayali. *Unu*, 2018.
- Díaz, A., & Sotomayor, L. (2019). *Evaluación de la eutrofización de la laguna CONOCOCHA – ANCASH*. 114. https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/publications/Theses/Tesis_Diaz_y_Sotomayor_2013.pdf
- El Peruano. (2018). *Decreto Supremo N° 014-2018-MINAGRI -Valores de retribuciones económicas a pagar por uso de agua superficial y subterránea y por el vertimiento de agua residual tratada a aplicarse en el año 2019*.
- Faviel Cortez, E., Infante Mata, D., & Molina Rosales, D. O. (2019). Percepción y calidad de agua en comunidades rurales del área natural protegida la encrucijada, Chiapas, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(2), 317–334. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.02.05>
- González, J. L. A. (2020). Técnicas e Instrumentos de Evaluación. In *Universidad Rafael Landívar*.
- Guerrero, D. Y. (2022a). determinación de la calidad del agua subterránea para consumo humano e identificación de las fuentes de contaminación fijas del asentamiento humano señor de los milagros, distrito de yarinacocha - ucayali. *Unu*, 2018. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5549/B6_2022_UNU_INGENIERIA_AMBIENTAL_T_2022_DEIFI_GUERRERO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Guerrero, D. Y. (2022b). determinación de la calidad del agua subterránea para consumo humano e identificación de las fuentes de contaminación fijas del asentamiento humano señor de los milagros, distrito de Yarinacocha - Ucayali. *Unu*, 2018.
- Hernández, L., Chamizo, H., & Mora, D. (2021). Calidad del agua para consumo humano y salud: dos estudios de caso en Costa Rica. *Rev. Costarric. Salud Pública*, 20(1),

21–26.

http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292011000100004&lng=en.

Humpire, F. (2022). *Efecto del pH y tiempo en la depuración de lactosuero residual por electrocoagulación*. 1–110. https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/3908/Humpire_Coila_Fredy.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Larico-mamani, J., Cabana-alanoca, R., & Cahua-alvarez, L. (2022). Variación de la calidad del agua del río Coata según el Ica-PE por fuentes contaminantes Variation in the quality of the water of the Coata river according to the Ica-PE by polluting sources. *Cátedra Villarreal*, 10(1), 16–25.

Loo Gil, C. (2021). Contaminación de suelos por el uso de aguas residuales. *Tecno Humanismo*, 1(5), 59–75. <https://doi.org/10.53673/th.v1i5.24>

Marca, J. G. (2023). Determinación de los parámetros bacteriológicos y físico-químicos del agua subterránea para el consumo humano, en la urbanización Magisterial, zona 4 Totorani - Alto Puno. *Universidad Privada San Carlos*, 1–100. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4547>

Mejía, A. C., & Taípe, J. O. (2021). Influencia de la calidad microbiológica del agua de consumo humano en las enfermedades infecciosas gastrointestinales, CC.PP Matahuasi, distrito de Vilca, Provincia de Huancavelica, 2021. *Universidad Continental*, 97. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11472>

Mendoza, O., Sánchez, R. A., Barrón, J., Cuevas, H. B., Escalante, P., Solano, R., Mendoza, O., Sánchez, R. A., Barrón, J., Cuevas, H. B., Escalante, P., & Solano, R. (2021). Riesgos potenciales de salud por consumo de agua con arsénico en Colima, México. *Salud Pública de México*, 59(1), 34. <http://www.saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/8413>

Mora-Alvarado, D. A., Mata-Solano, A., & Sequeira-Barquero, M. A. (2016). Actualización de los criterios de calidad del agua de pozos y nacientes para potabilización en Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 29(3), 85. <https://doi.org/>

