

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE POZO EN LA COMUNIDAD DE
COCHIRAYA, DISTRITO DE CHUCUITO – PUNO - 2025**

PRESENTADA POR:

EDWIN MAMANI QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



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



8.27%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 17 JUN 2025, 4:43 PM

Similarity report

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

● IDENTICAL
1.89%

● CHANGED TEXT
6.37%

Report #27063087

EDWIN MAMANI QUISPE // EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE POZO EN LA COMUNIDAD DE COCHIRAYA, DISTRITO DE CHUCUITO – PUNO - 2025 RESUMEN L

a presente investigación tuvo como objetivo, evaluar la calidad del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya del distrito de Chucuito respecto a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA), la muestra de agua fué puntual e instantánea extraída de un pozo mediante un piezómetro de 0.127 [m] de diámetro y 40 metros de profundidad. Los resultados de la concentración de los parámetros fisicoquímicos cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA, ya que el pH (7.47) se encuentra dentro del rango óptimo, la conductividad eléctrica (228.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$) indica baja concentración de sales disueltas, la dureza total (344.36 mg CaCO_3/L), cloruros (97.76 mg/L), sulfatos (52.4 mg/L) y sólidos disueltos totales (85.8 mg/L) se mantienen por debajo de los valores máximos permitidos, respecto a los parámetros microbiológicos del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya, se encontró una concentración elevada de coliformes totales (75 NMP/100 ml), superando el límite permitido, lo que evidencia contaminación ambiental, siendo un caso opuesto para los coliformes termotolerantes (1 NMP/100 ml), indicando ausencia de contaminación fecal reciente. Concluyendo que la evaluación de la calidad del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya evidenció que los parámetros fisicoquímicos

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

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE POZO EN LA COMUNIDAD DE
COCHIRAYA, DISTRITO DE CHUCUITO – PUNO - 2025**

PRESENTADA POR:

EDWIN MAMANI QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:


INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

PRIMER MIEMBRO

: 
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

ASESOR DE TESIS

: 
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

Área: Ingeniería, Tecnología.

Sub Área: Ingeniería Ambiental.

Lineas de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 30 de junio del 2025.

DEDICATORIA

A mi familia, por su amor incondicional, apoyo constante y comprensión. A mis padres, por enseñarme desde siempre la importancia de cuidar el medio ambiente y valorar los recursos que nos ofrece la naturaleza.

A mis hermanos, por estar siempre a mi lado, brindándome fuerza y motivación. Sin su aliento y paciencia, este logro no hubiera sido posible.

A todos ellos, por ser mi inspiración y fuente de fortaleza en cada paso de este viaje académico.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero y profundo agradecimiento a la Universidad Privada San Carlos, por haberme brindado una sólida formación académica y profesional, la cual ha sido fundamental para mi crecimiento personal y mi compromiso con el desarrollo sostenible de nuestra región. Esta institución ha sido el espacio donde he adquirido conocimientos, valores y herramientas que hoy me permiten aportar de manera significativa a mi comunidad.

Mi especial gratitud a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por ser el eje central de mi formación como profesional comprometido con el cuidado del medio ambiente y el bienestar de la sociedad. Gracias a sus docentes, autoridades y personal administrativo, he podido desarrollar una visión crítica, científica y responsable frente a los problemas ambientales que enfrenta nuestro entorno.

Agradezco de manera especial a los distinguidos miembros del jurado calificador, quienes con su experiencia, dedicación y compromiso han contribuido a enriquecer esta investigación. Gracias por el tiempo y la atención brindados, y por ser parte fundamental de este proceso académico:

- PRESIDENTE: Mg. Elvira Anani Durand Goyzueta, por su liderazgo y valiosos aportes.
- PRIMER MIEMBRO: Mg. Katia Elizabeth Andrade Linarez, por su observación crítica y sugerencias constructivas.
- SEGUNDO MIEMBRO: Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda, por su experiencia y orientación profesional.

De manera muy especial, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a mi asesor de tesis, M.Sc. Fredy Aparicio Castillo Suaquita, por su constante apoyo, paciencia y guía durante todo el desarrollo de esta investigación. Su acompañamiento cercano y sus observaciones oportunas han sido claves para la culminación de este trabajo académico. Su ejemplo de dedicación y compromiso quedará siempre como una motivación en mi camino profesional.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
LISTA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
1.2. ANTECEDENTES	14
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	14
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES.	15
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES	18
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	20
2.1.1. EL AGUA	20
2.1.2. PROPIEDADES DEL AGUA.	20
2.1.3. INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA	21
2.1.4. FUENTES DE AGUA	22
2.1.5. POZOS	23
2.1.6. USO DEL AGUA	24
2.1.7. CUIDADO DEL AGUA	24
2.2. MARCO CONCEPTUAL	24
2.3. MARCO LEGAL.	25
2.3.1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL PERÚ.	25
2.3.2. LEY GENERAL DEL AMBIENTE.	26
2.3.3. LEY N° 26842.- LEY GENERAL DE LA SALUD.	26
2.3.4. D.S. N° 031- 2010- SA.- REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.	26
2.3.5. ORGANISMOS REGULADORES (SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO)	27
2.3.6. EL DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM	27
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	27
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	27
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	27

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO	28
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	30
3.2.1. POBLACIÓN.	30

3.2.2. MUESTRA	31
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	32
3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	32
3.3.3. MÉTODO	32
3.3.4. MATERIALES	32
3.3.5. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	32
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	35
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	35
CAPÍTULO IV	
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS CONFORME A LOS LMP DEL REGLAMENTO DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO (D.S. N° 031-2010-SA) DEL AGUA DE POZO DE LA COMUNIDAD DE COCHIRAYA DISTRITO DE CHUCUITO - PUNO.	37
4.2. DE ACUERDO AL OBJETIVO ESPECÍFICO SEGUNDO	45
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	48
4.4. PROCESO DE LA COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS PLANTEADAS	49
4.4.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL	49
4.4.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	50
4.4.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	51
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Coordenadas de los puntos de monitoreo.	31
Tabla 02: Metodología de los parámetros fisicoquímicos.	33
Tabla 03: Metodología de los parámetros microbiológicos.	34
Tabla 04: Operacionalización de las variables de investigación (ver Anexo 01).	35
Tabla 05: Concentración de parámetros fisicoquímicos.	38
Tabla 06: Concentración de parámetros microbiológicos.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación geográfica del distrito de Chucuito en la provincia de Puno del departamento de Puno.	29
Figura 02: Ubicación del pozo en la comunidad de Cochiraya.	30
Figura 03: Ubicación del pozo con referencia a la carretera principal en la Comunidad de Cochiraya.	31
Figura 04: Valor del pH respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.	39
Figura 05: conductividad eléctrica respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.	40
Figura 06: Valor de la dureza total respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.	41
Figura 07: Valor de los cloruros respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.	42
Figura 08: Valor de los sulfatos respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.	43
Figura 09: Valor de los sólidos disueltos totales respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.	44
Figura 10: Valor de los coliformes totales respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.	45
Figura 11: Valor de los coliformes termotolerantes respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.	47

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de Consistencia de la Investigación.	58
Anexo 02: Límites Máximos Permisibles de acuerdo al D.S. 031-2010-SA.	59
Anexo 03: Certificado de análisis de la calidad del agua.	61
Anexo 04: Galería fotográfica	62

LISTA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ANA	Autoridad Nacional del Agua.
ECA	Estándares de Calidad Ambiental.
INDECI	Instituto Nacional de Defensa Civil.
IRA	Infección de Respiración Aguda.
ISO	Organización Internacional de Normalización.
LMP	Límites Máximos Permisibles.
MINAM	Ministerio del Ambiente del Perú.
OMS	Organismo Mundial de la Salud.
PH	Coficiente que indica el grado de acidez de una solución acuosa.
SINIA	Sistema Nacional de Información Ambiental.
UFC	Unidad Formadora de Colonias(en inglés: CFU-Colony Forming Units).

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo, evaluar la calidad del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya del distrito de Chucuito respecto a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA), la muestra de agua fué puntual e instantánea extraída de un pozo mediante un piezómetro de 0.127 [m] de diámetro y 40 metros de profundidad. Los resultados de la concentración de los parámetros fisicoquímicos cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA, ya que el pH (7.47) se encuentra dentro del rango óptimo, la conductividad eléctrica (228.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$) indica baja concentración de sales disueltas, la dureza total (344.36 mg CaCO_3/L), cloruros (97.76 mg/L), sulfatos (52.4 mg/L) y sólidos disueltos totales (85.8 mg/L) se mantienen por debajo de los valores máximos permitidos, respecto a los parámetros microbiológicos del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya, se encontró una concentración elevada de coliformes totales (75 NMP/100 ml), superando el límite permitido, lo que evidencia contaminación ambiental, siendo un caso opuesto para los coliformes termotolerantes (1 NMP/100 ml), indicando ausencia de contaminación fecal reciente. Concluyendo que la evaluación de la calidad del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya evidenció que los parámetros fisicoquímicos analizados cumplen satisfactoriamente con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA, sin embargo, desde el punto de vista microbiológico superan ampliamente el estándar. Esto indica la presencia de contaminación ambiental, lo que implica la necesidad de aplicar tratamientos de desinfección antes del consumo humano

Palabras clave: Agua, Calidad, Fisicoquímicos, Microbiológicos, Parámetros.

ABSTRACT

The present investigation had as objective, to evaluate the quality of the well water of the community of Cochiraya of the district of Chucuito with respect to the LMP of the Regulation of Water Quality for human consumption (D.S. No. 031-2010-SA), the water sample was punctual and instantaneous extracted from a well by means of a piezometer of 0.127 [m] of diameter and 40 meters of depth. The results of the concentration of the physicochemical parameters comply with the Maximum Permissible Limits (LMP) established in the D.S. N° 031-2010-SA, since the pH (7.47) is within the optimal range, the electrical conductivity (228.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$) indicates a low concentration of dissolved salts, total hardness (344.36 mg CaCO_3/L), chlorides (97.76 mg/L), sulfates (52.4 mg/L) and total dissolved solids (85.8 mg/L) remain below the maximum allowed values, with respect to the microbiological parameters of well water in the community of Cochiraya, a high concentration of total coliforms was found (75 NMP/100 ml), exceeding the allowed limit, which shows environmental contamination, being an opposite case for thermotolerant coliforms (1 NMP/100 ml), indicating absence of recent fecal contamination. Concluding, the evaluation of the well water quality in the Cochiraya community showed that the physicochemical parameters analyzed satisfactorily meet the Maximum Permissible Limits (MPL) established in Supreme Decree No. 031-2010-SA. However, from a microbiological perspective, they significantly exceed the standard. This indicates the presence of environmental contamination, which requires disinfection treatments before human consumption.

Keywords: Water, Quality, Physicochemical, Microbiological, Parameters.

INTRODUCCIÓN

El agua subterránea constituye un recurso vital para la vida humana, el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental. Su papel es fundamental no solo en el abastecimiento de agua potable, sino también en actividades productivas como la agricultura y la industria. Sin embargo, este recurso enfrenta una creciente amenaza debido a diversas actividades antropogénicas que contribuyen a su contaminación y a la reducción de sus fuentes, lo que limita sus posibles usos y pone en riesgo la salud pública (León et al., 2022).

En la comunidad de Cochiraya, ubicada en el distrito de Chucuito, provincia y departamento de Puno, el uso del agua de pozo representa una de las principales fuentes de abastecimiento para la población. No obstante, la calidad de este recurso ha sido motivo de preocupación, especialmente por la posible presencia de microorganismos que podrían superar los límites permisibles establecidos para el consumo humano. Esta situación ha sido reflejada incluso en intervenciones realizadas por instituciones como el INDECI, que han brindado ayuda humanitaria debido a la contaminación del agua (INEI, 2023).

Frente a este contexto, el presente estudio tiene como propósito analizar el agua de un pozo de la comunidad de Cochiraya, con especial énfasis en la determinación de la concentración de microorganismos presentes. La finalidad es establecer si dicha agua representa un riesgo para la salud de la población y si cumple con los estándares de calidad establecidos.

Este trabajo adquiere una especial relevancia, ya que se ha comprobado la hipótesis planteada de que el agua evaluada no es apta para consumo humano, permitiendo con ello generar información técnica sobre la viabilidad del uso del agua subterránea en la zona. Así, los habitantes de la comunidad podrán tomar decisiones informadas respecto a su consumo y posibles tratamientos, contribuyendo con ello al bienestar colectivo y a la gestión sostenible de los recursos hídricos locales.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La trascendental importancia del agua para la subsistencia humana explica la continua inquietud de gobiernos y la población en lo referente a su preservación y gestión preventiva. Las estadísticas revelan la dimensión global de esta problemática: en el África rural, la mayoría (dos de cada tres personas) carece de acceso a agua potable, mientras que en América Latina y el Caribe, 106 millones de individuos no disponen de saneamiento adecuado (Bernex et al., 2017).

En Perú, a pesar de los avances en materia de saneamiento básico, aún existe una brecha significativa en el acceso al agua potable, especialmente en las zonas rurales. Según los datos más recientes del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el 96.2% de la población urbana cuenta con acceso a agua potable, mientras que en las zonas rurales este porcentaje se reduce al 76.5% (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019). Esta situación se debe a diversos factores, como la falta de infraestructura adecuada, la lejanía de las fuentes de agua y la escasez de recursos económicos. Además, la calidad del agua en algunas zonas es deficiente, lo que pone en riesgo la salud de la población.

El deficiente abastecimiento de agua suele estar asociado a la aparición de enfermedades comunes como las Enfermedades Diarreicas Agudas, las parasitosis y las IRA.

La ganadería, con un 70% de participación, es la actividad económica predominante en la

zona, convirtiéndose en la mayor fuente de ingresos. La agricultura (20%) y el comercio (10%) complementan esta estructura económica.

En el marco de las afecciones de salud relacionadas con el suministro de agua y su limitada disponibilidad en el ámbito rural, la presente investigación tiene como objetivo determinar si el agua extraída de pozos perforados cumple con los estándares para el consumo humano. Se anticipa que los hallazgos de este estudio aportarán al mejoramiento de la calidad de vida de los residentes de la comunidad de Cochiraya, Chucuito-Puno.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la calidad del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno, respecto a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA)?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la concentración de los parámetros fisicoquímicos conforme a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno?
- ¿Cuál es la concentración de los parámetros microbiológicos conforme a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Pauta et al. (2019), investigaron la calidad del agua de los ríos Tarqui, Yanuncay, Machángara y Tomebamba, que alimentan el río Paute perteneciente a Ecuador, mediante la aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA). Los resultados obtenidos indicaron que, en las zonas de captación de dichos ríos, el recurso hídrico presenta una calidad adecuada para la mayoría de los usos. Sin embargo, se observó una disminución gradual de la calidad a medida que el flujo avanza aguas abajo, atribuible a las descargas de aguas residuales domésticas e industriales, así como a factores naturales tales como

la escorrentía o el aporte de sedimentos por erosión. La condición de calidad más crítica se manifestó durante la estación seca, caracterizada por una reducción del oxígeno disuelto y un incremento en la temperatura y otros factores. En contraste, durante los periodos de lluvia, los parámetros que evidenciaron una disminución en la calidad del agua fueron el color, la turbidez y la concentración de nutrientes.

León et al. (2022), efectuó un diagnóstico de las aguas del pozo situado en el Consejo Popular Soledad (Municipio II), específicamente en Santiago de Cuba, para evaluar su idoneidad para nuestro consumo. Los resultados obtenidos revelaron la contaminación del recurso hídrico, evidenciada por la superación de los límites establecidos en múltiples parámetros. Se detectaron concentraciones elevadas de hidrogenocarbonato (media), nitrato, nitrito, coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia Coli*. En consecuencia, se determinó que el agua analizada no es apta para el consumo humano ni para el abastecimiento poblacional. Adicionalmente, se identificaron problemas de calidad que la hacen inadecuada para riego, con riesgos de salinización del suelo y toxicidad para los cultivos. No obstante, se consideró recomendable su utilización para el abasto animal.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES.

Tomalá y Nikolai (2021), se propusieron evaluar la calidad del agua de diversos pozos ubicados en las comunidades de la parroquia Colonche, perteneciente al cantón Santa Elena (La Libertad). Los resultados del análisis de conductividad eléctrica indicaron que el 50% de los pozos examinados presentaban aguas de calidad admisible para uso agrícola. Por otro lado, el 37% reveló una calidad de agua dudosa, sugiriendo su posible utilización en la agricultura mediante la aplicación de lavados de sales ocasionales y el mantenimiento de un drenaje adecuado. En cuanto al pH, los datos obtenidos permitieron estimar que la totalidad de las aguas analizadas son aceptables para fines agrícolas.

Con el propósito de identificar el tratamiento de agua óptimo para un pozo de la empresa agrícola FRUTÍCOLA S.A.C. en Santiago - Ica, con miras a su utilización como fuente de agua potable para la empresa, Jalisto (2021) realizó una evaluación de la calidad del

agua subterránea. Dicho estudio, fundamentado en la metodología del Índice de Calidad de Agua Universal (ICAU) y los parámetros definidos en el Decreto Supremo N°031-2010-SA (anexos I, II y III), específicamente por un periodo de 3 meses. Los hallazgos de la investigación clasificaron el agua del pozo dentro del rango de buena calidad, permitiendo la selección de la desinfección con Hipoclorito de Sodio (porcentaje número cinco) como el procedimiento de tratamiento apropiado para garantizar su potabilidad.

Caro y Arroyo (2021), realizaron una investigación para determinar la calidad de las aguas de pozos artesianos en el Caserío de Santo Tomas, Distrito de San Juan Bautista, mediante la recolección de cuatro muestras de cinco pozos (1 al 5). Tomando en cuenta el análisis de parámetros fisicoquímicos y los valores que arrojó en los pozos 1, 2, 4 y 5 se verificó que están conformes al DS N° 031-2010-SA, salvo por el potencial de hidrógeno (pH), que se registró consistentemente por debajo del límite normativo (4 a 5,37 frente a 6,5 a 8,5). Asimismo, se detectó incumplimiento de los límites máximos permisibles para coliformes termotolerantes en las aguas de los pozos 2, 4 y 5 durante el mes de enero (17, 2 y 11 NMP/100mL frente a <1,8 NMP/100mL). El pozo 3 fue descartado por sequía. Si bien el índice de calidad de agua para los pozos evaluados fue del 94%, la presencia de estos incumplimientos llevó a la conclusión de que estas aguas no son lo suficientemente potables.

Morales (2022), determinó la calidad del agua subterránea para consumo humano en el caserío Pata Pata, Centro Poblado Pariamarca, Cajamarca, mediante la evaluación de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos. El estudio incluyó el análisis de 3 pozos tubulares en condiciones de lluvia y estiaje. Los resultados mostraron que el pH se mantuvo en un rango neutro, con promedios de 7,12 en lluvia y 7,27 en estiaje. La conductividad eléctrica varió entre 1296 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en lluvia y 1062 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en estiaje, mientras que la dureza total osciló entre 720,4 mg/L y 755 mg/L en los mismos periodos. En cuanto a la contaminación bacteriana, se registraron concentraciones de coliformes totales de 5400 NMP/100 mL en lluvia y 1400 NMP/100 mL en estiaje, y de coliformes

termotolerantes de 2400 NMP/100 mL y 1300 NMP/100 mL, respectivamente. Por último, las concentraciones de metales pesados se encontraban por debajo de los límites establecidos en el Decreto Supremo número 031-2010-SA.

Sanchez (2022), evaluó la calidad del agua subterránea del pozo que abastece a la asociación de viviendas Dubai, revelando niveles alarmantes de contaminación bacteriológica. Los análisis de diciembre de 2021 arrojaron concentraciones de 70 000,0 NMP/100 ml para coliformes totales, 7 800,0 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes y 4 500,0 NMP/100 ml para *Escherichia coli*. Aunque se observó una disminución en enero de 2022, con valores de 1 100,0 NMP/100 ml para coliformes totales, 790,0 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes y 140,0 NMP/100 ml para *Escherichia coli*, todos los parámetros superaron significativamente los estándares establecidos en las subcategorías A1, A2 y A3 de la categoría 1 de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. Por consiguiente, el agua de este pozo se considera no apta para el consumo humano.

Chapoñan (2023), buscó determinar la calidad del agua consumida por los habitantes de zonas rurales en el distrito de Jayanca, específicamente en pozos tubulares de diversos caseríos. Los resultados revelaron que, de los diez puntos analizados, seis pozos tubulares presentaron concentraciones significativas de arsénico, un metal pesado contaminante. Este hallazgo indica que más de la mitad de las muestras de agua examinadas superaron los niveles de contaminación permitidos, lo que sugiere un problema de salud pública en la región.

Leon (2024), se dedicó a evaluar la calidad del agua subterránea en el centro poblado de Barraza, distrito de Laredo, con un enfoque específico en su aptitud para el consumo humano. Para lograrlo, se implementó una metodología rigurosa que incluyó la recolección de muestras de agua de tres pozos identificados como puntos críticos de suministro. Estas muestras fueron sometidas a análisis exhaustivos, tanto microbiológicos como parasitológicos, para detectar la presencia de organismos patógenos y otros indicadores de contaminación. Los resultados obtenidos fueron meticulosamente

comparados con los parámetros establecidos por los límites máximos permisibles y los estándares de Calidad Ambiental del agua, asegurando así una evaluación objetiva y precisa. La conclusión derivada de este estudio fue contundente: el agua subterránea proveniente de los pozos analizados no cumple con los criterios de potabilidad, representando un riesgo potencial para la salud de la población local.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

Tacuri (2019), evaluó la calidad del agua de 10 pozos artesianos en los alrededores de la ciudad de Juliaca. Los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos fueron comparados con los parámetros establecidos en el DS-031-2010-SA. Se encontró que todos los pozos analizados incumplen con al menos dos de los ocho parámetros evaluados, y algunos pozos incumplen hasta con cuatro parámetros. Los niveles de coliformes fecales alcanzaron valores de hasta 240 Colif./100 mL, lo que indica un riesgo muy alto de contaminación fecal. Asimismo, se detectaron niveles elevados de dureza (1128 mg/L), sulfatos (338.40 mg/L) y cloruros (511.84 mg/L), lo que representa un riesgo ambiental medio a alto. La conclusión principal del estudio es que el agua de los pozos artesianos de Juliaca no es apta para el consumo humano.

Valenzuela (2022), evaluó la calidad del agua subterránea en el Parque Industrial Taparachi, situado en el distrito de Juliaca, Puno, con el objetivo de determinar su aptitud para el consumo humano. Los resultados de los análisis fisicoquímicos revelaron que, si bien la mayoría de los parámetros se encontraban dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa vigente, se identificaron tres excepciones críticas: la dureza total, con un valor de 573 mg/L, el arsénico, con una concentración de 0.040 mg/L, y la presencia de coliformes totales, con un recuento de 2 NMP/100mL. Estos niveles exceden los estándares de calidad del agua para consumo humano, lo que indica que el agua subterránea de los pozos del Parque Industrial Taparachi no cumple con los requisitos establecidos. Por lo tanto, se concluye que esta agua no es segura para el consumo humano sin un tratamiento previo. En consecuencia, se recomendó la implementación de sistemas de filtración adecuados en la zona para reducir los niveles

de dureza, arsénico y coliformes a concentraciones seguras, garantizando así la protección de la salud pública.

Apaza (2024), evaluó la calidad del agua de consumo en pozos de la urbanización Magisterial, Juliaca, revelando que, si bien parámetros fisicoquímicos como pH, conductividad y nitratos se mantenían constantes, y magnesio, calcio y cloruros mostraban mínimas variaciones, los sulfatos y la dureza total excedían los límites normativos del DS 031-2010-SA; además, la presencia de coliformes termotolerantes (33 NMP/100 ml) y coliformes totales (242.5 NMP/100 ml) superaba los estándares microbiológicos, concluyendo que el agua no es apta para consumo humano sin tratamiento previo, lo que demanda la implementación urgente de sistemas de tratamiento y monitoreo continuo para proteger la salud de la población.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Evaluar la calidad del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno, respecto a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA).

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos conforme a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno.
- Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos conforme a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. EL AGUA

El agua es, sin duda, una de las sustancias más esenciales para la vida en nuestro planeta. Su importancia radica en su capacidad para disolver minerales, haciéndolos accesibles para plantas y animales (Auge, 2007). Además, como señala Fernandez (2012) el agua es un recurso renovable pero finito, crucial para la supervivencia humana y el desarrollo urbano. Desde una perspectiva química, la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL, 2006) define el agua como una sustancia compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O). Esta composición química única le confiere al agua una amplia gama de propiedades vitales para la vida, como destacan Carbajal y González (2012).

2.1.2. PROPIEDADES DEL AGUA.

Físicas.

Las propiedades físicas del agua son fundamentales para su comportamiento y su papel en la naturaleza. Según López et al. (2005), estas propiedades incluyen puntos de fusión y ebullición específicos, así como una densidad estándar de 1 g/cm^3 . Estas características cuantitativas son esenciales para comprender cómo el agua interactúa con su entorno. Por otro lado, Barrenechea (2004) destaca que las propiedades físicas del agua también se manifiestan de manera sensorial, es decir, a través de cómo la percibimos con nuestros sentidos. Esto incluye aspectos como su apariencia visual, su falta de olor y otras cualidades que podemos experimentar directamente.

Químicas

Las propiedades químicas del agua son cruciales para su función en los sistemas biológicos y químicos. Según Fuentes y Amábile (2014), la molécula de agua (H_2O) presenta características que determinan su comportamiento. Una de ellas es su capacidad para disolver moléculas hidrosolubles. Además, la organización de sus iones permite distinguir entre ambientes intracelulares y extracelulares. Además, Félez (2009) resalta que las propiedades químicas que es un disolvente universal por excelencia por que tiene la capacidad de formar puentes de hidrógeno al unirse a otras sustancias y así completar la disolución molecular. subraya la propiedad del agua como un "disolvente universal". Esta capacidad se debe a la formación de puentes de hidrógeno, que facilitan la unión del agua con otras sustancias y, por ende, su disolución molecular.

2.1.3. INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA

Físicos.

Hernández (2016) destaca que los indicadores físicos más relevantes incluyen el color, el sabor, el olor, la temperatura y la turbidez. Estos parámetros proporcionan información inicial sobre la condición del agua y pueden sugerir la presencia de contaminantes. Complementando esta perspectiva, (Samboni et al., 2007) subrayan que las variables físicas son fundamentales para comprender la naturaleza del agua y para identificar posibles contaminantes. La información proporcionada por los indicadores físicos es extensa y esencial para una evaluación integral de la calidad del agua.

Químicos.

Sanchez (2015), destaca la importancia de estos indicadores para identificar y cuantificar los agentes que pueden alterar la composición química del agua. Esto permite determinar la presencia de sustancias contaminantes y evaluar su impacto en la calidad del agua. Hernández (2015), complementa esta perspectiva, subrayando que los indicadores químicos son esenciales para cuantificar e identificar la calidad del agua, basándose en criterios específicos como la dureza, el pH, los fluoruros y los nitratos. Estos parámetros

químicos proporcionan información detallada sobre la composición del agua y permiten determinar si cumple con los estándares de calidad establecidos.

Bacteriológicos.

Hernández (2015), señala que la detección de bacterias patógenas en el agua mediante procedimientos de laboratorio tradicionales puede ser un proceso lento y laborioso. Por ello, se recurre a menudo a indicadores bacteriológicos, siendo el grupo de los coliformes uno de los más utilizados. Los coliformes son un grupo de bacterias que, aunque no siempre son patógenas por sí mismas, su presencia indica la posible contaminación fecal del agua.

2.1.4. FUENTES DE AGUA

Vieira (2002), menciona que estas fuentes de agua son el resultado de la salida natural del agua subterránea a la superficie, lo que ocurre cuando la capa freática, que es el nivel superior del agua subterránea, encuentra una vía de escape. Este fenómeno es especialmente común en áreas rurales, donde la geología y la topografía pueden favorecer el afloramiento del agua subterránea.

- **Aguas subterráneas**

Las aguas subterráneas representan un recurso hídrico esencial, definido por Vélez et al. (2011) como agua acumulada en formaciones geológicas, específicamente en los espacios vacíos o poros presentes en estas formaciones. Su composición química se ve influenciada por diversos procesos geológicos y microbiológicos. Estas aguas subterráneas, también conocidas como aguas freáticas, se encuentran alojadas en rocas permeables, como la caliza, y en sedimentos no consolidados, como la grava y la arena. Estas formaciones tienen la capacidad de transmitir el agua subterránea a través de sus poros y fisuras (Ramsar, 2010).

- **Aguas superficiales**

Las aguas superficiales constituyen un recurso hídrico vital, que incluye diversas fuentes como ríos, lagos, embalses y aguas pluviales. Pérez (2011), la captación de estas aguas se realiza desde sus puntos de origen para el abastecimiento de la naturaleza. Esto

implica la necesidad de implementar sistemas de almacenamiento adecuados para aprovechar eficientemente estas fuentes. Ramsar (2013), destaca que las aguas superficiales son un factor dominante y su vulnerabilidad a la contaminación requiere una gestión cuidadosa y sistemas de almacenamiento adecuados para garantizar su disponibilidad y calidad.

2.1.5. POZOS

- **Pozos excavados**

Apaza (2024), describe el proceso de construcción de pozos, señalando que se utilizan herramientas como picos, palas o equipos de excavación. Sin embargo, los pozos excavados tienden a ser de menor profundidad, generalmente entre 15 y 60 pies, ya que se construyen en áreas donde el nivel freático está cerca de la superficie. Una característica distintiva de estos pozos es su gran diámetro, lo que facilita el acceso al interior para su construcción y mantenimiento. Esta característica es especialmente útil independientemente del tipo de suelo.

- **Pozos hincados.**

Pérez (2011), describe los pozos hincados como construcciones de diámetro mínimo. El proceso de construcción implica clavar esta puntera a un nivel freático de mayor profundidad, utilizando tubos de hierro galvanizado de aproximadamente 5 a 6 pies de longitud por cada sección del pozo. Una vez completado, el pozo hincado permite acceder al agua subterránea a través de la puntera perforada.

- **Perforaciones o sondeos**

Herrera y Castilla (2012) definen los sondeos como perforaciones realizadas con maquinaria especializada, caracterizadas por su menor diámetro y mayor profundidad en comparación con otros tipos de pozos. Originalmente utilizados para la exploración geológica, los sondeos modernos se han adaptado para la captación de agua subterránea. Estos sondeos, también conocidos como pozos de sondeo, se utilizan en investigaciones hidrológicas para extraer agua subterránea. A diferencia de los pozos

excavados, los sondeos son estrechos y pueden alcanzar profundidades de hasta 500 metros.

2.1.6. USO DEL AGUA

Bernex et al. (2018), menciona que es la manera en que se gestiona el agua en un país, sus departamentos, cuencas hidrográficas, ciudades, barrios y hogares, es un indicador de los valores y principios que rigen a su sociedad. Además, Monforte & Cantú (2015) resaltan el papel fundamental del agua como fuente de vida cotidiana. Desde los orígenes de las civilizaciones, el agua ha sido reconocida como un recurso vital que moldea a las sociedades y determina su desarrollo.

2.1.7. CUIDADO DEL AGUA

La organización el Grupo Agua (2008), revela el nivel de conciencia sobre el cuidado del agua en Perú. Los resultados indican que un 37.8% de la población demuestra un alto nivel de cuidado del agua, mientras que un 54% se encuentra en un nivel medio. Sin embargo, un 8.3% presenta un nivel bajo de conciencia sobre este tema. Estos datos sugieren que una parte significativa de la población peruana tiene conocimiento sobre la importancia del cuidado del agua, especialmente en lo que respecta a la higiene y la limpieza. No obstante, también señalan la necesidad de fortalecer la conciencia y las prácticas de cuidado del agua en un sector de la población.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Agua. Fernandez (2012), subraya que el agua es un recurso renovable, pero con límites, y que además es indispensable para la vida de las personas y el progreso de los centros urbanos.

Autoridad Nacional del Agua (ANA). La Autoridad Nacional del Agua [ANA] (2021), tiene entre sus funciones principales la planificación y gestión del aprovechamiento de los recursos hídricos en Perú y una de sus responsabilidades es proponer anualmente a la Autoridad Administrativa del Agua un plan detallado para el aprovechamiento hídrico en diversos sectores, con especial atención a las comunidades campesinas y nativas.

Límites Máximos Permisibles. El MINAM (2021) menciona que los LMP son parámetros fundamentales para la protección de la salud y el ambiente que establecen la concentración o cantidad máxima permitida de elementos, agentes o parámetros químicos, físicos o biológicos presentes en emisiones o vertimientos. Estos límites son cruciales porque la exposición a concentraciones superiores puede causar daños significativos a la salud humana, el bienestar y el ambiente.

Estándar de Calidad Ambiental (ECA). El ECA (2015) es una normativa que establece los límites máximos permisibles de concentración de diversos elementos, sustancias o parámetros en el aire, agua o suelo. Su objetivo principal es proteger la salud humana y el medio ambiente, asegurando que estos parámetros no representen un riesgo para la población o los ecosistemas. En otras palabras, el ECA define los niveles de calidad ambiental que deben mantenerse para garantizar un entorno saludable y sostenible.

Muestreo de agua. El muestreo de agua es un paso crucial para evaluar su calidad y determinar la presencia de diversas sustancias. Según Auge (2007), estas muestras se envían a laboratorios especializados, donde se realizan análisis frecuentes para evaluar la calidad del agua subterránea. Estos análisis incluyen la determinación de distintos parámetros.

Organización Internacional de Normalización (ISO). Desempeña un papel fundamental en la definición de estándares para la gestión de servicios de agua. La norma ISO 24510:2007 establece parámetros y directrices para evaluar y mejorar la protección de la salud pública, así como para promover la buena gestión de las entidades prestadoras de servicios de agua potable y agua residual. Esta norma tiene como objetivo principal garantizar que los servicios de agua cumplan con estándares de calidad y seguridad (ISO [24510:20], 2007) .

2.3. MARCO LEGAL.

2.3.1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL PERÚ.

La Constitución Política del Perú, promulgada por el Congreso Constituyente Democrático en 1993, establece derechos fundamentales relacionados con el ambiente y la salud.

Específicamente, el Artículo 2, numeral 22, reconoce el derecho de toda persona a la paz, la tranquilidad y a disfrutar de un ambiente adecuado y equilibrado para el desarrollo de su vida. Adicionalmente, el Artículo 7 de la Constitución garantiza el derecho de toda persona a la protección de su salud y la de su familia, dentro de su comunidad.

2.3.2. LEY GENERAL DEL AMBIENTE.

El Congreso de la República (2012), respecto a dicha ley establece disposiciones fundamentales sobre el saneamiento básico. En su Artículo 67, se establece que todas las autoridades públicas, a cualquier nivel, deben priorizar el saneamiento básico, asegurando la provisión de infraestructura adecuada para la gestión y manejo eficiente del agua potable, las aguas pluviales y subterráneas, así como los sistemas de alcantarillado público. Además, la ley promueve el reuso de aguas servidas, la disposición adecuada de excretas y residuos sólidos, tanto en áreas urbanas como rurales.

2.3.3. LEY N° 26842.- LEY GENERAL DE LA SALUD.

La Ley N° 26842 (1970) establece disposiciones importantes relacionadas con el saneamiento y la gestión de recursos hídricos. En su Artículo 107°, se establece que el abastecimiento de agua potable, el alcantarillado, la disposición de excretas, el reuso de aguas servidas y la disposición de residuos sólidos están sujetos a las regulaciones establecidas por la Autoridad de Salud competente.

2.3.4. D.S. N° 031- 2010- SA.- REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Aprueba el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano y tiene como objetivo principal garantizar la inocuidad del agua destinada al consumo humano. Tal como se establece en su Artículo 1, este reglamento busca proteger la salud de la población mediante la regulación y control de la calidad del agua.

2.3.5. ORGANISMOS REGULADORES (SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO)

La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) es un organismo público regulador, creado mediante el Decreto Ley N° 25965. Su función principal es

regular y supervisar los servicios de saneamiento en el Perú, garantizando que se presten de manera eficiente y sostenible. Para cumplir con sus responsabilidades, la SUNASS goza de autonomía administrativa, funcional, técnica, económica y financiera.

6.3.6. D.S. N° 004- 2017- MINAM. - Estándares Nacionales de Calidad Ambiental Para Agua.

2.3.6. EL DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM

Emitido en 2017 por el Ministerio del Ambiente, establece los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Su objetivo principal, según se indica en el Artículo 1, es aprobar los ECA para el agua, estableciendo los parámetros y límites permisibles para garantizar la calidad del agua en el territorio peruano.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno, no es apta respecto a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA).

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La concentración de los parámetros fisicoquímicos superan los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno.
- La concentración de los parámetros microbiológicos no se encuentran conforme a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en la comunidad de Cochiraya, un enclave rural significativo dentro del entramado administrativo y social del Perú. Cochiraya pertenece al distrito de Chucuito, que a su vez forma parte de la provincia de Puno, ambas ubicadas en el departamento homónimo de Puno. Este departamento, rico en historia y cultura, se encuentra en la región altiplánica del país, caracterizada por su geografía diversa y su población predominantemente indígena. El distrito de Chucuito, al cual pertenece Cochiraya, se compone de una estructura territorial compleja, integrando cinco centros poblados de variada densidad demográfica y cuatro comunidades campesinas, siendo Cochiraya una de ellas. Estas comunidades campesinas, desempeñan un papel fundamental en la economía y la cultura de la región, conservando tradiciones ancestrales y practicando una agricultura de subsistencia adaptada al exigente clima del altiplano. Para comprender mejor la dimensión demográfica de Cochiraya, es crucial remitirse a los datos oficiales del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), que de acuerdo con los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda realizado en el año 2017, la comunidad de Cochiraya (ver Anexos 04: Fotografía 01) albergaba una población censada de 7,012 habitantes. Esta cifra, si bien proporciona una referencia valiosa, debe interpretarse en el contexto de un posible crecimiento poblacional desde la fecha del censo, así como las dinámicas migratorias que pudieran haber afectado a la comunidad en los últimos años. Un análisis más profundo de estos datos demográficos,

complementado con información socioeconómica y cultural, permitirá obtener una visión más completa y precisa de la realidad de Cochiraya.

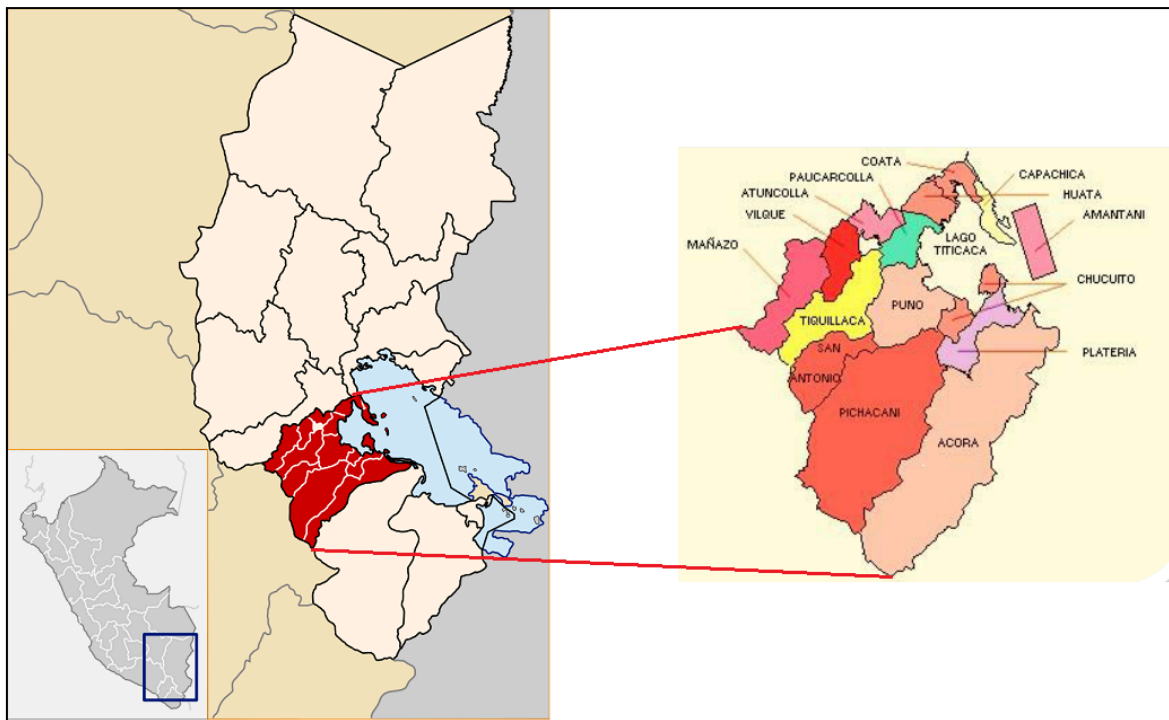


Figura 01: Ubicación geográfica del distrito de Chucuito en la provincia de Puno del departamento de Puno.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Chucuito.



Figura 02: Ubicación del pozo en la comunidad de Cochiraya.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Chucuito

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN.

La población de la investigación fué el volumen del agua de pozo en análisis, las coordenadas geográficas de la ubicación del pozo son:

- LATITUD -15.860379.
- LONGITUD -69.837536.
- COORDENADA NORTE 8246329.49 m.
- COORDENADA ESTE 410326.01 m.



Figura 03: Ubicación del pozo con referencia a la carretera principal en la Comunidad de Cochiraya.

Fuente: Google Maps

<https://www.google.com/maps/place/Chucuito/data=!4m2!3m1!1s0x915d6d057f08b877:0x711527cc7591f271?sa=X&ved=1t:242&ictx=111>

3.2.2. MUESTRA

La muestra de agua fué recolectada en un sólo punto (ver Anexo 04: fotografías 03 y 05) y en un solo instante de tal forma que se trató de reflejar las condiciones exactas en el momento de la recolección. Se extrajo un litro de agua, asegurando una muestra única y representativa. El agua provendrá de un pozo tubular (piezómetro) de 5 pulgadas de diámetro y 40 metros de profundidad.

Tabla 01: Coordenadas de los puntos de monitoreo.

PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS	ALTITUD
	UTM	(msnm)
POZO	19L 0413216; 8245356	3819

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Descriptivo. Según Hernández et al. (1997), los estudios descriptivos especifican las propiedades, características y perfiles de fenómenos analizados.

3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

No experimental. Según Hernández et al. (1997), la investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente las variables, es decir, sin hacer variar intencionalmente las variables independientes para observar su efecto en otras.

3.3.3. MÉTODO

Cuantitativo, debido a que la recolección de datos, basada en medición numérica (concentración de parámetros), se ha usado para probar las hipótesis de investigación y establecer cumplimiento de normatividad.

3.3.4. MATERIALES

Materiales del campo.

- Lista de materiales esenciales para trabajo de campo: cartografía, tablero, cuaderno, lapicero, guantes, libreta, protector facial y mascarilla quirúrgica.

Equipos e instrumentos.

- GPS.
- Cámara fotográfica.
- Computadora laptop.

Materiales de laboratorio.

- Tubos de digestión, bureta, pipetas, dosificador de agua destilada, matraces volumétricos (1000 mL y 100 mL), cápsulas de porcelana, soporte con pinzas para bureta, goteros y matraces Erlenmeyer.

3.3.5. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Se presentan las metodologías para análisis fisicoquímicos y bacteriológicos según los objetivos planteados.

- **Para el primer Objetivo específico: Metodología para determinar la concentración de parámetros fisicoquímicos:** Las muestras de agua se recogieron en un recipiente de 1 litro (ver Anexo 04: fotografías 03 y 05), previamente enjuagado dos o tres veces con la misma agua a muestrear, directamente en el pozo. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de control de calidad de la facultad de Ingeniería Química de la UNA.

Tabla 02: Metodología de los parámetros fisicoquímicos.

PARÁMETROS A EVALUAR	EVALUACIÓN	METODOLOGÍA
PH	Laboratorio	Multiparametro.
Conductividad Eléctrica.	Laboratorio	Multiparametro.
Temperatura	Laboratorio	Multiparametro.
Dureza total	Laboratorio	Titulación con EDTA
Alcalinidad	Laboratorio	Titulación ácido-base.
Cloruros	Laboratorio	Titulación argentométrica (método de Mohr).
Sulfatos	Laboratorio	Turbidimetría.
Sólidos Totales Disueltos	Laboratorio	Multiparametro.
Porcentaje de salinidad	Laboratorio	Cálculo a partir de la conductividad eléctrica.

Posteriormente dichos resultados se comparan con la norma de acuerdo a los límites máximos permisibles según DS N° 031-2010-SA.

- **Para el segundo objetivo específico: Metodología para determinar la concentración de parámetros microbiológicos:** para la toma de muestras de agua, se utilizó un recipiente hermético desinfectado de 250-300 ml (plástico). La muestra se tomó directamente del pozo (ver Anexo 04: fotografías 03 y 05) ,

asegurándose de que la botella estaba esterilizada, y luego transportada de forma refrigerada en un cooler (ver Anexo 04: fotografías 04) al laboratorio en un plazo de 24 horas. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de control de calidad de la facultad de Ingeniería Química de la UNA.

Tabla 03: Metodología de los parámetros microbiológicos.

PARÁMETROS	EVALUACIÓN	MÉTODO
Escherichia coli.	Laboratorio	Método del sustrato cromogénico
Coliformes Totales	Laboratorio	Método de los tubos múltiples (TM)

Dichos resultados se comparan con la norma de acuerdo a los límites máximos permisibles según DS N° 031-2010-SA.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 04: Operacionalización de las variables de investigación (ver Anexo 01).

Variable	Indicador o definición operativa	Escala de medición	Categoría y valores
VI.	Parámetros fisicoquímicos:	Valor	Numérico
Parámetros fisicoquímicos microbiológicos del agua.	pH y Temperatura Conductividad eléctrica. Dureza total Alcalinidad Cloruros (Cl ⁻) Sulfatos (SO ₄ ⁻) Sólidos disueltos totales. Porcentaje de salinidad		
	Parámetros microbiológicos	Valor	Numérico
	-Coliformes totales -Coliformes termotolerantes		
VD.			
Calidad de Agua.	LMP del D.S. N° 031-2010-SA.	Nominal	Cumple/No Cumple

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Para el análisis descriptivo de los parámetros fisicoquímicos: Se calcularon valores numéricos describiendo sus valores respecto a la concentración que se obtuvieron de los análisis de laboratorio, para los parámetros microbiológicos: Se determinaron valores que describían la presencia o ausencia de organismos como coliformes totales, Escherichia

coli, y otros indicadores relevantes.

Comparación con Normativas:

Los resultados obtenidos se contrastaron (ver Anexo 03) con los LMP establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA para determinar la conformidad del agua con los estándares de calidad para consumo humano.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS CONFORME A LOS LMP DEL REGLAMENTO DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO (D.S. N° 031-2010-SA) DEL AGUA DE POZO DE LA COMUNIDAD DE COCHIRAYA DISTRITO DE CHUCUITO - PUNO.

Determinación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos conforme a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno.

Tabla 05: Concentración de parámetros fisicoquímicos.

N°	Parámetro	Unidad	Valor (Análisis de Laboratorio)
1	pH	Valor de pH	7.47
2	Temperatura	°C	16.52
3	Conductividad eléctrica.	µS / cm	228.60
4	Dureza total	mg CaCO ₃ /L	344.36
5	Alcalinidad	mg/L	132.54
6	Cloruros (Cl ⁻)	mg Cl/L	97.76
7	Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	mg SO ₄ /L	52.40
8	Sólidos disueltos totales.	mg/L	85.80
9	Porcentaje de salinidad	0.0	0.00

A continuación se expone la comparación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos con los LMP del reglamento de Calidad del agua para consumo humano.

- **Análisis del potencial de hidrógeno (pH).**



Figura 04: Valor del pH respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.

Como se observa en la figura 04 se evaluó el pH del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya, obteniéndose un valor de 7.47, éste valor de pH indica que el agua es ligeramente alcalina, pero se encuentra dentro del rango óptimo para consumo humano, por lo que el valor obtenido (7.47) cumple satisfactoriamente este requisito, además que desde un punto de vista técnico, un pH en este rango es favorable porque:

- No es corrosivo para las tuberías ni sistemas de distribución.
- No afecta el sabor del agua (los sabores desagradables aparecen cuando el pH es muy bajo o muy alto).
- Ayuda a la estabilidad química del agua, evitando reacciones indeseadas.
- No representa riesgos sanitarios directos para los consumidores.
- **Análisis de la conductividad eléctrica (CE)**

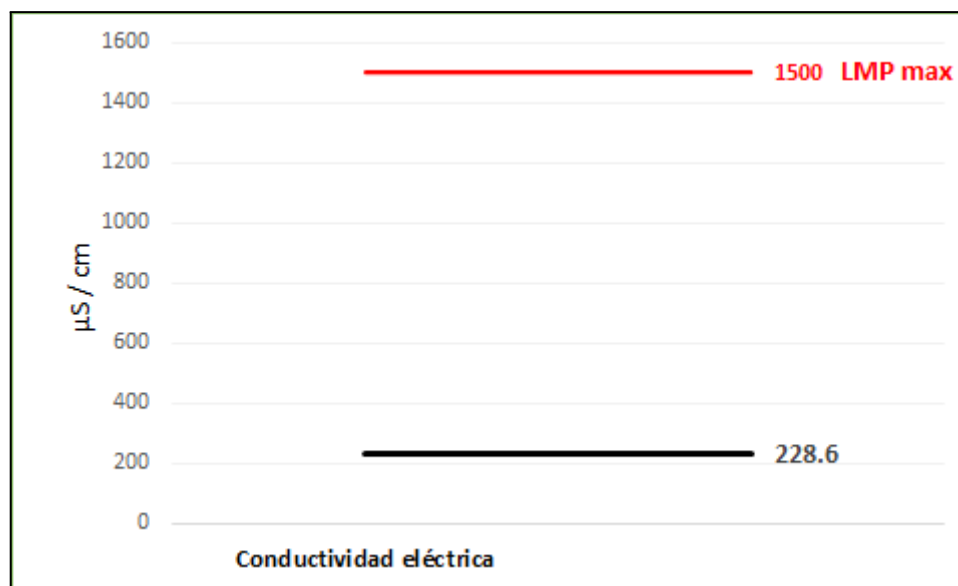


Figura 05: conductividad eléctrica respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.

De acuerdo a la figura 05 se ha evaluado la conductividad eléctrica del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya, obteniéndose un valor de 228.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La conductividad eléctrica mide la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, que depende directamente de la cantidad de sales disueltas (iones) presentes, como sodio, cloruros, sulfatos, calcio, entre otros; según nuestra normatividad para agua destinada al consumo humano, se considera aceptable un valor de conductividad eléctrica de hasta 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Aunque el D.S. N° 031-2010-SA no establece un límite máximo específico para la conductividad eléctrica, se utiliza este valor de referencia debido a su relación directa con la concentración de sólidos disueltos totales (TDS) y la salubridad del agua. Por lo que el valor medido de 228.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ es considerado bajo y refleja una baja presencia de sales en el agua, lo cual es muy favorable para el consumo humano. Este nivel de conductividad indica:

- Agua de buena calidad mineral, sin cargas excesivas de sales que alteren el sabor o puedan ser riesgosas para la salud.
- Ausencia de riesgo de salinización, muy importante en fuentes de agua de pozo.
- Mayor seguridad sanitaria, ya que aguas con alta conductividad suelen asociarse a contaminación por descargas domésticas o industriales, lo que aquí no se evidencia.

- **Análisis de la dureza total**

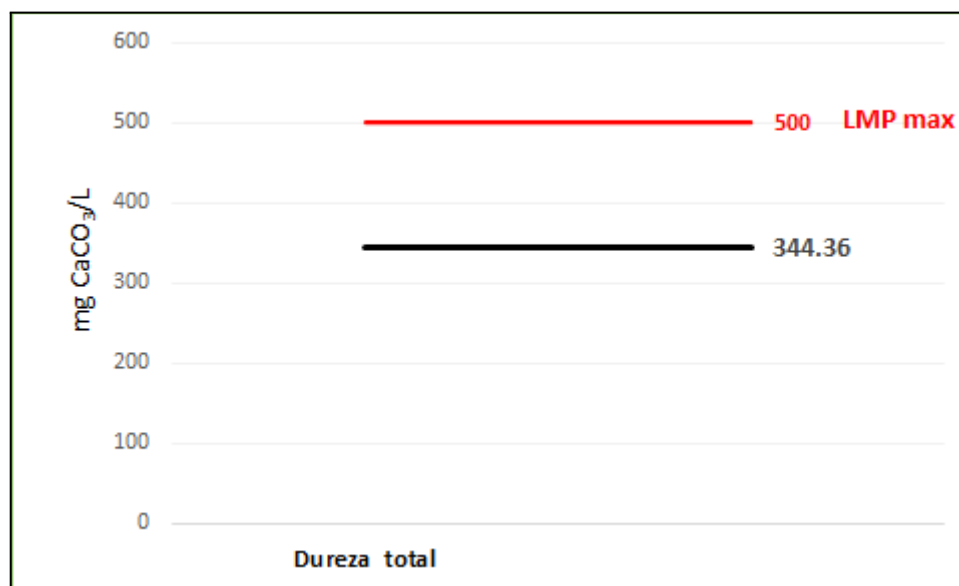


Figura 06: Valor de la dureza total respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.

De acuerdo a la figura 06, se evaluó la dureza total del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya, obteniéndose un valor de 344.36 mg/L expresado como carbonato de calcio (mg CaCO₃/L). El valor obtenido (344.36 mg/L) se encuentra por debajo del límite establecido, por lo que cumple con el estándar de calidad para consumo humano.

La dureza del agua representa la concentración combinada de cationes de calcio (Ca²⁺) y magnesio (Mg²⁺), que son minerales naturalmente presentes en el suelo y las rocas, por lo que desde un punto de vista técnico, este nivel de dureza indica que:

- El agua es considerada agua dura, ya que según clasificaciones internacionales, valores entre 150 mg/L y 300 mg/L se catalogan como “agua moderadamente dura” y valores superiores a 300 mg/L como “agua dura”.
- La dureza no representa riesgos para la salud humana. De hecho, el consumo de agua dura puede ser una fuente complementaria de calcio y magnesio para el organismo.
- Sin embargo, puede afectar aspectos operativos: el agua dura tiende a formar incrustaciones en tuberías, calderas, termos y otros equipos que trabajan con agua caliente, además de requerir mayor uso de detergentes en actividades de limpieza.

El nivel de dureza total (344.36 mg/L) del agua de pozo de Cochiraya cumple con los límites establecidos por la normativa peruana. No representa un riesgo sanitario, aunque se clasifica como agua dura, lo que podría tener algunas implicancias técnicas en el uso doméstico e industrial de esta agua.

- **Análisis de cloruros**

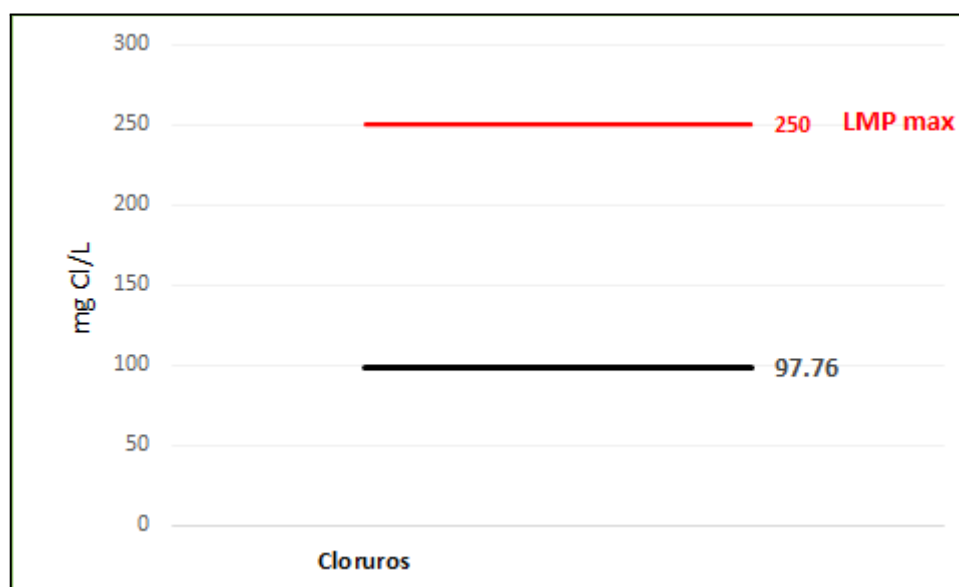


Figura 07: Valor de los cloruros respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.

De acuerdo a la figura 07 se puede observar que la concentración de cloruros (Cl^-) en el agua de pozo de la comunidad de Cochiraya, es igual a 97.76 mg/L, el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, que regula la calidad del agua para consumo humano en el Perú, establece que el Límite Máximo Permisible (LMP) para cloruros es de 250 mg/L y comparando el valor obtenido (97.76 mg/L) con el LMP (250 mg/L), se puede afirmar que el agua analizada cumple con el requisito establecido.

Debido a que los cloruros son compuestos comunes en el agua natural y su presencia puede provenir de fuentes naturales (disolución de sales minerales) o de actividades antrópicas (descargas domésticas, industriales o agrícolas), desde un punto de vista técnico, este valor indica:

- Ausencia de contaminación salina significativa en el agua subterránea.

- Buen sabor del agua, ya que concentraciones mayores a 250 mg/L suelen impartir un sabor salado detectable, que aquí no se presenta.
- Protección de las redes de distribución, porque altos niveles de cloruros pueden aumentar la corrosividad del agua, afectando tuberías y tanques, pero en este caso no representa un riesgo.
- Bajo riesgo para la salud humana, dado que niveles moderados de cloruros, como el encontrado, no son perjudiciales.

Así pues, el contenido de cloruros (97.76 mg/L) en el agua del pozo de Cochiraya se encuentra muy por debajo del límite máximo permitido (250 mg/L), indicando que el agua es apta para consumo humano respecto a este parámetro. Asimismo, el nivel encontrado contribuye a mantener una buena calidad organoléptica (sabor y olor) del agua.

- **Análisis de sulfatos**

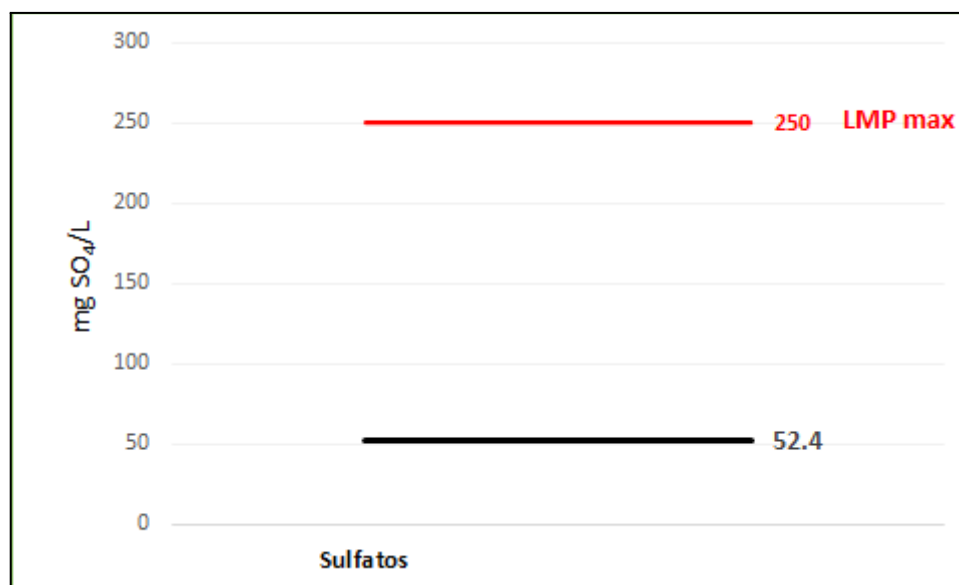


Figura 08: Valor de los sulfatos respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.

En la figura 08, se aprecia la comparación de la concentración de sulfatos (SO_4^{2-}) en el agua de pozo de la comunidad de Cochiraya con los LMP, obteniéndose un valor de 52.40 mg/L. El valor obtenido (52.40 mg/L) se encuentra muy por debajo de este límite, lo cual indica cumplimiento con los estándares de calidad. Debemos mencionar que el valor encontrado tiene varias implicancias positivas:

- No altera el sabor del agua, ya que concentraciones superiores a 250–500 mg/L pueden generar un sabor amargo o medicinal.
- No produce efectos laxantes. Altos niveles de sulfatos (especialmente por encima de 500 mg/L) pueden causar efectos gastrointestinales en algunas personas, pero el valor hallado es completamente seguro.
- No contribuye a la corrosión significativa de las redes de distribución de agua.

Por lo que la concentración de sulfatos (52.40 mg/L) en el agua de pozo de Cochiraya cumple con el límite máximo permisible establecido en el reglamento nacional. No representa riesgo alguno para la salud humana ni altera las características organolépticas del agua.

- **Análisis de sólidos disueltos totales**



Figura 09: Valor de los sólidos disueltos totales respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.

En la figura 09, se puede apreciar la comparación de la concentración de los sólidos disueltos totales con los LMP del DS 031-2010-SA, el valor obtenido de 85.8 mg/L está muy por debajo del límite máximo permitido de 1000 mg/L. por lo que la concentración de sólidos disueltos totales en el agua analizada cumple con los estándares de calidad establecidos para el agua destinada al consumo humano. Un valor tan bajo sugiere que el agua tiene baja mineralización, lo cual es positivo desde el punto de vista sanitario,

aunque también podría ser revisado si se desea que el agua tenga cierto contenido mineral esencial (como calcio o magnesio).

4.2. DE ACUERDO AL OBJETIVO ESPECÍFICO SEGUNDO

Determinación de la concentración de los parámetros microbiológicos conforme a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno.

Tabla 06: Concentración de parámetros microbiológicos.

N°	Parámetro	Unidad	Valor (Análisis de Laboratorio)	LMP
1	Coliformes totales	NMP/100 ml	75	< 1,8
2	Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	<1	< 1,8

- **Análisis de las coliformes totales**

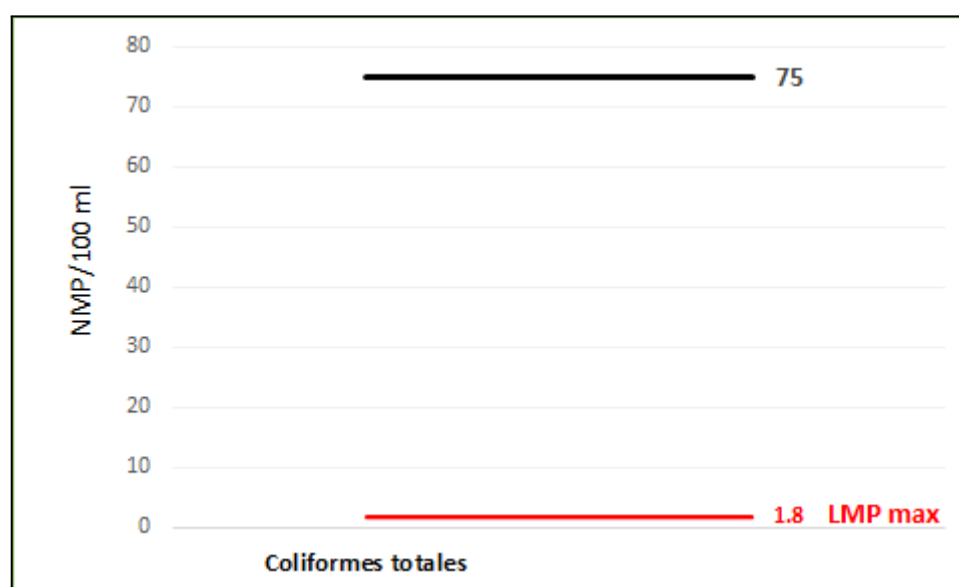


Figura 10: Valor de los coliformes totales respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.

En la figura 10, se visualiza la comparación de la presencia de coliformes totales en el agua de pozo de la comunidad de Cochiraya con los valores de los LMP del DS 031-2010-SA, pues un valor de 75 NMP/100 ml sobrepasa de sobremanera los LMP y no cumple con el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano donde establece

para coliformes totales en el agua destinada a consumo humano debe ser de <1.8 NMP/100 ml, es decir, prácticamente ausencia de coliformes, por lo que el agua analizada supera ampliamente el límite permitido, lo que indica que no cumple con el estándar de calidad microbiológica para consumo humano.

Debemos agregar que desde el punto de vista sanitario, este hallazgo es grave porque:

- La presencia elevada de coliformes totales sugiere contaminación ambiental del agua (suelo, materia orgánica en descomposición, presencia de animales, o falta de protección en el pozo).
 - Aunque los coliformes totales no son necesariamente patógenos, su presencia indica que las condiciones sanitarias del agua no son seguras.
 - Existe un riesgo elevado de presencia de otros microorganismos patógenos (como *Escherichia coli*, virus o parásitos), aunque no se hayan detectado directamente.
 - Es obligatorio aplicar tratamiento al agua (desinfección adecuada, como cloración) antes de considerarla apta para el consumo humano.
- **Análisis de las coliformes termotolerantes**

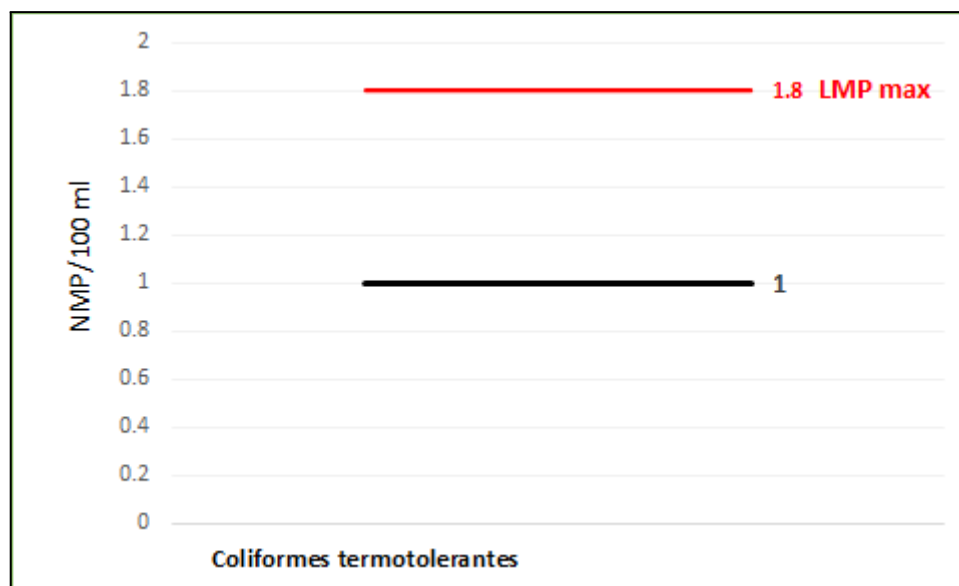


Figura 11: Valor de los coliformes termotolerantes respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.

En la figura 11, se aprecia la comparación de los coliformes termotolerantes respecto a los LMP del DS 031-2010-SA, pues se obtuvo un resultado de 1 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes y de acuerdo con la normatividad para este parámetro en agua para consumo humano es de <math><1.8</math> NMP/100 ml, lo que equivale a una exigencia de ausencia o niveles prácticamente indetectables, este grupo de bacterias, también conocidos como coliformes fecales, es un indicador específico de contaminación fecal reciente, principalmente de origen humano o animal. Su detección tiene una alta importancia sanitaria, ya que sugiere la posible presencia de microorganismos patógenos como *Escherichia coli*, virus entéricos y protozoarios.

Por lo que la detección de 1 NMP/100 ml sugiere una muy baja presencia de bacterias de origen fecal, lo que puede interpretarse como ausencia de contaminación fecal reciente significativa, a diferencia de los coliformes totales, que estaban elevados (75 NMP/100 ml), este valor sugiere que la contaminación presente podría ser ambiental o superficial (vegetación, polvo, animales silvestres), no necesariamente de origen fecal humano o animal reciente.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Un contraste notable aparece en **los resultados microbiológicos**: los coliformes totales presentaron un valor de 75 NMP/100 ml, superando ampliamente el límite de <1.8 NMP/100 ml permitido. En contraste, los coliformes termotolerantes (1 NMP/100 ml) sí cumplieron con el límite permitido, indicando que si bien existe contaminación ambiental, no necesariamente proviene de fuentes fecales recientes. Esta situación genera una contradicción interna: mientras que desde el punto de vista fisicoquímico el agua puede considerarse de buena calidad, microbiológicamente no cumple completamente con los estándares de calidad de agua para consumo humano, similar a varias investigaciones previas que reportan problemas microbiológicos en pozos aun cuando los parámetros fisicoquímicos son adecuados.

Tacuri (2019) reportó pozos en Juliaca coliformes termotolerantes (1 NMP/100 ml) valor que está en mejores condiciones.

De la misma forma León et al. (2022) en Cuba encontraron niveles altos de coliformes totales y termotolerantes, determinando el agua no apta para consumo humano, pues En Cochiraya, los coliformes totales sí están elevados, pero los termotolerantes se mantienen bajos, lo cual indica un grado menor de riesgo fecal que el reportado en Cuba. En el caso de la investigación de Apaza (2024) en Juliaca halló valores elevados en las concentraciones microbiológicas pero no en tanta magnitud como en el caso de nuestra investigación (sobre todo el los coliformes totales).

A nivel de parámetros fisicoquímicos tenemos resultados diferentes y de menor concentración se aprecia en el estudio de Pauta et al. (2019) en Ecuador, pues las aguas analizadas mostraron una disminución progresiva en su calidad debido a descargas de aguas residuales y escorrentías, manifestándose principalmente en variaciones de oxígeno disuelto, temperatura, turbidez y nutrientes.

Tacuri (2019) reportó pozos en Juliaca con altísima dureza (1128 mg/L), sulfatos elevados y contaminación fecal grave (240 coliformes/100 ml), la diferencia en Cochiraya, tanto la dureza (344.36 mg/L) como los sulfatos (52.4 mg/L).

En contraste León et al. (2022) en Cuba encontraron niveles altos de nitratos, nitritos, determinando el agua no apta para consumo humano.

Tomalá y Nikolai (2021) hallaron que muchos pozos tenían una conductividad eléctrica alta, afectando la calidad para riego, en contraste en Cochiraya, la conductividad es baja (228.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$), evidenciando mejor calidad para consumo humano.

Caro y Arroyo (2021) reportaron problemas con pH ácido (4 a 5.37) y coliformes termotolerantes elevados, en contraste en Cochiraya, el pH está dentro del rango adecuado (7.47).

Morales (2022) en Cajamarca encontró aguas con conductividades muy elevadas (>1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y contaminación bacteriana severa (>1000 NMP/100 ml), sin embargo el agua de Cochiraya tiene conductividad baja y no alcanza esos niveles alarmantes.

Apaza (2024) en Juliaca halló altos sulfatos, dureza y contaminación microbiológica, pues a diferencia en la presente investigación, los niveles fisicoquímicos son más favorables, pero se mantiene el desafío microbiológico, en contraste fisicoquímicamente, el agua de Cochiraya muestra una mejor calidad en comparación con el agua de la investigación de Apaza.

Concluyendo que la calidad del agua de Cochiraya es más favorable que la reportada en la mayoría de los antecedentes, tanto nacionales como locales, aunque no completamente exenta de riesgos, principalmente microbiológicos.

4.4. PROCESO DE LA COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS PLANTEADAS

4.4.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Dada la suposición: La calidad del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno, no es apta respecto a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA).

Planteamos la Hipótesis Nula:

H_0 = La calidad del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno, **es apta** respecto a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA).

Planteamos la Hipótesis Alternativa:

H_1 = La calidad del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno, **no es apta** respecto a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA)

De acuerdo a los resultados obtenidos tabla 04: "Valores de la concentración de parámetros fisicoquímicos" y la tabla 05: "Valores de la concentración de parámetros microbiológicos", y del análisis realizado de éstos resultados donde se concluye que a nivel de parámetros fisicoquímicos si se cumple con los parámetros analizados pero sin embargo a nivel de parámetros microbiológicos no se cumpliría con los LMP del DS-031-2021-SA, por lo que se **rechaza la H_0** y se acepta la H_1 .

4.4.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

Dada la suposición:La concentración de los parámetros fisicoquímicos superan los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno.

Planteamos la hipótesis nula:

H_0 = La concentración de los parámetros fisicoquímicos **superan** los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno.

Planteamos la hipótesis alternativa:

H_1 = La concentración de los parámetros fisicoquímicos **no superan** los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno.

De acuerdo a los resultados obtenidos tabla 04: "Valores de la concentración de parámetros fisicoquímicos", y del análisis realizado de éstos resultados donde se concluye que a nivel de parámetros fisicoquímicos si se cumple con los LMP del DS-031-2021-SA, por lo que se **rechaza la H_0** y se acepta la H_1 .

4.4.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

Dada la suposición: La concentración de los parámetros microbiológicos **no se encuentran** conforme a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno.

Planteamos la Hipótesis Nula:

H_0 = La concentración de los parámetros microbiológicos **se encuentran** conforme a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno.

Planteamos la hipótesis alterna

H_1 = La concentración de los parámetros microbiológicos **no se encuentran** conforme a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno.

De acuerdo a los resultados obtenidos tabla 05: "Valores de la concentración de parámetros microbiológicos", y del análisis realizado de éstos resultados donde se concluye que no se cumpliría con los LMP del DS-031-2021-SA, por lo que se **rechaza la H_0** y se acepta la H_1 .

CONCLUSIONES

PRIMERA: Evaluada la calidad del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya se evidenció que los parámetros fisicoquímicos analizados cumplen satisfactoriamente con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA, sin embargo, desde el punto de vista microbiológico superan ampliamente los LMP. Esto indica la presencia de contaminación ambiental, lo que implica la necesidad de aplicar tratamientos de desinfección antes del consumo humano.

SEGUNDA: La concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya, distrito de Chucuito - Puno, cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA, pues el pH (7.47) se encuentra dentro del rango óptimo, la conductividad eléctrica (228.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$) indica baja concentración de sales disueltas, la dureza total (344.36 mg CaCO_3/L), cloruros (97.76 mg/L), sulfatos (52.4 mg/L) y sólidos disueltos totales (85.8 mg/L) se mantienen por debajo de los valores máximos permitidos.

TERCERA: Respecto a los parámetros microbiológicos del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya, se encontró una concentración elevada de coliformes totales (75 NMP/100 ml), superando el límite permitido, lo que evidencia contaminación ambiental. En cambio, los coliformes termotolerantes (1 NMP/100 ml) cumplen con la normativa, indicando ausencia de contaminación fecal reciente, concluyendo que existen incumplimientos microbiológicos, por lo que se recomienda aplicar medidas de desinfección para garantizar la potabilidad del agua.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A la municipalidad distrital de Chucuito implementar programas de desinfección periódica (como cloración) en los pozos de la comunidad de Cochiraya, para garantizar la potabilidad del agua y reducir los niveles de coliformes totales detectados.

SEGUNDA: A la Autoridad Nacional del Agua (ANA), realizar un monitoreo continuo de la calidad del agua de consumo humano en la comunidad de Cochiraya, priorizando los parámetros microbiológicos, y emitir alertas sanitarias en caso de que los valores excedan los límites permisibles.

TERCERA: A la Comunidad de Cochiraya, promover la higienización adecuada de las áreas cercanas al pozo, evitando la disposición inadecuada de residuos sólidos y aguas grises, que puedan favorecer la contaminación ambiental del agua subterránea, incentivar el hervido del agua o el uso de filtros domésticos antes de su consumo, hasta que se garantice su calidad microbiológica estable.

BIBLIOGRAFÍA

- Apaza, E. (2024). Evaluación de la calidad de agua para consumo humano en pozos excavados de la urbanización magisterial del sector Taparachi—Juliaca, 2024. *Universidad Privada San Carlos*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/941>
- Auge, M. (2007). *Agua Fuente de Vida* (Colección Azul y Verde de Minerales).
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/AguaFuenteVida.pdf&ved=2ahUKEwjoxa69-SJAxUNppUCHYxOA3EQFnoECBsQAQ&usg=AOvVaw2c5MBmO-I_KtXRCUrLUZm1
- Autoridad Nacional del Agua—ANA*. (2021). <https://www.gob.pe/ana>
- Barrenechea, A. (2004). *Aspectos Físicoquímicos de la Calidad del Agua* (Vol. 1).
<http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- Bernex, N., Yakabi, K., Zúñiga, Á., Asto, L., & Verano, C. (2018). Aprovechamiento del Agua (Publicación electrónica).
- Bernex, N., Yakabi, K., & Zúñiga, Á. (2017). Aprovechamiento del Agua. En *El Agua en el Perú: Situación y Perspectivas* (p. 41).
<https://ciga.pucp.edu.pe/wp-content/uploads/2017/09/3.-CAPITULO-3.pdf>
- Carbajal A., Á., & González F., M. (2012). *Agua para la salud: Pasado, presente y futuro. Propiedades y Funciones biológicas del agua*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Caro, J. A., & Arroyo, J. A. (2021). *Calidad de las aguas de pozos artesianos del caserío de Santo Tomas del distrito de San Juan Bautista*.
<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/7714>
- Félez, M. (2009). *Situación actual del estado de la depuración biológica. Explicación de los métodos y sus fundamentos*. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/6263>
- Fernández, A. (2012, octubre 16). El agua: Un recurso esencial. *Revista Química Viva*, 3, 170.

- Fuentes, A., & Amábile, C. (2014). El agua en bioquímica y fisiología. *Acta Pediátrica de México*, 34(2), Article 2. <https://doi.org/10.18233/APM34No2pp86-95>
- GRUPO AGUA. (2008). *Construyendo una cultura del agua en el Perú*. LEDEL S.A.C. https://www.wsp.org/sites/wsp/files/publications/Construyendo_una_cultura.pdf
- Hernández, C. (2016). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuesta de alternativas tendientes a su mejora, en la Comunidad de 4 Millas de Matina, Limón*. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/13212>
- López, M., Romano, E. L., & Triana, J. (2005). *EL AGUA* (Universidad de las Palmas de Gran Canaria). <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/253/1/495.pdf>
- MINAM. (2021). *Límites Máximos Permisibles*. Dirección General de Calidad Ambiental. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/limites-maximos-permisibles/>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *Plan Nacional de* Pérez, F. J. (2011). *Abastecimiento de Aguas TEMA 2: Captación de Aguas Superficiales y Subterráneas* (Universidad Politécnica de Cartagena). https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/12599/mod_resource/content/1/Tema%2002%20CAPT%20AGUAS%20SUP%20Y%20SUB.pdf
- Pérez S., J. (2013). *Gestión conjunta de recursos hídricos a escala local. Aplicación del modelo Simges al caso de Hellín (Albacete)* [UNIVERSIDAD DE MURCIA FACULTAD DE BIOLOGÍA]. <file:///C:/Users/Carlos/AppData/Local/Temp/TJPS.pdf>
- Valenzuela, R. N. (2022). Evaluación de la calidad de agua subterránea del Parque Industrial Taparachi del distrito de Juliaca. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica*, 4(Vol. 3, Núm. 4), 67-72. <https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.8>
- Vélez, M., Ortiz, C., & Vargas, M. C. (2011). *Las Aguas Subterráneas Un Enfoque Práctico*. IMPRENTA NACIONAL DE COLOMBIA. <https://www2.sgc.gov.co/Publicaciones/Cientificas/NoSeriadas/Documents/Aguas-subterranas-enfoque-practico.PDF>
- Vieira, M. J. (2002). *Protección y captación de pequeñas fuentes de agua* (CENTA). http://sintet.net/images/bliblioteca_digital/Manual%20de%20protecci%C3%B3n%2

0y%20captaci%C3%B3n%20de%20peque%C3%B1as%20fuentes%20de%20agu
a,%20MAG%20-%20CENTA%20-%20FAO,%20%20EI%20Salvador%202002.pdf

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia de la Investigación.

TÍTULO: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE POZO EN LA COMUNIDAD DE COCHIRAYA, DISTRITO DE CHUCUITO – PUNO - 2025.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	PROCESAMIENTO DE DATOS
¿Cuál es la calidad del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno, respecto a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA)?	Determinar la calidad del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno, respecto a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA).	La calidad del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno, no es apta respecto a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA).	INDEPENDIENTE Parámetros físico químicos y microbiológicos .	Temperatura Conductividad eléctrica Sólidos Totales Disueltos pH Oxígeno Disuelto Escherichia Coli	- Protocolo de monitoreo de la calidad de aguas. -Análisis laboratorio - Decreto Supremo N° 031-2010-SA.	- Estadística Descriptiva (comparación de valores máximos y mínimos)
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS				
¿Cómo son los parámetros físico químicos conforme a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno?	Evaluar los parámetros físico químicos conforme a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno.	Los parámetros físico químicos no se encuentran conforme a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno				
¿Cómo son los parámetros microbiológicos conforme a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno?	Evaluar los parámetros microbiológicos conforme a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno.	Los parámetros microbiológicos no se encuentran conforme a los LMP del Reglamento de Calidad del Agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) del agua de pozo de la comunidad de Cochiraya distrito de Chucuito -Puno.	DEPENDIENTE Calidad del agua	- Límites Máximos Permisibles del D.S. 031-2010-SA.		

Anexo 02: Límites Máximos Permisibles de acuerdo al D.S. 031-2010-SA.

**ANEXO I del Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

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

ANEXO II del Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoniacó	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Anexo 03: Certificado de análisis de la calidad del agua.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD




N.º 000058

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico y microbiológico de AGUA: Muestra 01

PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO COCHIRAYA - KARANA,
INTERESADO : EDWIN MAMANI QUISPE
MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA
MUESTREO : 03/03/2025, por el interesado
ANÁLISIS : 03/03/2025
CODIGO MUESTRA : B009-000741

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

ASPECTO : Líquido
COLOR : turbio (amarillo)
OLOR : Inodoro

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

pH	:	7.47	
Temperatura	:	16.52	°C
Conductividad Eléctrica	:	228.60	µS/cm

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Dureza Total como CaCO ₃	:	344.36	mg/L
Alcalinidad como CaCO ₃	:	132.54	mg/L
Cloruros como Cl ⁻	:	97.76	mg/L
Sulfatos como SO ₄ ²⁻	:	52.40	mg/L
Sólidos Totales Disueltos	:	85.8	mg/L
Porcentaje de salinidad	:	0.0	%

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICO

Bacterias coliformes totales	:	75	NMP/100ml
Coliformes fecales	:	<1	NMP/100ml

Puno, C.U. 11 marzo de 2025.

VºBº



ING. SALOMON MORALES YUCRA
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ - UNA




Dr. Teófilo Domáires Flores
DECANO DE LA F.I.Q.
UNA - PUNO

Ciudad Universitaria Av. Floral Nº 1153, Facultad de Ingeniería Química – Cel.: 951755420

Anexo 04: Galería fotográfica



Fotografía 01. Vista panorámica de la comunidad de Cochiraya en Chucuito.



Fotografía 02. Preparando los materiales para la toma de muestras.



Fotografía 03. Extrayendo el agua para la muestra fisicoquímica.



Fotografía 04. Envasando la muestra.



Fotografía 05. Extrayendo el agua para la muestra bacteriológica.



Fotografía 06. Almacenando en el cooler para su traslado al laboratorio.



Fotografía 07. Almacenando en el cooler para su traslado al laboratorio.