

UNIVERSIDAD LATINOAMERICANA CIMA
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y
BACTERIOLÓGICA DE AGUA DE CONSUMO
HUMANO DEL CENTRO POBLADO CAPLINA,
DISTRITO DE PACHÍA, PROVINCIA DE TACNA,
2022**

TESIS

Presentado por:

Bach. Yerson Paul Chambi Mamani

Para obtener el Título Profesional de:

Ingeniero Ambiental

**TACNA – PERÚ
2022**

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD



Identificación de reporte de similitud: oid:23228:280973690

NOMBRE DEL TRABAJO

**INFORME FINAL DE TESIS YERSON CH
AMBILLA PARA REVISION SOFTWARE.d
OCX**

RECuento DE PALABRAS

14310 Words

RECuento DE CARACTERES

79358 Characters

RECuento DE PÁGINAS

82 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.0MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 27, 2023 2:20 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 27, 2023 2:21 PM GMT-5

● 26% de similitud general

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

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 26% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cros:

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente

UNIVERSIDAD LATINOAMERICANA CIMA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TÍTULO PROFESIONAL EN INGENIERÍA AMBIENTAL

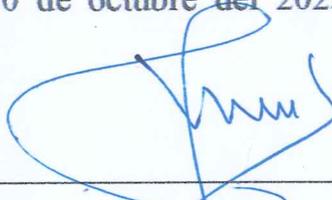
**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y
BACTERIOLÓGICA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO
DEL CENTRO POBLADO CAPLINA, DISTRITO DE
PACHÍA, PROVINCIA DE TACNA,**

2022

Tesis sustentada y aprobada el 10 de octubre del 2023; estando el jurado

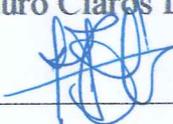
calificador integrado por:

PRESIDENTE :



Dr. Mauro Claros Limache Luque

SECRETARIO :



M.Sc. Ronald Javier Ticona Cárdenas

VOCAL :



Dr. César Julio Cáceda Quiroz

ASESOR :



Dr. Henry Edgardo Nina Mendoza

Dedicatoria

A Dios, quien me ayudó a lograr uno de los objetivos que he anhelado durante mucho tiempo.

A mis padres Aurelio Chambi y Victoria Mamani por siempre impulsarme a ser mejor y forjar mi camino de valores y principios. A mi hermano Deyvis por todos los ánimos y buenos deseos.

A la memoria de mi Tío Moisés Chambi que siempre me apoyó y contribuyó en mi vida personal y profesional.

Agradecimientos

A mis padres que son modelos de superación para mí y por su paciencia durante la realización de mi trabajo.

A los miembros del jurado, Dr. Mauro Limache Luque, Dr. César Cáceda Quiroz y al Mgr. Ronald Ticona Cárdenas por sus aportes para el mejoramiento de la presente investigación.

A mi asesor Dr. Henry Edgardo Nina Mendoza por su tiempo y gran apoyo en esta etapa de mi progreso como profesional, siempre le estaré agradecido.

A toda la plana docente de la Facultad de Ingeniería Ambiental por compartir sus conocimientos y experiencia profesional.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción.....	3
CAPÍTULO I:.....	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.1. Descripción del problema.....	5
1.2. Formulación del problema.....	7
1.2.1. Problema general.....	7
1.2.2. Problemas específicos.....	8
1.3. Objetivos de la investigación.....	8
1.3.1. Objetivo General.....	8
1.3.2. Objetivos Específicos.....	8
1.4. Hipótesis de investigación.....	9
1.4.1. Hipótesis General.....	9
1.4.2. Hipótesis específicas.....	9
1.5. Justificación de la investigación.....	9
1.6. Limitaciones.....	10
CAPÍTULO II:.....	11
MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Antecedentes de la investigación.....	11
2.1.1. Internacionales.....	11
2.1.2. Nacionales.....	14
2.2. Bases teóricas.....	18
2.2.1. Recursos hídricos en el Perú.....	18
2.2.2. Ciclo hidrológico del agua.....	21
2.2.3. Calidad de agua.....	25
2.3. Definición de términos básicos.....	29
2.3.1. Calidad de agua.....	29
CAPÍTULO III:.....	35

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.1. Tipo y nivel de investigación	35
3.1.1. Tipo de Investigación	35
3.1.2. Nivel de Investigación.....	35
3.2. Operacionalización de variables	36
3.3. Población y muestra de la investigación	37
3.3.1. Población	37
3.3.2. Muestras	37
3.3.3. Descripción del área de estudio	37
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
3.5. Procedimiento	39
3.5.1. Diseño de plan de monitoreo	39
3.5.2. Toma y preservación de muestras	39
3.5.3. Análisis de parámetros fisicoquímicos.....	41
3.6. Tratamiento estadístico de los datos.....	44
CAPÍTULO IV:	45
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	45
4.1. Resultados.....	45
4.1.1. Parámetros Fisicoquímicos.....	45
4.1.2. Resultados Bacteriológicos.....	53
DISCUSIÓN	57
CONCLUSIONES.....	60
RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS.....	72
Anexo N°1: Matriz de consistencia	73
Anexo N°2: Instrumentos de investigación	74
Anexo N°3: Declaración Jurada.....	95
Anexo N°4: Declaración de Auditoria.....	96
Anexo N°5: Fotos.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de los recursos hídricos en el territorio peruano	19
Tabla 2. Efecto e impacto del cambio climático sobre la disponibilidad de agua.....	21
Tabla 3. Operacionalización de variables	36
Tabla 4. Requisitos para toma de muestras de agua y su preservación	41
Tabla 5. Valores de temperatura obtenidos in situ.....	45
Tabla 6. Estadísticos descriptivos de temperatura.....	45
Tabla 7. Valores del nivel de pH obtenidos in situ	46
Tabla 8. Estadísticos descriptivos del pH	46
Tabla 9. Concentración de Oxígeno Disuelto	47
Tabla 10. Estadísticos descriptivos del Oxígeno Disuelto	47
Tabla 11. Concentración de nitratos	48
Tabla 12. Estadísticos descriptivos de nitratos.....	48
Tabla 13. Concentración de cloruros	49
Tabla 14. Estadísticos descriptivos de cloruros.....	49
Tabla 15. Concentración de arsénico	50
Tabla 16. Concentración de calcio.....	50
Tabla 17. Concentración de magnesio	51
Tabla 18. Concentración de sodio	51
Tabla 19. Concentración de zinc	52
Tabla 20. Concentraciones de hierro, cobre, mercurio, plomo y cadmio	52
Tabla 21. Resultados microbiológicos – coliformes termotolerantes.....	53
Tabla 22. Resultados microbiológicos – bacterias coliformes totales	54
Tabla 23. Resultados microbiológicos – bacterias heterotróficas	55
Tabla 24. Estadísticos descriptivos de los parámetros microbiológicos y parasitológicos	56
Tabla 25. Porcentaje de muestras aptas con respecto al análisis bacteriológico.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución global del agua	23
Figura 2. Ciclo hidrológico	24
Figura 3. Ubicación georreferenciada del Centro Poblado Caplina (-17.689666, - 69.936212)	38
Figura 4. Recuento de bacterias coliformes totales.....	54
Figura 5. Recuento de bacterias heterotróficas	55

Resumen

El Centro Poblado Caplina, Distrito de Pachía, Región Tacna, es un distrito en extrema pobreza, con deficiencias en el monitoreo de la calidad de agua, por ello, el objetivo fue evaluar la calidad de agua de consumo humano del Centro Poblado Caplina, teniendo en cuenta parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos para determinar si cumple con los estándares de calidad para consumo humano. El monitoreo de calidad de agua se realizó en los meses de febrero y abril del 2022. Los parámetros medidos fueron temperatura, pH; oxígeno disuelto, cloruros, nitratos (NO_3^-) y metales totales (arsénico, cadmio, calcio, cobre, hierro, magnesio, mercurio, plomo, sodio y zinc) y los parámetros bacteriológicos analizados fueron: coliformes termotolerantes, bacterias coliformes totales, bacterias heterotróficas. Se aplicaron técnicas estandarizadas volumétricas, gravimétricas e instrumentales, como espectroscopía UV-Visible y de absorción atómica. En base a los resultados microbiológico y fisicoquímico, se evidenció que el agua destinado al consumo humano tiene parámetros por encima de lo que establece la norma: pH, arsénico, bacterias heterotróficas, coliformes totales, concluyendo, que es agua no apta para consumo humano.

Palabras claves: Caracterización, fisicoquímica, bacteriológica, calidad de agua.

Abstract

The Caplina populated center, district of Pachia, Tacna region, is a district in extreme poverty, with deficiencies in the monitoring of water quality, therefore, the objective was to evaluate the quality of water for human consumption in the Caplina populated center, having into account physicochemical and bacteriological parameters to determine if it meets quality standards for human consumption. Water quality monitoring was carried out in the months of February and April 2022. The parameters measured are temperature, pH; dissolved oxygen, chlorides, nitrates (NO_3^-) and total metals (arsenic, cadmium, calcium, copper, iron, magnesium, mercury, lead, sodium and zinc) and microbiological and bacteriological parameters, thermotolerant coliforms, total coliform bacteria, heterotrophic bacteria. Volumetric, gravimetric and instrumental standardized techniques were applied, such as UV-visible and atomic absorption spectroscopy. Based on the microbiological and physicochemical results, it was shown that the water intended for human consumption has parameters above what is established by the norm: pH, arsenic, heterotrophic bacteria, total coliforms, concluding that it is water not suitable for human consumption.

Keywords: characterization, physicochemical, bacteriological, water quality,

Introducción

El problema del agua a nivel mundial cada vez se va agudizando, el 70 % del agua se encuentra en los océanos y requiere de varios procesos para que pueda ser aprovechable y solo el 2,5 % del agua es dulce, apto para consumo o por lo menos con tratamientos menos costosos para ser potabilizadas (Caballero, 2021). Este precario recurso limitado sustenta una población actual de 8 000 millones de habitantes; para el año 2050 se estima que más del 40 % de la población mundial vivirán en cuencas fluviales gravemente afectadas por el estrés hídrico (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2012). Así, El 60% de toda el agua dulce superficial proviene de cuencas fluviales compartidas internacionalmente (Petersen *et al*, 2017), la cooperación y coordinación entre las naciones será crucial para garantizar el acceso al recurso hídrico.

En el Perú, desde hace varias décadas se viene suscitando diversos conflictos sociales por la contaminación de las cuencas de agua dulce producto de la actividad minera, lamentablemente con consecuencias fatales. Por otro lado, se tiene el problema de la contaminación de carácter antropogénico y natural. El trabajo desarrollado por Pino *et al*. (2017), así como el comité ejecutivo regional (CER) de la mesa de concertación para la lucha contra la pobreza (MCLCP) de Tacna, en el año 2017 informó sobre el nivel de riesgo químico del agua para consumo humano, debido a la concentración de metales pesados. Por lo que, en aras de garantizar una adecuada salud ambiental en el centro poblado, entendiéndose por salud ambiental “a las interrelaciones interactivas positivas y negativas del hombre con el medio ambiente donde, habita y trabaja, así como los cambios naturales o artificiales que ese lugar manifiesta y la contaminación producida por el mismo hombre en el ambiente y que puedan afectar a la salud

humana”; la presente investigación pretende analizar y poner en evidencia la calidad de agua que consume los pobladores del Centro Poblado Caplina, distrito de Pachía, provincia de Tacna, considerando los Estándares de calidad ambiental (ECA), establecido en el Decreto Supremo N°004 – 2017 – MINAM, categoría 1, subcategoría A1, así como también, el reglamento de agua para consumo humano, dispuesto en el D.S. N°031 – 2010 – SA, MINSA – Perú.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

La actividad humana genera grandes cantidades de desechos tóxicos que son liberados al ambiente y dependiendo de las propiedades físicas, químicas, biológicas, movilidad y persistencia de los compuestos que la integran, ingresan a los diferentes compartimentos de los ecosistemas, ya sea al aire, agua, suelo o la biota (Shaw y Chadwich, 1998).

El agua, es un líquido transparente, no tóxico compuesto de hidrógeno y oxígeno, esencial para la vida y el solvente más utilizado, es naturalmente el principal componente de nuestros ecosistemas. Las fuentes naturales de agua son los ríos, lagos, glaciares, agua de lluvia, agua subterránea. Aparte de ser una necesidad básica del ser humano el beber agua, éste juega un papel esencial en varios sectores de la economía como la minería, la ganadería, la agricultura, producción, la pesca, la construcción, la industria, generación de energía, actividades recreativas, entre otras actividades. La calidad del agua, así como su disponibilidad, se ha venido deteriorando debido a factores como la urbanización, el insuficiente tratamiento de las aguas residuales domésticas, la industrialización, entre otras (Casilla, 2014).

Se entiende por calidad de agua, a las características del agua que definen su uso en términos de características físicas, químicas, biológicas o radiológicas mediante las cuales se evalúa la aceptabilidad del agua. Este concepto implica que no existe una medida singular de la buena calidad del agua. Si bien se puede

acordar en general que el agua de buena calidad debe ser clara y libre de sustancias nocivas, la presencia de ciertas concentraciones de dichas sustancias es aceptable siempre que se encuentren dentro de los valores de referencia de calidad del agua correspondientes a los usos beneficiosos del agua (Buelta y Martínez, 2015).

De acuerdo a la Ley N°28611, Ley General del Ambiente (2005), en el artículo 31°, se establecen los estándares de calidad ambiental (ECA) como “la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente”, y el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM establece la última modificatoria de los ECA para agua. Además, el Ministerio de Salud (2011) estableció, el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (uso doméstico e higiene personal). También, el mencionado reglamento indica los límites máximos permisibles (LMP) de varios parámetros.

Pino *et al.* (2017) analizaron las aguas superficiales de las cuencas de la región Tacna considerando la geomorfología, geología, medio ambiente e hidrología, referenciando estudios previos del Proyecto Especial Tacna (PET), Autoridad Nacional del Agua (ANA), Autoridad Local del Agua (ALA), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), entre otros, concluyendo, que las formaciones geológicas inciden sobre la calidad del agua en la Cuenca Caplina. Se determinaron las fuentes con mayor influencia sobre la calidad del agua, siendo las geotermales Aruma y Paralocos que emanan aguas

con alto contenido de arsénico, plomo y sodio en concentraciones por encima de los valores del Estándar de Calidad Ambiental (ECA), incluso el trasvase de aguas de la fuente Barroso Chico hacia la Quebrada Ancoma con alto contenido de hierro. Identificaron las interrelaciones entre la geología, el clima y la hidrología los cuales reflejan la variación de la concentración de los elementos en el agua en épocas de estiaje y épocas de avenida.

Las fuentes de agua para consumo humano varían en cantidad y calidad. En la región Tacna, estas fuentes están conformadas por pozos y cuencas hidrográficas; en particular la cuenca hidrográfica Caplina, pasa por pequeñas comunidades, ciudades, hasta desembocar en el océano Pacífico. (Pino *et al.*, 2017)

El Centro Poblado de Caplina, distrito de Pachía actualmente está integrado por 82 viviendas y una población de 126 habitantes, éstos consumen agua de la cuenca del mismo nombre, el cual, no se tiene un control de la calidad de agua, siendo ésta una necesidad primaria y un derecho humano fundamental.

Ante la realidad encontrada, se considera que es necesario analizar el estado situacional de la calidad de agua para consumo de la población del Centro Poblado Caplina en base a los parámetros físico químicos y bacteriológicos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Será apta para el consumo humano, el agua que consume la población del Centro Poblado Caplina, distrito de Pachía, Provincia Tacna?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Qué concentraciones de los parámetros físico químicos, sólidos disueltos totales, pH, demanda química de oxígeno, sólidos totales y metales totales, tiene el agua que consume el centro poblado Caplina, distrito de Pachía, Provincia Tacna?
- b) ¿Qué concentraciones de los parámetros bacteriológicos, bacterias coliformes totales, coliformes termotolerantes y bacterias heterotróficas, tiene el agua que consume el centro poblado Caplina del distrito de Pachía, Provincia Tacna?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la calidad de agua de consumo humano del Centro Poblado Caplina del Distrito de Pachía, Provincia Tacna teniendo en cuenta parámetros fisicoquímico y bacteriológicos para determinar si cumple con los estándares de calidad para consumo humano.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a) Identificar el nivel de los parámetros físico químicos, sólidos disueltos totales, pH, demanda química de oxígeno, sólidos totales y metales totales que tiene el agua de consumo humano del Centro Poblado Caplina del distrito de Pachía, Provincia Tacna.
- b) Determinar el nivel de los parámetros bacteriológicos: bacterias coliformes totales, coliformes termotolerantes y bacterias

heterotróficas que tiene el agua de consumo humano del Centro Poblado Caplina del distrito de Pachía, Provincia Tacna.

1.4. Hipótesis de investigación

1.4.1. Hipótesis General

La calidad de agua que consume la población del centro poblado Caplina no es apta para el consumo humano.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) La concentración de metales pesados: plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As) y cromo (Cr) en el agua de consumo humano del centro poblado Caplina superan los ECAs.
- b) La concentración de los parámetros bacteriológicos: bacterias coliformes totales, coliformes termotolerantes y bacterias heterotróficas que tiene el agua de consumo humano del centro poblado Caplina superan los ECAs.

1.5. Justificación de la investigación

En la actualidad la evaluación y el análisis de la calidad de agua es muy importante ya que de ello depende la salud pública de las personas; instituciones como el Ministerio de Ambiente (MINAM), Autoridad Nacional del Agua (ANA), Gobierno Regional (GORE) de Tacna, entre otras, realizan estudios aislados y puntuales; sin embargo, estos estudios son deficientes dado que los cuerpos de aguas de los ríos son dinámicos y cambian constantemente en torno a las variables espacio temporales y debido a interacciones internas y también a

interacciones externas sobre todo de carácter antropogénico. Es en ese sentido, la relevancia de realizar estudios que permitan estudiar adecuadamente la calidad del agua, atendiéndose a la interpretación del comportamiento temporal y espacial dada la exposición de metales pesados y otros parámetros fisicoquímicos, así como también podrá indicarse los parámetros bacteriológicos que tiene el agua de consumo humano del centro poblado Caplina.