10.18845/tm.v29i3.2890

- Muñoz Espitia, M. Á., Cortés Bermúdez, J. D., & Agudelo Valencia, R. N. (2022). Electrocoagulación con electrodos de aluminio para tratamiento de aguas residuales de curtiembres en Villapinzón, Cundinamarca, Colombia. *Revista Mutis*, 12(1). <https://doi.org/10.21789/22561498.1783>
- Ñahui, D. (2023). *Análisis de la calidad de agua para el consumo humano de los centros poblados del distrito de Yauli, Huancavelica - 2023*. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13303/1/IV_FIN_107_TE_Ñahui_Salvatierra_2023.pdf
- Ordóñez Ramirez, V. (2007). Contaminación del agua. *Ingenius*, 1. <https://doi.org/10.17163/ings.n1.2007.04>
- Osorio-Rivera, M. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Pol.Con.*, 6(3), 228245. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i3.2360>
- Ponce-Vega, L. A. (2015). Puquios, qanats y manantiales: gestión del agua en el Perú antiguo. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 12(3), 279. <https://doi.org/10.22231/asyd.v12i3.240>
- Pozo, D. E. L., Comunidad, D. E. L. A., Municipio, D. E. L., & Frente, I. I. (2021). *Evaluación de la calidad del agua del pozo de la comunidad "Soledad" del Municipio Il frente, Santiago de Cuba*. 4–8.
- Quispe Mamani, J. C., Marca Maquera, H. R., Mamani Sonco, V. Y. F., & Arce Coaquira, R. R. (2020). Efectos de la contaminación hídrica sobre la salud pública de la población de la cuenca Coata, de la región de Puno – 2019. *Journal of the Academy*, 3, 1–16. <https://doi.org/10.47058/joa3.1>
- Rafael, J., Cuicas, P., Lisbeth, R., & Cuadra, A. (2017). Evaluación de la electrocoagulación en el tratamiento de agua potable. *Química Viva*, 16, 56–69.
- Rahaman, M. M., & Varis, O. (2020). Del dicho al hecho hay mucho trecho: Sobre la gestión integrada del agua en el Perú. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 1(1), 15–21.
- Ramírez, F. E. (2020). Determinación de la calidad del agua potable en el distrito de

- Paucacolla-Puno-2019. *Repositorio de La Universidad Privada San Carlos*, 1–107.
- Ramos Mancheno, A. D. de J. (2024). Efectos del consumo de agua contaminada en la calidad de vida de las personas. *Polo Del Conocimiento*, 9(1), 614–632.
<https://doi.org/10.23857/pc.v9i1.6396>
- Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. M., & Gutiérrez-Builes, L. A. (2021). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236–247.
<https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
- Roberto Hernández Sampieri. (2018). Metodología de la investigación. In *Introducción a la seguridad informática y el análisis de vulnerabilidades*.
<https://doi.org/10.17993/ingytec.2018.46>
- Roger Iván Méndez Novelo, M., Guadalupe Pacheco Ávila, J., René Castillo Borges, E., Cabrera Sansores, A., del Rosario Vázquez Borges, E., & Diana Cabañas Vargas, D. (2023). Calidad microbiológica de pozos de abastecimiento de agua potable en Yucatán, México. *Ingeniería UADY*, 19(1), 51–61.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46750924005>
- Salas Salvadó, J., Maraver, F., Rodríguez Mañas, L., Saenz de Pipaon, M., Vitoria, I., & Moreno, L. (2020). Importancia del consumo de agua en la salud y la prevención de la enfermedad: situación actual. *Nutricion Hospitalaria*, 37(5), 1072–1086.
<https://doi.org/10.20960/nh.03160>
- Salazar, J. (2020). Evaluación del impacto de las aguas residuales sobre la calidad del agua del río Tarma en el periodo 2015 - 2019. *Tesis*, 1–120.
- SINIA. (2010). *Decreto Supremo N° 001-2010-AG.- Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338)*. 1–81.
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-ley-recursos-hidricos-ley-no-29338>
- Tacuri, R. (2019a). *Determinación de la calidad de agua de pozos artesianos y sus aspectos ambientales asociados, Juliaca, Puno, 2018*. 1–87.
<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b6350533-0189-4433-b031>

-7df9eda656da/content

Tacuri, R. (2019b). *Determinación de la calidad de agua de pozos artesianos y sus aspectos ambientales asociados, Juliaca, Puno, 2018*. 1–87.

Tamayo, C., & Siesquen, I. S. (2008). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Metodología de La Investigacion*, 2, 201–247.

Taylor Tórrez, A. R., & Córdón Suárez, E. (2022). Calidad de agua potable y su efecto en la salud de la comunidad de Kamla, Costa Caribe Norte de Nicaragua. *Ciencia e Interculturalidad*, 20(1), 78–93. <https://doi.org/10.5377/rci.v20i1.4855>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

TÍTULO: IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE POZO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN, JULIACA-2025.

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<p>PROBLEMA GENERAL ¿En qué medida el impacto de la calidad del agua de pozo afecta en la salud de la población de la provincia de San Román, Juliaca-2025?</p> <p>PROBLEMA ESPECÍFICO ¿De qué manera la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de pozo, según ECA del agua- categoría 4, afecta a la salud de la población de la provincia de San Román, Juliaca-2025?</p> <p>¿De qué forma la concentración de los parámetros microbiológicos del agua de pozo, según ECA del agua- categoría 4, afecta a la salud de la población de la provincia de San Román, Juliaca-2025?</p>	<p>Objetivo general Evaluar el impacto de la calidad del agua de pozo en la salud de la población de la provincia de San Román, Juliaca-2025.</p> <p>Objetivos específicos - Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de pozo, según ECA del agua- categoría 4, en la salud en la provincia de San Román, Juliaca-2025. - Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos del agua de pozo, según ECA del agua- categoría 4, en la salud en la provincia de San Román, Juliaca-2025.</p>	<p>Hipótesis general La calidad del agua de pozo impacta en la salud de la población de la provincia de San Román, Juliaca-2025.</p> <p>Hipótesis específicas - La concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de pozo, según ECA del agua- categoría 4, afecta a la salud de la población de la provincia de San Román, Juliaca-2025. - La concentración de los parámetros microbiológicos del agua de pozo, según ECA del agua- categoría 4, afecta a la salud en la población de la provincia de San Román, Juliaca-2025.</p>	<p>Variable 1 Calidad del agua de pozo</p> <p>Variable 2 Parámetros físico químico y microbiológico</p>	<p>1.1. Parámetros fisicoquímicos</p> <p>1.2. Parámetros microbiológicos</p>	<p>1.1.1. Temperatura del agua</p> <p>1.1.2. Ph del agua</p> <p>1.1.3. Conductividad eléctrica</p> <p>1.1.4. Concentración de oxígeno disuelto</p> <p>1.1.5. Nitratos</p> <p>1.1.6. Sólidos totales</p> <p>1.1.7. Demanda bioquímica de oxígeno DQO y DBO</p> <p>1.1.8. Metales pesados</p> <p>1.2.1. Coliformes tolerantes</p>	<p>De razón</p> <p>termo</p>

Anexo 02: Informe de laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-26-20491

N° Id.: 0000134564

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

- | | |
|------------------|---|
| 1.- RAZON SOCIAL | : MARYLIN CONDORI APOMAYTA |
| 2.- DIRECCIÓN | : JULIACA |
| 3.- PROYECTO | : IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE POZO EN LA SALUD DE LA POBLACION DE LA PROVINCIA DE SAN ROMAN, JULIACA-2025 |
| 4.- PROCEDENCIA | : SAN ROMAN - JULIACA |
| 5.- SOLICITANTE | : MARYLIN CONDORI APOMAYTA |
| 6.- PRODUCTO | : Agua para Uso y Consumo Humano |

II.- DATOS DEL SERVICIO

- | | |
|---------------------------------|-----------------------|
| 1.- ORDEN DE SERVICIO N° | : 000000424-2026-0002 |
| 2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | : 2026-03-04 |

III.- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

- | | |
|----------------------------|---|
| 1.- MUESTREADO POR | : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA |
| 2.- NÚMERO DE MUESTRAS | : 3 |
| 3.- FECHA DE RECEPCIÓN | : 2026-02-27 |
| 4.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN | : En buen estado de conservación y preservación |
| 5.- PERÍODO DE ENSAYO | : 2026-02-27 al 2026-03-04 |

Mgtr. Ing. U.C. Freddy A. Taipe Castro
Director de Investigación y Desarrollo
CIP N° 150812

Marieni V. Rivera Castromonte
Supervisor de Laboratorio de
Microbiología e Hidrobiología
CBP N° 16639

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia. Pág. 1 de 3

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chelva N° 1807
Beltrán, Cusco
Tel: (+51) 753 0796 / 753 0636
Cel: 977 558 975 / 907 511 378

SEDE ZARUMILLA
Prologosur Zarumilla No 02173
Beltrán, Cusco
Cel: 977 518 575 / 932 840 400

SEDE AREQUIPA
COPACACASA No. 8 LL. 3
Arequipa
Tel: (+51) 020 843
Cel: 932 040 042

SEDE PUNO
Urb. San Pedro II Etapa
Mz. 03 LL 02
Castilla - Puno
Tel: (+51) 753 2696
Cel: 933 475 333

SEDE TIRIBULLO
Urb. Sol de Trujillo No. A11 25
A.C. Sullay - Trujillo
Tel: (+51) 753 0628
Cel: 919 470 133

www.alab.com.pe

Escaneado con CamScanner



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-26-20491

N° Id.: 0000134564

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	CONDICIÓN DE ACREDITACIÓN / LUGAR DE ANÁLISIS
Metales Totales ICP-MS	Method 200.8, Revision 5.4 1994. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance: Bi, B, Ca, Ce, Cs, Fe, Ga, Ge, Hf, K, La, Li, Lu, Mg, Na, Nb, P, Rb, Si, Sn, Sr, Ta, Te, Ti, W, Yb, Zr), 2021.	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.	INACAL LE - 096 CHALACA
Sólidos Totales Disueltos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 24th Ed. 2023.	Solids, Total Dissolved Solids Dried at 180°C.	INACAL LE - 096 AREQUIPA
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 24th Ed. 2023.	pH Value Electrometric Method	INACAL LE - 096 AREQUIPA
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 24th Ed. 2023.	Temperature, Laboratory and Field Methods	SIN ACREDITACION
Oxígeno Disuelto	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O G, 24th Ed. 2023.	Oxygen (Dissolved), Membrane Electrode Method.	SIN ACREDITACION
Coliformes Totales (UFC)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9222 B, 24th Ed. 2023.	Membrane Filter Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Membrane Filter Procedure using Envio Media	INACAL LE - 096 AREQUIPA
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9220 D, 24th Ed. 2023. □	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method.	INACAL LE - 096 AREQUIPA
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 24th Ed. 2023.	Conductivity, Laboratory Method.	INACAL LE - 096 CHALACA
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. / Part 4500-O H, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand, (BOD), 5-Day BOD Test / Oxygen (dissolved), Optical-Probe Method.	INACAL LE - 096 CHALACA