1.6. Limitaciones

Para el desarrollo del presente estudio, se tuvo como limitantes: el difícil acceso a la zona de monitoreo, geográficamente el centro poblado Caplina está ubicado cerca al nevado Barroso en zona montañosa con pendientes pronunciadas; también la poca afluencia de transporte para traslado de los equipos y muestras al laboratorio, esto debido al reducido número de habitantes y a las vías de acceso peligrosas, curvas cerradas, carreteras de una sola vía con desfiladeros y barrancos.

Falta de transporte público, solo un vehículo particular que realiza un viaje de ida y vuelta semanal.

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacionales

El estudio realizado por Goenaga y Martínez (2017), en su trabajo de investigación: “Análisis de la calidad de agua para consumo humano en el corregimiento de la peña-atlántico y determinación del riesgo potencial para la salud humana” en el corregimiento de la Peña en Sabanalarga-Atlántico, Colombia, mostraron que la calidad del agua se ve afectada por contaminación biológica con coliformes totales y coliformes termotolerantes cuyos parámetros estuvieron fuera del nivel permisible como la alcalinidad, oxígeno disuelto según los rangos establecidos por la normatividad, concluyendo que el agua del corregimiento no fue apta para el consumo humano porque representa un nivel de riesgo alto.

Arreola (2014), evaluó la calidad del agua subterránea en función de la presencia de arsénico, flúor y boro en Ciudad Hidalgo, Michoacán, México. En su estudio puso en evidencia: las concentraciones de arsénico, flúor y boro presentes en las muestras de agua no superan los valores establecidos por la normatividad mexicana (NOM-127-SSA1-1994) e internacional (OMS y EPA, 2011); sin embargo, excede el límite máximo permisible establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 para los coliformes fecales, el pH y hierro, el último únicamente

excedió el límite máximo permisible para los sitios M-virgen y P-undepo (0,42 y 0,63 mg/L respectivamente) durante el cuarto muestreo. No se detectó la presencia de otros metales pesados en concentraciones superiores a las recomendadas por la Normatividad Mexicana.

En la investigación desarrollada por Pavón y Rocha en el año 2015, en la subcuenca del Río La Trinidad, municipio de Diriamba, Carazo, Nicaragua se monitoreó la calidad del agua superficial desde julio del 2010 a abril 2011. El objetivo fue evaluar la calidad del agua superficial de la subcuenca del Río La Trinidad, utilizando indicadores biológicos, físico-químicos y bacteriológicos para generar la línea base como soporte a la toma de decisiones en el manejo integrado de cuencas. Utilizaron el método Biological Monitoring Working Party, BMWP/Col, para determinar la calidad biológica del agua superficial. Los resultados mostraron que las familias de macro-invertebrados identificados en los muestreos fueron: 2,468 individuos pertenecientes a 11 órdenes y 27 familias. Tricorythidae fue la más abundante con 776 individuos, seguida de Leptophlebiidae: con 601, Hydropsychidae: 260, Physidae: 168, Thiaridae: 121, Gomphidae: 107, Baetidae: 103 y Chironomidae: con 100. Las 19 familias restantes presentaron entre 1 y 39 individuos. La clasificación biológica del agua del río presentó dos tipos de clasificación: clase II (ligeramente contaminada) y clase III (dudosa), en dependencia de las actividades agropecuarias que se desarrollaron. El análisis bacteriológico presentó coliformes termotolerantes y totales muy altos (más de 1,200 NMP/100 ml), la Norma Regional CAPRE (1994) no

permitió el consumo humano, uso doméstico, por daños causados a la salud. La relación entre DBO5/DQO, en la parte alta fue de 0,01 mg/l, en la parte media 0,14 mg/l y en la baja 0,02 mg/l, señalando que en algunos puntos de la subcuenca se hacen vertidos inorgánicos difíciles de depurar biológicamente. El uso actual de la tierra está por encima de la capacidad de uso, presentándose fuertes procesos de degradación de los suelos. Concluyéndose que los métodos biológicos y físico-químicos son complementarios en los procesos de evaluación de la calidad de las aguas. La abundancia de algunas familias estuvo relacionada con las variables físico-químicas y microbiológicas. La presencia de Thiaridae y Chironomidae se relacionaron con altos niveles de microorganismos y bajos niveles de oxígeno. La mayor parte de las tierras son de vocación forestal y están siendo utilizadas para ganadería extensiva con pastos naturales de bajo valor nutritivo y sobrepastoreo.

Fórmica *et al.* (2015), modelaron la calidad de agua con el software QUAL2Kw en cuencas hídricas de montaña considerando el impacto antrópico en la provincia de Córdoba, Argentina. El estudio se desarrolló en los ríos Ceballos y Salsipuedes de la Sierra Chica de Córdoba, que constituyen la principal fuente de abastecimiento de agua para consumo humano y recreación en las ciudades de la zona. El empleo del programa de modelado de calidad de agua QUAL2Kw permitió evaluar cualitativa y cuantitativamente el comportamiento de las variables hidroquímicas mencionadas, atribuidas principalmente a descargas difusas de origen antrópico.

Hernández (2016), realizó un diagnóstico de las fuentes de agua para consumo humano utilizadas en la comunidad de 4 Millas de Matina, Limón, Costa Rica, con el fin de generar una propuesta de alternativas tendiente a mejorar la calidad del agua que se consume. Concluyó que los elementos que determinan la calidad del agua fueron: desde causas naturales hasta antropogénicas, como la deficiente planificación urbana, mínima inversión en infraestructura de fuentes, pocos protocolos de higiene, así como contaminación del uso excesivo de plaguicidas en el sector agricultura.

2.1.2. Nacionales

Blanco (2018), en su trabajo de investigación realizó un estudio de la calidad de agua en el distrito de Cabanillas de la provincia de San Román de la Región de Puno, durante los meses de agosto a octubre del 2018. Los objetivos fueron: medir los principales parámetros físico químicos y bacteriológicos en el ojo de agua - Cohallaca del distrito de Cabanillas; medir los principales parámetros físico químicos y bacteriológicos en el reservorio del distrito de Cabanillas y determinar la calidad físico química y bacteriológica del agua de consumo humano en la distribución domiciliaria del distrito de Cabanillas. Aplicó la metodología de la resolución jefatural N° 010 – 2016 - ANA, manual de análisis HACH (2000), y el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano MINAM (2015). Los resultados obtenidos para parámetros fisicoquímicos con mayor valor son: en el ojo de agua

temperatura $11,69\text{ }^{\circ}\text{C}$, conductividad eléctrica $906,67\text{ DE} \pm 92,91\text{ }\mu\text{S/cm}$, cloruros $151,27\text{ DE} \pm 53,07$ y pH $7,20$ y en la red domiciliaria dureza total $394,13\text{ DE} \pm 31,29\text{ mg/L}$ y alcalinidad $252,91\text{ DE} \pm 150,12$ y para los parámetros bacteriológicos en el reservorio con sólidos disueltos totales $370\text{ DE} \pm 34,64\text{ mg/L}$, coliformes totales $303,33\text{ DE} \pm 136,50$ y coliformes fecales con $200\text{ NMP/100 ml DE} \pm 45,83$. La contaminación de las aguas para consumo humano tiene importancia en la salud, y la presencia de coliformes termotolerantes y totales fueron indicadores de la calidad ambiental de agua; Siendo estos valores muy elevados para ayudar a determinar que estas aguas no son aptos para consumo humano.

La investigación realizada por Aguilar y Navarro (2017) en la comunidad de Llañucancha de la ciudad de Abancay durante el año 2017 tuvo como objetivo: determinar los parámetros físicos como: conductividad, temperatura, turbidez, sólidos totales disueltos; determinar los parámetros químicos como: pH, dureza total, cloruros, sulfatos y alcalinidad; determinar parámetros bacteriológicos como: coliformes totales, coliformes termotolerantes, se analizaron muestras de agua procedentes de la captación de Siracachayoc, utilizándose métodos según la norma técnica N°031. DIGESA (2012), reglamento de la calidad de agua para consumo humano MINAM (2012). Los resultados obtenidos en laboratorio mostraron que los parámetros físicos fueron en pH $7,78$ y $4,0$, Temperatura $17,43$ y $8,2$, Conductividad $138,12$ y $4,1$, Alcalinidad $73,68 \pm 10,3$; mientras en los parámetros químicos los resultados que obtuvieron fueron en dureza Total $74,28$ y $13,3$, Calcio

23,35 y 7,9, Magnesio 4,74 y 9,8, Cloruros 74 y 15,6; entre tanto para los resultados bacteriológicos en las Unidades de Formadoras de Colonias en coliformes totales fueron en captación de 18,67 y 28,05, en reservorio fue de 18,08 y 13,51, en pileta domiciliaria fue de 29,08 y 24,6, para los coliformes termotolerantes en captación fue de 6,67 y 16,83, en reservorio fue de 1,75 y 2,60 y en pileta domiciliaria fue de 6,25 y 16,94, según la Norma Técnica 031-DIGESA los parámetros fisicoquímicos se encontraron dentro de los valores normales para agua para consumo humano mientras para los coliformes totales y termotolerantes el valor normal debe de ser <1 UFC/ml, los cuales excedieron en los resultados muy encima de los LMP en cada componente del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano y que las aguas no fueron aptas para consumo humano.

Díaz (2014), en su trabajo de investigación: Factores que influyen en la calidad del agua del manantial de Molinopampa, que se usa para consumo doméstico en la ciudad de Celendín determinó los factores que influyen en el manantial de Molinopampa antes de entrar al sistema de abastecimiento de agua de consumo doméstico de la ciudad de Celendín. Los datos correspondieron a tres puntos de monitoreo, que se obtuvieron en la época de lluvia y de estiaje. Los índices de la Calidad del Agua (ICA) del manantial de Molinopampa, oscilaron entre 62,81 a 77,71; que según la escala de Brown está entre regular a buena, recomendando su tratamiento previo, antes de su consumo en la ciudad de Celendín.

Ortiz (2015), en su trabajo de investigación evaluó la Calidad Microbiológica y Fisicoquímica en aguas de Pozos subterráneos del Centro Poblado Viñani – Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia Tacna. Los parámetros analizados tanto fisicoquímicos como bacteriológicos: *E. coli*, Coliformes totales, Bacterias Heterotróficas, pH, turbidez, conductividad, cloruros, sulfatos, dureza total, aluminio, boro y nitratos; se compararon con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Categoría I: Poblacional y Recreacional (ECA-DS N° 002-2008-MINAM) y el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2012-SA.) El muestreo se llevó a cabo en cuatro puntos del sector Viñani denominados PV-1, PV-2, PV-3 y PV-4 pertenecientes a la Empresa Prestadora de Servicios (EPS-TACNA). Los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos a partir del año 2010 al 2014 indicaron que en un 20 % del total de muestras fueron aptos, un 70 % no aptos y 10 % donde no se obtuvo resultados mientras que los parámetros microbiológicos del año 2014 indicaron que el 79,17 % del total de muestras fueron aptos, un 20,83 % no aptas.

Correa *et al.* (2021) determinaron fuentes y niveles de metales en sedimentos del agua en la microcuenca del río Huancaray, Apurímac (Perú), mediante la técnica de análisis por fluorescencia de rayos X (FRX) durante la época de secas y lluvias de los años 2018 y 2019. Los elementos detectados fueron K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb y Ba. Resalta la presencia de Zn, Cr, Cu, Pb, Ni y As como elementos críticos en cada punto de la microcuenca del

río Huancaray; las concentraciones son superiores a los límites permisibles; asimismo, los periodos de lluvia y seca no presentan diferencia significativa, mientras que las principales fuentes de contaminación son centros poblados, prácticas de la agricultura, presencia de la minería ilegal y fuente de origen natural.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Recursos hídricos en el Perú

El 31 de marzo del 2009 fue publicada en el diario oficial el Peruano, la Ley de Recursos Hídricos, N° 29338, que en su primer artículo, dispone, el agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación. Se creó el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, así como también se definió al ente rector, la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

El territorio peruano está dividido en tres importantes cuencas hidrográficas: océano Pacífico, océano Atlántico (río Amazonas) y lago Titicaca. De acuerdo a la Tabla 1, se observa que la mayor población está situada en las proximidades de la cuenca hidrográfica del Pacífico, contrariamente a la del Amazonas donde se tiene mayor volumen de agua.

Tabla 1*Distribución de los recursos hídricos en el territorio peruano*

Región Hidrográfica	Superficie		Población		Recursos Hídricos	
	(10³km²)	(%)	(Hab)	(%)	(hm³/año)	(%)
Pacífico	278,48	21,67	18 801 417	62,53	34 136	1,764
Amazonas	957,820	74,53	10 018 789	33,32	1 895 226	97,913
Titicaca	48,91	3,81	1 246 975	4,15	6 259	0,323
TOTAL	1285,21	100	30 067 181	100	1 935 621	100

Nota. Ministerio de Salud (2011)

Actualmente vienen funcionando 14 Autoridades Administrativas del Agua (AAA): Caplina-Ocoña, Cháparra-Chincha, Cañete-Fortaleza, Huarmey-Chicama, Jequetepeque-Zarumilla, Marañón, Amazonas, Huallaga, Ucayali, Mantaro, Pampas-Apurímac, Urubamba-Vilcanota, Madre de Dios y Titicaca.

El concepto de cuenca hidrográfica es el primer elemento considerado para la determinación de los ámbitos jurisdiccionales de las AAA, habiendo comprendido que la cuenca hidrográfica constituye la unidad territorial básica y elemental para la gestión, planificación y acción de los recursos naturales, en general, y de los recursos hídricos, en especial. Así mismo, a partir de la aprobación de la Ley de Recursos Hídricos, “se han creado siete Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca (CRHC): Tumbes, Chira-Piura, Chancay-Lambayeque, Chancay-Huaral, Quilca-Chili, Caplina-Locumba y Chillón-Rímac-Lurín, los que cumplen sus funciones, apoyados por sus secretarías técnicas. Los CRHC constituyen una plataforma en la que instituciones y organizaciones

coordinan y llegan a acuerdos para impulsar la modernización de la gestión del agua a través de la formulación e implementación de planes de gestión” (ANA, 2016).

El calentamiento en el sistema climático es inequívoco. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado (Mejía *et al.*, 2016). La GIRH puede ayudar a las comunidades a adaptarse a las condiciones climáticas cambiantes que limitan la disponibilidad del agua o pueden causar inundaciones y sequías excesivas (ver Tabla 2). Las funciones claves de la gestión de los recursos hídricos pueden ser de ayuda para enfrentar la variabilidad climática (Indij & Schreider, 2011).

Por su parte, el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO (2012) considera que la población rural carece de acceso a servicios de agua y saneamiento seguro en mayor proporción que la población urbana. Esto tiene como resultado una evidente desigualdad social y de género, además de altos costos económicos en materia de salud. La gran mayoría de la población rural en América Latina, por sus condiciones de vulnerabilidad social y económica, no cuenta con recursos para responder o enfrentar la variabilidad y los impactos naturales. Estas condiciones hacen que promover la GIRH y el acceso al saneamiento en áreas rurales sea un desafío aún mayor debido a que estos asentamientos se encuentran usualmente en ambientes frágiles, donde los modelos de desarrollo están dominados por valores culturales y condiciones económicas precarias, y

altos costos asociados a los desafíos de la recuperación (Mejía *et al.*, 2016).

Tabla 2

Efecto e impacto del cambio climático sobre la disponibilidad de agua

Efecto observado	Impactos observados y/o posibles
Aumento de la temperatura atmosférica	Disminución de la disponibilidad de agua en cuencas alimentadas por glaciares en retracción, observada en ciertas ciudades andinas de América del Sur.
Aumento de la temperatura superficial del agua	Disminución del contenido de oxígeno disuelto, pautas de mezclado y menor capacidad de autodepuración. Mayor número de floraciones de algas.
Aumento del nivel del mar	Salinización de los acuíferos costeros.
Cambios en la precipitación	Variación de la disponibilidad de agua debida a los cambios de precipitación y a otros fenómenos similares (por ejemplo, recarga de las aguas subterráneas, evapotranspiración).
Aumento de la variabilidad interanual del río	Mayor dificultad para controlar las crecidas y para utilizar los reservorios durante la estación de crecidas.
Aumento de la evapotranspiración	Menor disponibilidad de agua. Salinización de los recursos hídricos. Disminución del nivel freático.
Aumento de la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos	Las crecidas afectan a la calidad del agua y a la integridad de la infraestructura hidrológica, y acentúan la erosión fluvial, introduciendo así diversos tipos de contaminantes en los recursos hídricos. Las sequías afectan a la disponibilidad y calidad de agua.

Nota. Mejía *et al.* (2016)

2.2.2. Ciclo hidrológico del agua

La precipitación es un componente vital de cómo el agua se mueve a través del ciclo del agua de la Tierra, conectando el océano, la tierra y la atmósfera. Saber dónde llueve, cuánto llueve y el carácter de la lluvia, la nieve o el granizo que cae permite comprender mejor el impacto de la

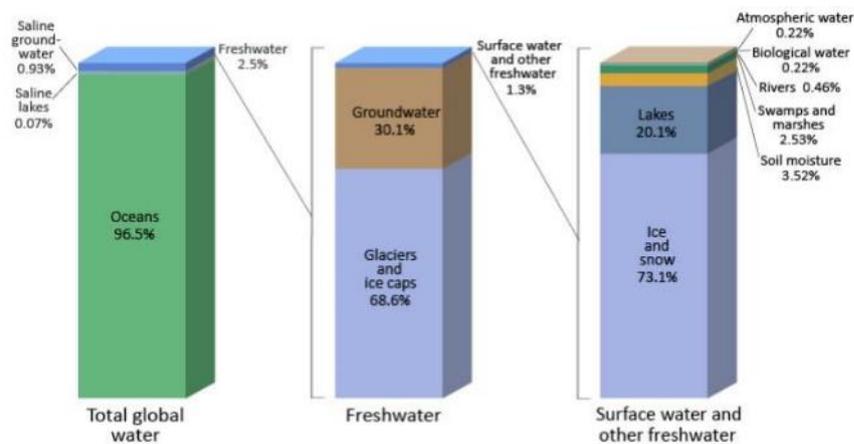
precipitación en los arroyos, ríos, escorrentías superficiales y aguas subterráneas. Las mediciones frecuentes y detalladas ayudan a los científicos a hacer modelos y determinar los cambios en el ciclo del agua de la Tierra (Pagano y Sorooshian, 2002).

El ciclo del agua describe cómo el agua se evapora de la superficie de la tierra, se eleva a la atmósfera, se enfría y se condensa en lluvia o nieve en las nubes, y vuelve a caer a la superficie como precipitación. El agua que cae sobre la tierra se acumula en los ríos y lagos, el suelo y las capas porosas de roca, y gran parte fluye de regreso a los océanos, donde se evaporará una vez más. El ciclo del agua dentro y fuera de la atmósfera es un aspecto significativo de los patrones climáticos en la Tierra. (Vera *et al.*, 2007)

Una fracción mínima del agua está disponible para consumo humano, aproximadamente el 3% es agua dulce y el resto es agua de los océanos, Afortunadamente, el ciclo hidrológico nos suministra de agua dulce, que tratada, es apta para el consumo humano y otras actividades agrícolas y recreativas. Se puede observar en la Figura 1 la distribución global del agua (Casilla, 2014).

Figura 1

Distribución global del agua



Nota. Shicklomanov (1993)

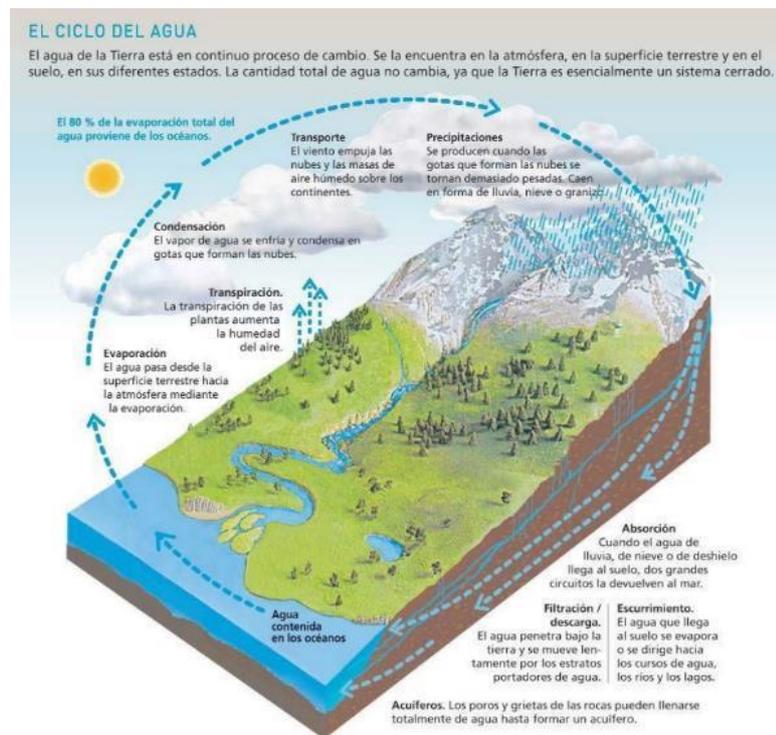
El ciclo hidrológico es un sistema complejo de varios procesos o flujos de agua. La radiación solar es la generatriz del ciclo del agua, que calienta la superficie de los mares para la evaporación del agua. A medida que se eleva el aire húmedo, se enfría y el vapor de agua se condensa para formar nubes, luego, vuelve a la superficie en forma de precipitación. Una vez que el agua llega al suelo, puede ocurrir uno de dos procesos: parte del agua puede volver a evaporarse a la atmósfera, o el agua puede penetrar en la superficie, es interceptada por la vegetación y otra parte se filtra para convertirse en agua subterránea. El agua subterránea se filtra hacia los océanos, ríos y arroyos, o se libera nuevamente a la atmósfera a través de la transpiración. El resto de agua que queda en la superficie de la tierra es la escorrentía, que desemboca en lagos, ríos y arroyos y es transportada de regreso a los océanos, donde el ciclo comienza

nuevamente. (Pagano et al., 2002), (Smith & Smith, 2007), (Sánchez, 2015).

Considerando los flujos y fuentes podemos realizar el balance de agua global. En la figura 2 se puede ver los volúmenes de agua en diferentes estados y contenidos en el suelo, los océanos y la atmósfera. El flujo e intercambio entre los distintos reservorios se muestran mediante flechas, si calculamos el flujo e intercambio neto de agua entre cada uno de los reservorios, el resultado será nulo, lo que confirma que en el planeta no existen fuentes ni sumideros de agua. (Vera *et al.*, 2007)

Figura 2

Ciclo hidrológico



Nota. Vera *et al.*, 2007

2.2.3. Calidad de agua

El concepto de calidad de agua es parte de un análisis complejo, no exento de controversias, pudiéndose entender la calidad desde un punto de vista funcional (la capacidad del agua para responder a sus usos), ambiental (las condiciones que deben darse en el agua para mantener un ecosistema equilibrado), o descriptiva (como el conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas). (Ministerio del Ambiente (MINAM), 2000).

Parámetros de evaluación de calidad de agua

Desde la década de los años 50, se han establecido diversos criterios para determinar la calidad de agua, valorando sus necesidades y problemas, así como la designación de uso que se le puede dar al agua. Estas designaciones reflejan la variedad de usos, incluyendo el mantenimiento de la vida acuática, la recreación, el agua potable y los usos industriales, Agencia de Protección Ambiental (US EPA, 2017). En el Perú, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua fueron establecidos por el MINAM y estos se clasifican en cuatro categorías (MINAM, 2008):

- Categoría I, tiene dos subcategorías:
 - 1A, aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.
 - 1B, aguas superficiales destinadas a la recreación.
- Categoría II, tiene cuatro subcategorías:

- C1, extracción y cultivo de moluscos bivalvos en aguas marino costeros.
 - C2, extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas costeras.
 - C3, Otras actividades en aguas marino costeras.
 - C4, extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas.
- Categoría III, que se subdivide en dos:
- D1, cultivo de vegetales de tallo alto y bajo.
 - D2, bebida de animales.
- Categoría IV, se divide en:
- E1, lagunas y lagos.
 - E2, ríos.
 - E3, ecosistemas marino costeros.

Existen otros indicadores de calidad de agua, como variables de carga y capacidad microbiológica, que son considerados por el MINSA.

Factores que influyen en la cantidad y calidad del agua

Entre los factores que influyen en la cantidad y calidad del agua, están los cambios en el uso de la tierra, estos provocan alteraciones en los regímenes hídricos, cambios dramáticos de la calidad y cantidad del agua, especialmente al uso potable. Las prácticas de manejo en el uso de la tierra tienen una influencia muy fuerte en la calidad y cantidad del agua (Casilla, 2014). Se dice que el 80% del deterioro de la calidad del agua, se debe a sedimentos suspendidos, en su mayoría provenientes de la

erosión de suelos como producto de presencia de urbanizaciones, deforestación, actividades agrícolas y ganaderas, siendo este tipo de actividades las que mayor impacto causa en la calidad del agua. En la mayor parte de los países latinoamericanos, uno de los problemas más fuertes es la contaminación derivada de las fuentes no puntuales, como es el caso de la agricultura, dada por el uso de fertilizantes, plaguicidas, insecticidas y residuos que son arrastrados por las lluvias a las fuentes de agua (Wagner *et al.*, 2000).

La ganadería es otra de las actividades que influyen sobre la calidad del recurso hídrico. Cuando se da un sobrepastoreo, se genera un efecto muy negativo desde el punto de vista bacteriológico y químico; generalmente este efecto se observa en lugares de alta precipitación, fuertes pendientes, cercanos a fuentes de agua. Los contaminantes provenientes de estas áreas son arrastradas con facilidad y rapidez hacia los cuerpos de agua. El impacto más significativo se da en el caso de que estas fuentes hídricas estén desprovistas de cobertura vegetal que les de protección, o la ausencia de una zona de amortiguamiento, ya que estas corrientes arrastran microorganismos patógenos, nutrientes y sólidos suspendidos (Brooks *et al.*, 2007).

Otra actividad que influye sobre la calidad del agua, es la actividad minera, tanto formal como informal, sobre todo esta última; que descarga grandes cantidades de relaves directamente a los ríos (Casilla, 2014). En dichas actividades mineras es imposible la degradación total de los desechos provenientes de los relaves, los mismos que contaminan los

suelos, aguas superficiales, subterráneas y por ende en los ecosistemas tanto terrestres, como marinos y sus productos a consumir, como los peces y productos agrícolas, en detrimento de la salud de las poblaciones aledañas a las mineras. La presencia de elementos químicos y su alta toxicidad de sus componentes agrava su peligrosidad y su potencial como generador de impactos contaminantes en la salud de las personas y que sufran alteraciones altamente nocivas (Menéndez & Muñoz, 2021).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Calidad de agua

Se define como las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en comparación con estándares preestablecidos, de ahí, la relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito (Casilla, 2014).

2.3.1.1. pH

El pH es una medida de cuán ácida o básica es una solución acuosa en función de la concentración de iones hidronio (H_3O^+) en la sustancia. La mayoría de las soluciones tienen un valor de pH entre cero y catorce en la escala de pH (Casilla, 2014).

2.3.1.2. Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica se define como la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica a través de los iones disueltos. La conductividad eléctrica del agua depende de la temperatura del agua: cuanto mayor sea la temperatura, mayor será la conductividad eléctrica. La conductividad eléctrica del agua aumenta en un 2-3% para un aumento de 1 grado Celsius de temperatura del agua. Hoy en día, muchos medidores de CE estandarizan automáticamente las lecturas a 25 °C. La CE es un

indicador de presencia de iones: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , entre otros (Caballero, 2021).

2.3.1.3. Sólidos

Los sólidos son partículas suspendidas y disueltas en el agua. Las aguas superficiales en general contienen sólidos orgánicos e inorgánicos, pueden ser partículas sedimentables, en suspensión o compuestos solubilizados, siendo la cantidad de sólidos totales la suma de ambos (ST) (Vigil, 2003). Los sólidos suspendidos totales son indicadores de la erosión que tuvo lugar aguas arriba, y son referencias para el cobro de tasas retributivas y el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales (Seema, 2015). Los sólidos totales disueltos (TDS) como carbonatos, cloruros, sulfatos y nitratos, y cationes K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} y Na^+ ; son los que determinan los procesos de filtración y evaporación (Seema, 2015).

2.3.1.4. Fosfatos

Los fosfatos son las sales o los ésteres del ácido fosfórico. Tienen en común un átomo de fósforo rodeado por cuatro átomos de oxígeno en forma tetraédrica, mientras que los nitratos son sales o ésteres del ácido nítrico HNO_3 , ambos son nutrientes útiles, pero cuando se concentran demasiado en nuestros entornos acuáticos pueden causar problemas,

especialmente en ríos. Los fosfatos son esenciales para el crecimiento de plantas y animales, pero las actividades humanas han alterado su ciclo natural. Las fuentes principales son el drenaje de las tierras agrícolas (fertilizantes, escorrentía del estiércol, etc.) y las aguas residuales (que contienen detergentes para lavavajillas, aditivos para alimentos y bebidas). También se utiliza en el tratamiento del agua potable para controlar los niveles de plomo (Vigil, 2003).

2.3.1.5. Nitratos

Los nitratos son un tipo de sal formada por combinación del ácido nítrico y una base, que se utilizan en fertilizantes, que ayudan a los agricultores a producir más cultivos, lo que puede significar precios más bajos de los alimentos. Sin embargo, los niveles altos de fosfato y nitrato pueden causar eutrofización, un problema cuando hay demasiados nutrientes en cuerpos de agua (por ejemplo, ríos y lagos). Esto puede causar un crecimiento excesivo de algas y otras plantas, lo que luego afecta la calidad del agua, daña plantas y animales y nos impide usar el agua. (Vigil, 2003).

2.3.1.6. Sulfatos

Los sulfatos son las sales o los ésteres del ácido sulfúrico, se pueden encontrar en casi toda el agua natural. El origen de la

mayoría de los compuestos de sulfato es la oxidación de minerales de sulfito, la presencia de lutitas o los desechos industriales (Barrenechea, 2004). Este anión se puede encontrar en las fuentes de agua y procede fundamentalmente de los procesos de disolución de yesos (CaSO_4), oxidación bacteriana de sulfuros (Marín, 2003), oxidación de sulfitos minerales, descomposición de materia orgánica, operaciones de minería y fundición, emisión en fábricas de pastas, papel y textiles, operaciones industriales donde se emplean ácido sulfúrico y sulfatos, fertilizantes con alto contenido de sulfatos, entre otros.

2.3.1.7. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) definida como cualquier sustancia (orgánica e inorgánica) susceptible de ser oxidada. La cantidad de oxidante consumida se expresa en términos de su equivalencia en oxígeno, se expresa en mg/l O_2 . En aguas superficiales, el componente orgánico es predominante. El método DQO se usa a menudo para medir los contaminantes en las aguas naturales y residuales y para evaluar la fuerza de desechos tales como aguas residuales municipales e industriales. El método DQO se usa también en aplicaciones en centrales eléctricas, industria química, industria papelera, lavanderías, estudios medioambientales y educación general. En las plantas potabilizadoras de agua, los valores DQO deberán

ser inferiores a 10 mg/l O₂ al final del ciclo de tratamiento (Caballero, 2021).

2.3.1.8. Metales

Los metales son elementos químicos esencialmente capaces de conducir electricidad y calor, se introducen en los sistemas acuáticos como resultado de la meteorización de suelos y rocas, de erupciones volcánicas y de una variedad de actividades humanas que involucran la minería, procesamiento o uso de metales y / o sustancias que contienen contaminantes metálicos. Los contaminantes de metales pesados más comunes son arsénico, cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo y mercurio. Hay diferentes tipos de fuentes de contaminantes: fuentes puntuales (contaminación localizada), donde los contaminantes provienen de fuentes únicas e identificables. El segundo tipo de fuentes contaminantes son las fuentes difusas, donde los contaminantes provienen de fuentes dispersas, y a menudo difíciles de identificar (Buelta y Martínez, 2015).

2.3.1.9. Coliformes

Las bacterias coliformes son un grupo de bacterias estrechamente relacionadas al suelo, el agua y el tracto intestinal de los animales, se han utilizado como indicadores de condiciones insalubres en la producción de alimentos y bebidas durante más de un siglo. Hoy en día, el recuento de coliformes

es un indicador higiénico frecuente usado en varias industrias de alimentos y bebidas (Blanco, 2018).

2.3.1.10. Coliformes totales

Son bacterias Gram negativas, no esporoformadoras, oxidasa negativa, con capacidad de crecimiento aeróbico y facultativamente anaeróbico en presencia de sales biliares, que a temperatura específica de 35°C +/- 2°C causan fermentación de lactosa con producción de gas. Poseen la enzima β -galactosidasa. (Caballero, 2021)

2.3.1.11. Coliformes termotolerantes

Son un grupo de bacterias que son capaces de fermentar lactosa a 44-45°C. En muestras de agua, predominan los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*. *Escherichia coli* se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima β -glucuronidasa. (Caballero, 2021)

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

Según su finalidad, fue una investigación de tipo básica, debido a que se buscó conocer la calidad del agua de consumo humano del Centro Poblado Caplina del distrito de Pachía, Provincia Tacna.

3.1.2. Nivel de Investigación

La investigación fue de nivel descriptiva, dado que se observaron y describieron los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de consumo humano del Centro Poblado Caplina del Distrito de Pachía, Provincia Tacna

3.2. Operacionalización de variables

Tabla 3

Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Categorías	Unidad	Instrumentos
Variables independientes					
Temperatura	Límite permisible	Grado centígrado		°C	Medidor multiparamétrico HI 9828 (HANNA)
pH	Rango permisible	Acidez - basicidad		1 – 14	
Caudal	Volumen/ Tiempo	Flujo Volumétrico		m ³ /s	Caudalímetro
Oxígeno disuelto					Volumetría
Cloruro					Cinta métrica - cronómetro
Nitrato					
Metales pesados (Na, Ca, Mg, Cu, Cd, Zn, Fe, Pb, As, Hg)			Cuantitativa continua	mgL ⁻¹ (ppm)	ICP-AES
Bacterias coliformes totales	Límite Máximo			UFC/100 mL a 35°C	Equipo de filtración
Bacterias coliformes termotolerantes	Permisible	Concentración		UFC/100 mL a 44,5°C	Incubadora, Autoclave,
Bacterias heterotróficas				UFC/100 mL a 35°C	Balanza
Variables dependientes					
Calidad de agua	Valores Numéricos	Parámetros Fisicoquímicos	Cuantitativa continua	Magnitud	Equipo multiparámetro, ICP-AES.

3.3. Población y muestra de la investigación

3.3.1. Población

No se tiene una población propiamente dicha, ya que los datos no son discretos, sino, un medio continuo y que fluye constantemente; se tomó las muestras, específicamente en la bocatoma del Centro Poblado Caplina, cuyas coordenadas georreferenciadas son: latitud -17.688072, longitud -69.935525; agua que es usada para consumo del Centro Poblado Caplina del distrito de Pachía, provincia y departamento de Tacna, Perú.

3.3.2. Muestras

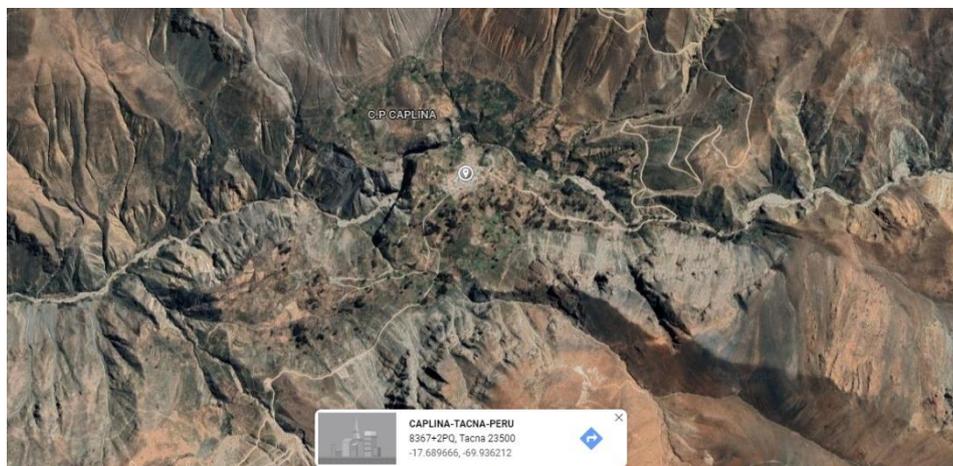
Se muestrearon en dos oportunidades, en febrero y abril del año 2022, en cada oportunidad se tomaron seis muestras, para cada muestra se recogieron dos litros, en total doce recipientes de un litro cada uno, que fueron transportadas y preservadas para transportarlas al laboratorio “Laboratorios Analíticos de Sur” para el análisis correspondiente.

3.3.3. Descripción del área de estudio

El Centro Poblado Caplina, distrito de Pachía actualmente está integrado por 82 viviendas y una población de 126 habitantes, el cual, no se tiene un control de la calidad de agua. La cuenca Caplina está ubicada en la región Tacna, sur del Perú, tiene sus nacientes en la cordillera occidental de los andes peruanos, en el nevado Barroso, a 5300 m.s.n.m., y sus aguas discurren a través del valle de Pachía, Calana y la ciudad de Tacna para finalmente atravesar las tierras de cultivo de la Yarada - los Palos y desembocar en el Océano Pacífico, Pino, et al, (2017).

Figura 3

Ubicación georreferenciada del centro poblado Caplina (-17.689666, -69.936212)

**3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

El muestreo de las aguas se realizó utilizando una vara plástica de 1,5 m de largo con un vaso de precipitado plástico de 1 litro de capacidad. Las muestras se tomaron con cuidado de la capa superficial del río sin remover el sedimento, fundamentalmente en lugares poco profundos. El volumen de cada muestra tomada en la bocatoma fue aproximadamente de doce litros en recipientes de un litro cada uno. Posteriormente, las muestras se homogenizaron en un tanque de polietileno previamente suavizado con las propias aguas del río. Para preservar las muestras se colocaron en un cooler cerrado herméticamente a una temperatura de 4°C aproximadamente. Cabe mencionar que todos los recipientes fueron esterilizados y antes de la toma de muestras.

3.5. Procedimiento

3.5.1. Diseño de plan de monitoreo

Se realizaron dos visitas en los meses de febrero y abril del año 2022 y se recolectaron las muestras para posteriormente analizar y trabajar la data en gabinete. También fue conveniente conocer el régimen hidrológico del río para no tener inconvenientes al momento de la toma de muestras.

3.5.2. Toma y preservación de muestras

Se rotulo cada envase con nombre, ubicación en coordenadas UTM, nombre del responsable del muestreo, la fecha y hora de la toma de muestra y la preservación realizada (Autoridad Nacional del Agua, 2011).

La toma de muestra fue en dos fechas, la primera el 18 de febrero del 2022, en presentaciones de 2L aproximadamente cada uno, en envase de borosilicato estéril y polietileno, la fecha y hora de muestro fueron:

Muestreo N° 1 (M-1); 18-02-2022; 10:05 h

Muestreo N° 2 (M-2); 18-02-2022; 10:15 h

Muestreo N° 3 (M-3); 18-02-2022; 10:30 h

Muestreo N° 4 (M-4); 18-02-2022; 11:40 h

Muestreo N° 5 (M-5); 18-02-2022; 11:45 h

Muestreo N° 6 (M-6); 18-02-2022; 11:50 h

Por otra parte, la segunda fecha fue el 15 de abril del 2022 en presentaciones de 2L aproximadamente cada uno, en envase de borosilicato estéril y polietileno, la fecha y hora de muestro fueron:

Muestreo N° 1 (M-1); 15-04-2022; 10:05 h

Muestreo N° 2 (M-2); 15-04-2022; 10:15 h

Muestreo N° 3 (M-3); 15-04-2022; 10:30 h

Muestreo N° 4 (M-4); 15-04-2022; 10:40 h

Muestreo N° 5 (M-5); 15-04-2022; 10:45 h

Muestreo N° 6 (M-6); 15-04-2022; 10:50 h

El volumen total colectado fue de 12 litros por campaña, 2 litros por muestra, distribuido de la siguiente manera:

- 500 ml de muestra preservando con HNO_3 concentrado hasta pH 2,0 para la determinación de metales.
- 250 ml de muestra filtrada con papel Whatman 42 para fosfatos al momento de colectar la muestra; el recipiente de vidrio se lavó con una mezcla que contenía volúmenes idénticos de agua y ácido nítrico concentrado ($\text{H}_2\text{O}/\text{HNO}_3$ 1/1 V/V).
- 250 mL de muestra sin filtrar para la determinación de sulfatos y nitratos.
- 250 mL de muestra sin filtrar para la determinación de sólidos totales.
- 250 mL de muestra preservada con H_2SO_4 concentrado de pH 2,0 para la determinación de DQO.
- 500 ml de muestra que estuvo refrigerada a 4°C aproximadamente, para el análisis bacteriológico.

Las muestras fueron envasadas y se colocaron en una caja térmica (cooler) con geles refrigerantes, previamente enfriados. El tiempo de

traslado hasta el laboratorio fue dentro de las 48 horas de tomadas las muestras.

Los requisitos para la toma de muestra de agua, preservación y tiempo recomendado para realizar los análisis se especifican en la Tabla 4 (Autoridad Nacional del Agua, 2011).

Tabla 4

Requisitos para toma de muestras de agua y su preservación

Parámetro	Material del recipiente	Volumen mínimo de muestra (mL)	Preservación y conservación	Tiempo máximo (almacenamiento)
DQO	P, V	100mL	Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2, refrigerar	28 días
Fosfato	V(A)	100mL	Filtrar inmediatamente, Refrigerar	48 horas
Nitrato	P, V	100mL	Analizar lo antes posible o refrigerar a 4°C	48 horas
Sulfato	P, V	100mL	Refrigerar	28 días
ST	P, V	200mL	Refrigerar	2 a 7 días
Metales	P	100mL	Agregar HNO ₃ hasta pH<2	6 meses
Arsénico	P(A), V(A)	500mL	Agregar HNO ₃ hasta pH<2, 4°C refrigerar	2 meses
Mercurio	P(A), V(A)	500mL	Agregar HNO ₃ hasta pH<2, 4°C refrigerar	28 días

Nota. (P) = Plástico, (V) = Vidrio y (V(A)) = Vidrio lavado con H₂O/HNO₃ 1/1 V/V. (Autoridad Nacional del Agua, 2011).

3.5.3. Análisis de parámetros fisicoquímicos

Mediciones de parámetros in situ

Para medir los parámetros temperatura, pH, oxígeno disuelto (OD), nitratos y cloruros se realizaron in situ en cada punto de muestreo con el

equipo multiparámetro HANNA HI9829, debidamente calibrado. Cabe mencionar que el equipo multiparámetro, HANNA HI 9829, es un medidor multiparámetro de registro, portátil y que registra hasta 14 parámetros diferentes mediante una sonda multisensorial basada en microprocesador que permite la medición de los siguientes parámetros: pH, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez, amonio, cloruro, nitrato y temperatura.

Metodologías analíticas

Los metales fueron evaluados en los Laboratorios Analíticos del Sur – Arequipa, laboratorio certificado por INACAL.

El método analítico aplicado para los parámetros: sodio, calcio, magnesio, potasio, plomo, zinc, cobre, cadmio, hierro, mercurio y arsénico, fue, el plasma de acoplamiento inductivo (ICP) que es una fuente de ionización y que junto a un espectrofotómetro de emisión óptico (OES) constituye el método ICP-OES. (ISO 11885, 2012)

Análisis bacteriológicos

Los ensayos y normas fueron los siguientes:

- Para la enumeración de bacterias coliformes y *E. coli*, se trabajó con la Norma Internacional (ISO 9308-1, 2014), para estimar coliformes termotolerantes, se trabajó con la Norma Estándar (SMEWW-9222D; 2017). En estos análisis se utilizó la técnica de filtración por membrana.

- Para el recuento de heterótrofos en placa, se trabajó con la Norma Estándar (SMEWW-9215B, 2017), y se realizaron mediante la técnica por incorporación.
- Los medios de cultivo que se utilizaron para la Técnica de Filtración por Membrana fueron: Agar CN (Cetrimide-Nalidixico) para *Pseudomonas aeruginosa*, Agar Chromocult para bacterias coliformes totales, Agar Chromocult y Agar TBX para *E. coli*, Agar mFC medium para coliformes termotolerantes. Finalmente se utilizó el medio Agar Plate Count para recuentos de Heterótrofos.
- La técnica de filtración por membrana es adecuada para aguas que contienen poco material particulado o materia orgánica en suspensión. Esta técnica es altamente reproducible, puede utilizarse para analizar volúmenes relativamente grandes y proporciona resultados numéricos más rápidos que la técnica de fermentación de tubos múltiples (Alfaro & Rojas; 2006).
- La técnica por incorporación, es recomendable para volúmenes menores de la muestra, o sus diluciones, y pueden variar entre 0,1 ml y 5 ml, Dependiendo del tamaño de la placa Petri y del volumen de medio de cultivo utilizado. El número total de colonias en la placa debe ser inferior a 300 UFC (SMEWW- 9215 B, 2017).

3.6. Tratamiento estadístico de los datos

La recolección y tratamiento de datos se realizó en el software Excel y SPSS Statistics, donde se realizaron análisis descriptivo de los datos mediante tablas, evaluando de esta manera las medias y la desviación estándar.

La presentación de los datos con una distribución normal se realizó por medio de histogramas, diagramas de barras, diagrama de cajas y bigotes, gráfico que de igual manera nos permitió presentar los datos en caso de no contar con una distribución normal. Se trabajó con un nivel de significancia estadística de 5%.

CAPÍTULO IV:
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Parámetros Físicoquímicos

4.1.1.1. Temperatura y pH

Tabla 5

Valores de temperatura obtenidos in situ.

Estación	Muestra	Temperatura (°C)	
		18/02/2022	15/04/2022
E1	M1	11,9	12,6
	M2	11,0	12,3
	M3	12,1	12,3
	M4	12,0	12,2
E2	M5	12,2	12,2
	M6	12,1	11,4

Las temperaturas de las aguas superficiales muestreadas en las dos fechas, difieren entre 0,2 y 1,3°C para todas las muestras, como se aprecia en la tabla 5. Siendo la más alta 12,6°C en la muestra M1.

Tabla 6

Estadísticos descriptivos de temperatura.

Fecha	Media	Desviación estándar	Varianza de la muestra	Rango	Mínimo	Máximo
18/02/2022	11,883	0,445	0,198	1,200	11,000	12,200
15/04/2022	12,167	0,403	0,163	1,200	11,400	12,600

Se aprecia en la Tabla 6, una media de 11,883°C para la primera fecha de toma de muestras y una media de 12,167°C para la segunda fecha de toma de muestras, un

valor de 0,445 y 0,403 de desviación estándar respectivamente, así como 0,198 y 0,163 de varianza de la muestra y un rango de 1,200 para ambas fechas de toma de muestra.

Tabla 7

Valores del nivel de pH obtenidos in situ.

		pH		
Estación	Muestra	DS 004-2017- MINAM - Cat.1 A1		
		18/02/2022	15/04/2022	
E1	M1		2,69	4,51
	M2		2,74	3,81
	M3	6,5-8,5	3,52	4,05
M4	4,22		2,73	
E2	M5		3,72	2,65
	M6		3,81	3,08

En la Tabla 7 se pueden apreciar los valores de pH obtenidos. El nivel de pH de las aguas superficiales se encuentra alrededor de 3. Esta tendencia a la acidez se puede observar tanto en las muestras tomadas antes del reservorio, como después.

Tabla 8

Estadísticos descriptivos del Ph.

Fecha	Media	Desviación estándar	Varianza de la muestra	Rango	Mínimo	Máximo
18/02/2022	3,450	0,614	0,376	1,530	2,690	4,220
15/04/2022	3,472	0,762	0,581	1,860	2,650	4,510

Se puede ver en la Tabla 8, una media de 3,450 para la primera fecha de toma de muestras y una media de 3,472 para la segunda fecha de toma de muestras, un valor de 0,614 y 0,762 de desviación estándar respectivamente. Los valores obtenidos se

encuentran por debajo de los límites, de acuerdo a la norma, DS 004-2017-MINAM – Cat.1 A1.

4.1.1.2. Oxígeno Disuelto

Tabla 9

Concentración de Oxígeno Disuelto.

Estación	Muestra	Oxígeno disuelto (mg/L)		
		DS 004-2017-MI-NAM - Cat.1 A1	18/02/2022	15/04/2022
E1	M1		8,37	7,66
	M2		7,81	7,17
	M3		7,26	7,08
	M4		7,45	7,46
E2	M5	≥6	7,62	7,94
	M6		8,25	7,07

Los valores de oxígeno disuelto se encontraban alrededor de 7, los cuales fueron mayores al valor indicado en la norma, DS 004-2017-MINAM - Cat.1 A1, tal como se observa en la Tabla 9.

Tabla 10

Estadísticos descriptivos del Oxígeno Disuelto.

Fecha	Media	Desviación estándar	Varianza de la muestra	Rango	Mínimo	Máximo
18/02/2022	7,793	0,441	0,195	1,110	7,260	8,370
15/04/2022	7,397	0,354	0,125	0,870	7,070	7,940

Se puede ver en la Tabla 10, una media de 7,793 para la primera fecha de toma de muestras y una media de 7,397 para la segunda fecha de toma de muestras y un rango de 1,110 y 0,870 respectivamente.

4.1.1.3. Nitratos

Tabla 11

Concentración de nitratos.

Estación	Muestra	Nitratos (NO ₃ ⁻) (mg/L)		
		DS 004-2017-MINAM - Cat.1 A1	18/02/2022	15/04/2022
E1	M1		0,259	0,312
	M2		0,336	0,172
	M3		0,475	0,195
	M4		0,159	0,334
E2	M5	50	0,193	0,354
	M6		0,420	0,246

La concentración de nitratos es menor que 50 mg/L para todas las muestras. En la primera y segunda fecha, es decir cumplen con la norma, DS 004-2017-MINAM - Cat.1 A1, también se puede ver que, los valores determinados de nitratos fueron mayores que 0,05 mg/L, ver Tabla 11.

Tabla 12

Estadísticos descriptivos de nitratos.

Fecha	Media	Desviación estándar	Varianza de la muestra	Rango	Mínimo	Máximo
18/02/2022	0,307	0,126	0,016	0,316	0,159	0,475
15/04/2022	0,269	0,076	0,006	0,182	0,172	0,354

Se aprecia en la Tabla 12, una media de 0,307 para la primera fecha de toma de muestras y una media de 0,269 para la segunda fecha de toma de muestras, y un rango de 0,316 y 0,182 respectivamente.

4.1.1.4. Cloruros

Tabla 13

Concentración de cloruros.

Estación	Muestra	Cloruros (mg/L)		
		DS 004-2017-MINAM - Cat.1 A1	18/02/2022	15/04/2022
E1	M1	250	62,65	57,48
	M2		60,53	63,57
	M3		74,95	61,48
M4	74,32		59,36	
E2	M5		57,14	61,07
	M6		65,59	60,01

La concentración de cloruro de la primera fecha de muestreo no presenta gran variación respecto a los valores de la segunda fecha de muestreo, con excepción de las muestras M3 y M4 (ver Tabla 13).

Tabla 14

Estadísticos descriptivos de cloruros.

Fecha	Media	Desviación estándar	Varianza de la muestra	Rango	Mínimo	Máximo
18/02/2022	65,863	7,335	53,805	17,810	57,140	74,950
15/04/2022	60,495	2,067	4,274	6,090	57,480	63,570

Se aprecia en la Tabla 14, una media de 65,863 para la primera fecha de toma de muestras y una media de 60,495 para la segunda fecha de toma de muestras, un valor de 7,335 y 2,067 de desviación; y un rango de 17,810 y 6,090 respectivamente.

4.1.1.5 Metales pesados

Tabla 15

Concentración de arsénico.

Estación	Muestra	Arsénico(mg/L)		
		DS 004-2017-MINAM - Cat.1 A1	18/02/2022	15/04/2022
E1	M1		0,03	0,038
	M2		0,0279	0,0357
	M3		<0,0012	0,0456
	M4		0,0305	0,0324
E2	M5	0,01	0,0765	0,0285
	M6		0,026	0,0498

Se observa en la Tabla 15, que los valores de Arsénico oscilaron entre <0.0012 y 0,0765. Los valores de las muestras M1, M2, M4, M5 y M6 son mayores que 0,01 y solo el valor de la muestra M3 es menor que 0,01.

Tabla 16

Concentración de calcio.

Estación	Muestra	Calcio (mg/L)		
		DS 004-2017-MINAM - Cat.1 A1	18/02/2022	15/04/2022
E1	M1		12	62,48
	M2		12	13
	M3	**	87,2	12
	M4		12,4	85
E2	M5		71,9	63,5
	M6		60,2	35,4

Se observa en la Tabla 16, distintos valores de concentración de calcio, que variaron desde 12mg/L hasta 87,2 mg/L.

Tabla 17*Concentración de magnesio.*

		Magnesio (mg/L)		
Estación	Muestra	DS 004-2017-MINAM - Cat.1 A1	18/02/2022	15/04/2022
E1	M1		9,748	19,666
	M2		9,807	16,149
	M3	**	16,38	15,541
	M4		10,02	19,345
E2	M5		17,97	13,536
	M6		20,085	9,963

Tal como se observa en la Tabla 17, la concentración de magnesio osciló entre 9,963 mg/L y 20,085 mg/L; existiendo diferencia entre las muestras de una fecha a otra.

Tabla 18*Concentración de sodio.*

		Sodio(mg/L)		
Estación	Muestra	DS 004-2017-MINAM - Cat.1 A1	18/02/2022	15/04/2022
E1	M1		37,9	54,1
	M2		37,6	43,7
	M3	**	63,3	40,1
	M4		38,5	55,9
E2	M5		63,5	68,9
	M6		43,9	52,7

Para concentraciones de Sodio, vemos en la Tabla 18 que los valores fueron distintos, van desde 37,6 mg/L hasta 68,9 mg/L.

Tabla 19*Concentración de zinc.*

Estación	Muestra	Zinc (mg/L)		
		DS 004-2017-MINAM - Cat.1 A1	18/02/2022	15/04/2022
E1	M1	3	0,0156	0,0158
	M2		0,0160	0,0178
	M3		0,0160	0,0159
	M4		0,0157	0,0188
E2	M5		0,0146	0,0189
	M6		0,0188	0,0191

En la Tabla 19 observamos las concentraciones de zinc, cuyos valores son inferiores al valor según norma DS 004-2017-MINAM - Cat.1 A1.

Tabla 20*Concentraciones de hierro, cobre, mercurio, plomo y cadmio.*

Muestra	DS 004-2017-MINAM - Cat.1 A1	18/02/2022	15/04/2022
M1-M6	0,3	Hierro (mg/L) <0,016	<0,016
M1-M6	2	Cobre (mg/L) <0,002	<0,002
M1-M6	0,001	Mercurio (mg/L) <0,00041	<0,00041
M1-M6	0,01	Plomo (mg/L) <0,0026	<0,0026
M1-M6	0,003	Cadmio (mg/L) <0,00011	<0,00011

Los resultados que se muestran en la Tabla 20 correspondieron a los metales totales; hierro, cobre, mercurio, plomo y cadmio, donde las muestras no superaron los valores establecidos según DS 004-2017-MINAM - Cat.1 A1, además, los valores indicados en la Tabla 20, correspondieron al límite de cuantificación del método.

4.1.2. Resultados Bacteriológicos

En las Tablas 21, 22 y 23 se presenta los resultados microbiológicos obtenidos de las muestras de agua de consumo, realizados en el centro poblado de Caplina, distrito de Pachía. Se analizaron 3 parámetros: bacterias heterotróficas, coliformes totales y coliformes termotolerantes.

Según la Tabla 21, en los análisis realizados para coliformes termotolerantes se encontraron dentro de los parámetros establecidos por la Norma D.S N°031-2010-S.A. Según la Norma debe haber ausencia en 1,8/100 UFC/ml para coliformes totales como para coliformes termotolerantes, los cuales se encontraron aptos.

Tabla 21

Resultados microbiológicos – coliformes termotolerantes

Estación	Muestra	Coliformes termotolerantes		
		DS N°031-2010-SA (UFC/ml)	(18/02/22) UFC/ml	(15/04/22) UFC/ml
E1	M1		<1,8	17
	M2		<1,8	<1,8
	M3	<500	23	<1,8
	M4		23	<1,8
E2	M5		<1,8	26
	M6		<1,8	35

UFC = Unidad formadora de colonias

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

En la Tabla 22 se observa los resultados microbiológicos de bacterias coliformes totales; según la Norma DS N°031-2010-SA debe haber ausencia en 1,8/100 UFC/ml para coliformes totales como para coliformes termotolerantes, en los análisis realizados se encontró que

todas las muestras sobrepasó los parámetros establecidos según la Norma mencionada.

Tabla 22

Resultados microbiológicos – bacterias coliformes totales

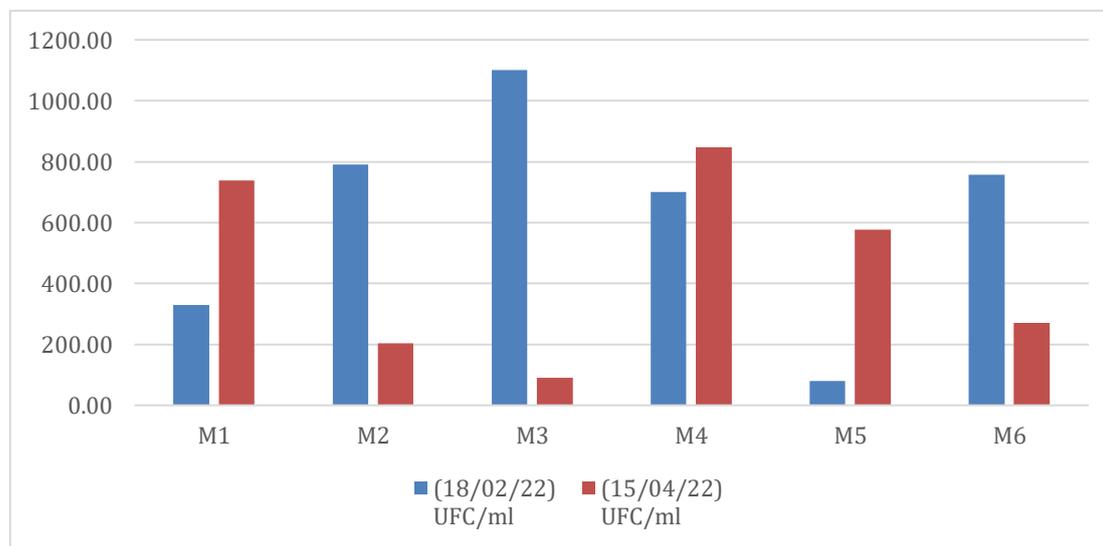
Estación	Muestra	Bacterias coliformes totales		
		DS N°031-2010-SA (UFC/100ml)	(18/02/22) UFC/ml	(15/04/22) UFC/ml
E1	M1		330,00	739,00
	M2		790,00	204,00
	M3	0(*)	1100,00	90,00
	M4		700,00	848,00
E2	M5		79,00	577,00
	M6		758,00	271,00

UFC = Unidad formadora de colonias

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

Figura 4

Recuento de bacterias coliformes totales



En la Figura 04 se observa que todas las muestras realizadas en ambas fechas sobrepasaron el valor según la norma DS N°031-2010-SA.

En la Tabla 23 se observa los resultados microbiológicos de bacterias heterotróficas; en los análisis realizados se encontró que las muestras se encuentran por encima de los parámetros establecidos según la Norma mencionada.

Tabla 23

Recuento de bacterias heterotróficas

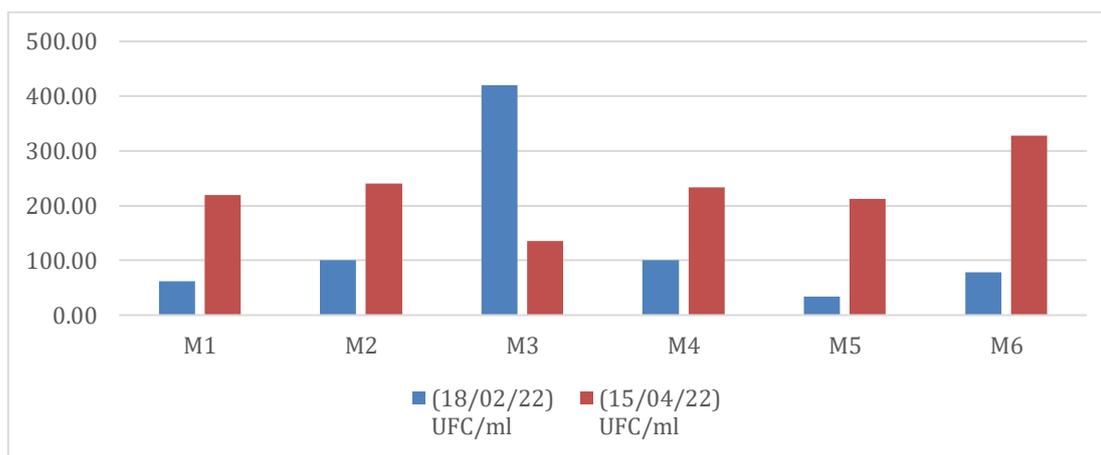
Estación	Muestra	Bacterias heterotróficas		
		DS N°031-2010-SA (UFC/100ml)	(18/02/22) UFC/ml	(15/04/22) UFC/ml
E1	M1		62,00	219,00
	M2		100,00	240,00
	M3	0(*)	420,00	136,00
	M4		100,00	233,00
E2	M5		34,00	212,00
	M6		78,00	328,00

UFC = Unidad formadora de colonias

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

Figura 5

Recuento de bacterias heterotróficas



En la Figura 05 se observa que todas las muestras realizadas en ambas fechas sobrepasan el valor según la norma DS N°031-2010-SA.

Tabla 24*Estadísticos descriptivos de los los parámetros microbiológicos y parasitológicos*

Fecha	Bacterias coliformes totales		Bacterias heterotróficas	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
18/02/2022	740,00	387,43	194	196,64
	512,33	376,40	70,67	33,61
15/04/2022	344,33	346,51	198,33	54,99
	565,33	288,68	257,67	61,81

Tabla 25*Porcentaje de muestras aptas con respecto al análisis bacteriológico.*

Muestra	Coliformes Termotolerantes		Bacterias coliformes Totales		Bacterias heterotróficas	
	(18/02/22) UFC/ml	(15/04/22) UFC/ml	(18/02/22) UFC/ml	(15/04/22) UFC/ml	(18/02/22) UFC/ml	(15/04/22) UFC/ml
M1	Apto	Apto	No Apto	No Apto	No Apto	No Apto
M2	Apto	Apto	No Apto	No Apto	No Apto	No Apto
M3	Apto	Apto	No Apto	No Apto	No Apto	No Apto
M4	Apto	Apto	No Apto	No Apto	No Apto	No Apto
M5	Apto	Apto	No Apto	No Apto	No Apto	No Apto
M6	Apto	Apto	No Apto	No Apto	No Apto	No Apto
Apto (%)	100%	100%	0%	0%	0%	0%
No Apto (%)	0%	0%	100%	100%	100%	100%

Se puede observar en la Tabla 25, que el porcentaje de muestras al análisis bacteriológico, es de 100% no apto con respecto a coliformes totales y Bacterias heterotróficas y 100% apto para coliformes termotolerantes.

DISCUSIÓN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad de agua de consumo humano del Centro Poblado Caplina del Distrito de Pachía, Provincia Tacna teniendo en cuenta parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos para determinar si cumple con los estándares de calidad para consumo humano.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la presencia de arsénico tuvo valores que oscilan entre 0.026 y 0,0765 mg/L superando el Límite Máximo Permisible (LMP) (0,01 mg/L) que establece el DS N°004 – 2017 – MINAM, Categoría A1. La presencia de este mineral se debe a la fuente geotermal, Aruma y Paralocos que emanan agua, con alto contenido de arsénico (1.43 mg/l), plomo (0.22 mg/l) y sodio (296.72 mg/l), las cuales presentan concentraciones por encima de los valores de ECA (Pino *et al.*, 2017). La contaminación del agua con arsénico se ha asociado al desarrollo de neoplasias malignas tales como cáncer de piel, pulmón, renal, vejiga y otros (Ticona *et al.*, 2019). Los valores encontrados en las dos campañas – mínimo 0,026 mg/L y máximo 0.0765 mg/L – todos superan el LMP que establece la norma para agua D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, Categoría A1, dichos resultados evidencian el riesgo al que están expuestos los ciudadanos del centro poblado Caplina.

Cuizano y otros (2010) determinaron el efecto del pH en la adsorción de iones metálicos mediante algas pardas, esto debido a un pH ácido, es decir, un pH menor a 6,5. En la Tabla 8, se evidencia que los valores obtenidos para el pH, el máximo fue de 4,510; según el actual ECA para agua – Categoría 1, subcategoría A, los parámetros fisicoquímicos para agua de consumo, así como los LMP, establecen un rango permisible de pH de 6,5 a 8,5; como fue el caso en el resultado obtenido por Blanco (2018) que obtuvo un pH de 7,20, asimismo, Aguilar y Navarro (2017) obtuvieron un

pH de 7,78 en su trabajo de investigación. Los resultados obtenidos en esta investigación están por debajo de lo que indica la norma, es decir, no son aptos para consumo humano, ya que, podría disolver iones metálicos (López, 2013).

Los resultados obtenidos del análisis de bacterias coliformes totales que figuran en la Tabla 22, ponen en evidencia, valores por encima de lo que establece la norma del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N°031-2010-S.A. También, De acuerdo a la Figura 5, las bacterias heterotróficas sobrepasan los límites establecidos por la norma en mención. Asimismo, Blanco (2018) en los resultados de su investigación para los parámetros bacteriológicos en coliformes totales $303,33 \text{ DE} \pm 136,50$ y coliformes fecales con $200 \text{ NMP}/100 \text{ ml DE} \pm 45,83$, Dichos resultados que indicarían la exposición a riesgo de contaminación microbiológica, lo que puede conllevar a enfermedades infecciosas y parasitarias gastrointestinales (SAI, 2010).

Los parámetros inorgánicos: sodio, calcio, magnesio y zinc no superan los LMP que establece la norma, sin embargo, se evidencia su presencia, como se puede ver en las Tablas 16, 17, 18 y 19. Con respecto a los parámetros: cobre, cadmio, hierro, plomo y mercurio, se encuentran por debajo de lo que establece la norma y por debajo del límite de cuantificación del método.

La variación de temperatura en más de 3° , condiciona las propiedades organolépticas del agua, así como el desarrollo de bacterias; los resultados obtenidos no evidencian variaciones considerables en las dos campañas; se observó una variación de $1,2^\circ$ que se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma (tabla 5 y 6).

Con respecto al Oxígeno disuelto se encontró valores que están dentro de los límites establecidos por la norma, ≥ 6 (D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, Categoría A1), se encontró un mínimo 7,07 y un máximo de 8,37 (Tabla 9 y 10), lo que indicaría, la

buena capacidad del río para mantener la vida acuática con respecto a este parámetro (Caballero, 2021).

Los resultados obtenidos del análisis de Nitratos (NO_3^-) se encuentran por debajo de los LMP que establece la Norma; el máximo valor obtenido valor obtenido en las dos campañas es 0,475 mg/L. Con respecto a las concentraciones de Cloruros, tanto en la campaña de febrero, como en la campaña de abril, los valores se encuentran por debajo de los límites que establece la Norma (250 mg/L). El máximo valor obtenido en las dos campañas fue de 74,950 mg/L.

En la Tabla 21, se puede apreciar los resultados microbiológicos para coliformes termotolerantes, el cual evidencia, muy poca actividad, además que los resultados están muy por debajo de lo que establece la norma.

CONCLUSIONES

Se evaluó la calidad de agua de consumo humano del centro poblado Caplina, Distrito de Pachía, provincia de Tacna. Los resultados de los parámetros físico químicos advierten la presencia de arsénico – un metal pesado al que se le asocia al desarrollo de neoplasias malignas – todos los resultados de las dos campañas superan el LMP (0,01 mg/L) que establece el DS N°004 – 2017 – MINAM, Categoría A1; también se evidencia que tiene pH ácido, todas las muestras se encuentran por debajo del valor mínimo que establece la norma (6,5 a 8,5), el cual podría disolver iones metálicos. El resto de parámetros fisicoquímicos: temperatura, oxígeno disuelto, nitratos (NO_3^-), cloruros y metales pesados (hierro, cobre, mercurio, plomo, cadmio, magnesio, zinc, calcio y sodio) se encuentran por debajo de los límites establecidos en la norma.

Se identificó y determinó la presencia de agentes contaminantes microbiológicos en donde los resultados obtenidos evidenciaron la presencia de bacterias Heterotróficas, así como las bacterias Coliformes totales, todas las muestras están por encima de los LMP que establece el reglamento de la calidad de agua para consumo humano DS N°031-2010-SA. Con respecto a las bacterias termotolerantes no muestran actividad alguna.

En base al análisis microbiológico y fisicoquímico en aguas superficiales de la cuenca Caplina del Centro Poblado Caplina, del Distrito Pachía, Tacna. Se evidenció que el agua destinada al consumo humano tiene parámetros por encima de lo que establece la norma: pH, arsénico, bacterias heterotróficas, coliformes totales, concluyendo, que no es apta para consumo humano.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio más amplio sobre la calidad del agua superficial de la cuenca del río Caplina, priorizando, además del arsénico, el análisis de metales, aluminio, hierro y cadmio ya que, una de las muestras obtenidas resultó con un valor por encima de lo que establece la norma, sin embargo, podrían ser valores aislados y únicos.
- Se recomienda realizar un tratamiento convencional de agua para reducir los contaminantes presentes y mejorar la calidad del agua en el Centro Poblado Caplina.
- De acuerdo a los resultados de los coliformes totales, se recomienda suministrar el método de cloración a fin de eliminar el exceso de coliformes presentes que superan los valores recomendados según la Norma DS N°031-2010-SA.
- Se recomienda realizar planes de muestreo que incluyan el concepto de ciclo hidrosocial y el enfoque socioecológico para la integración de la información social y ambiental, propio de estudios integrales sobre el agua.
- Se recomienda realizar estudios de análisis diferencial, antes de la bocatoma y en la red de distribución de agua para consumo humano, en el centro poblado Caplina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA-AWWA-WEF. (1999) *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater 20th Edition*.
- Aguilar, O.; Navarro, B. (2017). *Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017*. UTEA, Abancay.
- Alfaro, S.; Rojas, M. (2006). *Validación de los métodos de filtración por membrana y sustrato definido Readycult, para la detección de coliformes totales y Escherichia coli en aguas crudas, tratadas y potables en el acueducto de Zipaquira*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Arreola, M. (2014). *Evaluación de la calidad del agua subterránea en función de la presencia de arsénico, flúor y boro en Ciudad Hidalgo, Michoacán, México*. México.
- Autoridad Nacional del Agua. (2009). *Demarcación y delimitación de las Autoridades Administrativas del Agua*. Autoridad Nacional del Agua; Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (2010). RJ-202-2010-ANA. *Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales: Ríos, Lagos, Lagunas*. Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (2011). *Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Aguas Superficiales*. Autoridad Nacional del Agua. Lima, Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (2013). *Memoria del Plan Nacional de los Recursos Hídricos*. Autoridad Nacional del Agua. Lima, Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Planificación Hídrica en el Perú*. Lima, Perú.

- Barrenechea Martel A. (2004). *Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua*. En: *Tratamiento de agua para consumo humano*. Lima, Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Bartram J, Ballance R, editores. (1996). *Water quality*. En: *Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*. 1st ed. London; New York: E & FN Spon.
- Blanco, M. (2018). *Estudio de la calidad de agua potable para consumo humano en el distrito de Cabanillas, provincia San Roman, departamento de Puno*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Brooks W.E., Sandoval E., Yopez M.A. y Howard H. (2007). *Peru mercury inventory 2006*. U.S. Geological Survey Open-File Report 2007-1252, 55 p., Disponible en: <http://pubs.usgs.gov/of/2007/1252/>.
- Buelta Serrano A, Martínez R. (2015). *Guía Básica de Control de Calidad de Agua*. ONG AWA. Madrid, España
- Caballero Arbizú, Y. S. (2021). *Fluctuaciones del pH, alcalinidad, oxígeno disuelto y nutriente en Cayos Miskitos, municipio de Puerto Cabezas, Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN)*. Revista Torreón Universitario, 10(29), 154–165. <https://doi.org/10.5377/rtu.v10i29.12743>
- Cáceres Choque L. (2013). *Determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables y residuales. Procedimiento Operativo Estándar*.
- Casilla Quispe, S. (2014). *Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del rio Suchez. departamento de Puno*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

- Colin Baird, Michael Cann. (1995) *Environmental Chemistry*. New York, USA: W.H.Freeman and Company.
- Comisión de la Verdad y Reconciliación. (2003). *Informe Final* [Internet]. [citado 10 de septiembre de 2017]. Disponible en: <http://cverdad.org.pe/ifinal/>
- Congreso de la República (2009). Ley 29338, *ley de recursos hídricos*. Perú.
- Congreso de la República. (2005). Ley No 28611, *Ley General del Ambiente*. Lima – Perú.
- Correa, O.; Fuentes, F.; Coral, R. (2021). *Contaminación por metales pesados de la microcuenca agropecuaria del río Huancaray - Perú*. Revista de la Sociedad Química del Perú, 87(1), 26-38. <https://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v87i1.320>.
- Cuéllar HR. (2008) *Conceptualización de la salud ambiental: Teoría y práctica*. Rev. Perú Med Exp Salud Publica; 25(4): 403-409.
- Cuizano, N.; Reyes, U.; Dominguez, S.; Llanos, B.; Navarro, A. (2010). *Relevancia del PH en la adsorción de iones metálicos mediante algas pardas*. Revista de la Sociedad Química del Perú, 76(2), 123-130. Recuperado en 16 de julio de 2023, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000200002&lng=es&tlng=es.
- Díaz E. (2014). *Factores que influyen en la calidad del agua del manantial de Molinopampa, que se usa para consumo doméstico en la ciudad de Celendín*. Cajamarca. Perú.
- Dumler F, Acha M del P. (2014). *Construyendo la institucionalidad de la gestión integrada de los recursos hídricos a través de la gobernanza en la Autoridad Nacional del Agua*. En: El derecho frente a la crisis del agua en el Perú:

- primeras Jornadas de Derecho de Aguas. Primera edición. Lima: PUCP, Departamento Académico de Derecho.
- Fórnica, S.; Sacchi, G.; Campodónico, V.; Pasquini, A.; Cioccale, M. (2015). *Modelado de calidad de agua en ríos de montaña con impacto antrópico. Caso de estudio: sierra chica de córdoba, Argentina.*
- Goenaga, J.; Martínez, A. (2017). *Análisis de la calidad de agua para consumo humano en el corregimiento de la Peña-Atlántico y determinación del riesgo potencial para la salud humana.* Universidad de la Costa. Barranquilla, Colombia.
- González J, Montes C, Rodríguez J, Tapia W. (2008). *Rethinking the Galapagos Islands as a complex social-ecological system: implications for conservation and management.* *Ecol Soc.*
- González-Castillo O. (2016). *Sustentabilidad y la Universidad del siglo XXI: Aproximaciones al conocimiento y al trabajo colaborativo.* En: Complejidad y sistemas complejos: Un acercamiento multidimensional. México: CopIt-arXives y EditoraC3.
- Gower A. M. (1980). *Water Quality in Catchment Ecosystems.* John Wiley & Sons: NY, New York., 1980.
- Hernández-Romero H, Tovilla-Hernández C, Malo EA, Bello-Mendoza R. (2004) *Water quality and presence of pesticides in a tropical coastal wetland in southern Mexico.* *Mar Pollut Bull.*
- 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.* Costa Rica.

- Indij, D.; Schreider, M. (2011). *Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) y su Aprovechamiento para la Agricultura frente al Cambio Climático en la Región Andina – Manual N°1*.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2016). *Formas de acceso al agua y saneamiento básico*. Síntesis estadística. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú.
- International Organization for Standardization: ISO. (2005). *Water quality. General guidance on the enumeration of micro-organisms by culture*. ISO 8199.
- International Organization for Standardization: ISO. (2012). *Water quality. Determination of selected elements by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES)*. ISO 11885.
- International Organization for Standardization: ISO. (2014). *Water quality. Enumeration of Escherichia coli and coliform bacteria. Part 1: Membrane filtration method for waters with low bacterial background flora*. ISO 9308-1.
- Ley de Recursos Hídricos (31 de marzo de 2009). *Normas Legales, N°29338*. Diario Oficial El Peruano, 01 de abril de 2009.
- López LeeR. (2013). *Metales trazas en precipitaciones pluviales de zonas urbanas y rurales de Cuba*. Revista Cubana De Meteorología, 19(1), 83-88. Recuperado a partir de <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/146>
- Madrid C, Cabello V, Giampietro M. (2013). *Water-Use Sustainability in Socioecological Systems: A Multiscale Integrated Approach*. BioScience.
- Madrid-López C, Giampietro M. (2015). *The Water Metabolism of Socio-Ecological Systems: Reflections and a Conceptual Framework*. *J Ind Ecol*.

- Madrid C, Cabello V, Kovacic Z. (2013). *Analizando el metabolismo hídrico de los socio-ecosistemas: fundamentos teóricos y metodológicos*. En: 8 o Congreso Ibérico de Gestão e Planeamento da Água.
- Marín R. (1995). *Análisis de Aguas y Ensayos de Tratamiento: Principios y Aplicaciones*. Primera. Barcelona, España: Gestión i Promocío.
- Marín Galvín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos*. Ediciones Díaz de Santos. Madrid, España.
- Marín Galvín, R. (2016). *Contaminantes emergentes y metales pesados en aguas residuales: un caso de estudio*.
- Mejía, A.; Castillo, O.; Vera, R. (2016). *Agua potable y saneamiento en la nueva ruralidad de América Latina*. CAF.
- Menéndez, J.; Muñoz, S. (2021). *Contaminación del agua y suelo por los relaves mineros*. Paideia XXI. Volumen 11 (Nº 1). Lima, enero-junio 2021, pp. 141-154.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2000). *La calidad de las aguas. La situación actual y los problemas existentes*. En: Libro Blanco del Agua en España. Madrid, España: Centro de Publicaciones.
- Ministerio del Ambiente. (2008). *Decreto Supremo N°002-2008-MINAM. Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Perú*.
- Ministerio del Ambiente (2015). *Decreto Supremo N°015-2015-MINAM. Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su implementación*.

- Ministerio del Ambiente. (2017). *Decreto Supremo N°004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Lima – Perú.
- Ministerio de Salud. (2011). *Decreto Supremo N°031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Perú.
- Moriello, S. (2003). *Sistemas complejos, caos y vida artificial*. Red Científica.
- Nieves, M.; Orozco, C.; Pérez, A.; Alfayate, J.; Rodríguez, F. (2011). *Contaminación ambiental: una visión desde la química*. Ediciones Paraninfo SA.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), 2012. *Environmental Outlook to 2050: the consequences of inaction*. [Internet]. [citado 30 de agosto de 2017]. Disponible en: <http://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/oecd-environmental-outlook-1999155x.htm>
- Organización de Naciones Unidas. (2015). *17 objetivos de Desarrollo Sostenible* [Internet]. [citado 30 de agosto de 2017]. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Ortiz, H. (2015). *Evaluación de la Calidad Microbiológica y Fisicoquímica en aguas de Pozos subterráneos del Centro Poblado Viñani – Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia Tacna. Perú*.
- Pagano, T.; Sorooshian, S. (2002). *Hydrologic Cycle*. The Earth system: physical and chemical dimensions of global environmental change.
- Pavón, Y.; Rocha, J. (2015). *Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando indicadores biológicos en la subcuenca del Rio La Trinidad, Diriamba, Carazo*,

en el año hidrológico 2010-2011. Disponible en:
<http://repositorio.una.edu.ni/3227/>

Perez Garrido, C.; León Rodríguez, F.; Delgadillo García, G. (2013). *Tratamiento de Aguas. Manual de laboratorio. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán - UNAM.*

Petersen, J.; Veilleux, J.; Wolf, A. (2017). *International water conflict and cooperation: challenges and opportunities, Water International, 42(2):105-120.* [Internet]. [citado 10 de septiembre de 2017]. Disponible en:
<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02508060.2017.1276041>

Pino, E.; Valle, A.; Chavarri, E. (2017). *Efecto de las características ambientales y geológicas sobre la calidad del agua en la cuenca del río Caplina, Tacna, Perú.* Tecnología y Ciencias del Agua, vol. VIII, núm. 6, noviembre-diciembre de 2017, pp. 77-99.

Raskin, P. (2006). *World lines: Pathways, pivots and the global future.* Great Transition Initiative Papers series. Tellus Institute Org.

Redman, C. L.; Grove, J. M.; Kuby, L. H. (2004). *Integrating Social Science into the Long-Term Ecological Research (LTER) Network: Social Dimensions of Ecological Change and Ecological Dimensions of Social Change. Ecosystems.*

Salud Ambiental Infantil (SAI). (2010). *Manual para enseñanza de grado en escuelas de medicina. Estudio gráfico Tempo, Ministerio de Salud de la Nación, Organización Panamericana de la Salud.* Buenos Aires, Argentina.

Sánchez San Roman, J. (2015). *El Ciclo Hidrológico.* Universidad de Salamanca. España

- Seema, T. (2015). *Water Quality Parameters - A review. International Journal of Engineering Science Invention Research & Development*; Vol. I Issue IX. www.ijesird.com e-ISSN: 2349-6185
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2020). *Mapa Climático del Perú* [Internet]. Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/_map_data_tesis.php?drEsta=05
- Shaw, I.C.; Chadwich, J. (1998). *Principles of Environmental Toxicology*. Taylor & Francis, Ltd, London.
- Shicklomanov, I. A. (1993). *World fresh water resources*. En: *Water in crisis*. Oxford University Press; p. 13-24.
- Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del Agua - Evaluación y Diagnostico* [Internet]. Leonardo David López Escobar. Medellín, Colombia: Ediciones de la U. Disponible en: <https://es.slideshare.net/vladyvostok/calidad-del-agua-evaluacin-y-diagnostico>
- Smith, R.; Smith, T. (2007). *Ecología*. Sexta Edición. España: Pearson Education.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater: SMEWW. (2017). *Heterotrophic Plate Count. Pour Plate method*. SMEWW 9215B.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater: SMEWW. (2017). *Membrane Filter Technique for Members of the Coliform Group*. SMEWW 9222D.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater: SMEWW. (2017). *Fecal Coliform Membrane Filter Procedure*. SMEWW 9222G.
- Tarride, M. (1995). *Complexity and complex systems*. Historia, Ciencias, saúde – Manguinbos.

- Ticona Castro, M. A., Tejada Vasquez, E., & Vargas Escobedo, H. Y. (2019). *Contaminación del agua potable con arsénico y frecuencia del cáncer en la ciudad de Tacna, 2010-2011*. Revista Médica Basadrina, 6(1), 4–6. <https://doi.org/10.33326/26176068.2012.1.461>
- United States Environmental Protection Agency. (1994). *US EPA. Method 245.1 Determination of Mercury in Water by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometry* [Internet]. Disponible en: <https://www.epa.gov/homeland-securityresearch/epa-method-2451-determination-mercury-water-cold-vapor-atomic-absorption>
- United States Environmental Protection Agency. (2017). *US EPA. Introducción a la ley de agua limpia* [Internet]. US Environmental Protection Agency; [citado 17 de septiembre de 2017] p. 2-4. Disponible en: <https://www.epa.gov/lawsregulations/summary-clean-water-act>
- Vera, C.; Camilloni, I.; Kornblihtt, A. (2007). *El ciclo del agua*. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, Buenos Aires, Argentina.
- Vigil, K. M. (2003). *Clean water: an introduction to water quality and pollution control*. 2° ed. Corvallis: Oregon State University Press.
- Wagner; Shilling y Libra, (2000). *Contaminación causas y efectos*. México, D F. Ediciones Garnika. 424 p.
- Yang, X.; Wu, X.; Hao, Hl. (2008). *Mechanisms and assessment of water eutrophication*. J. Zhejiang Univ. Sci. B 9. Disponible en: <https://doi.org/10.1631/jzus.B0710626>

ANEXOS

Anexo N°1: Matriz de consistencia

TITULO: Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de agua de consumo humano del Centro Poblado Caplina, distrito de Pachía, Provincia de Tacna, 2022

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p>Problema general</p> <p>¿Será apta para el consumo humano, el agua que consume la población del Centro Poblado Caplina, distrito de Pachía, Provincia Tacna?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Evaluar la calidad de agua de consumo humano del Centro Poblado Caplina del Distrito de Pachía, Provincia Tacna teniendo en cuenta parámetros fisicoquímico y bacteriológicos para determinar si cumple con los estándares de calidad para consumo humano.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>La calidad de agua que consume la población del centro poblado Caplina no es apta para el consumo humano.</p>	<p>VARIABLES independientes</p> <p>Temperatura</p> <p>pH</p> <p>Caudal</p> <p>Oxígeno disuelto</p> <p>Cloruro</p> <p>Nitrato</p>	<p>Grado centígrado</p> <p>Acidez - basicidad</p>	<p>Medidor multiparamétrico HI 9828 (HANNA)</p> <p>Caudalímetro</p> <p>Volumetría</p> <p>Cinta métrica - cronómetro</p> <p>ICP-AES</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>¿Qué concentraciones de los parámetros físico químicos, sólidos disueltos totales, pH, demanda química de oxígeno, sólidos totales y metales totales, tiene el agua que consume el centro poblado Caplina, distrito de Pachía, Provincia Tacna?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>Identificar el nivel de los parámetros físico químicos, sólidos disueltos totales, pH, demanda química de oxígeno, sólidos totales y metales totales que tiene el agua de consumo humano del Centro Poblado Caplina del distrito de Pachía, Provincia Tacna.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>La concentración de metales pesados: plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As) y cromo (Cr) en el agua de consumo humano del centro poblado Caplina superan los ECAs.</p>	<p>Metales pesados (Na, Ca, Mg, Cu, Cd, Zn, Fe, Pb, As, Hg)</p> <p>Bacterias coliformes totales</p> <p>Bacterias coliformes termotolerantes</p> <p>Bacterias heterotróficas</p>	<p>Flujo Volumétrico</p> <p>Concentración</p>	<p>Equipo de filtración</p> <p>Incubadora,</p> <p>Autoclave,</p> <p>Balanza</p>
<p>¿Qué concentraciones de los parámetros bacteriológicos, bacterias coliformes totales, coliformes termotolerantes y bacterias heterotróficas, tiene el agua que consume el centro poblado Caplina del distrito de Pachía, Provincia Tacna?</p>	<p>Determinar el nivel de los parámetros bacteriológicos: bacterias coliformes totales, coliformes termotolerantes y bacterias heterotróficas que tiene el agua de consumo humano del Centro Poblado Caplina del distrito de Pachía, Provincia Tacna.</p>	<p>La concentración de los parámetros bacteriológicos: bacterias coliformes totales, coliformes termotolerantes y bacterias heterotróficas que tiene el agua de consumo humano del centro poblado Caplina superan los ECAs.</p>	<p>Calidad de agua</p>	<p>Parámetros Fisicoquímicos</p>	<p>Equipo multiparamétrico, ICP-AES.</p>

Anexo N°2: Instrumentos de investigación

1. Informe de ensayo LAS01-AG-AC-22-0038

 LAS Laboratorios Analíticos del Sur	Laboratorios Analíticos del Sur LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N°LE - 050
--	--	---

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00038

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 1 de 5

Clave generada : 7E1D62ED

Señores : YERSON PAUL CHAMBI MAMANI
 Dirección : ASOC. JERUSALEN NUEVA ESPERANZA MZ.56 TACNA
 Atención : YERSON PAUL CHAMBI MAMANI
 Proyecto : CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO CAPLINA, DISTRITO DE PACHÍA, PROVINCIA DE TACNA.

PROTOCOLO DE MUESTREO

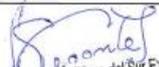
Muestreo realizado por : Cliente : YERSON PAUL CHAMBI MAMANI
 Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 036-22
 Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
 Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 19/02/2022
 Fecha de ensayo : 19/02/2022
 Nro de muestras : 1

Cod. interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000083	CUENCA CAPLINA M-1	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	CAPLINA / PALCA / TACNA / TACNA	-17.693229 ; -69.935221	18/02/2022	10:35

Condiciones de recepción de la muestra
 Cooler refrigerado

Observación
 -


 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Sixto Vicente Juárez Neira
 Gerente General
 Ing. Químico C.I.P.19474



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N°LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00038

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 2 de 5

Clave generada : 7E1D62EL

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796		800		802					
		As mg/L	Hg mg/L	Ca mg/L	Cd mg/L	Cu mg/L	Fe mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L
AG22000083	CUENCA CAPLINA M-1	0,0300	b<0,00041	12,0	b<0,00011	b<0,002	b<0,016	9,748	37,9	b<0,0026	0,0158

Sixto
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N°LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00038

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 3 de 5

Clave generada : 7E1D62ED

RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	870	871	872	873
		Bacterias Heterotróficas UFC/mL	Coliformes Total NMP/100 mL	Coliformes Termotolerantes (Fecales) NMP/100 mL	E. Coli NMP/100 mL
AG22000083	CUENCA CAPLINA M-1	62	330	<1,8	<1,8

Sixto
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474

José A. Ortiz Condor
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
José A. Ortiz Condor
Microbiología
Biólogo C.B.P. 13052



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00038

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 4 de 5

Clave generada : 7E1D62ED

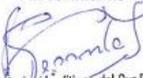
MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
800	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
870	Recuento de Bacterias Heterotróficas. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9215 B, 23rd Ed. Heterotrophic Plate Count. Pour Plate Method (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[0 - 10000000000] UFC/mL
871	Numeración de Coliformes Totales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[1.8 - 160000000000] NMP/100 mL
872	Numeración de Coliformes Fecales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures (EC Medium). (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[1.8 - 160000000000] NMP/100 mL
873	Numeración de Escherichia Coli (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 F, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluoregenic Substrate (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[1.8 - 160000000000] NMP/100 mL

* : Límite detección

b : Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----


 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Sixto Vicente Juárez Neira
 Gerente General
 Ing. Químico C.I.P.19474



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N°LE - 050

Página 5 de 5

Declaración de evaluación de la conformidad LAS01-AG-AC-22-00038 según JCGM 106

Fecha de emisión: 01/03/2022

Norma : Estándares de Calidad Ambiental Para Agua, según el Decreto Supremo D.S.N°004-2017-MINAM, para la Cat. 1: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, Sub. Cat. A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

Cod.Interno :AG22000083		Nom.Muestra :CUENCA CAPLINA M-1						
Método	Unidad Medida	Resultado	Incertidumbre	Especificación	Evaluación de la conformidad			
INORGANICO								
796	Arsénico	mg/L	0,0300	0,005	≤0,01	0,00 %	RECHAZADO	
800	Mercurio	mg/L	h<0,00041	0,00039	≤0,001	99,88 %	ACEPTADO	
802	Hierro	mg/L	h<0,016	0,00098	≤0,3	100,00 %	ACEPTADO	
802	Cobre	mg/L	h<0,002	0,0012	≤2	100,00 %	ACEPTADO	
802	Zinc	mg/L	0,0156	0,0015	≤3	100,00 %	ACEPTADO	
802	Cadmio	mg/L	h<0,00011	0,00023	≤0,003	100,00 %	ACEPTADO	
802	Plomo	mg/L	h<0,0026	0,00043	≤0,01	100,00 %	ACEPTADO	
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS								
871	Coliformes Total ¹	NMP/100 mL	330	N.A.	≤50	N.A. %	RECHAZADO	
872	Coliformes Termotolerantes(Fecales) ¹	NMP/100 mL	<1,8	N.A.	≤20	N.A. %	ACEPTADO	
873	E. Coli ¹	NMP/100 mL	<1,8	N.A.	≤0	N.A. %	RECHAZADO	

LMP¹ = Límites Máximos Permisibles indicados en la sub categoría A1 de los "Estándares de Calidad Ambiental Para Agua", D.S. 004-2017-MINAM

¹ Si se ensaya por la técnica de NMP - Número Más Probable, el valor " < 1,1 " o " < 1,8 " se considera como " 0 "

N.A. : No Aplica

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P.19474

2. Informe de ensayo LAS01-AG-AC-22-0039



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N°LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00039

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 1 de 5

Clave generada : 91A527B

Señores : YERSON PAUL CHAMBI MAMANI
 Dirección : ASOC. JERUSALEN NUEVA ESPERANZA MZ.56 TACNA
 Atención : YERSON PAUL CHAMBI MAMANI
 Proyecto : CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO CAPLINA, DISTRITO DE PACHÍA, PROVINCIA DE TACNA.

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : YERSON PAUL CHAMBI MAMANI
 Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 036-22
 Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
 Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 19/02/2022

Fecha de ensayo : 19/02/2022

Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb. AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000084	CUENCA CAPLINA M-2	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	CAPLINA / PALCA / TACNA / TACNA	-17.693229 ; -69.935221	18/02/2022	10.45

Condiciones de recepción de la muestra
 Cooler refrigerado

Observación
 -

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Sixto Vicente Juárez Neira
 Gerente General
 Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N°LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00039

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 2 de 5

Clave generada : 91A527E

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código interno L.A.S.	Nombre de Muestra	799		802								
		As	Hg	Ca	Cd	Cu	Fe	Mg	Na	Pb	Zn	
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
AG22000084	CUENCA CAPLINA M-2	0,0279	<0,00041	12,0	<0,00011	<0,002	<0,018	9,807	37,6	<0,0026	0,0160	

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Sixto Vicente Juárez Neira
 Gerente General
 Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N°LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00039

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 3 de 5

Clave generada : 91A527B

RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	870	871	872	873
		Bacterias Heterotróficas UFC/mL	Coliformes Total NMP/100 mL	Coliformes Termotolerantes (Fecales) NMP/100 mL	E. Coli NMP/100 mL
AG2200084	CUENCA CAPLINA M-2	100	790	<1,8	<1,8

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Quirpico C.I.P. 19474

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
José A. Ortiz Condoni
Microbiología
Biólogo C.B.P. 13052



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N°LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00039

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 4 de 5

Clave generada : 91A527B

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
800	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
870	Recuento de Bacterias Heterotróficas. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9215 B, 23rd Ed. Heterotrophic Plate Count. Pour Plate Method (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[0 - 1000000000] UFC/mL
871	Numeración de Coliformes Totales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[1.6 - 16000000000] NMP/100 mL
872	Numeración de Coliformes Fecales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures (EC Medium). (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[1.6 - 16000000000] NMP/100 mL
873	Numeración de Escherichia Coli (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 F, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluoregenic Substrate (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[1.6 - 16000000000] NMP/100 mL

* : Límite detección

p : Límite de cuantificación

Fin del informe

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Quirpico C.I.P. 19474

**Declaración de evaluación de la conformidad LAS01-AG-AC-22-00039
según JCGM 106**

Fecha de emisión: 01/03/2022

Norma : Estándares de Calidad Ambiental Para Agua, según el Decreto Supremo D.S.N°004-2017-MINAM, para la Cat. 1: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, Sub. Cat. A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

Cod.Interno :AG22000084		Nom.Muestra :CUENCA CAPLINA M-2					
Método	Unidad Medida	Resultado	Incertidumbre	Especificación	Evaluación de la conformidad		
INORGANICO							
796	Arsénico	mg/L	0,0279	0,0047	≤0,01	0,00 %	RECHAZADO
800	Mercurio	mg/L	≤0,00041	0,00039	≤0,001	99,88 %	ACEPTADO
802	Cadmio	mg/L	≤0,00011	0,00023	≤0,003	100,00 %	ACEPTADO
802	Cobre	mg/L	≤0,002	0,0012	≤2	100,00 %	ACEPTADO
602	Zinc	mg/L	0,0160	0,0015	≤3	100,00 %	ACEPTADO
802	Hierro	mg/L	≤0,016	0,00098	≤0,3	100,00 %	ACEPTADO
802	Plomo	mg/L	≤0,0026	0,00043	≤0,01	100,00 %	ACEPTADO
MICROBIOLOGICOS Y PARASITOLOGICOS							
871	Coliformes Total*	NMP/100 mL	790	N.A.	≤50	N.A. %	RECHAZADO
872	Coliformes Termotolerantes(Fecales)*	NMP/100 mL	<1,8	N.A.	≤20	N.A. %	ACEPTADO
873	E. Coli *	NMP/100 mL	<1,8	N.A.	≤0	N.A. %	RECHAZADO

LMP - Límites Máximos Permisibles indicados en la sub categoría A1 de los "Estándares de Calidad Ambiental Para Agua", D.S. 004-2017-MINAM*

** Si se ensaya por la técnica de NMP - Número Más Probable, el valor " 1,1 " o " 1,8 " se considera como " 0 ".*

N.A. : No Aplica

Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC


 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Sixto Vicente Juárez Neira
 Gerente General
 Ing. Químico C.I.P.19474

3. Informe de ensayo LAS01-AG-AC-22-00040



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00040

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 1 de 5

Clave generada : 3F877C18

Señores : YERSON PAUL CHAMBI MAMANI
 Dirección : ASOC. JERUSALEN NUEVA ESPERANZA MZ 56 TACNA
 Atención : YERSON PAUL CHAMBI MAMANI
 Proyecto : CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO CAPLINA, DISTRITO DE PACHÍA, PROVINCIA DE TACNA.

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : YERSON PAUL CHAMBI MAMANI
 Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 036-22
 Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
 Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 19/02/2022
 Fecha de ensayo : 19/02/2022
 Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000085	CUENCA CAPLINA M-3	Agua Natural - Superficial - Agua de Rio	CAPLINA / PALCA / TACNA / TACNA	-17.693229 ; -69.935221	18/02/2022	10.57

Condiciones de recepción de la muestra

Cícolor refrigerado

Observación

-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Sixto Vicente Juárez Neira
 Gerente General
 Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00040

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 2 de 5

Clave generada : 3F877C18

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802									
		796 As mg/L	800 Hg mg/L	Ca mg/L	Cd mg/L	Cu mg/L	Fe mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L
AG22000085	CUENCA CAPLINA M-3	≤0,0012	≤0,00041	87,2	≤0,00011	≤0,002	≤0,016	16,38	63,3	≤0,0026	0,0180

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Sixto Vicente Juárez Neira
 Gerente General
 Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00040

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 3 de 5

Clave generada : 3F877C18

RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	870	871	872	873
		Bacterias Heterotróficas	Coliformes Total	Coliformes Termotolerantes (Fecales)	E. Coli
		UFC/mL	NMP/100 mL	NMP/100 mL	NMP/100 mL
AG22000085	CUENGA CAPLINA M-3	420	11x10 ⁶	23	23

Sixto Vicente Juárez Neira
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474

José A. Ortiz Condori
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
José A. Ortiz Condori
Microbiología
Biólogo C.B.P. 13052



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00040

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 4 de 5

Clave generada : 3F877C18

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4, Arsénico Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
800	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4, Mercurio Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4, Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
870	Recuento de Bacterias Heterotróficas. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9215 B, 23rd Ed. Heterotrophic Plate Count. Pour Plate Method (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[0 - 1000000000] UFC/mL
871	Numeración de Coliformes Totales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[1.8 - 16000000000] NMP/100 mL
872	Numeración de Coliformes Fecales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures (EC Medium). (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[1.8 - 16000000000] NMP/100 mL
873	Numeración de Escherichia Coli (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 F, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluoregenic Substrate (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[1.8 - 16000000000] NMP/100 mL

* : Límite de detección

* : Límite de cuantificación

Fin del informe
Sixto Vicente Juárez Neira
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Página 5 de 5

Declaración de evaluación de la conformidad LAS01-AG-AC-22-00040 según JCGM 106

Fecha de emisión: 01/03/2022

Norma : Estándares de Calidad Ambiental Para Agua, según el Decreto Supremo D.S.N°004-2017-MINAM, para la Cat. 1: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, Sub. Cat. A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

Cod.Interno : AG22000085		Nom.Muestra : CUENCA CAPLINA M-3					
Método	Unidad Medida	Resultado	Incertidumbre	Especificación	Evaluación de la conformidad		
INORGANICO							
796	Arsénico	mg/L	≤0,0012	0,0011	≤0,01	100,00 %	ACEPTADO
800	Mercurio	mg/L	≤0,00041	0,00039	≤0,001	99,88 %	ACEPTADO
802	Cadmio	mg/L	≤0,00011	0,00023	≤0,003	100,00 %	ACEPTADO
802	Plomo	mg/L	≤0,0026	0,00043	≤0,01	100,00 %	ACEPTADO
802	Cobre	mg/L	≤0,002	0,0012	≤2	100,00 %	ACEPTADO
802	Hierro	mg/L	≤0,016	0,00098	≤0,3	100,00 %	ACEPTADO
802	Zinc	mg/L	0,0180	0,0015	≤3	100,00 %	ACEPTADO
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS							
B71	Coliformes Totales ¹	NMP/100 mL	11x10 ²	N.A.	≤50	N.A. %	RECHAZADO
B72	Coliformes Termotolerantes(Fecales) ¹	NMP/100 mL	23	N.A.	≤20	N.A. %	RECHAZADO
B73	E. Coli ¹	NMP/100 mL	23	N.A.	≤0	N.A. %	RECHAZADO

NMP¹ = Unidades Más Probables indicadas en la sub categoría A1 de los "Estándares de Calidad Ambiental Para Agua", D.S. 004-2017-MINAM

¹ Si se ensaya por la técnica de NMP - Número Más Probable, el valor "1,1" o "1,8" se considera como "0".

N.A. : No Aplica

Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC¹

Saxontet
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474

4. Informe de ensayo LAS01-AG-AC-22-00041



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00041

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 1 de 5

Clave generada : 48804C8E

Señores : YERSON PAUL CHAMBI MAMANI
 Dirección : ASOC. JERUSALEN NUEVA ESPERANZA MZ.56 TACNA
 Atención : YERSON PAUL CHAMBI MAMANI
 Proyecto : CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO CAPLINA, DISTRITO DE PACHÍA, PROVINCIA DE TACNA.

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : YERSON PAUL CHAMBI MAMANI
 Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 036-22
 Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
 Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 19/02/2022

Fecha de ensayo : 19/02/2022

Nro de muestras : 1

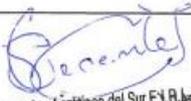
Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000088	CUENCA CAPLINA M-4	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	CAPLINA / PALCA / TACNA / TACNA	-17.689812 ; -69.937247	18/02/2022	11:30

Condiciones de recepción de la muestra

Cooler refrigerado

Observación

-


 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Sixto Vicente Juárez Neira
 Gerente General
 Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00041

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 2 de 5

Clave generada : 48804C8E

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796		800		802					
		As mg/L	Hg mg/L	Ca mg/L	Cd mg/L	Cu mg/L	Fe mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L
AG22000086	CUENCA CAPLINA M-4	0,0305	h<0,00041	12,4	h<0,00011	h<0,002	h<0,016	10,02	36,5	h<0,0026	0,0157

[Signature]
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00041

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 3 de 5

Clave generada : 48804C8E

RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	870	871	872	873
		Bacterias Heterotróficas UFC/mL	Coliformes Total NMP/100 mL	Coliformes Termotolerantes (Fecales) NMP/100 mL	E. Coli NMP/100 mL
AG22000086	CUENCA CAPLINA M-4	100	700	23	23

[Signature]
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
José A. Ortiz Condori
Microbiología
Biólogo C.B.P. 13052



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00041

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 4 de 5

Clave generada : 48804C8E

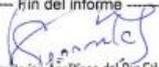
MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
800	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
870	Recuento de Bacterias Heterotróficas. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9215 B, 23rd Ed. Heterotrophic Plate Count. Pour Plate Method (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[0 - 10000000000] UFC/mL
871	Numeración de Coliformos Totales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[1.8 - 160000000000] NMP/100 mL
872	Numeración de Coliformos Fecales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures (EC Medium). (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[1.8 - 160000000000] NMP/100 mL
873	Numeración de Escherichia Coli (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 F, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[1.8 - 160000000000] NMP/100 mL

* : Límite detección

p : Límite de cuantificación

Fin del Informe


 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Sixto Vicente Juárez Neira
 Gerente General
 Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

Página 5 de 5

Declaración de evaluación de la conformidad LAS01-AG-AC-22-00041 según JCGM 106

Fecha de emisión: 01/03/2022

Norma : Estándares de Calidad Ambiental Para Agua, según el Decreto Supremo D.S. N°004-2017-MINAM, para la Cat. 1: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, Sub. Cat. A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

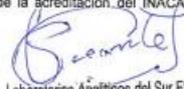
Cod. Interno : AG22000086		Nom. Muestra : CUENCA CAPLINA M-4					
Método	Unidad Medida	Resultado	Incertidumbre	Especificación	Evaluación de la conformidad		
INORGANICO							
796	Arsénico	mg/L	0,0305	0,0051	≤0,01	0,00 %	RECHAZADO
800	Mercurio	mg/L	≤0,00041	0,00039	≤0,001	99,88 %	ACEPTADO
802	Cadmio	mg/L	≤0,00011	0,00023	≤0,003	100,00 %	ACEPTADO
802	Plomo	mg/L	≤0,0026	0,00043	≤0,01	100,00 %	ACEPTADO
802	Cobre	mg/L	≤0,002	0,0012	≤2	100,00 %	ACEPTADO
802	Zinc	mg/L	0,0157	0,0015	≤3	100,00 %	ACEPTADO
802	Hierro	mg/L	≤0,016	0,00096	≤0,3	100,00 %	ACEPTADO
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS							
871	Coliformes Total ¹	NMP/100 mL	700	N.A.	≤50	N.A. %	RECHAZADO
872	Coliformes Termotolerantes(Fecales) ¹	NMP/100 mL	23	N.A.	≤20	N.A. %	RECHAZADO
873	E. Coli ¹	NMP/100 mL	23	N.A.	≤0	N.A. %	RECHAZADO

LMP* - Límites Máximos Permisibles indicados en la sub categoría A1 de los "Estándares de Calidad Ambiental Para Agua", D.S. 004-2017-MINAM

¹ Si se ensaya por la técnica de NMP - Número Más Probable, el valor "1,1" o "1,8" se considera como "0".

N.A. : No Aplica

Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC

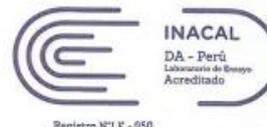

 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Sixto Vicente Juárez Neira
 Gerente General
 Ing. Químico C.I.P. 19474

5. Informe de ensayo LAS01-AG-AC-22-00042



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N°LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00042

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 1 de 5

Clave generada : D1891D34

Señores : YERSON PAUL CHAMBI MAMANI
 Dirección : ASOC. JERUSALEN NUEVA ESPERANZA MZ.56 TACNA
 Atención : YERSON PAUL CHAMBI MAMANI
 Proyecto : CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO CAPLINA, DISTRITO DE PACHÍA, PROVINCIA DE TACNA.

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : YERSON PAUL CHAMBI MAMANI
 Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 036-22
 Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
 Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente
 Fecha de recepción : 19/02/2022
 Fecha de ensayo : 19/02/2022
 Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000087	CUENCA CAPLINA M-5	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	CAPLINA / P/ALCA / TACNA / TACNA	-17.890796 ; -89.936960	18/02/2022	11:36

Condiciones de recepción de la muestra
Cooler refrigerado

Observación

Sixto Juarez Neira
 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Sixto Vicente Juárez Neira
 Gerente General
 Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N°LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00042

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 2 de 5

Clave generada : D1891D34

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796		800		802					
		As	Hg	Ca	Cd	Cu	Fe	Mg	Na	Pb	Zn
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG22000087	CUENCA CAPLINA M-5	0,0765	≤0,00041	71,9	0,00157	≤0,002	4,19	17,97	63,5	≤0,0026	0,0148

Sixto Juarez Neira
 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Sixto Vicente Juárez Neira
 Gerente General
 Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00042

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 3 de 5

Clave generada : D1891D34

RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	870	871	872	873
		Bacterias Heterotróficas	Coliformes Total	Coliformes Termotolerantes (Fecales)	E. Coli
		UFC/mL	NMP/100 mL	NMP/100 mL	NMP/100 mL
AG22000087	CUENCA CAPLINA M-5	34	79	<1,8	<1,8

Sixto
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474

Jose A. Ortiz
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Jose A. Ortiz Condori
Microbiología
Biólogo C.B.P. 13052



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00042

Fecha de emisión: 01/03/2022

Página 4 de 5

Clave generada : D1891D34

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
800	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
870	Recuento de Bacterias Heterotróficas. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9215 B, 23rd Ed. Heterotrophic Plate Count. Pour Plate Method (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[0 - 10000000000] UFC/mL
871	Numeración de Coliformes Totales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[¹ 1.8 - 16000000000] NMP/100 mL
872	Numeración de Coliformes Fecales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures (EC Medium). (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[¹ 1.8 - 16000000000] NMP/100 mL
873	Numeración de Escherichia Coli (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 F, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluoregenic Substrate (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[¹ 1.8 - 16000000000] NMP/100 mL

* : Límite de detección

* : Límite de cuantificación

Fin del informe

Sixto
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050

Registro INTE - 050

Página 5 de 5

Declaración de evaluación de la conformidad LAS01-AG-AC-22-00042 según JCGM 106

Fecha de emisión: 01/03/2022

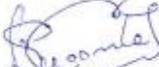
Norma : Estándares de Calidad Ambiental Para Agua, según el Decreto Supremo D.S.N°004-2017-MINAM, para la Cat. 1: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, Sub. Cat. A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

Cod.Interno : AG2200087		Nom.Muestra : CUENCA CAPLINA M-5					
Método	Unidad Medida	Resultado	Incertidumbre	Especificación	Evaluación de la conformidad		
INORGANICO							
796	Arsénico	mg/L	0,0765	0,011	≤0,01	0,00 %	RECHAZADO
800	Mercurio	mg/L	≤0,00041	0,00039	≤0,001	99,88 %	ACEPTADO
802	Hierro	mg/L	4,19	0,18	≤0,3	0,00 %	RECHAZADO
802	Piomo	mg/L	≤0,0028	0,00043	≤0,01	100,00 %	ACEPTADO
802	Cobre	mg/L	≤0,002	0,0012	≤2	100,00 %	ACEPTADO
802	Zinc	mg/L	0,0146	0,0014	≤3	100,00 %	ACEPTADO
802	Cadmio	mg/L	0,00157	0,00031	≤0,003	100,00 %	ACEPTADO
MICROBIOLOGICOS Y PARASITOLOGICOS							
871	Coliformes Total ¹	NMP/100 mL	79	N.A.	≤50	N.A. %	RECHAZADO
872	Coliformes Termotolerantes/Fecales ¹	NMP/100 mL	<1,8	N.A.	≤20	N.A. %	ACEPTADO
873	E. Coli ¹	NMP/100 mL	<1,8	N.A.	≤0	N.A. %	RECHAZADO

LMP¹ - Límites Máximos Permisibles indicados en la sub categoría A1 de los "Estándares de Calidad Ambiental Para Agua", D.S. 004-2017-MINAM
¹ Si se ensaya por la técnica de NMP - Número Más Probable, el valor "1,1" o "1,8" se considera como "0".

N.A. : No Aplica

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"


 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Sixto Vicente Juárez Neira
 Gerente General
 Ing. Osvaldo C.I.P. 19474

6. Resultados de análisis fisicoquímico de aguas, Informe de ensayo N°C098-2022



LABORATORIOS B&C S.A.C.

"Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos"

RUC: 20448241090

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUAS

INFORME DE ENSAYO N° C098-2022

I. Datos del Solicitante

Solicitante : **YERSON PAUL CHAMBI MAMANI**
 Dirección : —
 Proyecto : "Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de agua de consumo humano del centro poblado Capilna, distrito de Pachía, provincia de Tacna, 2022."

II. Datos del muestreo

Cod. Campo	Origen de la muestra	Punto de muestreo	Distrito	Provincia	Dept.	Ubicación UTM / Coordenadas	Fecha y hora de muestreo
M-06	Agua Superficial	Rio Capilna	Pachía	Tacna	Tacna	-17.690076 / -69.935909	18-Feb-22 11:50

Presentación : 2,300 mL, aproximadamente cada uno, en envase de borosilicato estéril y paletillero.
 Tipo de muestra : Puntual
 Muestreado por : El Cliente
 Fecha de recepción : 18 - febrero - 2022

III. Resultados Parámetros Inorgánicos:

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO DE MUESTREO Y/O CODIFICACION:	ECA D.S. N° 004-2017 - MINAM Cat.1 - A2
		M-06:	
Arsénico	mg/L	0.026	≤ 0,01
Cadmio	mg/L	<0.00011	≤ 0,005
Calcio	mg/L	60.2	—
Cobre	mg/L	<0.002	≤ 2
Hierro	mg/L	<0.016	≤ 1
Magnesio	mg/L	20.08	—
Mercurio	mg/L	<0.00041	≤ 0,002
Plomo	mg/L	<0.0026	≤ 0,05
Sodio	mg/L	43.90	—
Zinc	mg/L	0.02	≤ 5

Donde:
 * Valor : Límite de Detección del Método
 mg/L : Miligramos por Litro




LABORATORIOS B&C S.A.C.

Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos

RUC: 20448241690

IV. Resultados Parámetros Fisicoquímicos

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO DE MUESTREO Y/O CODIFICACION:		ECA D.S. N° 004-2017 - MINAM Cat.1 - A2
		M-06:		
Caudal	L/s	31.00		—
Cloruro	mg/L Cl ⁻	65.59		≤ 250
Nitrato	mg/L NO ₃ ⁻	0.42		50
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	8.25		≥ 5
pH	Valor de pH	3.81		5,5 – 8,0
Temperatura	°C	12.10		±3

Datos:

 * Valor : Límite de Detección de Análisis
 mg/L : Miligramos por Litro
 L/s : Litros por segundo

V. Resultados Parámetros Microbiológicos:

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO DE MUESTREO Y/O CODIFICACION:		ECA D.S. N° 004-2017 - MINAM Cat.1 - A2
		M-06:		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	<1.8		≤ 2000
Coliformes totales	NMP/100ml	758		**
Bacterias heterótrofas	UFC/mL	78		**
Escherichia coli	NMP/100ml	<1.8		**

Datos:

 * Valor : Límite de Detección de Análisis
 NMP : Número Más Probable
 UFC : Unidades Formadoras de Colonias

MÉTODOS DE ENSAYO:

- pH Potenciométrico
- Temperatura Termohistómetro
- Oxígeno Disuelto: Método de incubación de 5 días. Método normalizado para el análisis de aguas potables y residuales APHA, 1998A, WSP, Part. 5210 E, 21ª ed. 2005.
- Cloruro: Método de mercurímetro. Método Normalizado para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA-1998A WSP, Part. 2000, 21ª ed. 2005. Método 2030.0.
- Nitrato: Fotométrico
- Índice de Turbidez: Fotométrico
- Numeración de Coliformos totales Método de fermentación de tubos múltiples. Método Normalizado para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. APHA, ANW WSP, Part. 9221 E, 21ª ed. 2005.
- Numeración de Coliformos fecales (Termotolerantes) Método de fermentación de tubos múltiples. Método Normalizado para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, ANW WSP, Part. 9221 E, 21ª ed. 2005.
- Numeración de Escherichia coli. Método de fermentación de tubos múltiples usando medio EC-4853. Método Normalizado para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, ANW WSP, Part. 9221 F-1, 21ª ed. 2005.
- Recuento de Bacterias heterótrofas Método de placa fluida. Método Normalizado para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, 1998A WSP, Part. 9215 B-1, 21ª ed. 2005.

NOTAS IMPORTANTES

- El presente Informe de Ensayos tal como es válido únicamente para la muestra analizada.
- No deben inferirse a la muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente LABORATORIOS B&C no es responsable si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad.

Juliaca, 23 de febrero del 2022


B&C S.A.C.
Bos. Herbert Paul Nebra
 JEFE DE LABORATORIO
 C.B.P. 9687

7. Resultados de análisis fisicoquímico de aguas, Informe de ensayo N°C214-2022



LABORATORIOS B&C S.A.C.
Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos
RUC: 20448241590

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° C214-2022

I. Datos del Solicitante
Solicitante : YERSON PAUL CHAMBI MAMAM
Dirección : —
Proyecto : "Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de agua de consumo humano del centro poblado Caplina, distrito de Pachia, provincia de Tacna, 2022."

II. Datos del muestreo

.Cod. Campo	Origen de la muestra	/ Punto de muestreo	/ Distrito	/ Provincia	/ Dept.	Ubicación UTM / Coordenadas	Fecha y hora de muestreo
M-01	Agua Superficial	Rio Caplina	Pachia	Tacna	Tacna	-17.893229 / -69.935221	15-Abr-22 10:05
M-02	Agua Superficial	Rio Caplina	Pachia	Tacna	Tacna	-17.893229 / -69.935221	15-Abr-22 10:15
M-03	Agua Superficial	Rio Caplina	Pachia	Tacna	Tacna	-17.893229 / -69.935221	15-Abr-22 10:30
M-04	Agua Superficial	Rio Caplina	Pachia	Tacna	Tacna	-17.893812 / -69.937247	15-Abr-22 10:40
M-05	Agua Superficial	Rio Caplina	Pachia	Tacna	Tacna	-17.890796 / -69.935960	15-Abr-22 10:45
M-06	Agua Superficial	Rio Caplina	Pachia	Tacna	Tacna	-17.890076 / -69.935809	15-Abr-22 10:50

Presentación : 2.300 ml, aproximadamente cada uno, en envase de boroalcalato estéril y poliduro.
Tipo de muestra : Puntual
Muestreado por : El Cliente
Fecha de recepción : 15 - abril - 2022

III. Resultados Parámetros Inorgánicos:

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO DE MUESTREO Y/O CODIFICACION:						ECA D.S. N° 004-2017 - MINAM Cat.1 - A2
		M-01:	M-02:	M-03:	M-04:	M-05:	M-06:	
Arsénico	mg/L	0.038	0.036	0.046	0.032	0.029	0.060	≤ 0.01
Cadmio	mg/L	<0.00011	<0.00011	<0.00011	<0.00011	<0.00011	<0.00011	≤ 0.005
Calcio	mg/L	62.5	13.0	12.0	86.0	63.5	35.4	—
Cobre	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	≤ 2
Hierro	mg/L	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	≤ 1
Magnesio	mg/L	19.67	16.15	15.54	19.35	13.54	9.96	—
Mercurio	mg/L	<0.00041	<0.00041	<0.00041	<0.00041	<0.00041	<0.00041	≤ 0.002
Plomo	mg/L	<0.0026	<0.0026	<0.0026	<0.0026	<0.0026	<0.0026	≤ 0.05
Sodio	mg/L	54.10	43.70	40.10	66.90	68.90	52.70	—
Zinc	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	≤ 5

Donde: * Valor : Límite de Detección en mg/L. Milligramos por Litro



OFICINA: Jr. Lima N° 105, Ofic. 312
Juliaca, Puno - Perú.
Tel: (051) 787601 / 951 42233 / 957 706666
E-mail: laboratorios@gmail.com


LABORATORIOS B&C S.A.C.

Laboratorio de Análisis Químico y Microbiológico

RUC: 20448241590

N. Resultados Parámetros Fisicoquímicos

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO DE MUESTREO Y/O CODIFICACION:						ECA D.S. N° 004- 2017 -MINAM Cat.1 - A2
		M-01:	M-02:	M-03:	M-04:	M-05:	M-06:	
Caudal	L/s	28.00	28.00	28.00	--	--	--	--
Cloruros	mg/L Cl ⁻	57.48	63.57	61.48	58.36	61.07	60.01	≤ 250
Nitrosos	mg/L NO ₂ ⁻	0.31	0.17	0.20	0.33	0.35	0.25	50
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	7.66	7.17	7.08	7.46	7.94	7.07	≥ 5
pH	Valor de pH	4.51	3.82	4.05	2.73	2.65	3.08	5,5 - 9,0
Temperatura	°C	12.60	12.30	12.30	12.20	12.20	11.40	±3

Donde:

 * Valor Límite de Detección del Método
 mg/L Miligramos por Litro
 L/s Litros por segundo

V. Resultados Parámetros Microbiológicos:

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO DE MUESTREO Y/O CODIFICACION:						ECA D.S. N° 004- 2017 -MINAM Cat.1 - A2
		M-01:	M-02:	M-03:	M-04:	M-05:	M-06:	
Coliformos Termotolerantes	NMP/100 ml	17.00	<1.8	<1.8	<1.8	26.00	26.00	≤ 2000
Coliformos totales	NMP/100 ml	739	204	90	848	577	271	**
Bacterias heterótrofas	UFC/ml	219	240	136	233	212	326	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	17	<1.8	<1.8	<1.8	26	35	**

Donde:

 * Valor Límite de Detección del Método
 NMP Número Más Probable
 UFC Unidades Formadoras de Colonias

MÉTODOS DE ENSAYO:

- pH Potenciométrico.
- Temperatura: Termohigrómetro.
- Oxígeno Disuelto: Prueba de reducción de 5 días. Método Normalizado para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WEF, Part. 5210 B, 21ª ed. 2005.
- Cloruros: Titulométrico. Método Normalizado para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WEF, Part. 3000, 21ª ed. 2005, Manual 2020-D.
- Nitrosos: Colorimétrico.
- Inorgánicos: Fotométrico.
- Enumeración de Coliformos (totales): Método de fermentación de tubos múltiples. Método Normalizado para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WEF, Part. 9210 B, 21ª ed. 2005.
- Enumeración de Coliformos fecales (Termotolerantes): Método de fermentación de tubos múltiples. Método Normalizado para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WEF, Part. 9210 E, 21ª ed. 2005.
- Enumeración de Escherichia coli: Método de fermentación de tubos múltiples usando medio EC-MAX, Método Normalizado para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WEF, Part. 9210 F-1, 21ª ed. 2005.
- Recuento de Bacterias Heterótrofas: Método de placa sólida. Método Normalizado para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WEF, Part. 9210 B-1, 21ª ed. 2005.

NOTAS IMPORTANTES

- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad para la muestra analizada.
- No debe inferirse a la Muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, LABORATORIOS B&C no es responsable si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de Gestión.


 B&C Robert Paul Neira
 JEFE DEL LABORATORIO
 CSP. 9087

Juliaca, 20 de abril del 2022

Anexo N°3: Declaración Jurada

Yo, **Yerson Paul Chambi Mamani**, identificada con DNI. N° **76313553**, de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Latinoamericana CIMA declaro bajo juramento, autorizar, en mérito a la Resolución del Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, registrar mi trabajo de investigación para optar el: Grado profesional

a) **Acceso abierto**; tiene la característica de ser público y accesible al documento a texto completo por cualquier tipo de usuario que consulte el repositorio.

b) **Acceso restringido**; solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, mas no al texto completo, ocurre cuando el autor de la información expresamente no autoriza su difusión.

En caso que el autor del trabajo de investigación elija la opción restringida, se colgará únicamente los datos del autor y el resumen del trabajo de investigación.



Autor: Yerson Paul Chambi Mamani
DNI: 76313553

Anexo N°4: Declaración de Auditoria

Yo, **Yerson Paul Chambi Mamani**, identificado con DNI° **76313553** egresado (a) de la carrera de Ingeniería Ambiental declaro bajo juramento ser autor (a) del Trabajo de Investigación denominado “CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO CAPLINA, DISTRITO DE PACHÍA, PROVINCIA DE TACNA, 2022 “Además de ser un trabajo original, de acuerdo a los requisitos establecidos en el artículo pertinente del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Latinoamericana CIMA.



Autor: **Yerson Paul Chambi Mamani**
DNI: 76313353

Anexo N°5: Fotos



Local municipal del centro poblado Caplina



Toma de muestra en el reservorio, después de ser tratado por desinfección



Toma de muestra en la cuenca Caplina



Proximidades de la bocatoma del centro poblado de la cuenca Caplina