ASTM: American Society for Testing Materials

EPA: U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

APHA: American Public Health Association

Pág. 2 de 3

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chacabamba N° 1607,
Barrionuevo, Callao
Tel: (+51) 713 0756 / 713 0626
Cel: 977 516 675 / 967 111 378

SEDE ZARUMILLA
Protección Civil de Zarumilla No 001 U.I.3,
Derechos, Callao
Cel: 977 516 675 / 967 446 490

SEDE AREQUIPA
COOP. SACSURI M. E. U. I. 3,
Arequipa
Tel: (+51) 811 843
Cel: 962 946 842

SEDE PUNO
UPEL - San Isidro 81 Dpto.
Mo. 12111 02,
Cuzco - Puno
Tel: (+51) 713 0086
Cel: 929 475 133

SEDE TILLO
UPEL - Sol de Trujillo Mo. A.U. 25,
Ate - Sotavento - Trujillo
Tel: (+51) 713 5030
Cel: 919 475 133



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-26-20491

N° Id.: 0000134564

V.- RESULTADOS

ITEM	1	2	3
CODIGO DE LABORATORIO	F-26-10021	F-26-10022	F-26-10023
CÓDIGO CLIENTE ⁽¹⁾	M-1	M-2	M-3
COORDENADAS - LATITUD LOGITUD ⁽²⁾	15°28'30.31"S 70°08'30.24"W	15°31'38.91"S 70°07'32.97"W	15°31'47.88"W 70°07'20.92"W
PRODUCTO ⁽³⁾	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
SUB PRODUCTO ⁽⁴⁾	Agua de Bebida	Agua de Bebida	Agua de Bebida
FECHA y HORA DE MUESTREO ⁽⁵⁾	26-02-2026 11:25	26-02-2026 12:29	26-02-2026 12:30

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
pH (*)	Unidad de pH	NA	0,01	7,0	8,1	8
Coliformes Totales (UFC) (*)	UFC/100mL	NA	1,00	<1	<1	<1
DQO (*)	mg/L	2,0	5,0	9,4	9,9	9,1
DBO (*)	mg/L	0,4	2,0	3,5	3,9	3
Conductividad (*)	µS/cm	NA	0,01	481,00	538,00	487,00
Oxígeno Disuelto (*)	mg DO/L	NA	0,10	<6	<7	<6
Sólidos Totales Disueltos (*)	mg/L	2,00	5,00	330	354	326
Temperatura (*)	(°C)	NA	0,1	18,5	17	19
Aniones INACAL-DA						
Nitratos (*)	mg/L	0,02	0,05	31,1	30,8	30,5
Metales Totales ICP-MS						
Piomo (*)	mg/L	0,00080	0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Cadmio (*)	mg/L	0,00010	0,00020	<0,00020	<0,00020	<0,00020
Mercurio (*)	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100
Arsenico (*)	mg/L	0,00020	0,000100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Aluminio (*)	mg/L	0,0010	0,0030	<0,0030	<0,0043	<0,0030

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

⁽²⁾ Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

⁽⁵⁾ Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág.3 de 3

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chacabamba N° 1877,
Belén, Callao
Tel: (+51) 713 0756 / 713 0608
Cel: 977 516 675 / 977 131 379

SEDE ZARUMILLA
Prologación Zarumilla-Medalla 113,
Belén, Callao
Tel: 977 516 675 / 977 448 440

SEDE AREQUIPA
COOP. SUCUMI M. E.I.R.L.
Arequipa
Tel: (+51) 811 845
Cel: 932 946 842

SEDE PIURA
Dpto. San Isidro El Cajas
Mz. 02 L1, 02,
Cruzada - Piura
Tel: (+51) 713 0606
Cel: 919 475 133

SEDE TRUJILLO
Mz. 06 de Trujillo Mz. A.11 25
Av. Balsemery - Trujillo
Tel: (+51) 713 0630
Cel: 919 475 133

www.alab.com.pe

Anexo 03: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable
Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻) (d)	mg/L	3	3	**
Amoníaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C _n -C _n)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos (e)	(e)	1,0	1,0	1,0
Bromoforno	mg/L	0,1	**	**
Cloroforno	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodoclorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,0003	0,0003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difeníl Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃).