

UNIVERSIDAD EVANGELICA BOLIVIANA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUIMICA Y FARMACIA



MODALIDAD DE GRADUACIÓN

TESIS

TÍTULO:

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL
AGUA DESTINADA AL CONSUMO HUMANO Y PROPUESTA DE UN
TRATAMIENTO BÁSICO DE POTABILIZACIÓN EN LA COMUNIDAD SAN
MARCOS, MUNICIPIO DE POSTRERVALLE, DEPARTAMENTO DE SANTA
CRUZ – BOLIVIA, GESTIÓN 2023**

PROFESIONAL GUÍA:

DRA. MELBY CASTELLON GOMEZ

POSTULANTE:

LISETT VENITA ROJAS SANDOVAL

PREVIA OPCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIATURA

EN BIOQUÍMICA Y FARMACIA

SANTA CRUZ DE LA SIERRA - BOLIVIA

GESTIÓN 2026

**Tribunal Calificador Externo
Colegio de Bioquímica y Farmacia
Santa Cruz de la Sierra**

**Tribunal Calificador Externo
U.A.G.R.M.**

**Tribunal Calificador Externo
U.A.G.R.M.**

**Tribunal Calificador Interno
U.E.B.**

**Tribunal Calificador Interno
U.E.B.**

**Jefe de Carrera Bioquímica y Farmacia
U.E.B.**

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia para no rendirme en el camino hacia esta meta. Su guía y apoyo constante me han permitido superar los obstáculos y alcanzar este anhelado logro. Sin su presencia en mi vida, esto no habría sido posible.

A mis padres, por su amor incondicional, su confianza y su apoyo inquebrantable en cada etapa de mi vida.

A mi hermana, por su compañía y respaldo constante.

A mis amigas, por su motivación y su valiosa amistad a lo largo de este recorrido.

A mi tutora, Lic. Melby Castellón Gómez, por su orientación, paciencia y dedicación. Gracias por compartir sus conocimientos y experiencias, los cuales fueron fundamentales para culminar este trabajo con éxito.

A mi jefe de carrera, Dr. Walter Rojas, por su apoyo y guía durante esta etapa tan importante de mi formación.

A mi Universidad Evangélica Boliviana, por ser parte esencial de mi crecimiento profesional en un ambiente de excelencia, fundamentado en principios bíblicos, ética y moral.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y a mis padres, René Rojas y Edith Sandoval, quienes han sido mi fuente constante de inspiración y amor. Por confiar y creer en mí, su apoyo inquebrantable y sus sacrificios me han permitido llegar hasta aquí. Este logro es por ustedes, quienes son el pilar fundamental en mi vida; sus valores inculcados han hecho de mí una persona de bien. Admiro profundamente su humildad, su generosidad y su capacidad para seguir adelante a pesar de las dificultades. Es un orgullo ser su hija, los amo.

A mis abuelitos, Eulogio Sandoval y Venita Romero.
A ti, abuelito, por tu presencia, tu legado y tu historia.
Llevo con orgullo tu apellido y la fuerza que sembraste en mí. Te recuerdo con todo mi amor.

A ti, abuelita, aunque no tuve la oportunidad de conocerte, sé que tu esencia y tu fortaleza son parte de mí. Admiro profundamente la mujer valiente que fuiste y agradezco por dejar un nombre tan alto, que hoy llevo con orgullo como tu nieta.

ÍNDICE

1	INTRODUCCION	1
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2.1	Delimitación del problema	5
2.1.1	Delimitación temporal.....	5
2.1.2	Delimitación espacial.....	5
2.1.3	Delimitación sustancial	5
3	PREGUNTA PROBLEMA.....	6
4	JUSTIFICACION	7
4.1	Justificación Científica.....	7
4.2	Justificación Social	8
4.3	Justificación Profesional	8
5	OBJETIVOS.....	9
5.1	Objetivo General	9
5.2	Objetivos Específicos	9
6	MARCO TEÓRICO	10
6.1	Antecedentes	10
6.2	Bases teóricas	16
6.2.1	Definición de agua	16
6.2.2	Características del agua.....	16
6.2.3	Fuentes naturales de agua.....	18
6.2.4	Tipos de agua.....	19
6.2.5	Agua potable	20
6.2.6	Norma Boliviana 512.....	21

6.2.7	Características Fisicoquímicas	21
6.2.8	Características microbiológicas.....	26
6.2.9	Enfermedades transmitidas por el consumo de agua.....	32
6.2.10	Técnica de petrifilm para determinar coliformes	33
6.2.11	Técnica de Encuesta.....	35
6.2.12	Municipio de Postrervalle.....	36
6.2.13	Algunos tratamientos básicos del agua para consumo humano 37	
6.3	Marco Conceptual.....	41
7	HIPÓTESIS	43
8	VARIABLES.....	44
8.1	Variables.....	44
8.2	Operacionalización de Variables.....	44
9	DISEÑO METODOLÓGICO	45
9.1	Tipo de Estudio.....	45
9.2	Área de estudio.....	45
9.3	Universo y Muestra.....	46
9.3.1	Universo.....	46
9.3.2	Muestra	46
9.4	Procedimiento.....	47
9.4.1	Preparación y esterilización de materiales.....	47
9.4.2	Toma de Muestra	48
9.4.3	Procedimiento para la toma de muestra	49
9.4.4	Procesamiento de las muestras para análisis microbiológico en el laboratorio de la UEB.	54
9.4.5	Procesamiento de las muestras para análisis fisicoquímico en el Laboratorio de medio ambiente LMA.....	58
9.5	Materiales	59
9.6	Instrumento de Captura de Datos.	59

10	PRESENTACIÓN DE DATOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADO	60
10.1	Resultados de análisis fisicoquímico de las muestras de agua para consumo humano	60
10.2	Resultados de análisis microbiológico de las muestras de agua para consumo humano.....	63
10.3	Resultados de la recopilación de información mediante encuesta	65
10.4	Propuesta de tratamiento básico del agua para la comunidad san marcos	78
10.5	Discusión de resultados	78
11	CONCLUSIONES	80
12	RECOMENDACIONES	82
13	BIBLIOGRAFÍA	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Esterilización de Materiales.....	47
Figura 2. Croquis de la Ubicación de los puntos de Muestra.....	48
Figura 3. Descripción del punto de muestreo.....	49
Figura 4. Identificación de envases.....	50
Figura 5. Recolección y toma de muestra.....	51
Figura 6. Análisis Organoléptico y Temperatura de la Muestra.....	52
Figuro 7. Almacenamiento y transporte de la muestra.....	53
Figuro 8. Limpieza y desinfección del área de trabajo.....	54
Figuro 9. Inoculación de la muestra.....	55
Figuro 10. Incubación de las muestras.....	56
Figuro 11. Lectura de resultados.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1 Requisitos fisicoquímicos.....	25
Tabla N° 2 Requisitos microbiológicos.....	31
Tabla N° 3 Enfermedades transmitidas por el consumo de agua.....	32
Tabla N° 4 Resultados de las características Fisicoquímicas (M1- Tanque)	60
Tabla N°5 Resultados de las características Fisicoquímicas (M2- Final de la quebrada).....	61
Tabla N°6 Resultado de las características microbiológicas (M1- Tanque).....	63
Tabla N°7 Resultado de las características microbiológicas (M2- Final de la quebrada).....	64

ÍNDICE DE GRÁFICO

Pág.

Gráfico N°1 Número de personas que conforman las viviendas.....	65
Gráfico N°2 Fuente de agua de la que se abastece la población.....	66
Gráfico N°3 Recipientes donde recolectan y almacenan el agua para su consumo.....	67
Gráfico N°4 Percepción de los pobladores sobre la calidad del agua	68
Gráfico N°5 Características del agua observadas por los pobladores	69
Gráfico N°6 Utilización de Métodos de desinfección del agua antes de consumirla.....	70
Gráfico N°7 Los animales tienen ingreso a la quebrada	71
Gráfico N°8 Utilización de la quebrada para lavado de prendas y aseo personal	72
Gráfico N°9 Lugar en que realizan su disposición de heces fecales	73
Gráfico N°10 Presencia de enfermedades estomacales en los pobladores.....	74
Gráfico N°11 Síntomas que manifestaron los pobladores al contraer enfermedades.....	75
Gráfico N°12 Frecuencia de enfermedades estomacales al año	76
Gráfico N°13 Asistencia de la población a consulta médica	77

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Animales en la quebrada.....	89
Anexo 2. Tanque de abastecimiento.....	90
Anexo 3. Toma de muestra.....	91
Anexo 4. Encuesta a la población de la comunidad san marcos.....	92
Anexo 5. Entrevista con el médico de la comunidad.....	93
Anexo 6. Posta de salud Mosquera.....	94
Anexo 7. Placas de petrifilm	95
Anexo 8. Diseño de la encuesta.....	96
Anexo 9. Procedimiento para la toma de muestra NB 496.....	97
Anexo 10. Diseño del informe de resultados de análisis fisicoquímicos emitido por LMA.....	98
Anexo 11. Historia clínica de paciente de la comunidad san marcos.....	99
Anexo 12. Carta informativa al OTB de la comunidad San Marcos	100
Anexo 13. Carta informativa al Servicio departamental de Santa Cruz (SEDES).....	101
Anexo 14. Carta de solicitud de intervención al alcalde del Municipio de Postrevale.....	102
Anexo 15. Propuesta de tratamiento básico del agua.....	103
Anexo 16. Boletín informativo de tratamientos básicos de potabilización.....	108

RESUMEN

El acceso al agua potable constituye un derecho humano fundamental y un determinante esencial de la salud pública. En comunidades rurales, la ausencia de sistemas de tratamiento adecuados incrementa el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua destinada al consumo humano en la comunidad San Marcos del municipio de Posttrervalle, conforme a la Norma Boliviana NB 512, para fundamentar una propuesta de tratamiento básico de potabilización durante la gestión 2023.

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, descriptivo-comparativo, con diseño no experimental y de corte transversal, realizada durante la gestión 2023 en la comunidad San Marcos, municipio de Posttrervalle, departamento de Santa Cruz, Bolivia. El universo estuvo constituido por los puntos de abastecimiento de agua para consumo humano de dicha comunidad, y la muestra correspondió a las muestras de agua recolectadas en los puntos seleccionados. La toma de muestras se realizó siguiendo los protocolos establecidos en la Norma Boliviana NB 496, para su posterior análisis fisicoquímico y microbiológico. Los resultados fueron comparados con los límites máximos permisibles definidos en la Norma Boliviana NB 512. Asimismo, se aplicaron encuestas estructuradas a los pobladores con la finalidad de identificar las prácticas de recolección y almacenamiento del agua para consumo humano. De manera complementaria, se realizó una entrevista al personal del área de salud de la zona, con el objetivo de recabar información sobre antecedentes de enfermedades gastrointestinales. Los resultados obtenidos constituyeron la base para la formulación de una propuesta de tratamiento básico de potabilización, técnicamente viable y acorde a las condiciones de la comunidad. Los resultados evidenciaron que los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por la normativa vigente. Sin embargo, el análisis

microbiológico mostró presencia de coliformes totales y *Escherichia coli*, lo que clasifica el agua como no apta para consumo humano y representa un riesgo sanitario significativo.

En base a estos hallazgos, se propone la implementación de métodos de tratamiento básico como hervido, cloración con hipoclorito de sodio y desinfección solar (SODIS), técnicas accesibles y viables para la comunidad. La aplicación de estas medidas contribuirá a reducir la carga microbiológica y mejorar la seguridad del agua destinada al consumo humano.

Palabras clave: Calidad del agua; Agua potable; Contaminación microbiológica; Tratamiento del agua; Población rural.

1 INTRODUCCION

El acceso a agua potable de calidad es un derecho fundamental para la salud humana, y su consumo es esencial para prevenir diversas enfermedades, especialmente las gastrointestinales. A nivel mundial, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha señalado que más de 2 mil millones de personas consumen agua contaminada, lo que las pone en riesgo de enfermedades transmitidas por el agua. Este problema afecta particularmente a las zonas rurales de países en desarrollo, donde la infraestructura de tratamiento de agua es insuficiente.

En Bolivia según el Ministerio de Salud, en el año 2020 reportó que más del 50% de las comunidades rurales no cuentan con acceso a sistemas de agua potable adecuadamente tratados. La calidad del agua en estas zonas es una de las principales preocupaciones sanitarias, ya que muchas comunidades dependen de fuentes de agua no tratadas, como quebradas, ríos y pozos, que son susceptibles a la contaminación microbiológica. La comunidad de San Marcos, ubicada en el municipio de Postrovalle, enfrenta esta problemática de manera crítica. Los habitantes de esta comunidad consumen agua directamente de una quebrada cercana, sin ningún tipo de tratamiento previo. La situación es aún más alarmante debido a la falta de infraestructura de saneamiento y la escasa educación sobre la importancia de tratar el agua antes de consumirla.

Al observar esta situación, se reconoció la importancia de realizar una evaluación de la calidad del agua que consumen los habitantes de San Marcos. Para ello, se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua, con el fin de determinar su estado actual y los posibles riesgos para la salud de los pobladores. Los resultados obtenidos fueron comparados con los valores permitidos establecidos en la Norma Boliviana 512 para evaluar si el agua cumple con los estándares de calidad adecuados para el consumo humano. Además, se llevó a cabo encuestas sobre las condiciones de salud y uso del agua en la comunidad.

También se consultó al médico local sobre la prevalencia de estas enfermedades en la población.

La pregunta problema de este trabajo fue ¿Cuál es la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua destinada al consumo humano en la comunidad San Marcos, Municipio de Postrervalle, conforme a la Norma Boliviana NB 512, ¿y qué propuesta de tratamiento básico de potabilización puede diseñarse para garantizar su consumo seguro? El objetivo general Evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua destinada al consumo humano en la comunidad San Marcos, Municipio de Postrervalle, conforme a la Norma Boliviana NB 512, como base para el diseño de una propuesta de tratamiento básico de potabilización durante la gestión 2023.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), cada año aproximadamente 1,4 millones de personas en el mundo mueren debido a la falta de acceso a agua potable, saneamiento e higiene adecuados, especialmente en países de ingresos bajos y medianos. De estas muertes, alrededor de 564.000 están relacionadas con enfermedades diarreicas, muchas de ellas prevenibles. Se estima que la mejora en la calidad del agua, el saneamiento y las prácticas de higiene podría reducir significativamente esta carga de mortalidad. (1)

En América Latina, cerca de 37 millones de personas no tienen acceso a agua potable y aproximadamente 110 millones carecen de servicios de saneamiento adecuados. Bolivia se encuentra entre los países con menor cobertura en saneamiento mejorado, con aproximadamente el 46 % de la población con acceso a estas instalaciones, en contraste con países como Uruguay, donde la cobertura supera el 96 % (2).

En Bolivia, la diarrea es una de las principales causas de mortalidad infantil, con al menos 30.000 muertes de niños menores de cinco años cada año, según UNICEF. Esta situación se agrava en regiones rurales como los Valles Cruceños, en el departamento de Santa Cruz, donde unas 75.000 personas viven en comunidades dispersas y de difícil acceso, sin servicios básicos adecuados.

La mayoría de las viviendas carece de agua potable, saneamiento, atención médica continua y datos sobre la calidad o disponibilidad de sus fuentes hídricas. El cambio climático ha intensificado la escasez de agua durante la temporada seca, afectando la salud y las condiciones de vida de la población.

Las tareas relacionadas con el agua recaen principalmente en las mujeres, quienes deben trasladarla diariamente desde ríos o manantiales, muchas veces contaminados por animales y la falta de saneamiento. La defecación al aire libre y el manejo inadecuado de residuos agravan la contaminación de estas fuentes, incrementando el riesgo de enfermedades de origen hídrico. (3)

En el municipio de Postrervalde existen trece comunidades, de las cuales solo siete cuentan con acceso a sistemas de agua potable. Las restantes, incluida la comunidad de San Marcos, se abastecen directamente de fuentes naturales superficiales como ríos y quebradas, sin ningún tipo de tratamiento previo. Además, al tratarse de una zona con actividad agrícola y ganadera, estas fuentes también son utilizadas para el consumo animal, lo que incrementa la probabilidad de contaminación por materia orgánica y microorganismos patógenos.

Actualmente, no existen estudios técnicos actualizados que determinen la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua que consume la población de San Marcos, lo que dificulta la toma de decisiones para la implementación de medidas correctivas adecuadas.

Ante esta problemática, se considera necesario realizar una evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua destinada al consumo humano en la comunidad de San Marcos. A partir de los resultados obtenidos, se propone diseñar una alternativa básica de tratamiento que contribuya a mejorar la calidad del agua y reducir los riesgos sanitarios, promoviendo así la protección de la salud de la población.

2.1 Delimitación del problema

2.1.1 Delimitación temporal

El presente trabajo se desarrolló durante los meses de marzo a noviembre del 2023.

2.1.2 Delimitación espacial

El presente estudio se desarrolló en la comunidad San Marcos, ubicado en el Departamento de Santa Cruz, en la Provincia de Vallegrande Municipio de Postrovalle a 245 km de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

2.1.3 Delimitación sustancial

El presente trabajo consiste en efectuar una evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua y realizar una propuesta para mejorar la calidad de la misma en la comunidad San Marcos municipio de Postrovalle durante 2023.

3 PREGUNTA PROBLEMA

¿Cuál es la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua destinada al consumo humano en la comunidad San Marcos, municipio de Postrervalle, conforme a la Norma Boliviana NB 512, y qué propuesta de tratamiento básico de potabilización puede diseñarse para garantizar su consumo seguro?

4 JUSTIFICACION

4.1 Justificación Científica

El agua es un recurso esencial para la vida y el desarrollo humano. La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que toda persona debe tener acceso a un suministro de agua suficiente, segura, aceptable y asequible. El acceso al agua potable constituye un derecho humano fundamental, y su incumplimiento puede derivar en consecuencias graves para la salud pública, especialmente en comunidades rurales sin acceso a sistemas de tratamiento o redes formales de distribución.

La presente investigación tiene como finalidad evaluar la calidad del agua cruda destinada al consumo humano en la comunidad San Marcos, municipio de Postrovalle, la cual se abastece de una fuente superficial (quebrada) sin procesos previos de potabilización, situación que representa un riesgo potencial para la salud de sus habitantes.

El análisis se realizará considerando los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y organolépticos establecidos en la Norma Boliviana NB 512, que define los requisitos de calidad para agua potable en el país. Asimismo, la toma, preservación y transporte de muestras se efectuará conforme a los lineamientos de la Norma Boliviana NB 496, garantizando la representatividad, confiabilidad y validez de los resultados obtenidos.

De esta manera, el estudio se sustenta en referentes normativos nacionales que permiten contrastar técnicamente la calidad del agua consumida en la comunidad con los estándares vigentes de potabilidad, aportando evidencia científica para la formulación de una propuesta de tratamiento básico adaptada al contexto rural.

Este estudio contribuye a generar información técnica local, inexistente hasta la fecha, que servirá como base para futuras intervenciones en salud ambiental en el municipio.

4.2 Justificación Social

La calidad del agua destinada al consumo humano influye directamente en la salud, el bienestar y la calidad de vida de la población. El consumo de agua contaminada puede favorecer la aparición de enfermedades de origen hídrico, tales como gastroenteritis asociada a *Escherichia coli*, infecciones gastrointestinales, cólera, fiebre tifoidea y hepatitis A, afectando principalmente a grupos vulnerables como niños, adultos mayores y personas inmunocomprometidas.

La comunidad San Marcos, ubicada en una zona rural del municipio de Postrovalle, presenta limitaciones en el acceso a agua apta para el consumo humano. Debido a su ubicación geográfica y a restricciones económicas, la población depende de una fuente superficial sin tratamiento previo, lo que incrementa el riesgo sanitario y perpetúa condiciones de vulnerabilidad.

En este contexto, la investigación busca no solo evaluar la calidad del agua consumida, sino también proponer una alternativa de tratamiento básico, técnicamente viable y socialmente accesible, que contribuya a mejorar las condiciones de salud y reducir la incidencia de enfermedades relacionadas con el agua.

4.3 Justificación Profesional

Para realizar este trabajo el profesional Bioquímico Farmacéutico de la Universidad Evangélica Boliviana aplica los conocimientos y competencias adquiridas en las asignaturas: Bacteriología y micología, Bromatología, salud pública, Bioestadística y Epidemiología SIPES I.

Asimismo, fortalece las competencias profesionales en el análisis microbiológico y fisicoquímico de agua, interpretación de resultados conforme a normativa nacional, y formulación de propuestas técnicas orientadas a la prevención de riesgos sanitarios, reafirmando el rol del profesional Bioquímico Farmacéutico en la promoción de la salud pública y la seguridad sanitaria.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua destinada al consumo humano en la comunidad San Marcos, Municipio de Posttrervalle, conforme a la Norma Boliviana NB 512, como base para el diseño de una propuesta de tratamiento básico de potabilización durante la gestión 2023.

5.2 Objetivos Específicos

- Realizar la toma de muestras de agua en los puntos de abastecimiento de la comunidad San Marcos, conforme a los protocolos de preservación y transporte establecidos en la Norma Boliviana NB 496, garantizando su representatividad e integridad.
- Determinar los parámetros fisicoquímicos del agua (color, olor, sabor, turbidez, sólidos totales disueltos, temperatura, dureza total y pH), comparando los resultados con los límites establecidos en la Norma Boliviana NB 512.
- Determinar la calidad microbiológica del agua mediante el análisis de coliformes totales y *Escherichia coli*, y contrastar los resultados con los límites establecidos en la Norma Boliviana NB 512.
- Recopilar información sobre los hábitos de consumo, manejo y percepción del agua mediante encuestas a la comunidad y entrevistas al personal de salud local, como complemento para la formulación de la propuesta de tratamiento
- Formular una propuesta de tratamiento básico de potabilización, técnicamente viable y adaptada a las condiciones de la comunidad, en función de los resultados físico-químicos y microbiológicos obtenidos.

6 MARCO TEÓRICO

6.1 Antecedentes

TITULO: Propuesta para mejorar la calidad del agua de consumo humano de la junta de agua de Cuicocha del Cantón Cotacachi”

AUTOR: Jonathan Javier Yamá Potosí

AÑO: 2023

RESUMEN: La presente investigación se fundamenta en la necesidad de la comunidad de Cuicocha que por medio de la organización UNIÓN DE ORGANIZACIONES CAMPESINAS INDÍGENAS DE COTACACHI (UNORCAC) solicita mediante el oficio se realice el monitoreo de sus fuentes de agua para consumo humano, por lo que se plantea el tema de investigación, “PROPUESTA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DE LA JUNTA DE AGUA CUICOCHA DEL CANTÓN COTACACHI” con el fin de evaluar la calidad del agua de consumo humano y realizar una propuesta de mejoramiento los procedimientos empleados en el análisis de agua parten desde la recolección de muestras en las diferentes fuentes, cumpliendo con los protocolos de monitoreo de aguas de consumo humano para análisis físico – químicos y microbiológicos como son: conductividad eléctrica, pH, Turbidez, cloro residual, mediante el equipo de monitoreo in situ y sólidos totales, dureza total, calcio, magnesio, nitritos, nitratos, DQO, sulfatos, coliformes totales en laboratorio, una vez determinadas las características físico químicas y biológicas del agua procedimos a compararlos con la norma vigente TULSMA libro VI anexo 1, del registro oficial N°387, acuerdo ministerial 097A. 2015, concluyendo que los valores de los parámetros analizados cumplen con la normativa actual, como resultado final se obtuvo una propuesta de monitoreo, evaluación y seguimiento de la calidad de agua, este trabajo de investigación facilitara tener datos periódicos del agua de consumo, los que permitirán establecer posibles tratamientos para el mejoramiento y uso adecuado de este recurso. (4)

TITULO: Monitoreo al sistema de potabilización de agua en la localidad de Coripata

AUTOR: Mabel Milenka Huayhua Apaza

AÑO: 2019

RESUMEN: Coripata es un municipio boliviano, es la segunda sección municipal de la Provincia de Nor Yungas ubicado en el Departamento de La Paz y cuenta con una temperatura promedio de 25°C, donde se realizó el monitoreo al sistema de potabilización de agua, en el periodo del año 2017 y 2018, con el objetivo de hacer un análisis y comparación según norma de la calidad del agua para consumo humano. Se seleccionaron 9 puntos de muestreo, que nos permitieron medir los parámetros fisicoquímicos, metales pesados y los parámetros microbiológicos del agua. Además, se realizaron los análisis en época seca y época húmeda y comparaciones en las dos épocas, donde no se obtuvo variación importante.

Según los resultados obtenidos en laboratorio, se realizó la clasificación del cuerpo de agua (Rio Santiago), según la ley 1333 (Reglamento a la Ley del medio ambiente), así también se realizó la comparación de los datos obtenidos en la red de distribución de agua, con la Norma Boliviana 512, siendo esta la que establece los límites máximos permisibles, para que el agua sea apta para consumo humano en Bolivia.

Entre los principales resultados obtenidos en la presente investigación se puede mencionar que el agua del según clasificación de los cuerpos de agua del Rio Santiago es de Clase “A” en parámetros fisicoquímicos y de metales pesados y de clase “B” en parámetros microbiológicos. En la comparación con la NB 512, el agua del sistema de potabilización no es apta para consumo humano por su alta contaminación microbiológica (*Coliformes Totales*, *Coliformes Fecales* y *Echerichia Coli*). (5)

TÍTULO: Calidad del agua en la microcuenca alta de la quebrada estero en San Ramón de Alajuela, costa rica

AUTOR: Cindy Rodríguez Arias y Margarita Silva Benavides

AÑO: 2015

RESUMEN:

La contaminación de las principales cuencas de Costa Rica por las aguas residuales sin tratar es uno de los problemas de mayor incidencia sobre el entorno ambiental del país. La microcuenca de la Quebrada Estero en San Ramón tiene varios humedales que se han sido afectados por el crecimiento urbano, por lo que el objetivo de esta investigación fue determinar la calidad del agua mediante la aplicación del índice holandés (IHCA-CR) y otros parámetros físico-químicos y microbiológicos complementarios (temperatura, pH, nitratos, fosfatos y coliformes fecales) durante las épocas seca y lluviosa del año 2014. Se determinó que todos los sitios presentaron contaminación entre incipiente y muy severa, tanto en la época seca como en la lluviosa, aunque fue mayor durante la temporada seca y más severa en los puntos más altos de la microcuenca. La variable que más contribuyó al IHCA-CR fue el Porcentaje de Oxígeno Disuelto. Durante la época lluviosa la contaminación disminuyó debido al efecto de la dilución y mayor aireación por aumento del caudal y a la menor temperatura del agua. Tanto el IHCA-CR como los parámetros complementarios indican que la descarga de aguas residuales domésticas sin tratar es la principal causa del deterioro de la calidad del agua en esta microcuenca, por lo que se recomienda recurrir a distintas formas de tratamiento y disposición de estas para controlar la contaminación de estos ecosistemas acuáticos (6)

TITULO: Evaluación de la calidad microbiológica del agua envasada que se comercializa por parte de algunas empresas en la ciudad de Villavicencio-Meta

AUTOR: Alejandra Maria Barbosa Méndez

AÑO: 2018

RESUMEN: La gran demanda de agua envasada en el departamento del Meta, y en especial en la ciudad de Villavicencio, se debe al poco posicionamiento de la empresa de acueducto de la ciudad, como empresa líder en este sector, en lograr abastecer agua de óptima calidad a sus habitantes. Esta situación ha llevado a que en la ciudad proliferen una gran cantidad de empresas procesadoras de agua envasada, las cuales deben cumplir con la legislación nacional para proporcionar un producto totalmente inocuo. El objetivo de este estudio fue la evaluación de la calidad microbiológica del agua envasada que se comercializa por parte de algunas empresas procesadoras en la ciudad de Villavicencio. Los resultados obtenidos permiten establecer cuantas muestras de agua analizadas se encuentran dentro de la normatividad que la ley colombiana exige, según la Resolución 12186 de 1991, la cual establece los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua envasada. La determinación de los parámetros microbiológicos: coliformes totales, coliformes fecales y *Pseudomona aeruginosa* se llevó a cabo por la técnica de sustrato enzimático (NMP - Número Más Probable), según la norma técnica colombiana NTC 4939 y NTC 4940 respectivamente. Los resultados permiten demostrar que el 30% del total de las muestras analizadas correspondientes a las 10 empresas que se tuvieron en cuenta en el presente estudio, no fueron aptas para el consumo humano debido a que presentaron valores por encima del valor admisible según la resolución 12186 de 1991. También se pudo determinar que el 40% del total de las empresas que hicieron parte de este estudio no presentaron presencia de Coliformes totales, fecales y *Pseudomonas aeruginosa*, en las muestras de agua analizadas durante los 8 meses del muestreo del presente estudio. (7)

TITULO: “Determinación de la calidad de agua para consumo humano en el Valle de Vítor, Arequipa durante los meses de agosto-octubre del 2019”.

AUTOR: Maria Milagros Perez Diaz

AÑO: 2019

El presente trabajo de investigación determinó la calidad microbiológica del agua para consumo humano del Valle de Vítor, mediante NMP de coliformes totales, fecales, *Escherichia coli*, conteo en placa de mesófilos aerobios e identificación bioquímica de bacterias; así como la medición de los parámetros físico- químicos los cuales fueron: cloro residual, turbiedad, conductividad y pH. Se realizaron 06 salidas cada 15 días y se tomó muestra de agua para consumo humano en 10 puntos de la planta de tratamiento por triplicado. Los análisis siguieron los Métodos Normalizados para Análisis de Aguas: APHA, AWWA. Los resultados obtenidos fueron comparados con los valores estipulados por la OMS y la norma Calidad del Agua para Consumo Humano del Ministerio de Salud. Se determinó que todas las muestras de agua para consumo humano cumplen con los parámetros físico- químicos, Coliformes totales el punto M4 DECANTADOR presento el mayor valor de 135.95NMP/100ml y Coliformes termotolerantes el punto de M2 SEDIMENTADOR presento el mayor valor de 53.60 NMP/100 ml; *Escherichia coli*, superaron el limite aceptable para agua de consumo humano en todos los puntos de muestreo siendo el mayor en la M2 SEDIMENTADOR (g) con 53.60 NMP/100 ml, no superando en los puntos de muestreo M7 RESERVORIO SECUNDARIO DERECHO y M8 CONEXION DOMICILIARIA DERECHA, se identificó 6 bacterias en la planta de Tratamiento de Valle de Vítor- Arequipa: *Citrobacter sp.*, *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris*, *Enterobacter aerogenes*, *Providencia sp.* y *Escherichia coli*. Presentando mayor cantidad en el punto M1 CAPTACION y M2 SEDIMENTADOR (*Citrobacter sp.*, *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris* y *Escherichia coli*), Aerobios Mesófilos Totales en el punto M8 CONEXIÓN DOMICILIARIA 1 presentando en la 2da salida 1×10^{-2} UFC y en la 5ta salida 8×10^{-2} UFC. Se concluyó que el agua que abastece al Valle de Vítor no cumple con las normativas microbiológicas. (8)

TITULO: Calidad microbiológica del agua de los pozos de las aldeas de la reserva natural de usos múltiples Monterrico

AUTORES: Víctor Augusto Gallardo Zuleta, Merly Melina Rosas Salguero, Heidy Yadira Chacón Estrada, Estuardo Neftalí Velásquez Monzón **AÑO:** 2017

Las comunidades rurales han estado al margen de la verificación de la calidad del agua para consumo humano, y hay comunidades con altas incidencias de enfermedades gastrointestinales y parasitarias, donde el origen de las mismas se le ha atribuido a la deficiencia en la calidad del agua de pozo que utilizan para consumo. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad microbiológica del agua de pozos de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, aldea La Avellana, aldea La Curvina, aldea El Pumpo, aldea Agua Dulce y aldea Monterrico, Taxisco, en el departamento de Santa Rosa. Para el estudio se utilizó un método aleatorio, por el cual se seleccionaron en la aldea Monterrico 30 casas; aldea La Curvina 10 casas, aldea El Pumpo 30 casas, aldea La Avellana 23 casas y en la aldea Agua Dulce el pozo de distribución por triplicado. Las muestras de agua de los pozos se recolectaron en frascos estériles con tiosulfato de sodio al 0.1 N, bajo condiciones asépticas, luego las muestras se transportaron en cadena de frío hacia el laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos –LAFYM–, en un período de doce horas, donde fueron analizadas utilizando la metodología de COLITAG® indicando la presencia y ausencia de coliformes totales y *Escherichia coli* y así se verificó el cumplimiento de la norma COGUANOR NGT 29001, que indica si el agua es apta para consumo humano. De los 63 pozos analizados, solamente 8 pozos cumplen con la norma COGUANOR NGT 29001, que las hace aptos para consumo. Esto puede deberse a que la mayoría de los pozos de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico fueron construidos hace más de 10 años y estos presentan fuente de contaminación cercana (criaderos de animales y aguas residuales). El método COLITAG® permite visualizar la presencia/ausencia de Coliformes totales y *Escherichia coli*, en aguas con un límite de detección 1 UFC por 100 mL de agua. (9)

6.2 Bases teóricas

6.2.1 Definición de agua

El agua es una sustancia química compuesta por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno, lo que se representa por la fórmula química H_2O . Esta composición le confiere una estructura molecular única, con un átomo de oxígeno en el centro y dos átomos de hidrógeno unidos a él en un ángulo de 104.5° , dando a la molécula una forma de "V". Esta estructura angular es crucial porque dota al agua de sus características polares, donde el extremo donde se localizan los hidrógenos tiene una carga parcial positiva y el extremo del oxígeno, una carga parcial negativa. (10)

La palabra agua proviene del latín aqua y es el componente más abundante en la superficie terrestre.

El agua se está presente en diferentes estados, por lo que la encontraremos en los distintos elementos naturales que están distribuidos por todo el planeta. En su estado líquido fluye por ríos, arroyos y océanos. En su aspecto sólido se encuentra en los polos, o cuando los lagos y ríos se congelan y se convierten en hielo. Por último, el agua en forma gaseosa es el vapor y lo encontramos en la atmósfera.

El 70% de la superficie terrestre está cubierta de agua líquida y, de ella, alrededor del 96% corresponde al agua salada que compone los océanos. Cerca del 69% del restante 30% es el agua congelada de los polos. Solo entre un 1% y un 4% corresponde al vapor de agua presente en la atmósfera. (11)

6.2.2 Características del agua

- ✓ Es un líquido inodoro: no tiene olor salvo cuando contiene sustancias disueltas.
- ✓ Es insípido, lo que significa que no posee un sabor determinado. Y es incoloro, es decir, no tiene color y, en su estado puro, es completamente transparente.

- ✓ Es el solvente universal: en ella se disuelven más sustancias que en cualquier otro líquido.
- ✓ El agua común es un excelente conductor de la electricidad, gracias a sus moléculas cargadas eléctricamente.
- ✓ El sonido se propaga en el agua sin prácticamente pérdidas, especialmente las frecuencias bajas. Esto permite la comunicación vía sonar, característica de los cetáceos.
- ✓ En casi todos sus estados, el agua no puede comprimirse debido a su baja viscosidad. (12)

6.2.2.1 Propiedades Físicas

- ✓ Densidad de 1g/cm³, es decir, 1 centímetro cúbico de agua líquida pesa 1 gramo. En cambio, cuando se encuentra en estado sólido la densidad es menor, por eso el hielo flota en el agua.
- ✓ Su punto de congelación es de 0°C, mientras que el de ebullición es de 100 °C a nivel del mar.
- ✓ El agua del planeta está en cambio constante y siempre en movimiento.
- ✓ Tiene la capacidad de absorber mucho calor antes de que suba su temperatura. Gracias a esta propiedad, ayuda a regular el cambio de temperatura del aire en las diferentes estaciones del año.
- ✓ Posee una tensión superficial muy elevada, y por ello es pegajosa y elástica. (12)

6.2.2.2 Propiedades Químicas

- ✓ Su fórmula química es H₂O: un átomo de oxígeno ligado a dos de hidrógeno.
- ✓ La molécula del agua tiene carga eléctrica positiva en un lado y negativa en el otro, propiedad que ocasiona que sus moléculas se unan entre sí.
- ✓ Contiene minerales y nutrientes de gran valor.
- ✓ El agua pura tiene un pH neutro de 7: esto significa que no es ácida ni básica.

✓ Reacciona con los óxidos ácidos, los óxidos básicos y el metal. (12)

6.2.3 Fuentes naturales de agua

Las fuentes naturales de agua son aquellos lugares del medio ambiente donde el agua se encuentra disponible de forma directa, sin intervención artificial inicial. Estas fuentes se clasifican en dos grandes grupos: superficiales y subterráneas. De igual forma el agua meteórica o de lluvia es considerada una fuente natural.

6.2.3.1 Fuentes subterráneas

Las fuentes subterráneas de agua son aquellas acumuladas en formaciones geológicas permeables (acuíferos), resultado de la infiltración de precipitaciones y capaces de abastecer pozos, manantiales y otras captaciones.

Las aguas subterráneas saturan los poros y fisuras de formaciones geológicas en el subsuelo, acumulándose en acuíferos y constituyendo una fuente importante de abastecimiento. (13)

Sin embargo, es recomendable hacer estudios de la misma, y llevar a cabo algún proceso de purificación para considerarla 100% potable.

6.2.3.2 Fuentes superficiales

Las fuentes superficiales de agua son aquellas que se encuentran disponibles sobre la superficie terrestre, tales como ríos, lagos, lagunas, arroyos y embalses, y que se alimentan directamente de precipitaciones, deshielos o escorrentías. Constituyen una de las fuentes principales de abastecimiento. (13)

En la normativa boliviana, se consideran fuentes superficiales las aguas provenientes de ríos, arroyos y lagos, utilizadas para abastecimiento humano siempre que cumplan con los parámetros establecidos. (14)

6.2.3.3 Agua meteórica o de lluvia

Es aquella que se origina por la condensación del vapor de agua atmosférico y su posterior precipitación hacia la superficie terrestre. Aunque en su formación es prácticamente pura, durante su trayecto a través de la atmósfera puede incorporar contaminantes gaseosos, partículas o polvo, lo que altera su pH y calidad. En las zonas rurales, este tipo de agua constituye una fuente natural renovable y es frecuentemente aprovechada mediante sistemas de recolección y almacenamiento para fines domésticos o agrícolas, siempre que se apliquen medidas adecuadas de captación y mantenimiento para garantizar su inocuidad. (15)

6.2.4 Tipos de agua

El agua puede clasificarse de diversas formas según su composición, uso y grado de pureza, lo que permitió comprender su comportamiento y establecer los criterios de calidad requeridos para diferentes aplicaciones.

Principales tipos de agua:

- **Agua dulce** es aquella que contiene bajas concentraciones de sales disueltas, generalmente menos de 0,5 g/L de sólidos disueltos totales, y se encuentra principalmente en ríos, lagos, arroyos, humedales, glaciares y aguas subterráneas. Representa solo una pequeña fracción del agua del planeta, pero es esencial para el consumo humano, la agricultura y los ecosistemas terrestres. Su disponibilidad y calidad están influenciadas por factores naturales como el ciclo hidrológico y por actividades humanas que pueden generar contaminación o sobreexplotación.
- **Agua salada o marina** es aquella que contiene altas concentraciones de sales superiores a 35.000 mg/L de SDT, siendo inapropiada para el consumo humano sin un proceso previo de desalinización. Este tipo de agua representó aproximadamente el 97 % del total disponible en el planeta.

- **Agua potable** es aquella que, por su origen natural o luego de recibir tratamientos apropiados, presenta una calidad adecuada para el consumo humano, libre de sustancias químicas o biológicas que representen un riesgo para la salud. Desde la hidrogeología, se considera potable al agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas permiten su uso doméstico sin efectos adversos, manteniendo concentraciones de sales dentro de límites aceptables y sin contaminantes significativos de origen natural o antrópico.
- **Agua residual** correspondió al agua que, tras haber sido utilizada en actividades domésticas, industriales o agrícolas, contenía contaminantes físicos, químicos o biológicos. Su vertido sin tratamiento constituía un riesgo ambiental y sanitario, por lo que se recomendó su depuración antes de su descarga o reutilización. (13)

6.2.5 Agua potable

Aquella que por sus características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas se considera apta para el consumo humano y que cumple con lo establecido o requisitos de la norma boliviana 512. (14)

Asimismo, la OMS indicó que la definición de agua potable debía adaptarse a la realidad local y a los riesgos sanitarios existentes, considerando la probabilidad de enfermedad como indicador de seguridad. Para ello, el control de indicadores como E. coli y coliformes fue fundamental, pues reflejaron contaminación reciente y la eficacia del tratamiento aplicado.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la seguridad del agua potable debía garantizarse desde la captación hasta el punto de consumo, mediante la implementación de sistemas de tratamiento, almacenamiento y distribución adecuados. La OMS destacó que la calidad del agua no dependía únicamente de los análisis realizados, sino también de una gestión integral del recurso hídrico, que incluyó la protección de las fuentes naturales, el mantenimiento de la infraestructura y la educación sanitaria de la población sobre su correcto uso.

6.2.6 Norma Boliviana 512

La Norma Boliviana NB 512 es una reglamentación emitida por el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) que establece los requisitos de calidad que debe cumplir el agua potable destinada al consumo humano en Bolivia. Esta norma define los parámetros físicos, químicos, microbiológicos, radiactivos y organolépticos permitidos, así como los límites máximos aceptables para garantizar que el agua sea segura e inocua. Además, proporciona definiciones, criterios y procedimientos de referencia que aseguran la protección de la salud pública y la uniformidad en el control de la calidad del agua suministrada a la población. (14)

6.2.7 Características Fisicoquímicas

6.2.7.1 Color

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbidez o presentarse independiente de ella. Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales de las especies responsables del color, se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etc. Se considera que el color natural del agua puede originarse por las siguientes causas: la descomposición de la materia, la materia orgánica del suelo y la presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos.

En la formación del color en el agua intervienen, entre otros factores, el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, la materia disponible y la solubilidad de los compuestos coloreados. (16)

6.2.7.2 Olor y sabor

El sabor y el olor están estrechamente relacionados y constituyen el motivo principal de rechazo por parte del consumidor.

La falta de olor puede ser un indicio indirecto de la ausencia de contaminantes, tales como los compuestos fenólicos, por otra parte, la presencia de olor a sulfuro de hidrógeno puede indicar una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua.

Las sustancias generadoras de olor y sabor en aguas crudas pueden ser o compuestos orgánicos derivados de la actividad de microorganismos y algas, o provenir de descargas de desechos industriales. (16)

6.2.7.3 Turbidez

Es originada por las partículas en suspensión o coloides. Es decir, causada por las partículas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. La medición de la turbidez se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro, siendo la unidad utilizada la unidad nefelométrica de turbidez (UNT).

Aunque no se conocen sus efectos directos sobre la salud, esta afecta la calidad estética del agua, lo que muchas veces ocasiona el rechazo de los consumidores. Por otra parte, se ha demostrado que en el proceso de eliminación de organismos patógenos, por la acción de agentes químicos como el cloro, las partículas causantes de la turbidez reducen la eficiencia del proceso y protegen físicamente a los microorganismos del contacto directo con el desinfectante. Por esta razón, si bien las normas de calidad establecen un criterio para turbidez, esta debe mantenerse mínima para garantizar la eficacia del proceso de desinfección. (16)

6.2.7.4 Temperatura

Es uno de los parámetros físicos más importantes, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.

Existen múltiples factores, que principalmente son ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe. (16)

6.2.7.5 Sólidos totales disueltos

Los sólidos disueltos totales (SDT, o TDS por sus siglas en inglés) son el residuo que queda después de evaporar una muestra de agua previamente filtrada a través de un elemento de fibra de vidrio con abertura de 1.5 micras. El agua se evapora y el residuo se lleva hasta 180°C. El resultado se reporta en mg/L.

Los SDT incluyen las sales, los minerales, los metales y cualquier otro compuesto orgánico o inorgánico que se encuentra disuelto en el agua, o que haya pasado a través del filtro con abertura de 1.5 micras.

Las concentraciones de TDS o SDT procedentes de fuentes naturales varían de 30 mg/litro a 6000 mg/litro, dependiendo de la solubilidad de los minerales en la zona geológica.

En ocasiones, los SDT se confunden con los sólidos totales (ST), que son el residuo que queda después de evaporar la misma muestra de agua, pero sin filtrarse.

Los sólidos suspendidos totales (SST) son los que quedan en el filtro de fibra de vidrio con abertura de 1.5 micras. Por lo tanto, los ST son la suma de los SST y de los SDT. (17)

referencia para los análisis microbiológicos y para el cálculo del Índice de Langelier.

6.2.7.6 Dureza total

La dureza es causada por iones metálicos divalentes, capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar incrustaciones. Los principales cationes que causan dureza en el agua y los principales aniones asociados con ellos son los siguientes:

Cationes: Ca^{++} Mg^{++} Sr^{++} Fe^{++} Mn^{++}

Aniones: HCO_3 SO_4 Cl^- NO_3 SiO_3

En menor grado, Al^{+++} y Fe^{+++} son considerados como iones causantes de dureza. En general, la dureza es igual a la concentración de cationes polivalentes del agua. Desde el punto de vista sanitario, las aguas duras son tan satisfactorias para el consumo humano como las aguas blandas; sin embargo, un agua dura requiere demasiado jabón para la formación de espuma y crea problemas de lavado; además deposita lodo e incrustaciones sobre las superficies con las cuales entra en contacto, así como en los recipientes, calderas o calentadores en los cuales se calienta.

Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría: Este método es aplicable a aguas potables, superficiales, contaminadas y aguas residuales. El ácido etilendiaminotetraacético y sus sales de sodio (EDTA) forman un complejo de quelato soluble al añadirlo a las soluciones de algunos cationes metálicos. Cuando se añade EDTA al agua que contiene calcio y magnesio, aquél se combina primero con el calcio. De acuerdo con los criterios actuales, la dureza total se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambos expresados como carbonato de calcio, en miligramos por litro.

La nitidez del punto final en el método volumétrico de EDTA, aumenta con los incrementos de pH. Sin embargo, el pH no puede aumentar indefinidamente debido al peligro de precipitación de carbonato de calcio (CaCO_3) o hidróxido magnésico, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, y por qué la titulación cambia de color a pH alto. El valor de Ph especificado de 10 constituye una solución satisfactoria. (18)

6.2.7.7 Ph

El pH es el Potencial de Hidrógeno. Es una medida para determinar el grado de alcalinidad o acidez de una disolución. Con el pH determinamos la concentración de hidrogeniones en una disolución.

El pH normalmente lo medimos en una escala de 1 a 14. El uno sería el valor más ácido. El 14 el valor más alcalino. Y el 7 el valor neutro. (19)

Tabla N° 1 Requisitos fisicoquímicos

Características	Valor Máximo Aceptable	Observaciones
Color (**)	15 UCV	UCV = Unidad de color verdadero (y no presentar variaciones anormales) UCV en unidades de platino cobalto
Sabor y olor (*)	-----	Deben ser aceptables
Turbiedad (**)	5 UNT	UNT = unidades de turbidez nefelométricas
Sólidos totales disueltos (**)	1 000 mg/l (***)	Valor superior influye en la aceptabilidad (palatabilidad)
Temperatura	-	Deben ser aceptables (medidos en °C)
Dureza total	500,0 mg/l CaCO ₃	-
pH	9,0	Para aguas que no cuentan con un sistema de potabilización. Límite inferior 6,5
	9,5	Para aguas que provienen de sistemas de potabilización, siempre y cuando se cumpla con el rango de Langelier. Límite inferior 6,5

Fuente: NB512

(*) Para efectos de evaluación, el sabor y el olor se determinan por medio de los sentidos.

(**) Para efectos de evaluación, el color, la turbiedad y los sólidos totales disueltos, se determinan por medio de métodos analíticos de laboratorio.

(***) Valores superiores pueden influir en la apariencia, el sabor, el olor o perjudicar otros usos del agua (véanse guías OPS/OMS)

NOTA

El parámetro temperatura, se debe medir en el punto de muestreo y en laboratorio a tiempo de realizar los análisis. Sirve como referencia para los análisis microbiológicos y para el cálculo del Índice de Langelier.

6.2.8 Características microbiológicas

6.2.8.1 Coliformes totales

Las bacterias coliformes incluyen un gran grupo de muchos tipos de bacterias que se encuentran en todo el medio ambiente. Son comunes en el suelo y el agua superficial e incluso pueden aparecer en la piel. También se pueden encontrar grandes cantidades de ciertos tipos de bacterias coliformes en los desechos de humanos y animales. La mayoría de los tipos de bacterias coliformes son inofensivas para los humanos, pero algunas pueden causar enfermedades leves y algunas, transmitidas por el agua, pueden provocar enfermedades graves.

Las bacterias coliformes a menudo se denominan "organismos indicadores" porque indican la presencia potencial de bacterias que causan enfermedades en el agua. La presencia de coliformes en el agua no garantiza que beber el agua cause una enfermedad. Más bien, su presencia indica que existe una vía de contaminación entre una fuente de bacterias (agua superficial, sistema séptico, desechos animales, etc.) y el suministro de agua. (20)

Son bacilos gramnegativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados, incluyen entre otras las clases: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*. (21)

Se considera que *E. coli* es la especie de bacteria coliforme que es el mejor indicador de la contaminación fecal y de la posible presencia de patógenos. (22)

6.2.8.2 Coliformes termotolerantes

Los coliformes termotolerantes son un subgrupo específico de los coliformes totales que se caracterizan por su capacidad de fermentar lactosa con producción de gas a temperaturas elevadas, típicamente entre 44 y 45,5 °C.

Esta característica permite diferenciarlos de coliformes ambientales no asociados a contaminación fecal. El principal representante de este grupo es *Escherichia coli*, considerado el indicador más confiable de contaminación fecal reciente en el agua. La presencia de coliformes termotolerantes sugiere ingreso de materia fecal humana o animal y, por lo tanto, un posible riesgo sanitario. (23)

6.2.8.3 *Escherichia coli*

Escherichia coli (*E. coli*) es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino del ser humano y de los animales de sangre caliente. La mayoría de las cepas de *E. coli* son inofensivas. Sin embargo, algunas de ellas, como *E. coli* productora de toxina Shiga, pueden causar graves enfermedades a través de los alimentos.

Datos y cifras

Aunque en la mayoría de los casos remite espontáneamente, la enfermedad puede llegar a poner en peligro la vida, por ejemplo, cuando da lugar al síndrome hemolítico urémico, especialmente en niños pequeños y ancianos. *E. coli* productora de toxina Shiga por su semejanza con las toxinas producidas por *Shigella dysenteriae*. *E. coli* productora de toxina Shiga puede crecer a temperaturas que oscilan entre 7 °C y 50 °C, con una temperatura óptima de 37 °C. Algunas pueden proliferar en alimentos ácidos, hasta a un pH de 4,4, y en alimentos con una actividad de agua (aW) mínima de 0,95. El reservorio de este patógeno es principalmente el ganado bovino. También se consideran reservorios importantes otros rumiantes, como ovejas, cabras y ciervos, y se ha detectado la infección en otros mamíferos (como cerdos, caballos, conejos, perros y gatos) y aves (como pollos y pavos). Se ha aislado *E. coli* productora de toxina Shiga en masas de agua (estanques y arroyos), pozos y abrevaderos, y se ha observado que puede sobrevivir durante meses en el estiércol y en los sedimentos de recipientes de agua. Se ha informado de casos de transmisión por el agua, tanto por agua de bebida contaminada como por aguas de recreo. (24)

6.2.8.4 Pseudomona aeruginosa

Pseudomonas aeruginosa es una bacteria Gram negativa, ampliamente distribuida en ambientes acuáticos, que puede sobrevivir y multiplicarse en sistemas de agua potable cuando existen condiciones favorables como presencia de materia orgánica, estancamiento o deficiencias de desinfección.

La OMS la considera un microorganismo oportunista que puede colonizar biofilms en tuberías, tanques de almacenamiento y dispositivos médicos, y cuya presencia en el agua refleja fallas en el control de calidad microbiológica, especialmente en procesos de cloración o mantenimiento de la red.

Si bien no es un indicador primario de contaminación fecal, su detección en agua potable es relevante porque demuestra baja eficacia de la desinfección, crecimiento en sistemas de distribución o contaminación posterior al tratamiento. Por ello, la OMS establece que *Pseudomonas aeruginosa* no debe estar presente en agua destinada al consumo humano. (23)

6.2.8.5 Clostridium perfringens

Clostridium perfringens es una bacteria Gram positiva, formadora de esporas altamente resistentes, que puede persistir durante largos períodos en el agua y el ambiente, incluso después de procesos de desinfección. En el ámbito de la calidad del agua, la OMS lo considera un indicador de contaminación fecal remota o pasada, debido a que sus esporas sobreviven mucho más tiempo que otros indicadores microbianos como *E. coli* o los coliformes termotolerantes. La presencia de *Clostridium perfringens* en el agua sugiere que la fuente ha sido expuesta a material fecal humano o animal y que pudo existir un episodio de contaminación previo, aun si otros microorganismos ya no son detectables. Debido a esta persistencia, la OMS recomienda su análisis especialmente en agua cruda, fuentes superficiales, sistemas que han sufrido fallas de desinfección o después de eventos que puedan comprometer la inocuidad del suministro. (23)

6.2.8.6 Heterotróficas

Las bacterias heterotróficas en el agua son microorganismos que utilizan carbono orgánico biodegradable para su crecimiento y se cuantifican mediante el Recuento Heterotrófico en Placa (HPC).

Estos organismos no indican contaminación fecal, pero niveles elevados reflejan deterioro de la calidad microbiológica, crecimiento excesivo en redes de distribución, presencia de nutrientes orgánicos y fallas en desinfección.

El HPC se usa como indicador general del estado sanitario del sistema de agua potable, ya que valores altos sugieren problemas en el tratamiento, almacenamiento o la infraestructura. (23)

6.2.8.7 Amebas

Las amebas son microorganismos protozoarios unicelulares que habitan en diversos ambientes acuáticos, incluyendo agua superficial, sedimentos, suelos húmedos y sistemas de distribución. En el ámbito de la calidad del agua, la OMS destaca que algunas especies de amebas de vida libre, como *Acanthamoeba* y *Naegleria*, pueden sobrevivir en sistemas de agua potable y desempeñar un papel importante como reservorios de bacterias patógenas, protegiéndolas de los procesos de desinfección.

Estas amebas pueden albergar en su interior microorganismos como *Legionella*, *Pseudomonas* y *Mycobacterium*, permitiendo que estos persistan en redes de distribución. Aunque las amebas no son los principales indicadores microbiológicos de potabilidad, su presencia señala condiciones deficientes en el mantenimiento, limpieza o desinfección del sistema de agua y puede contribuir a la supervivencia de otros patógenos.

6.2.8.8 Giardia

Giardia es un protozoo intestinal patógeno cuya forma infectiva, el quiste, puede

encontrarse en agua superficial y en fuentes utilizadas para abastecimiento humano. La OMS considera a Giardia un microorganismo de alta importancia en salud pública, debido a que sus quistes son altamente resistentes a los procesos de desinfección química, incluidos niveles habituales de cloro en agua potable. La presencia de Giardia en el agua indica contaminación fecal de origen humano o animal y representa un riesgo significativo de brotes de giardiasis, una enfermedad caracterizada por diarrea, malabsorción, dolor abdominal y pérdida de peso.

Debido a su resistencia y persistencia en el ambiente, la OMS recomienda una vigilancia especial en fuentes superficiales, agua cruda sin tratar y sistemas donde el tratamiento o la filtración puedan ser insuficientes para eliminar los quistes. (23)

6.2.8.9 Cryptosporidium

Es un protozoo intestinal cuyo estado infectivo, el oocisto, puede contaminar agua superficial y sistemas de abastecimiento de agua destinados al consumo humano. La OMS lo clasifica como un parásito de alta importancia sanitaria, debido a que sus oocistos son extremadamente resistentes a la desinfección con cloro, sobreviven largos periodos en el ambiente y pueden atravesar tratamientos inadecuados de filtración.

La presencia de Cryptosporidium en el agua indica contaminación fecal reciente de origen humano o animal, y representa un riesgo significativo de cripto-sporidiosis, enfermedad caracterizada por diarrea acuosa, deshidratación y, en personas inmunocomprometidas, infección prolongada y potencialmente grave.

Debido a su elevada resistencia, la OMS destaca la importancia de una filtración adecuada, monitoreo en fuentes superficiales vulnerables, y una correcta protección del sistema de distribución para prevenir eventos de contaminación. (23)

6.2.8.10 Requisitos microbiológicos del agua según la NB 512

Tabla N° 2 Requisitos microbiológicos

Características	Valor Máximo Aceptable	Observaciones
Coliformes totales	<1 UFC/100 mL	Membrana Filtrante
Coliformes termotolerantes (**)	<1 NMP/100 ml (*)	Membrana Filtrante
<i>Escherichia coli</i>	<1 UFC/100ml	Membrana Filtrante
Coliformes totales (*)	< 2 NMP/100 ml (*)	Número más probable NMP/ serie de 5 tubos
Coliformes termotolerantes	<2 NMP/100 mL	Número más probable NMP/ serie de 5 tubos
<i>Escherichia coli</i> (*)	<2 NMP/100 mL	Número más probable NMP/ serie de 5 tubos
<i>Pseudomona aeruginosa</i> (***)	<1 UFC/100 ml	Membrana Filtrante
<i>Clostridium perfringens</i> (***)	<1 UFC/100 ml	Membrana Filtrante
Heterotróficas (****) (*****)	5x10 ² UFC/ml	Recuento en placa
Amebas (***)	ausencia	
Giardia (***) (*****)	ausencia	
Cryptosporidium (***) (*****)	ausencia	

Fuente: Norma Boliviana 512

(*) 95 % de las muestras, con la serie de cinco (5) tubos.

(**) El análisis de coliformes termo tolerantes, solo se debe realizar cuando la concentración de cloro residual es ≤ 0,2 mg/L (denominados incorrectamente como coliformes fecales).

(***) Son organismos que resisten a la desinfección.

(****) Son llamadas también bacterias aerobias mesófilas,

(*****) Son organismos de alta persistencia en el agua.

NOTA AUSENCIA Se determina por no contar con una unidad representativa de medición. <1 UFC/100 mL = ausencia del parámetro en la muestra analizada.

NOTA Para laboratorios acreditados, se establece como método de ensayo cuantitativo el de membrana filtrante. Como alternativos: el método de tubos múltiples y el método cualitativo presencia / ausencia.

6.2.9 Enfermedades transmitidas por el consumo de agua

Tabla N° 3 Enfermedades transmitidas por el consumo de agua

Enfermedad	Agente causal	Vía de transmisión	Síntomas principales
Diarreas agudas	<i>Escherichia coli</i> , <i>Shigella spp.</i> , <i>Salmonella spp.</i> , <i>Rotavirus</i> , <i>Norovirus</i>	Agua y alimentos contaminados con materia fecal	Diarrea, vómitos, dolor abdominal, fiebre, deshidratación
Fiebre tifoidea	<i>Salmonella typhi</i> , <i>Salmonella paratyphi</i>	Agua contaminada	Fiebre prolongada, dolor abdominal, diarrea o estreñimiento
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	Agua contaminada	Diarrea profusa en agua de arroz, vómitos, deshidratación grave
Disentería bacilar	<i>Shigella spp.</i>	Agua y alimentos contaminados	Diarrea con sangre, fiebre, cólicos abdominales
Amebiasis	<i>Entamoeba histolytica</i>	Agua contaminada con quistes	Diarrea con moco y sangre, dolor abdominal, fiebre leve
Giardiasis	<i>Giardia lamblia</i>	Agua contaminada con quistes	Diarrea crónica, gases, cólicos, malabsorción
Hepatitis A	Virus de la hepatitis A	Agua y alimentos contaminados	Ictericia, fatiga, dolor abdominal, fiebre leve
Criptosporidiosis	<i>Cryptosporidium parvum</i>	Agua contaminada con ooquistes	Diarrea acuosa, dolor abdominal, pérdida de peso

6.2.10 Técnica de petrifilm para determinar coliformes

Las placas Petrifilm constituyen un método estandarizado, confiable y ampliamente aceptado para la detección y recuento de coliformes y *Escherichia coli*, siendo una alternativa práctica a los medios de cultivo clásicos en agar. Cada placa contiene un medio nutritivo listo para usar, compuesto por agar bilis rojo violeta (VRB), un agente gelificante soluble en agua fría, indicadores de pH y un sustrato cromogénico para detectar la actividad β -glucuronidasa (BCIG), característica de *E. coli*.

Principio del método

Los coliformes fermentadores de lactosa producen ácido y gas durante su metabolismo. El ácido generado ocasiona el oscurecimiento del gel por la acción del indicador de pH.

El gas queda atrapado entre la película superior y el medio, generando burbujas alrededor de las colonias rojas, confirmando la presencia de coliformes.

En el caso de *E. coli*, la actividad de la enzima β -glucuronidasa sobre el sustrato BCIG origina colonias azuladas con producción de gas, lo que permite su diferenciación.

Esta metodología se encuentra validada por AOAC International y descrita en el Bacteriological Analytical Manual de la FDA, presentándose como un método rápido y reproducible que permite obtener resultados en 18–24 horas, a diferencia de los tiempos mayores requeridos por técnicas convencionales.

Aplicación en el análisis de agua

En el análisis de agua de consumo, las placas Petrifilm se utilizan para detectar indicadores de contaminación fecal de forma sencilla y estandarizada. El procedimiento consiste en:

Preparar y homogeneizar la muestra de agua recolectada.

- ✓ Inocular 1 mL en el centro de la placa.
- ✓ Distribuir la muestra uniformemente utilizando la lámina plástica superior.
- ✓ Incubar a 35–37 °C durante 18–24 horas.

Interpretación de resultados:

Colonias rojas con gas → coliformes.

Colonias azuladas con gas → *Escherichia coli*.

El recuento puede efectuarse manualmente o mediante el lector automático, que agiliza la lectura y reduce variaciones entre analistas.

Ventajas técnicas

- ✓ Entre sus principales beneficios destacan:
- ✓ Rapidez en la obtención de resultados (18–24 h).
- ✓ Reducción en el consumo de agua, energía e insumos de laboratorio.
- ✓ Menor generación de residuos en comparación con medios en agar.
- ✓ Alta reproducibilidad y estandarización del proceso.
- ✓ Minimiza errores asociados a la preparación de medios de cultivo.
- ✓ Puede ser utilizado en programas de control de calidad de agua y alimentos.
- ✓ Las placas Petrifilm han demostrado desempeño consistente y cuentan con más de 200 validaciones y certificaciones internacionales, lo que respalda su uso en laboratorios de inocuidad alimentaria y control de la calidad microbiológica del agua, complementando los requisitos de la Norma Boliviana NB 512.

Características y condiciones de almacenamiento

Contienen:

Medio VRB

Agente gelificante

Indicador de pH

Sustrato cromogénico BCIG

Indicador tetrazolio para facilitar la enumeración

Condiciones de almacenamiento: $\leq 8^{\circ}\text{C}$

Vida útil: 18 meses desde la manufactura; 30 días una vez abierta la bolsa (25)

6.2.11 Técnica de Encuesta

La técnica de encuesta es ampliamente utilizada como procedimiento de investigación, ya que permite obtener y elaborar datos de modo rápido y eficaz. Se puede definir la encuesta como «una técnica que utiliza un conjunto de procedimientos estandarizados de investigación mediante los cuales se recoge y analiza una serie de datos de una muestra de casos representativa de una población o universo más amplio, del que se pretende explorar, describir, predecir y/o explicar una serie de características».

Entre sus características se pueden destacar las siguientes:

- ✓ La información se obtiene mediante una observación indirecta de los hechos, por lo que cabe la posibilidad de que la información obtenida no siempre refleje la realidad.
- ✓ La encuesta permite aplicaciones masivas, que mediante técnicas de muestreo adecuadas pueden hacer extensivos los resultados a comunidades enteras.
- ✓ El interés del investigador no es el sujeto concreto que contesta el cuestionario, sino la población a la que pertenece.
- ✓ Permite la obtención de datos sobre una gran variedad de temas
- ✓ La información se recoge de modo estandarizado mediante un cuestionario, lo que faculta hacer comparaciones intergrupales.

Diseño del cuestionario

El instrumento básico utilizado en la investigación por encuesta es el cuestionario, que podemos definir como el documento que recoge de forma organizada los indicadores de las variables implicadas en el objetivo de la encuesta.

De esta definición podemos concluir que la palabra encuesta se utiliza para denominar a todo el proceso que se lleva a cabo, mientras la palabra cuestionario quedaría restringida al formulario que contiene las preguntas que son dirigidas a los sujetos objeto de estudio.

El objetivo que se persigue con el cuestionario es traducir variables empíricas, sobre las que se desea información, en preguntas concretas capaces de suscitar respuestas fiables, válidas y susceptibles de ser cuantificadas. (26)

6.2.12 Municipio de Postrevale

Se encuentra ubicado en la provincia de Vallegrande, al este del departamento de Santa Cruz. El municipio tiene una superficie de 1.550 km². Se encuentra en la faja Subandina, en la estribación oriental de la Cordillera de los Andes.

Su alcalde es el señor Roberto Andrade Limón.

Fundación

16 de julio de 1830 por Cristóbal Paniagua y León

Creación

Según hace mención la Ley de fecha 18 de octubre de 1984.

Economía

La población se dedica principalmente a cultivar maíz, papa, maní y poroto. Además, las familias obtienen productos y subproductos pecuarios como la carne, manteca, huevos y pieles que son comercializados casi en su totalidad. La leche, el queso y la lana son en parte para el consumo familiar. Existen molinos de trigo para elaborar harina integral destinada principalmente al consumo local; los excedentes de la harina son comercializados en los centros urbanos.

Por otro lado, la artesanía está orientada a la fabricación de ponchos, alforjas y caronas de lana, elaborados mayormente para el consumo familiar; también se trabaja en chala de maíz.

Cultura y turismo

Postrervalle es muy concurrido el 16 de julio, fecha en que se festeja su fiesta patronal desde el 1838, año en que fue erigida la Vice parroquia. En el municipio se habla el castellano al que se han incorporado muchas palabras y expresiones quechuas. La música típica de la región está compuesta por kaluyos, las coplas y el bailecito.

Clima

Es templado, con una temperatura promedio de 16.7°C

Distancia

Está situado a 204 km de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra y a 60 km de la capital de la provincia de Vallegrande.

Población

Según datos proporcionados cuenta con 2.400 habitantes (Proyección de población del año 2020. Fuente Instituto Nacional de Estadística, Revisión 2014) (27)

El Municipio de Postrervalle tiene trece comunidades son: Tierras Nueva (Sector Norte), Tierras Nuevas (sector Noreste), Postrervalle (Sector Sur), San Marcos, Rio Vilcas, Tierras Nuevas, San Miguel, Los Churcos, Vilcas, Pampas, Mosquera, San Juan de la Ladera, Mosquerilla, Postrer Valle, Quebrada del Palo Llorenty.

6.2.13 Algunos tratamientos básicos del agua para consumo humano

En comunidades rurales que dependen de fuentes superficiales como quebradas, vertientes y arroyos, la calidad del agua se ve frecuentemente comprometida por la presencia de microorganismos patógenos, materia orgánica, sedimentos y arrastre de partículas. Estas condiciones aumentan el riesgo de enfermedades de origen hídrico, especialmente diarreas, parasitosis y gastroenteritis, afectando de manera más crítica a niños y adultos mayores. Ante esta realidad, es fundamental implementar métodos sencillos y de bajo costo que permitan mejorar la inocuidad del agua destinada al consumo humano dentro del hogar. (23)

Diversos organismos internacionales, como la OMS, OPS, UNICEF y CDC, recomiendan el uso de tratamientos domésticos para mejorar la calidad microbiológica del agua en zonas rurales. Estos métodos no requieren infraestructura compleja y pueden ser aplicados directamente por las familias. Entre los procesos más relevantes se incluyen la sedimentación, la filtración lenta, la cloración, la desinfección solar (SODIS) y la desinfección térmica mediante hervido. Su implementación permite reducir la carga microbiana, mejorar la apariencia del agua y garantizar su inocuidad durante el almacenamiento.

a) Sedimentación del agua como tratamiento primario

La sedimentación constituye un proceso físico fundamental que permite la separación de sólidos suspendidos mediante el reposo del agua durante un periodo determinado. En este proceso, partículas como arena, limo y arcilla se depositan en el fondo del recipiente, disminuyendo la turbidez y facilitando la acción de tratamientos posteriores. En contextos rurales, la sedimentación se realiza en recipientes simples como baldes, tinajas o bidones, resultado especialmente útil cuando el agua proviene de quebradas que arrastran materiales sólidos durante la época de lluvias.

b) Filtración lenta en arena

La filtración lenta en arena es considerada uno de los métodos más efectivos y apropiados para comunidades rurales debido a su bajo costo, facilidad de construcción y alta eficiencia. El proceso consiste en hacer pasar el agua lentamente a través de capas de grava y arena fina, donde ocurre la remoción física de partículas y la eliminación biológica de microorganismos. La capa biológica superior conocida como *schmutzdecke* es responsable de la eliminación de entre el 90 % y 99 % de bacterias patógenas. Este tratamiento se puede construir con materiales locales y no requiere energía eléctrica, lo cual lo convierte en una alternativa sostenible.

c) Desinfección por cloración

La cloración constituye uno de los procesos más eficientes para la inactivación

de microorganismos patógenos presentes en el agua. Este método utiliza hipoclorito de sodio para eliminar bacterias, virus y protozoarios, proporcionando además un residual de cloro que protege el agua durante su almacenamiento. La Norma Boliviana NB 512 establece que el agua apta para consumo humano debe contener un residual de cloro libre entre 0,2 y 0,5 mg/L, rango que asegura una desinfección continua en recipientes domésticos como bidones o botellas.

d) Desinfección solar del agua (SODIS)

La desinfección solar del agua (SODIS) es un método alternativo que utiliza la radiación UV-A y el calor solar para inactivar microorganismos patógenos. El procedimiento consiste en llenar botellas PET transparentes, agitarlas para oxigenar y exponerlas al sol durante 6 horas en días despejados o por 48 horas en días nublados. Investigaciones han demostrado que SODIS es efectivo contra *Escherichia coli*, virus entéricos y ciertos protozoos, lo que lo convierte en una técnica altamente útil para comunidades con recursos limitados que no cuentan con cloro, filtros u otros insumos.

e) Método de hervir el agua

Hervir el agua es uno de los métodos más antiguos, confiables y accesibles para eliminar microorganismos patógenos. Consiste en llevar el agua a ebullición vigorosa durante al menos un minuto, ampliando el tiempo a tres minutos en zonas de gran altitud. La desinfección térmica mediante hervido inactiva bacterias, virus y protozoarios, incluyendo formas resistentes como *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium* spp.. Este método es especialmente útil en contextos donde no hay disponibilidad de cloro o cuando el agua presenta alta contaminación microbiológica.

Importancia de la implementación combinada de métodos

La aplicación combinada de procesos como sedimentación, filtración, cloración, SODIS o hervido permite incrementar la seguridad del agua en comunidades rurales que dependen de fuentes superficiales. Estos métodos son de bajo costo, fáciles de aplicar y pueden integrarse a prácticas domésticas sin necesidad de tecnología compleja.

Su implementación contribuye al cumplimiento del derecho humano al agua segura y fortalece la salud pública, reduciendo significativamente las enfermedades de origen hídrico en comunidades como San Marcos.

6.3 Marco Conceptual

Características microbiológicas

Aquellas debidas a la presencia de bacterias y otros microorganismos nocivos a la salud humana. (14)

Características organolépticas

Aquellas que se detectan sensorialmente (sabor, color y olor) y que influyen en la aceptabilidad del agua. (14)

Características químicas

Aquellas debidas a elementos o compuestos químicos, orgánicos e inorgánicos que, en concentraciones mayores a lo establecido en la norma, pueden causar efectos nocivos a la salud. (14)

Características físicas

Aquellas que miden las propiedades que influyen en la calidad del agua: Color, turbiedad, sólidos totales y sólidos totales disueltos; resultantes de la presencia de un número de constituyentes físicos. (14)

Valor máximo aceptable (VMA)

Aquel valor establecido para los diferentes parámetros, el cual no debe ser excedido para no incidir en la salud humana. (14)

Desinfección

Proceso que permite la inactivación de microorganismos patógenos y no patógenos a través de la adición de sustancias desinfectantes (oxidantes) o agentes físicos como la radiación. (14)

Fuentes de abastecimiento de agua

Depósitos o cursos naturales de agua, superficiales o subterráneos. (14)

Muestra de agua

Alícuota representativa de un volumen de agua que conserva sus propiedades y Características. (14)

Punto de muestreo

Lugar físico de donde se extrae una muestra representativa para su posterior análisis físico

Químico, microbiológico y/o radiológico. (14)

Parámetro

Nombre del elemento o compuesto a medirse mediante un procedimiento analítico de un

Laboratorio. (14)

Riesgo en salud

Probabilidad de daño a la salud, debida a una contaminación en el sistema de abastecimiento de agua o a la manipulación inadecuada por parte del usuario. (14)

Limite permisible

Concentración máxima o mínima permitida, según corresponda, de un elemento, compuesto o microorganismo en el agua, para preservar la salud y el bienestar humano y el equilibrio ecológico, en concordancia con las clases establecidas. (14)

Cadena de frio

Es el conjunto de elementos de actividades necesarias para garantizar la conservación y la representatividad de una muestra de agua desde el momento inicial de la toma hasta su procesamiento, mediante la aplicación de temperatura de refrigeración. (28)

Muestreo

Acción que consiste en coleccionar un volumen considerado, representativo, para examinar y evaluar las diversas características definidas, con un procedimiento dado. (28)

Punto de muestreo

Lugar físico de donde se extrae una muestra representativa, para su posterior análisis fisicoquímico, microbiológico y/o radiológico. (28)

7 HIPÓTESIS

H0: El agua destinada al consumo humano en la comunidad San Marcos cumple con los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Boliviana NB 512 para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados.

H1: El agua destinada al consumo humano en la comunidad San Marcos no cumple con uno o más de los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Boliviana NB 512 para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados.

8 VARIABLES

8.1 Variables

Calidad del agua para consumo humano

Cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Boliviana NB 512.

8.2 Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Definición Instrumental		
			Dimensión	Indicadores	Escala/criterio de evaluación
Calidad del agua para consumo humano.	Grado en que el agua es apta para un uso definido, como el consumo humano, evaluada según sus parámetros químicos, físicos y biológicos comparados con estándares establecidos.	Se determinará realizando el análisis físico-químicos, microbiológicos y organolépticos, y comparando los resultados con los límites establecidos en la Norma Boliviana NB 512.	a) Organoléptica b) Físico-química c) Microbiológica	• Color • Olor • Sabor • pH • Turbidez • Sólidos totales directos • Dureza total • Temperatura • Coliformes totales • Escherichia coli	15UCV Aceptables Aceptables 6,5 – 9,0 5 UNT 1000Mg/L 500Mg/l CaCO ₃ Aceptable *C <1UFC/100M L <1UFC/100M L
Cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Boliviana NB 512.	NB 512 es la norma técnica que establece los requisitos de calidad que debe cumplir el agua destinada al consumo humano en Bolivia.	Comparación de los resultados obtenidos con los valores establecidos en la norma.	Cumplimiento normativo	Comparación con la norma Nivel cumplimiento	Cualitativa nominal de Cumple/no cumple

9 DISEÑO METODOLÓGICO

9.1 Tipo de Estudio

La presente investigación se enmarca dentro de un enfoque cuantitativo, debido a que se basa en la medición objetiva de parámetros físico-químicos, microbiológicos y organolépticos del agua destinada al consumo humano, cuyos resultados serán comparados con los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Boliviana NB 512. El estudio es de tipo descriptivo-comparativo, ya que describe las características de la calidad del agua en la comunidad San Marcos y compara los resultados obtenidos con los valores de referencia establecidos por la normativa vigente. El diseño es no experimental, debido a que no se manipulan deliberadamente las variables, sino que se observan y analizan tal como se presentan en su contexto natural. Asimismo, es de corte transversal, puesto que la recolección de datos se realizó en un período determinado durante la gestión 2023.

9.2 Área de estudio

Este trabajo se desarrolló en la Comunidad San Marcos, ubicado en el Departamento de Santa Cruz - Bolivia, Municipio de Postrevale a 245km de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra que esta al sudoeste del departamento de Santa Cruz, en la Provincia de Vallegrande, ocupa el sector sud de los valles cruceños, (conocido como Valles Mesotérmicos) Geográficamente se encuentra en un rango de Coordenadas Lat. 18°21'34,44" Sur Log. 63°58'45,84" Oeste y entre lat. 18°50'21,72" Sur Long. 63°31'29,71" Oeste.

9.3 Universo y Muestra

9.3.1 Universo

El universo estuvo constituido por los puntos de abastecimiento de agua destinados al consumo humano en la comunidad San Marcos.

9.3.2 Muestra

La muestra estuvo conformada por las muestras de agua recolectadas en los puntos de abastecimiento seleccionados, las cuales fueron tomadas conforme a los protocolos establecidos en la Norma Boliviana NB 496 para su posterior análisis fisicoquímico y microbiológico.

9.4 Procedimiento

9.4.1 Preparación y esterilización de materiales

Previo a la toma de muestras, se esterilizaron todos los materiales de laboratorio a utilizar, dejándolo todo listo para llegar y procesar las muestras directamente, ya que estas deben ser procesadas en el menor tiempo posible.

Los materiales fueron esterilizados por calor seco en una estufa a una temperatura de 170°C durante 1 hora y media. Los materiales se empaquetaron bien en papel kraft utilizando cinta adhesiva para asegurar que no se desenvuelvan y se ingresaron a la estufa en los laboratorios de la Universidad Evangélica Boliviana.

También se prepararon los frascos ISO estériles que se utilizaron para la toma de muestra para el análisis microbiológico.



Figura 1. Esterilización de Materiales

9.4.2 Toma de Muestra

La toma de muestras se realizó siguiendo los procedimientos establecidos en la Norma Boliviana NB 496 “Agua potable – Toma de muestras”, tanto para el análisis fisicoquímico como para el análisis microbiológico.

Las muestras fueron tomadas de dos puntos. La primera muestra (M1) fue tomada en el tanque, agua que proviene del inicio de la quebrada, donde se recolecta y se distribuye por tuberías a una parte de la población de la comunidad, en especial a la escuelita que se encuentra en la zona. La segunda muestra (M2) se recolectó del final de la quebrada, ya que la otra parte de la población se abastece directamente de ella.

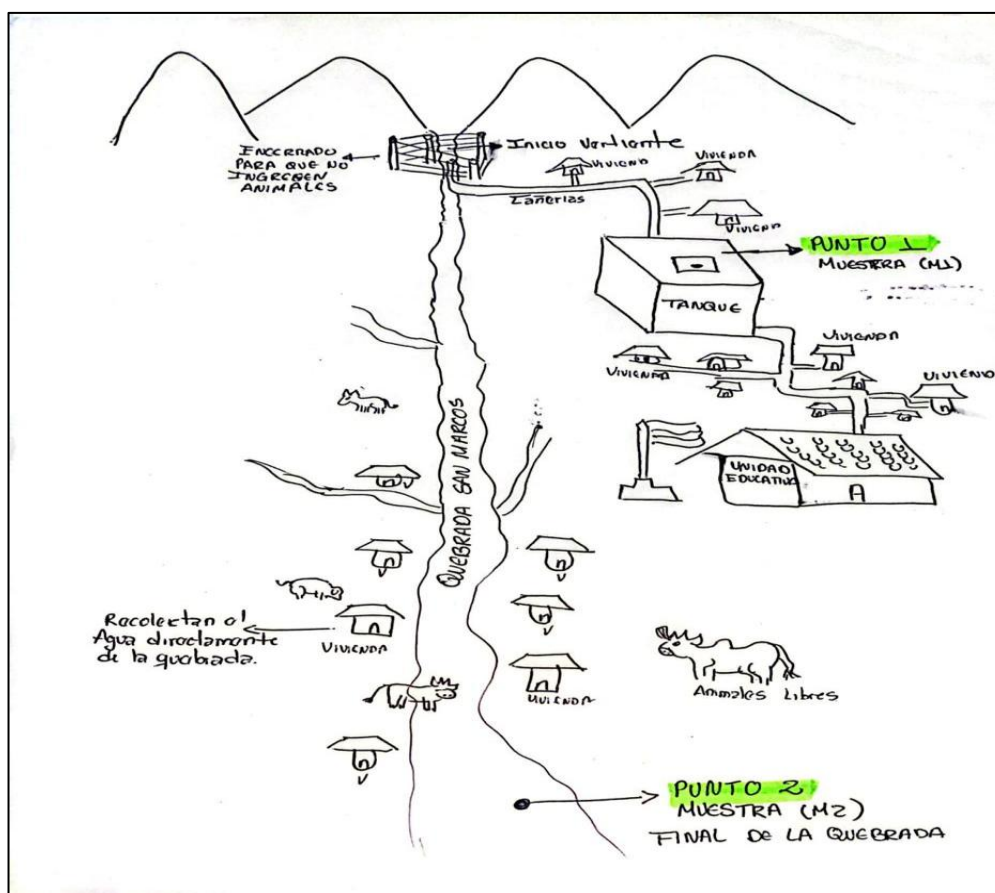


Figura 2. Croquis de la Ubicación de los puntos de Muestra

9.4.3 Procedimiento para la toma de muestra

Primer paso: Indumentaria de bioseguridad

Para garantizar la seguridad del personal y evitar cualquier tipo de contaminación en el proceso, se procedió a colocar toda la indumentaria de bioseguridad necesaria. Esto incluyó el uso de un mandil, gorro, guantes y barbijo, asegurándose de que cada elemento estuviera correctamente puesto para minimizar riesgos y contaminación en la toma de muestra.

Segundo paso: Registro de Datos

A continuación, se registró de manera detallada en una planilla todos los datos relevantes sobre el punto de muestreo y las observaciones de campo. Este registro incluyó información sobre el entorno, las condiciones del área y cualquier dato adicional que pudiera influir en los resultados del análisis.



Figura 3. Descripción del punto de muestreo

Tercer paso: Identificación de los envases

Una vez que los envases para la toma de muestras fueron preparados, se procedió a identificarlos correctamente. Cada envase fue etiquetado con todos los datos requeridos por la normativa vigente, garantizando la trazabilidad de la muestra. La etiqueta contenía información clave como la hora y la fecha de recolección, el nombre del responsable de la toma de muestra, el punto de muestreo, el tipo de análisis a realizar y un código único para cada muestra.



Figura 4. Identificación de envases

Cuarto Paso: Recolección de la muestra

Se realizó la toma de muestras comenzando con la muestra para el análisis microbiológico para evitar posibles contaminaciones. Para este análisis, se utilizaron frascos de vidrio estéril de 250 ml con boca ancha, los cuales se llenaron hasta tres cuartas partes de su capacidad, lo que facilita la homogenización antes de proceder con el análisis.

En el primer punto de muestreo (M1), se abrió el tanque y se extrajo la muestra evitando el contacto directo con las paredes del mismo para prevenir cualquier tipo de contaminación.

Una vez tomada la muestra, el frasco se cerró inmediatamente y se colocó en la conservadora que contenía hielo para mantener la muestra.

En el segundo punto de muestreo (M2), la muestra fue tomada en la zona central del cauce de la quebrada, a una profundidad aproximada de 10 cm. La recolección se realizó en dirección contracorriente, con el fin de evitar la contaminación de la muestra. Para ello, se abrió el frasco estéril en el momento de la toma, se llenó hasta tres cuartas partes de su capacidad y se cerró inmediatamente. Posteriormente, la muestra fue colocada en una conservadora con hielo para su adecuada preservación y transporte al laboratorio.

Para el análisis fisicoquímico, se emplearon dos frascos de plástico con capacidades de 500 mL y 250 mL. En este caso, se realizó un enjuague previo de los frascos con la misma muestra, con el fin de acondicionarlos, seguido de la recolección del agua en dichos recipientes. Finalmente, los frascos fueron cerrados adecuadamente y colocados en el termo correspondiente para su conservación y transporte al laboratorio.



Figura 5. Recolección y toma de muestra

Quinto paso: Análisis organoléptico

Se realizó el análisis organoléptico en el punto de muestreo, donde se evaluaron características sensoriales clave de la muestra, como el olor y el sabor.

Este análisis es esencial para obtener una evaluación preliminar de la calidad del agua o del producto en estudio, ya que permite identificar posibles alteraciones que podrían indicar la presencia de contaminantes. Para ello, se utilizó un procedimiento estandarizado para asegurarse de que las percepciones sensoriales fueran consistentes y objetivas.

Además, se tomó la temperatura de la muestra directamente en el lugar de muestreo utilizando un termómetro. La medición de la temperatura es crucial, ya que influye en la actividad microbiana y en las propiedades fisicoquímicas de la muestra, lo que puede afectar los resultados de los análisis posteriores. Este paso garantizó que las condiciones ambientales fueran registradas de manera precisa, asegurando la fiabilidad de los resultados obtenidos.



Figura 6. Análisis Organoléptico y Temperatura de la Muestra

Sexto Paso: Almacenamiento y transporte de las muestras

Para asegurar la preservación de las muestras en condiciones óptimas, se procedió a transportarlas en un termo con hielo. Este método fue utilizado para mantener la cadena de frío durante todo el proceso de transporte, lo que es crucial para evitar alteraciones en las muestras que podrían comprometer los resultados de los análisis. El control de la temperatura es especialmente importante en estudios microbiológicos y fisicoquímicos, ya que algunas variables pueden verse afectadas por fluctuaciones térmicas. Así, el uso del termo con hielo garantizó que las muestras se mantuvieran a una temperatura constante y adecuada hasta su llegada al laboratorio para su posterior análisis.



Figuro 7. Almacenamiento y transporte de la muestra

9.4.4 Procesamiento de las muestras para análisis microbiológico en el laboratorio de la UEB.

Primer paso: Limpieza y desinfección del área de trabajo

Para garantizar un ambiente libre de contaminantes, se comenzó con la limpieza del área de trabajo. Se utilizó un paño limpio y alcohol al 70% para desinfectar cuidadosamente el mesón donde se procesaron las muestras. Esta acción es esencial para eliminar cualquier posible agente patógeno o contaminante que pudiera afectar la integridad de las muestras. Después de asegurarse de que el área estuviera completamente limpia y libre de residuos, se procedió a preparar los materiales necesarios para el proceso.

Uno de los elementos clave en este procedimiento fue el mechero, que debe encenderse antes de iniciar cualquier manipulación de las muestras. El mechero se colocó en una posición estratégica, al frente del área de trabajo, actuando como una barrera de calor. Este calor sirve para minimizar el riesgo de contaminación cruzada, ya que el aire caliente proveniente de la llama ayuda a crear un flujo ascendente que impide la entrada de partículas contaminantes del entorno. De esta forma, se asegura que el proceso de manipulación de las muestras se realice en un entorno controlado y libre de contaminantes.



Figuro 8. Limpieza y desinfección del área de trabajo

Segundo Paso: Inoculación

Se tomó 1 mL de la muestra utilizando una pipeta estéril y se transfirió cuidadosamente a las placas de Petrifilm, levantando la película superior de la placa para evitar contaminación. La muestra se depositó en el centro de la película cuadriculada inferior, asegurándose de que estuviera en una posición perpendicular a la placa. Posteriormente, se bajó con cuidado la película superior para evitar que se atraparan burbujas de aire entre las capas, ya que estas podrían interferir con la correcta lectura de los resultados más adelante.

Una vez colocada la película superior, se utilizó un dispersor para aplicar una ligera presión sobre ella, con el fin de distribuir de manera uniforme el inóculo sobre el área circular de la placa. Este paso se realizó con cuidado para evitar girar la película superior, lo que podría alterar la distribución de la muestra. Finalmente, se dejó reposar la placa durante 1 minuto, permitiendo que el gel se solidificara completamente antes de proceder con la incubación, asegurando que la muestra estuviera correctamente distribuida y que el gel no se viera afectado por movimientos o burbujas atrapadas.



Figuro 9. Inoculación de la muestra

Tercer Paso: Incubación

Las placas fueron colocadas en una estufa de incubación a una temperatura constante de 35°C. Para el análisis de coliformes, las placas se dejaron incubar durante un período de 24 horas, permitiendo el crecimiento de las colonias bacterianas presentes en las muestras. Posteriormente, se procedió a realizar la evaluación de los resultados obtenidos. Para la detección específica de *Escherichia coli* (*E. coli*), las placas fueron incubadas durante 48 horas, dado que este microorganismo requiere un tiempo de crecimiento más prolongado para su identificación precisa. Durante el período de incubación, se mantuvo un ambiente controlado para asegurar condiciones óptimas para el desarrollo bacteriano.



Figuro 10. Incubación de las muestras

Cuarto Paso: Lectura de Resultados

Las placas de Petrifilm permiten identificar de manera visual las colonias bacterianas a través de sus características de color y la producción de gas.

Se procedió a realizar el conteo directo de las colonias presentes se observó cuidadosamente cada placa, registrando el número de colonias de cada tipo.

Las colonias que se presentaron de color rojo y con la formación de gas fueron identificadas

como coliformes Totales. La producción de gas es un signo de fermentación de la lactosa, un rasgo característico de los coliformes.

Las colonias de color azul, acompañadas de gas, fueron identificadas como *Escherichia coli* (*E. coli*).

Dado que se realizó un triplicado de cada muestra (es decir, tres placas de Petrifilm para cada muestra), se contó el número total de colonias de coliformes y *E. coli* en cada una de las tres placas luego se sumaron los resultados obtenidos de las tres placas, el total de colonias de cada tipo se dividió entre tres, obteniendo así el promedio de colonias por cada tipo en las tres placas. Este promedio se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Promedio de colonias} = \frac{\text{Total en placa 1} + \text{Total en placa 2} + \text{Total en placa 3}}{3}$$

Registro de resultados: El valor promedio obtenido de las tres placas para cada tipo de colonia se registró en los resultados finales.

Este procedimiento de triplicado y cálculo del promedio permite obtener resultados más confiables y representativos, minimizando posibles errores y asegurando que los resultados sean preciso.



Figuro 11. Lectura de resultados

9.4.5 Procesamiento de las muestras para análisis fisicoquímico en el Laboratorio de medio ambiente LMA

Los análisis fisicoquímicos fueron realizados en el Laboratorio de Medio Ambiente (LMA), dependiente de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, ubicado en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. La remisión de las muestras a esta institución se efectuó debido a que los laboratorios de la Universidad Evangélica Boliviana no cuentan el equipamiento especializado ni con determinados reactivos necesarios para la determinación precisa de algunos parámetros fisicoquímicos evaluados.

El LMA dispone de infraestructura adecuada, equipos calibrados y personal técnico capacitado, lo que permitió garantizar la exactitud, confiabilidad y validez de los resultados obtenidos. Esta decisión metodológica aseguró que el procesamiento de las muestras se realizara bajo condiciones técnicas apropiadas y conforme a procedimientos estandarizados, fortaleciendo el rigor científico de la investigación, ver **Anexo 8. Diseño del informe de resultados de análisis fisicoquímicos emitido por el laboratorio LMA.**

9.5 Materiales

Equipos

Estufa

Autoclave

Instrumento

Termómetro

Materiales de Laboratorio

Frasco de vidrio esteril boca ancha con tapa rosca de 500mL

Frasco de plástico 100 mL

Conservadora

Pipetas

Vaso de precipitado

Mechero

Placas de Petrifilm

Cinta adhesiva

Papel madera

Marcador permanente indeleble

9.6 Instrumento de Captura de Datos.

Se realizó una encuesta la cual consistió de 13 preguntas estructuradas. **Ver Anexo 8** Diseño de encuesta .

10 PRESENTACIÓN DE DATOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADO

10.1 Resultados de análisis fisicoquímico de las muestras de agua para consumo humano

Tabla N° 4 Resultados de las características Fisicoquímicas (M1-Tanque)

PUNTO DE MUESTREO: Tanque de almacenamiento de agua de donde se distribuye por tuberías a una parte de la población de la comunidad san marcos en especial a la Unidad Educativa, esta agua proviene del inicio de la quebrada o vertiente lo cual es almacenado en el tanque ver figura 4.						
FECHA DE MUESTREO: 12/03/23				HORA DE MUESTREO: 16:00 pm		
TIPO DE ANÁLISIS: Fisicoquímico				CODIGO DE MUESTRA: M1		
N°	PARAMETROS	MÉTODO DE ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO	FECHA REALIZACIÓN	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE NB-512
1	Color (**)	Comparación Visual (2120 B)	UCV	7 UCV	13/03/23	15 UCV
2	Olor (*)	Sensorial	-	Agradable	12/03/23	-----
3	Sabor (*)	Sensorial	-	Agradable	12/03/23	-----
4	Turbiedad (**)	Nefelométrico (2130-B)	UNT	1,69 UNT	14/03/23	5 UNT
5	Sólidos totales disueltos (**)	Gravimétrico (2140-C)	mg/l	108,0 mg/l	16/03/23	1 000 mg/l (***)
6	Temperatura	Termómetro	°C	24 °C	12/03/23	Aceptable
7	Dureza total	Titulométrico EDTA(2340-C)	mg/l	28,9 mg/l CaCO ₃	27/03/23	500,0 mg/l CaCO ₃
8	pH	Electrométrico 4500-H+B	adimensiona l	7,19	13/03/23	6,5 – 9,0

OBSERVACIONES:

UCV = Unidad de color verdadero (y no presentar variaciones anormales)

UCV en unidades de platino cobalto

UNT = unidades de turbidez nefelométricas

(*) Para efectos de evaluación, el sabor y el olor se determinan por medio de los sentidos, deben ser aceptables.

(**) Para efectos de evaluación, el color, la turbiedad y los sólidos totales disueltos se determinan por medio de métodos analíticos de laboratorio

UNT = unidades de turbidez nefelométricas

Temperatura: Deben ser aceptables (medidos en °C)

(**) Para efectos de evaluación, el color, la turbiedad y los sólidos totales disueltos, se determinan por medio de métodos analíticos de laboratorio.

(***) Valores superiores pueden influir en la apariencia, el sabor, el olor o perjudicar otros usos del agua, Valor superior influye en la aceptabilidad (palatabilidad).

Fuente: Elaboración propia y LMA Laboratorio de Medio Ambiente

De acuerdo a como se observa en la **tabla N°4** indica que los resultados Fisicoquímicos de la muestra **M1** realizados **CUMPLE** con las especificaciones requeridas por la Norma Boliviana 512.

Tabla N°5 Resultados de las características Fisicoquímicas (M2- Final de la quebrada)

PUNTO DE MUESTREO: Final de la quebrada San Marcos donde se encuentran las ultimas viviendas que recolectan el agua directamente de la quebrada ver figura 4.						
FECHA DE MUESTREO: 12/03/23				HORA DE MUESTREO: 17:00		
TIPO DE ANÁLISIS: Fisicoquímico				CODIGO DE MUESTRA: M2		
N°	PARAMETROS	MÉTODO DE ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO	FECHA REALIZACIÓN	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE NB-512
1	Color (**)	Comparación Visual (2120 B)	UCV	9	13/03/23	15 UCV

2	Olor (*)	Sensorial	-	Agradable	12/03/23	Aceptable
3	Sabor (*)	Sensorial	-	Agradable	12/03/23	Aceptable
4	Turbiedad	Nefelométrico	UNT	1,09 UNT	14/03/23	5 UNT
5	Sólidos totales disueltos	Gravimétrico	mg/l	262,0 mg/L	16/03/23	1 000 mg/l
6	Temperatura	Termómetro	°C	28 °C	12/03/23	Aceptable
7	Dureza total	Titulométrico EDTA	mg/l	179,3 mg/L	27/03/23	500,0 mg/l CaCO ₃
8	pH	Electrométrico	adimensional	7,83	13/03/23	6,5 – 9,0

OBSERVACIONES:

UCV = Unidad de color verdadero (y no presentar variaciones anormales)

UCV en unidades de platino cobalto

UNT = unidades de turbidez nefelométricas

(*) Para efectos de evaluación, el sabor y el olor se determinan por medio de los sentidos, deben ser aceptables.

(**) Para efectos de evaluación, el color, la turbiedad y los sólidos totales disueltos se determinan por medio de métodos analíticos de laboratorio

UNT = unidades de turbidez nefelométricas

Temperatura: Deben ser aceptables (medidos en °C)

(**) Para efectos de evaluación, el color, la turbiedad y los sólidos totales disueltos, se determinan por medio de métodos analíticos de laboratorio.

(***) Valores superiores pueden influir en la apariencia, el sabor, el olor o perjudicar otros usos del agua, Valor superior influye en la aceptabilidad (palatabilidad).

Fuente: Elaboración propia y LMA Laboratorio de Medio Ambiente

Según **Tabla N°5** indica que los resultados de los análisis fisicoquímicos de la muestra **M2** realizados **CUMPLE** con las especificaciones requeridas por la Norma Boliviana 512, ya que están dentro del parámetro establecido.

10.2 Resultados de análisis microbiológico de las muestras de agua para consumo humano

Tabla N°6 Resultado de las características microbiológicas (M1-Tanque)

PUNTO DE MUESTREO: Tanque de almacenamiento de agua de donde se distribuye por tuberías a una parte de la población de la comunidad san marcos en especial a la Unidad Educativa, esta agua proviene del inicio de la quebrada o vertiente ver figura 4.								
FECHA DE MUESTREO: 13-03-2023				HORA DE MUESTREO: 17:00 pm				
TIPO DE ANÁLISIS: Microbiológico				CODIGO DE MUESTRA: M1				
N°	PARAMETROS	MÉTODO DE ANÁLISIS	UNIDADES	LECTURA 24 - 48Hrs.			RESULTADO	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE NB-512
				M1 -01	M1 -02	M1 -03		
1	<i>Escherichia coli</i>	Recuento en placas de Petrifilm	UFC/mL	2+1+0			1 UFC/mL	<1 UFC/100mL
2	Coliformes totales	Recuento en placas de Petrifilm	UFC/mL	37+28+34			33 UFC/mL	<1 UFC/100mL
CONCLUSIÓN: La presente muestra NO CUMPLE con las especificaciones requeridas por la Norma Boliviana 512.								

Fuente: Elaboración propia

Según **Tabla N°6** indica que los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la muestra de agua M1 **NO CUMPLE** con las especificaciones requeridas por la Norma Boliviana 512 ya que los resultados están fuera del valor máximo aceptable.

Tabla N°7 Resultado de las características microbiológicas (M2- Final de la quebrada)

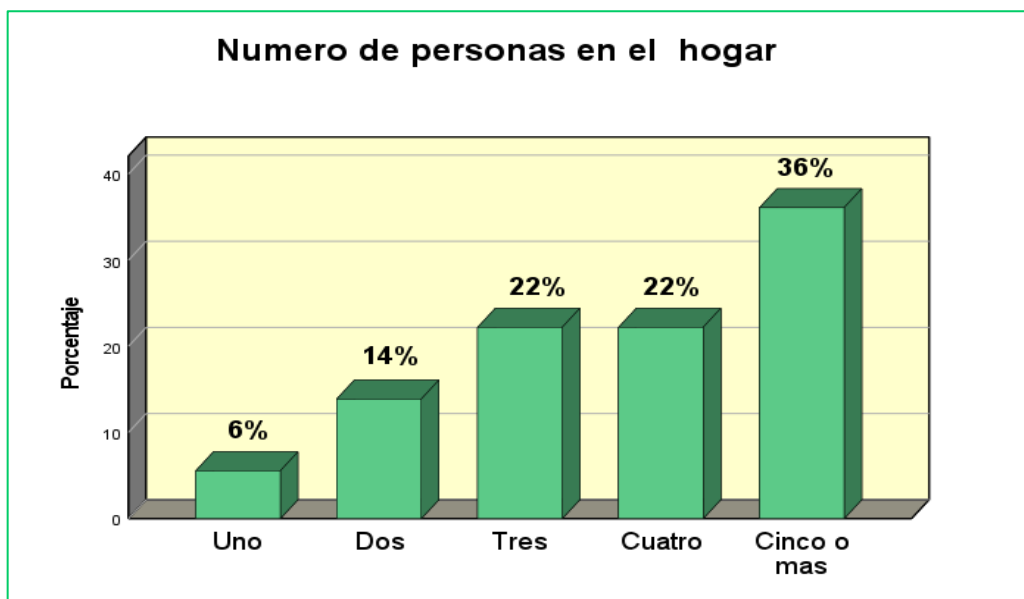
PUNTO DE MUESTREO: Final de la quebrada san marcos donde se encuentran las ultimas viviendas que recolectan el agua directamente de la quebrada ver figura 4 .								
FECHA DE MUESTREO: 13-03-2023				HORA DE MUESTREO: 17:30 pm				
TIPO DE ANÁLISIS: Microbiológico				CODIGO DE MUESTRA: M2				
N°	PARAMETROS	MÉTODO DE ANÁLISIS	UNIDADES	LECTURA 24 - 48Hrs.			RESULTADO	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE NB-512
				M2 -01	M2 -02	M2 -03		
1	<i>Escherichia coli</i>	Recuento en placas de Petrifilm	UFC/mL	5+4+6			5 UFC/mL	<1 UFC/100mL
2	Coliformes totales	Recuento en placas de Petrifilm	UFC/mL	80+76+79			78 UFC/mL	<1 UFC/100mL
CONCLUSIÓN: La presente muestra NO CUMPLE con las especificaciones requeridas por la Norma Boliviana 512.								

Fuente: Elaboración propia

Según **Tabla N°7** indica que los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la muestra de agua M2 **NO CUMPLE** con las especificaciones requeridas por la Norma Boliviana 512 ya que los resultados están fuera del valor máximo aceptable.

10.3 Resultados de la recopilación de información mediante encuesta

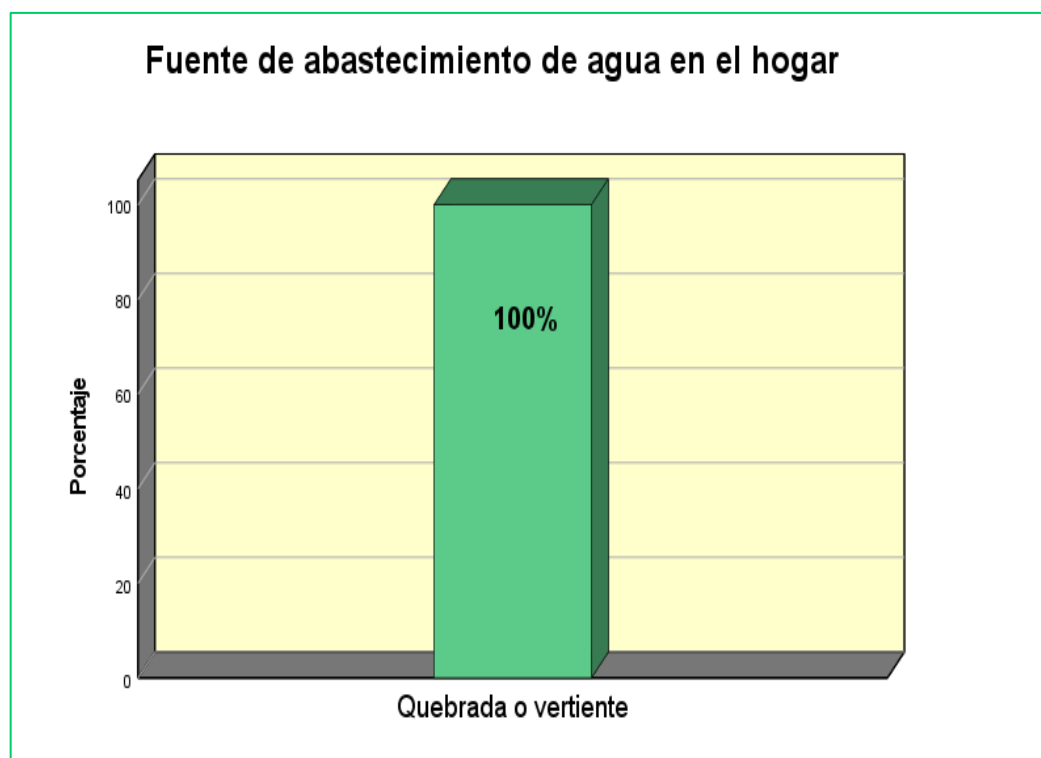
Gráfico N° 1 Número de personas que conforman que habitan en las viviendas de la comunidad San Marcos



Fuente Elaboración Propia

Según el Grafico N° 1 muestra que la mayoría de los hogares están compuesto por cinco o más personas (36%), cuatro personas (22%), tres personas (22%), dos personas (14%) y una persona (6%).

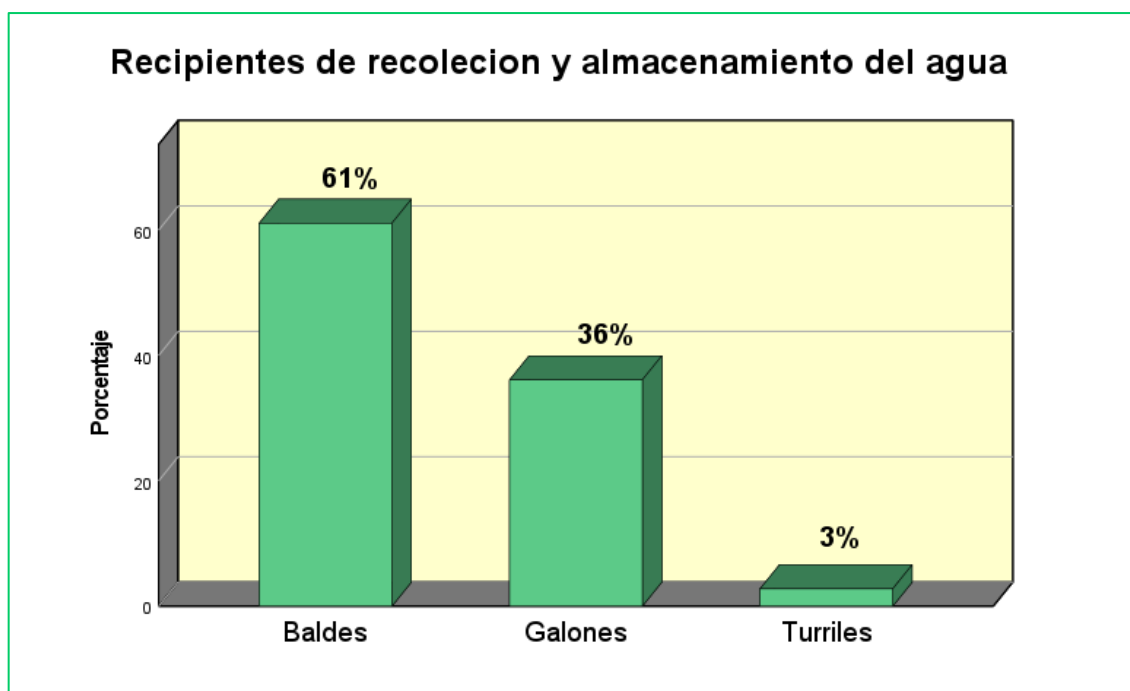
Gráfico N°2 Fuente de agua de la que se abastece la población de la comunidad San Marcos



Fuente: Elaboración Propia

Según el grafico N°2 muestra que toda la población de la comunidad San Marcos se abastece de agua de la quebrada que encuentra del lugar con un 100%

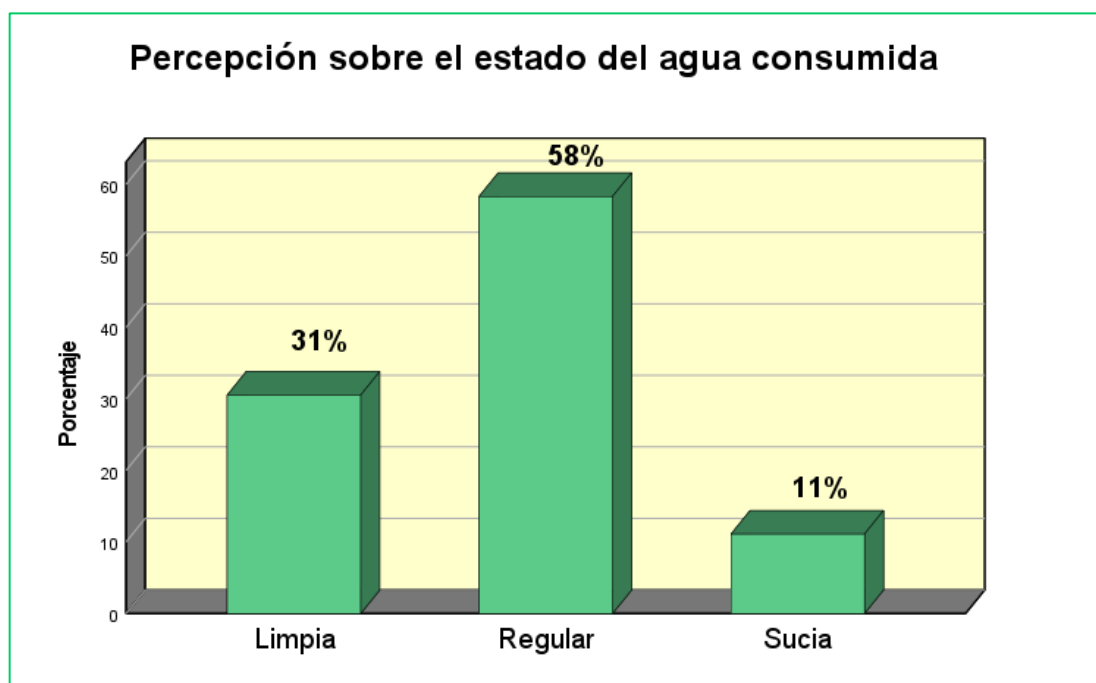
Gráfico N° 3. Recipientes donde recolectan y almacenan el agua para su consumo y el de sus animales



Fuente: Elaboración Propia

Según el gráfico N°3 el recipiente que más utilizan en la recolección y almacenamiento de agua de la quebrada es el Balde (61%), seguido por galones (36%) y turriles con un (3%).

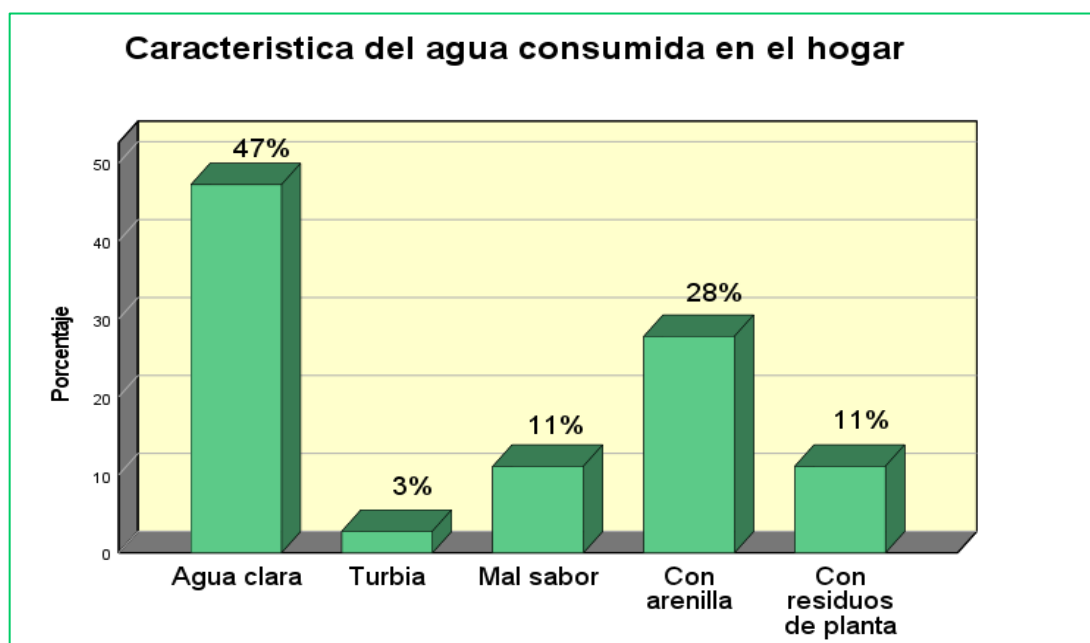
Gráfico N°4 Percepción de los pobladores de la comunidad San Marcos sobre la calidad del agua que consumen a diario.



Fuente: Elaboración Propia

Según grafico N°4 muestra que la mayoría de la población de la comunidad San Marcos cree que la calidad del agua que consume a diario se encuentra Regular (58%), Limpia el (31%) y Sucia o mala el (11%)

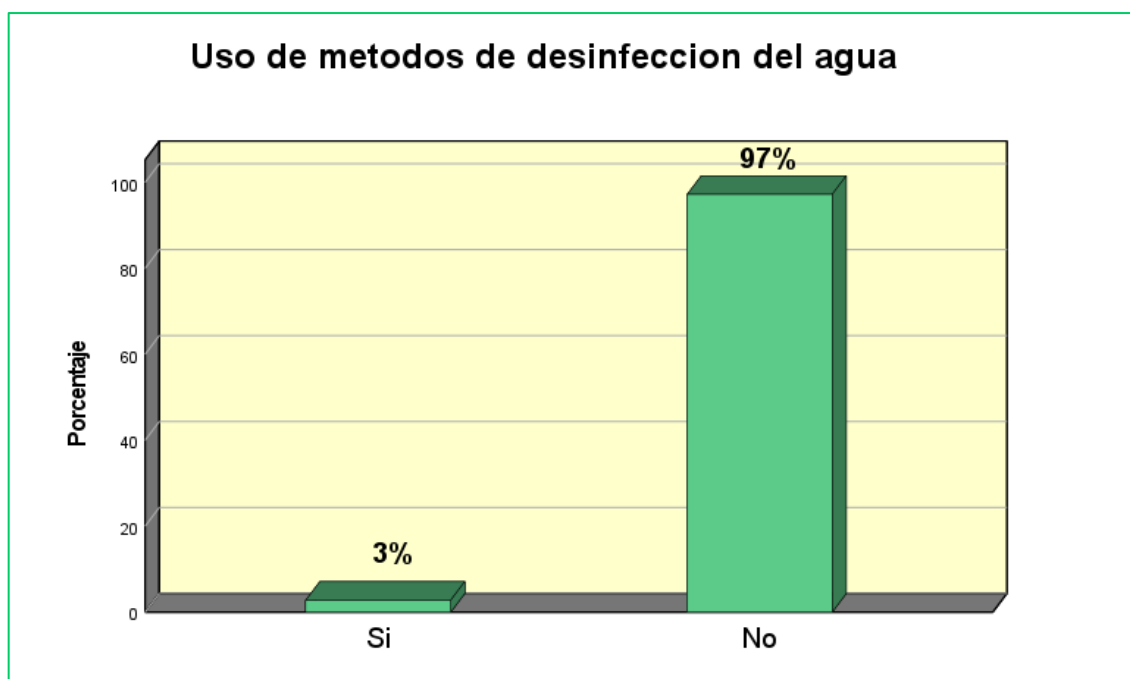
Gráfico N°5 Características del agua observadas por los pobladores de la Comunidad San Marcos



Fuente: Elaboración Propia

En el Grafico N°5 muestra que la mayoría población indica que la característica del agua que beben a diario es una Agua Clara (47%), Con arenilla (28%), Con residuos de plantas (11%), Mal Sabor (11%) y turbia (3%)

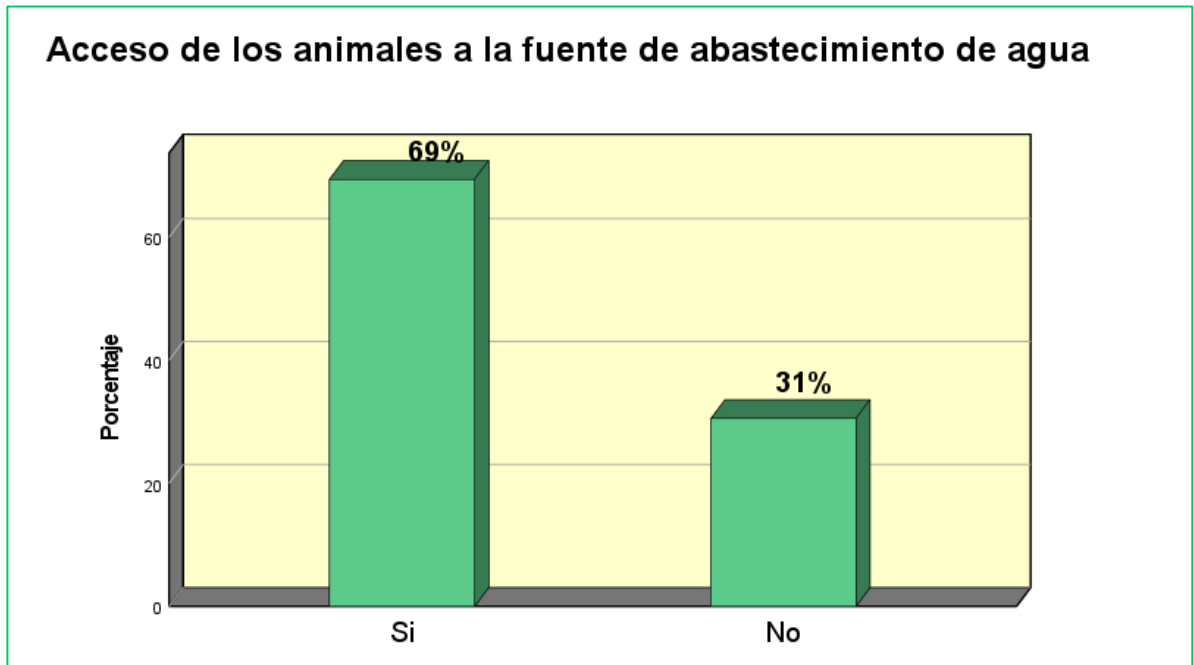
Gráfico N°6 Utilización de Métodos de desinfección del agua antes de consumirla en la comunidad San Marcos



Fuente: Elaboración Propia

Según el grafico muestra que casi en su totalidad de la población no realiza ningún método de desinfección del agua antes de consumirla respondieron NO el 97% y solo un 3% SI.

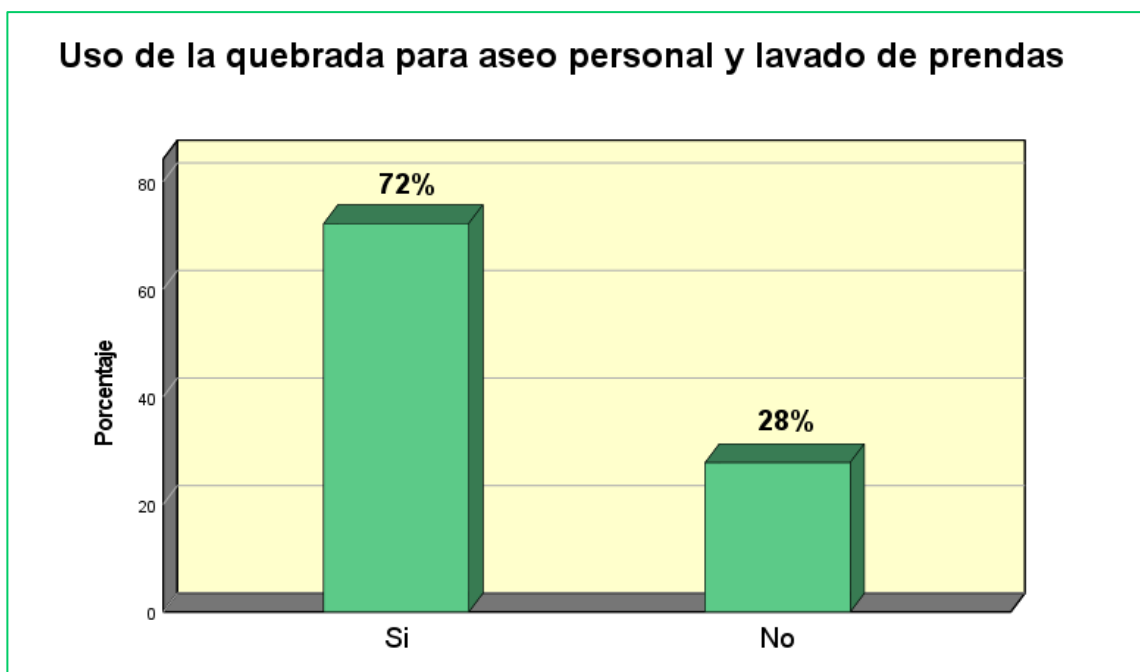
Gráfico N°7 Los animales tienen ingreso a la quebrada de la cual recolectan el agua para su consumo diario.



Fuente: Elaboración Propia

Según el grafico N°7 indica que la mayor parte de la población sus animales tienen acceso libre para que consuman agua de la misma fuente que es para consumo humano, SI respondió el 69% y NO un 31%.

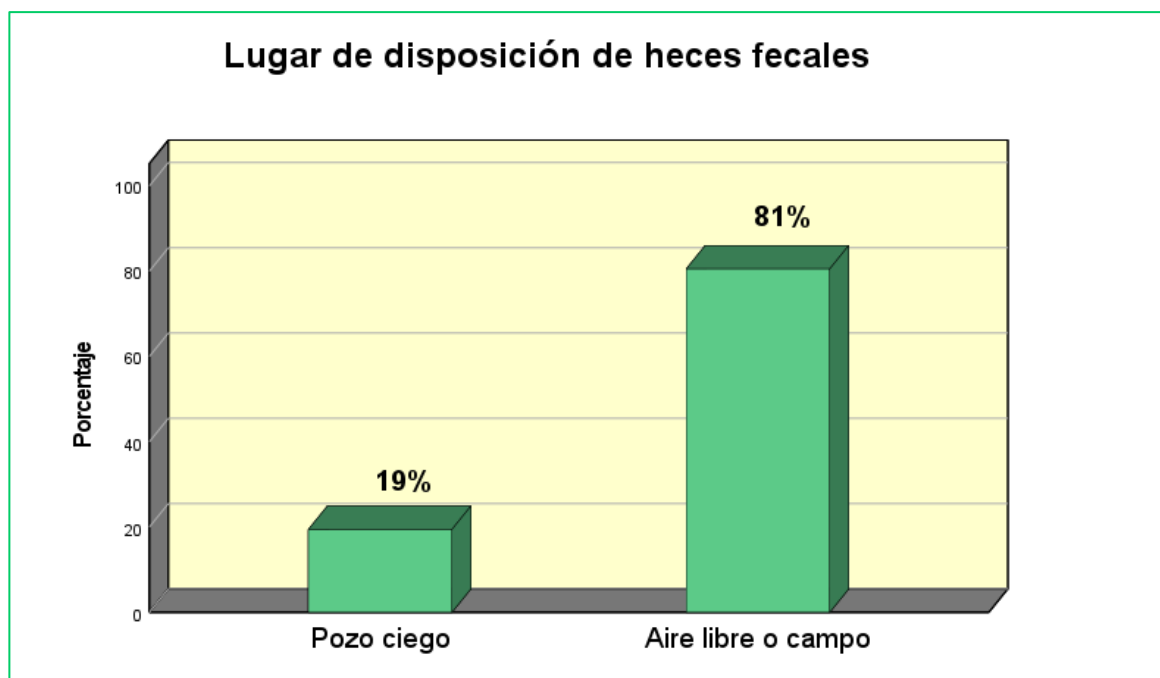
Gráfico N°8 Utilización de la quebrada para lavado de prendas y aseo personal en la comunidad San Marcos



Fuente: Elaboración Propia

El grafico N°8 indica que la mayoría de la población respondió que SI (72%) utiliza la quebrada para aseo personal y lavado de prendas y NO con un (28%).

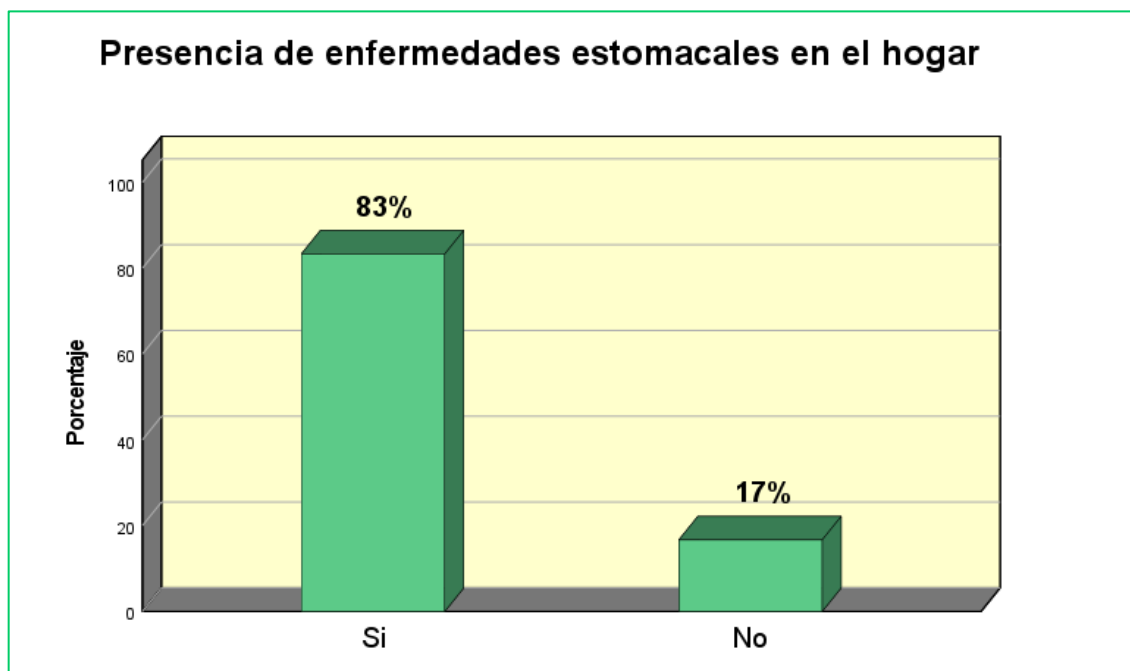
Gráfico N°9 Lugar en que realizan su disposición de heces fecales en la comunidad San Marcos.



Fuente: Elaboración Propia

En el grafico N°9 se observa que la mayoría de la población realiza necesidades al Aire libre (81%) y solo el 19% cuenta con un Pozo ciego en la comunidad San Marcos.

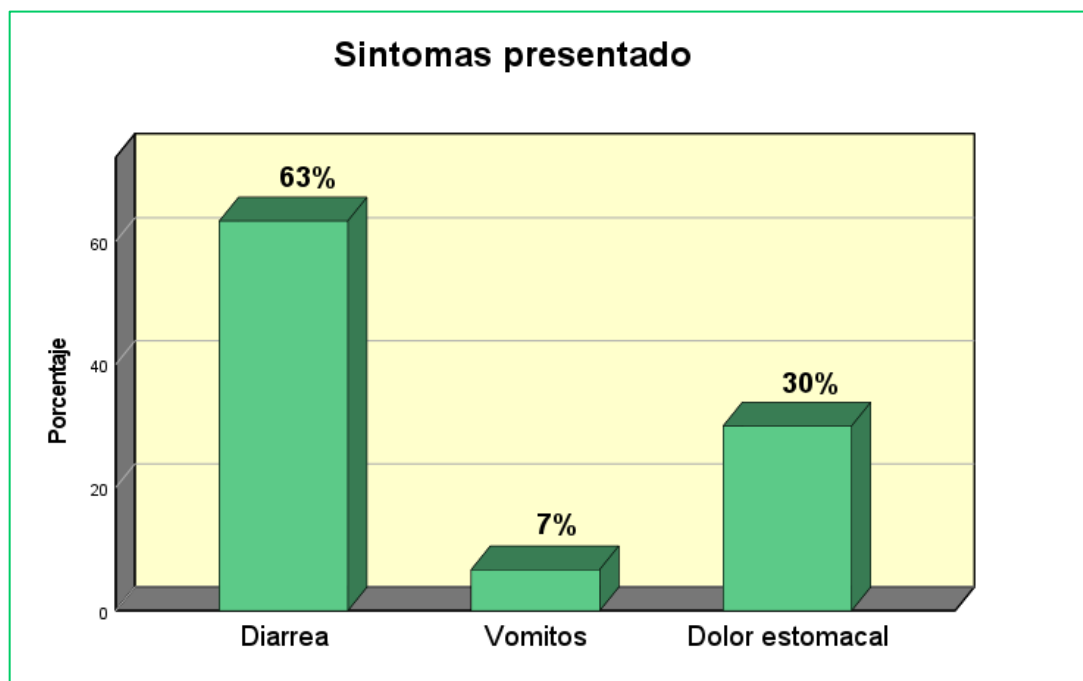
Gráfico N°10 Presencia de enfermedades estomacales en los pobladores de la comunidad San Marcos



Fuente: Elaboración Propia

Según grafico N°10 muestra que el 83% de la población SI presento enfermedades estomacales y solo un 17% indica que NO ha presentado este tipo enfermedades.

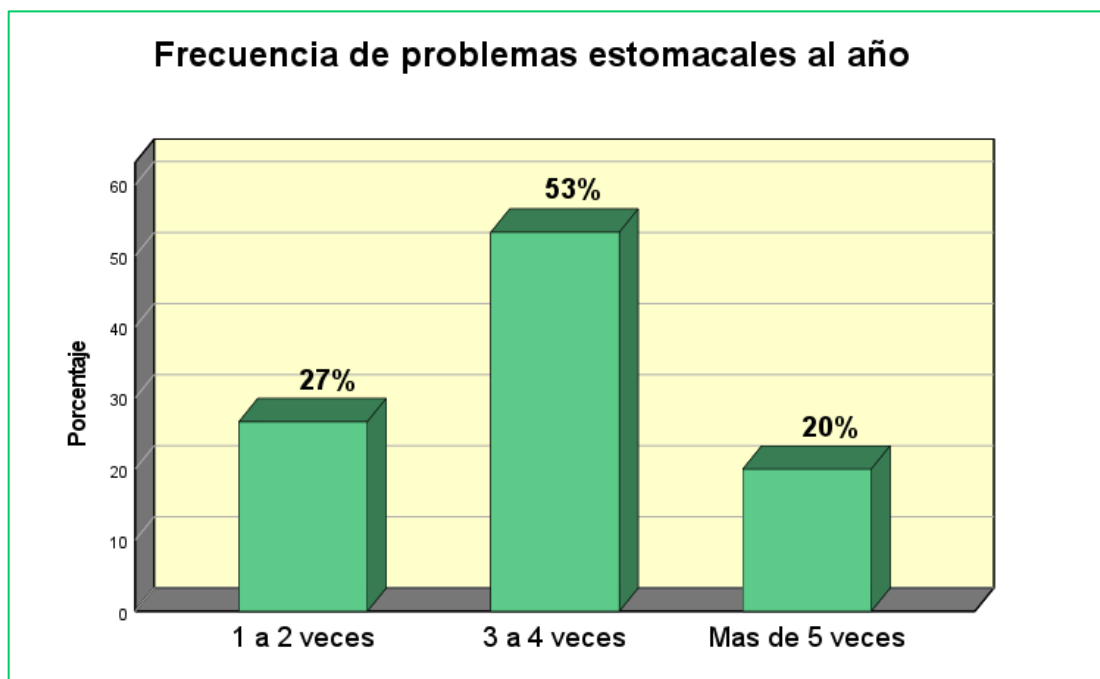
Gráfico N°11 Síntomas que manifestaron los pobladores al contraer enfermedades estomacales



Fuente: Elaboración Propia

El grafico N°11 muestra que el síntoma frecuente que presentan es de Diarrea (63%), Dolor estomacal (30%) y Vómitos (7%).

**Gráfico N°12 Número de veces que sufren problemas estomacales al año
los pobladores de la Comunidad San Marcos**

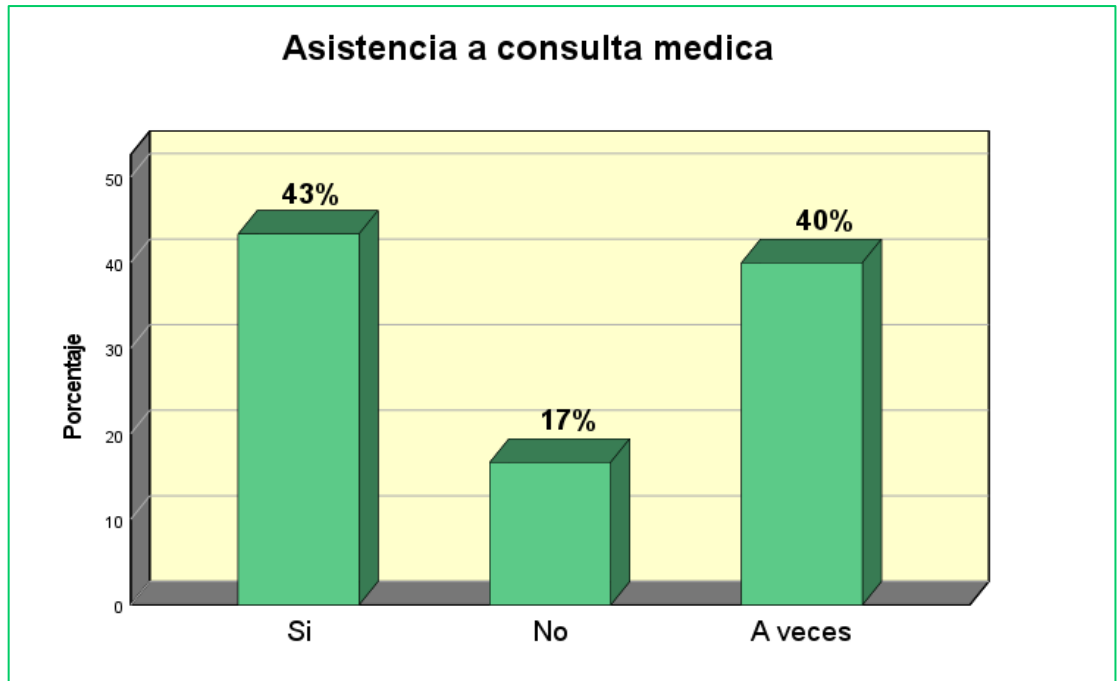


Fuente: Elaboración Propia

Según grafico N°12 indica que la mayor parte de la población de la comunidad San Marcos presenta problemas estomacales 3 a 4 veces al año (53%), 1 a 2 veces (27%) y Mas de 5 veces el (20%).

La población manifestó que acude al médico únicamente cuando el dolor es intenso y persistente por más de tres días, optando inicialmente por el uso de medicina natural. Esta conducta se debe principalmente a la distancia existente hasta la posta de salud, lo que dificulta el acceso por la falta de medios de transporte. Asimismo, señalaron que la atención recibida es limitada y precaria, debido a la insuficiente infraestructura del puesto de salud, el cual no cuenta con un servicio integral que permita al médico realizar un diagnóstico adecuado.

Gráfico N°13 Asistencia de la población a consulta médica por enfermedades estomacales en la comunidad San Marcos.



Fuente: Elaboración Propia

El grafico N°13 nos muestra que el 43% de la población SI acude a una consulta médica cuando presenta problemas estomacales, el 40% indica que solo A veces y el 17% de la población de la comunidad San Marcos NO asiste a una consulta médica.

10.4 Propuesta de tratamiento básico del agua para la comunidad san marcos

En función de los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos, fisicoquímicos y organolépticos del agua cruda destinada al consumo humano en la comunidad San Marcos, se elaboró una propuesta de tratamiento básico orientada a mejorar la calidad del agua y reducir los posibles riesgos para la salud de la población. Esta propuesta considera alternativas de tratamiento simple, accesible y acorde a las condiciones de la comunidad, con el propósito de contribuir al mejoramiento de la inocuidad del agua utilizada para consumo humano.

El desarrollo detallado de la propuesta de tratamiento básico del agua se presenta en el **Anexo 15. Propuesta de tratamiento básico del agua.**

10.5 Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en el presente estudio evidencian que los parámetros organolépticos y físico-químicos del agua analizada en la comunidad San Marcos se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por la Norma Boliviana NB 512 Agua Potable. Estos resultados indican que, desde el punto de vista físico-químico, el agua no presenta alteraciones significativas que afecten sus características de aceptabilidad para el consumo humano.

Sin embargo, el análisis microbiológico reveló la presencia de coliformes totales y *Escherichia coli*, lo que constituye un indicador de contaminación fecal. De acuerdo con la Norma Boliviana NB 512 Agua Potable, el agua destinada al consumo humano no debe presentar estos microorganismos, por lo que el agua evaluada se clasifica como no apta para el consumo humano.

Resultados similares fueron reportados por Gisela Huayhua (2019) en un estudio realizado en el municipio de Coripata, Bolivia, donde se evidenció que, aunque los parámetros fisicoquímicos del agua se encontraban dentro de los valores permisibles, las muestras presentaban contaminación microbiológica por coliformes totales, lo cual representaba un riesgo sanitario para la población.

De manera similar, Juan Rojas (2018) en un estudio sobre calidad del agua en comunidades rurales de Bolivia determinó que las fuentes de agua superficial utilizadas para consumo humano presentan con frecuencia contaminación microbiológica debido a la ausencia de sistemas de tratamiento y a la exposición directa a actividades humanas y animales.

En el presente estudio, la presencia de estos microorganismos podría estar relacionada con las condiciones sanitarias observadas en la comunidad. Los resultados de las encuestas indicaron que la población utiliza la quebrada para actividades domésticas como el lavado de prendas y el aseo personal, además de permitir el acceso de animales a la fuente de agua y realizar sus necesidades fisiológicas al aire libre. Estas condiciones favorecen la contaminación de las fuentes de agua, tal como lo señala la Organización Mundial de la Salud, la cual indica que la contaminación fecal en fuentes de agua está frecuentemente asociada a prácticas sanitarias inadecuadas y a la falta de sistemas de tratamiento.

Asimismo, en la entrevista realizada al médico de la zona se indicó que con frecuencia atiende pacientes que presentan problemas estomacales. Sin embargo, estos son derivados a otros centros de salud para la realización de estudios complementarios, debido a que la posta sanitaria no cuenta con laboratorio y presenta condiciones limitadas para el diagnóstico.

De igual manera, los resultados de la encuesta evidenciaron que un porcentaje considerable de los habitantes reportó la presencia de enfermedades gastrointestinales durante el año. Aunque el presente estudio no establece una relación causal directa, estos resultados podrían estar asociados al consumo de agua contaminada microbiológicamente.

Estos hallazgos resaltan la importancia de implementar medidas básicas de tratamiento del agua, para mejorar la calidad del agua y reducir los riesgos para la salud de la población.

11 CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados en la presente investigación, se establecen las siguientes conclusiones:

- Parámetros fisicoquímicos: El agua de la quebrada San Marcos presenta color, olor y sabor dentro de los límites permisibles establecidos por la Norma Boliviana NB 512, por lo que no se evidencian alteraciones perceptibles que afecten su aceptabilidad sensorial. Los valores de turbidez, sólidos disueltos totales, dureza total, pH y temperatura se encuentran dentro de los rangos máximos aceptables según la normativa vigente, indicando que, desde el punto de vista fisicoquímico, el agua cumple con los criterios establecidos para consumo humano.
- Parámetros microbiológicos: Se evidenció la presencia de coliformes totales y *Escherichia coli*, incumpliendo los límites establecidos por la Norma Boliviana NB 512. Este hallazgo determina que el agua no es apta para el consumo humano, debido al riesgo significativo que representa para la salud pública.
- Los resultados de las encuestas aplicadas a la población reflejan condiciones sanitarias inadecuadas, tales como la realización de actividades de higiene personal en la fuente de abastecimiento, el uso de recipientes no higienizados para la recolección y almacenamiento del agua, y la ausencia de servicios sanitarios en los hogares, factores que incrementan el riesgo de contaminación microbiológica.

El 53% de los encuestados reportó haber presentado hasta cuatro episodios de problemas gastrointestinales al año, lo que podría estar asociado al consumo de agua contaminada.

- En función de los resultados obtenidos, se evidenció la necesidad de implementar un sistema básico de tratamiento de agua, el cual fue planteado de acuerdo con las condiciones y la accesibilidad de la comunidad. Si bien los análisis fisicoquímicos demostraron que el agua cumplía con los parámetros establecidos, los resultados microbiológicos no cumplieron con los límites permisibles establecidos en la NB 512, evidenciando un riesgo para la salud de la población.

En este contexto, se propusieron métodos de tratamiento como el hervido, la cloración y el método SODIS, debido a que son alternativas prácticas, de bajo costo y de fácil aplicación por parte de los habitantes, orientadas principalmente a la eliminación de la contaminación microbiológica.

- Asimismo, los resultados de la investigación fueron comunicados al presidente de la OTB de la comunidad San Marcos, con el propósito de que pudiera gestionar el acceso a agua potable y promover el fortalecimiento de la educación sanitaria, contribuyendo a la reducción de riesgos para la salud. De igual manera, se informó sobre la situación al Servicio Departamental de Salud (SEDES) de Santa Cruz y al alcalde del municipio de Postrevale, con la finalidad de que las autoridades competentes tomaran conocimiento y pudieran impulsar acciones para la implementación de acceso a agua potable y la mejora de la calidad del agua en la comunidad.

12 RECOMENDACIONES

- A la Universidad Evangélica Boliviana – Carrera de Bioquímica y Farmacia:

Promover programas de extensión universitaria orientados a la capacitación comunitaria en métodos de desinfección doméstica del agua (hervido, cloración y SODIS), así como desarrollar investigaciones complementarias sobre calidad microbiológica en fuentes rurales, fortaleciendo el vínculo universidad–comunidad y el impacto social de la formación profesional.

- Al Gobierno Autónomo Municipal de Posttrervalle:

Realizar de manera inmediata la implementación de un sistema de agua potable en la comunidad tomando en consideración los resultados del presente estudio como alerta sanitaria y apoyar la implementación de medidas básicas de potabilización en la comunidad San Marcos, facilitando el acceso a hipoclorito de sodio apto para desinfección y promoviendo programas de educación sanitaria y saneamiento básico.

- A las autoridades de salud del municipio:

Realizar seguimiento epidemiológico periódico en la comunidad, considerando la presencia de *Escherichia coli* como indicador de contaminación fecal, y desarrollar campañas preventivas orientadas a reducir enfermedades transmitidas por el agua.

- Al presidente de la OTB de la comunidad San Marcos:

Socializar los resultados del presente estudio con los habitantes de la comunidad y promover la aplicación de los métodos de tratamiento básico propuestos y adoptar prácticas adecuadas de almacenamiento seguro, con el fin de reducir el riesgo de contaminación microbiológica, así como coordinar con autoridades municipales y de salud la implementación de medidas orientadas a mejorar la calidad del agua y las condiciones de saneamiento

13 BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud. Saneamiento. [Online].; 2024. Acceso 6 de Junio de 2024. Disponible en: **<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>**.
2. Banco Mundial. América Latina: la región con más agua, la más castigada por la sed. [Online].; 2015. Acceso 09 de Junio de 2024. Disponible en: **<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2015/05/13/america-latina-la-region-con-mas-agua-la-mas-castigada-por-la-sed>**.
3. Asociación Zabalketa de Cooperación y Desarrollo. Zabalketa. [Online].; 2016. Acceso Miércoles de Noviembre de 2023. Disponible en: **https://zabalketa.org/archivos/recursos-didacticos/formacion-profesional-y-universitaria/red-derecho-humano-agua-saneamiento/Cuaderno-01_ZABALKETA_cast.pdf**.
4. Potosí JJY. Propuesta para mejorar la calidad del agua de consumo humano de la junta de agua de Cuicocha del Cantón Cotacachi”. Tesis..
5. Huayhua M. Monitoreo al sistema de potabilización de agua en la localidad de Coripata. Proyecto de Grado. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
6. Rodríguez C, Silva M. Calidad del agua en la microcuenca alta de la quebrada estero en San Ramón de Alajuela, Costa Rica. Revista Pensamiento Actual. 2015; 15(25).
7. Barbosa A. Evaluación de la calidad microbiológica del agua envasada que se comercializa por parte de algunas empresas en la ciudad de Villavicencio-Meta. Tesis de Grado. Villavicencio: Universidad de los Llanos.

8. Perez M. Determinación de la calidad de agua para consumo humano en el valle de Vítor, Arequipa durante los meses de agosto - octubre del 2019. Tesis de Grado. Universidad Nacional de San Angustin de Arequipa, Arequipa-Peru.
9. Gallardo V; Rosas M; Chacon H; Velasquez E. Calidad microbiologica del agua de los pozos de la aldeas de la reserva natural de usos multiples monterrico (RNUMM). Tesis de Grado. Universidad de San Carlos Guatemala, Santa Rosa - Guatemala.
10. Maceira A. iAgua. [Online]. Disponible en: **<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua>**.
11. Aquae F. Fundacion Aquae. [Online]; 2021. Disponible en: **<https://www.fundacionaquae.org/wiki/que-es-el-agua/>**.
12. Fundacion Aquae. Fundacion Aquae. [Online]; 2022. Disponible en: **<https://www.fundacionaquae.org/wiki/caracteristicas-agua/>**.
13. Custodio E LM. Hidrología Subterránea. 2nd ed. Madrid: Editorial Omega; 1996.
14. Instituto Boliviano de Normalizacion y Calidad. Norma Boliviana 512. [Online].; 2004.. Disponible en: **http://www.anesapa.org/data/files/NB512-AP_Requisitos.pdf**.
15. Organization WH. Water Sanitation and Health (WASH) — World Health Organization”. [Online]. Disponible en: **[https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/water-sanitation-and-health-\(wash\)/water-safety-and-quality/water-safety-planning/rainwater-collection-and-storage](https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/water-sanitation-and-health-(wash)/water-safety-and-quality/water-safety-planning/rainwater-collection-and-storage)**.

16. Pradillo B. iagua. [Online]; 2016. Disponible en: **<https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>**.
17. Centro de Aprendizaje. Carbotecnia. [Online]; 2021. Disponible en: **<https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/solidos-disueltos-totales-tds/>**.
18. M CR, Bojaca Mdp. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. [Online].; 2007.. Disponible en: **<http://archivo.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Dureza+total+en+agua+con+EDTA+por+volumetr%C3%ADa.pdf/44525f65-31ff-482e-bbf6-130f5f9ce7c3>**.
19. Hanna colombia. HANNA Instruments. [Online]. Disponible en: **<https://www.hannacolombia.com/blog/post/447/que-es-el-ph?srsItid=AfmBOoqq3Faqk7nkF4oH1W1dvyah71JGXTAb-fKPmEO1vuPgmKEGR3O7>**.
20. Red Penn State Extension de educadores de extensión. PennState Extencion. [Online]; 2023. Acceso 6 de noviembre de 2023. Disponible en: **<https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>**.
21. Ambientalys Consultoria y Analisis. Ambientalys. [Online]; 2019. Acceso 6 de Noviembre de 2023. Disponible en: **<https://www.ambientalys.com/bacterias-coliformes>**.
22. Carbotecnia Centro de Aprendizaje. Cabotecnia. [Online]; 2021. Acceso 20 de marzo de 2023. Disponible en: **<https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/desinfeccion/bacterias-coliformes-en-el-agua-potable/>**.

23. Organizacion mundial de salud (OMS). Guidelines for Drinking-water Quality (4th edition, incorporating the 1st addendum) Geneva, Switzerland: Organizacion mundial de la salud; 2017.
24. Organizacion Mundial de la Salud. OMS. [Online]; 2018. Acceso 20 de Marzode 2023. Disponible en: **<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>**.
25. 3M Ciencia aplicada a la vida. [Online]; 2017. Disponible en: **<https://multimedia.3m.com/mws/media/1409677O/guia-interpretacion-petrifilm-coliformes.pdf>**.
26. J. Casas Anguitaa JRRLyJDC. La Encuesta como Técnica de Investigación Elaboración de cuestionarios y tratamiento Estadístico de los datos (I). Aten Primaria 2003. ; I(52.479).
27. Amdecruz. Postrervalle. Asociacion de Municipios de Santa Cruz, Santa Cruz.
28. Norma Boliviana NB 496. Agua potable toma de muestras. Norma. IBNORCA.
29. C. H, G. A, G. C. Situación de las Enfermedades Gastrointestinales en Mexico. En Enfermedades infecciosas y microbiologicas. Mexico; 2011. p. 137-138.
30. Opinion Diario de Circulacion Nacional. La diarrea, la fiebre tifoidea y la parasitosis son las tres principales afecciones que se presentan por el consumo de agua contaminada por restos fecales y metales pesados, entre otros. Agua contaminada causa hasta 20 casos de diarrea cada día..
31. Rodriguez L, Jauregui J. Calidad del agua y las emfermedades gastrointestinales en el centro poblado Punta Moreno, La Libertad, 2019. Tesis de Licenciatura. Trujillo: Universidad Privada del Norte, La Libertad.

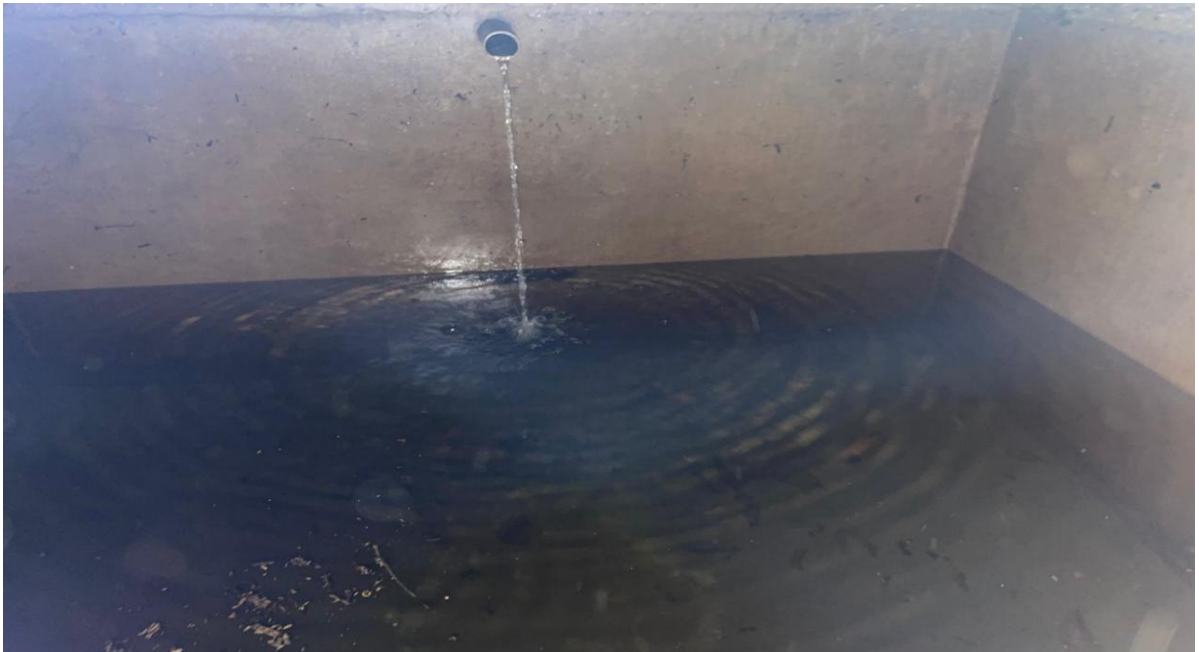
32. Instituto Boliviano de Normalizacion y Calidad. Norma Boliviana 495. [Online].; 2005.. Disponible en: **<https://aaps.gob.bo/images/MarcoLegal/ResolucionesMinisteriales/RM-104.pdf>**.
33. ADVANCE. [Online]. Disponible en: **<https://somosadvance.com/productos/3m-placas-petrifilm-para-recuento-rapido-de-e-coli-y-coliformes-copia/>**.
34. Pinheiro DP. MD. Saude. [Online].; 2023. Acceso 8 de noviembre de 2023. Disponible en: **<https://www.mdsaude.com/es/enfermedades-infecciosas/enfermedades-transmitidas-por-el-agua/>**.
35. Tortora GJ, Funke BR, Case CL. Microbiología. 12th ed.: Pearson Educación; 2016.

ANEXOS

Anexo 1. Animales en la quebrada



Anexo 2. Tanque de abastecimiento



Anexo 3. Toma de muestra



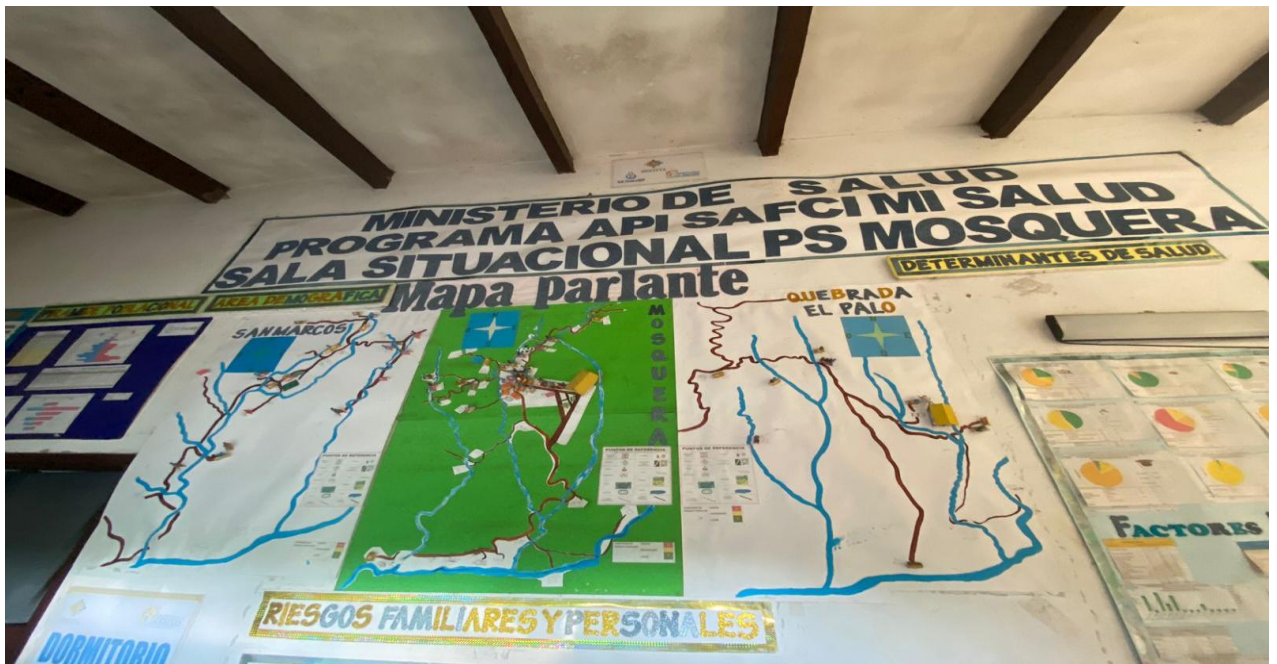
Anexo 4. Encuesta a la población de la comunidad san marcos



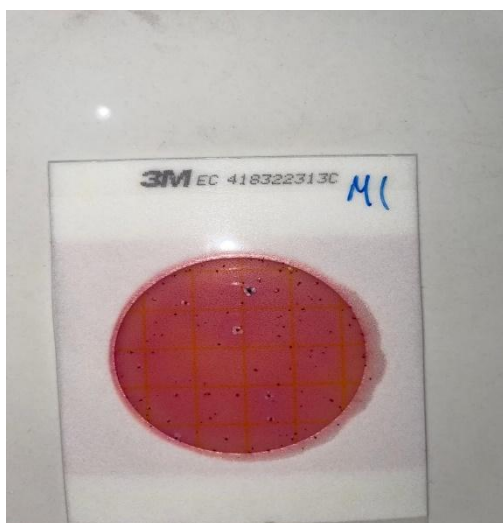
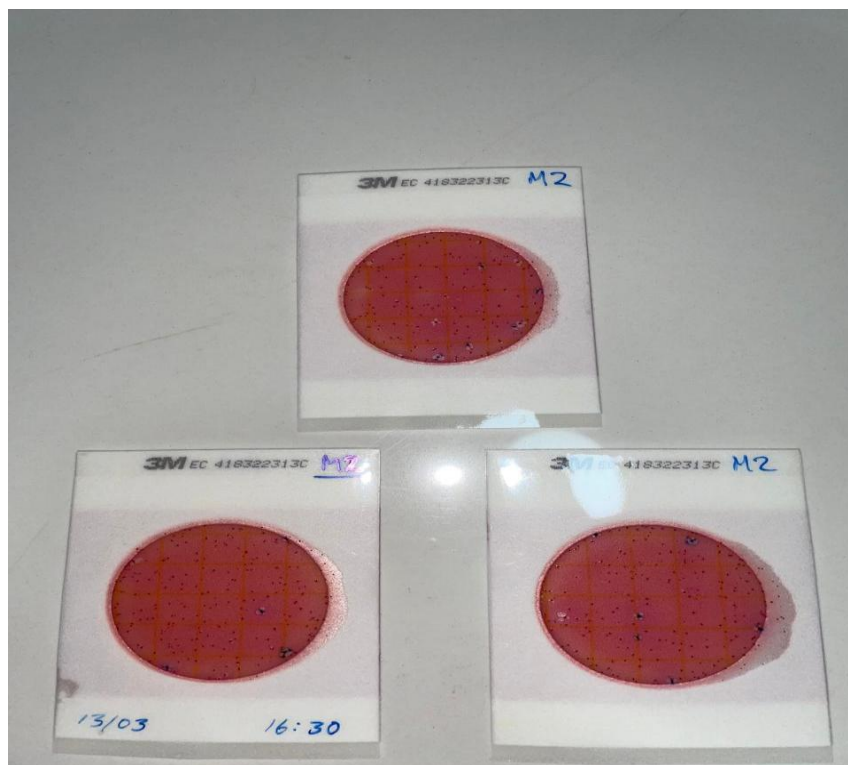
ANEXO 5. Entrevista con el médico de la comunidad



Anexo 6. POSTA DE SALUD MOSQUERA



Anexo 7. Placas de petrifilm



Anexo 8. Diseño de la encuesta



UNIVERSIDAD EVANGELICA BOLIVIANA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE BIOQUIMICA Y FARMACIA

ENCUESTA

Comunidad: San Marcos

Municipio: Postrevallé

Fecha:

Nombre:

1.- ¿Cuántas personas viven en su hogar?

Uno ☐

Dos ☐

Tres ☐

Cuatro ☐

Cinco o más ☐

2.- ¿Cuál es la principal fuente de abastecimiento de agua que utilizan para su consumo en su hogar?

Quebrada o vertiente ☐

Pozo perforado ☐

Cisterna ☐

Otros.....

3.- ¿En qué recolecta y almacena el agua de su consumo?

Baldes ☐

Galones ☐

Turriles ☐

Otros.....

4.- ¿Cómo cree usted que se encuentra el agua que consumen?

Limpia ☐

Regular ☐

sucia ☐

5.- ¿Qué características tiene el agua que consume?

Agua clara ☐

Turbia ☐

Mal olor ☐

Mal sabor ☐

Con arenilla ☐

Con residuos de plantas ☐

6.- ¿Realiza algún método de desinfección del agua antes de consumirla?

Sí ☐

No ☐

Si respondió "Sí" por favor indique cual:

7.- ¿Sus animales toman agua del mismo lugar del que usted recolecta para su consumo?

Sí ☐

No ☐

8.- ¿Usted y su familia se bañan y lavan sus ropas en la quebrada o vertiente?

Sí ☐

No ☐

9.- ¿En dónde realizan sus necesidades de heces fecales?

Pozo ciego ☐

Al aire libre o campo ☐

Otros.....

10.- ¿Presentaron en casa usted o su familia enfermedades estomacales?

Sí ☐

No ☐

11.- Si su respuesta es "Sí" indique ¿qué síntomas presentaron?

Diarrea ☐

Vómitos ☐

Dolor estomacal ☐

Fiebre ☐

Pérdida de apetito ☐

Otros.....

12.- ¿Cuanta veces al año aproximadamente sufren de estos problemas estomacales?

1 a 2 Veces ☐

3 a 4 veces ☐

Más de 5 veces ☐

13.- ¿Debido a estos problemas estomacales asistieron a una consulta médica?

Sí ☐

No ☐

A veces ☐

Si su respuesta es "No" o "A veces", por favor indique cual fue la razón:

.....
.....

Anexo 9. Procedimiento para la toma de muestra NB 496

7.3 Identificación de puntos de muestreo

Todas las muestras deben ir claramente identificadas, llevando una etiqueta o tarjeta, consignando los datos detallados en el Anexo B.

8 PROCEDIMIENTOS DE TOMA DE MUESTRAS

8.1 Procedimiento de muestreo parámetros microbiológicos

N°	Actividad	Descripción
1	Preparación de los frascos	Preparar los frascos de vidrio de boro silicato ó de polipropileno, de boca ancha, con tapa rosca de plástico, esterilizados y con un capuchón de papel kraft como protector sobre la tapa. La capacidad de los frascos debe ser de 500 ml para los ensayos en membrana filtrante. Si estos frascos se emplean para recolectar muestras de agua que contengan cloro residual (agua tratada), deben tratarse con un agente neutralizador (tiosulfato de sodio), que debe agregarse a los frascos limpios y secos antes de su esterilización, en una concentración de 100 mg/l, esto se consigue agregando 0,1 ml de solución de tiosulfato al 10 % por cada 100 ml de agua.
2	Codificación del frasco de muestreo	Codificar el frasco de muestreo (pone la fecha y el código de la muestra correspondiente).
3	Verificación de las condiciones del grifo	Verificar que el grifo seleccionado, sea de uso constante y no presente deterioros.
4	Limpieza del grifo	Eliminar del grifo cualquier adherencia o suciedad mediante una pinza con una torunda de algodón empapada con alcohol, descartando este material.
5	Esterilización del grifo	Esterilizar el grifo durante un minuto con la llama proveniente de una nueva torunda de algodón emparada en alcohol, siempre con la ayuda de una pinza.
6	Purga de agua del grifo	Abrir el grifo para dejar correr agua de 1 min a 3 min, eliminando impurezas y agua estancada en la tubería.
7	Regulación del flujo	Regular el flujo de agua proveniente del grifo, con el objeto de evitar la salida del neutralizador de cloro del frasco de muestreo.
8	Extracción de la muestra	Destapar el frasco esterilizado y llena con la muestra, sujetando con una mano la tapa con el capuchón protector y con la otra pone el frasco bajo el chorro de agua, evitando el contacto del grifo con la boca del frasco. Dejar un espacio de aire de 1 cm antes de que el agua llegue al tope del frasco, lo que facilita homogenizar la muestra antes de su análisis.
9	Tapado del frasco	Tapar el frasco, enroscando la tapa con el capuchón.
10	Registro de datos	Registrar en las planillas de muestreo, la fecha, hora, temperatura y otros datos que puedan influir en las determinaciones analíticas.
11	Transportar la muestra	Transporta el/los frasco(s) en conservadores con hielo.

Anexo 10. Diseño del informe de resultados de análisis fisicoquímicos emitido
por el laboratorio LMA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA GABRIEL RENÉ MORENO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍA
LABORATORIO DE MEDIO AMBIENTE
Ensayos Analíticos en Aguas, Suelos y Monitoreos Ambientales
INFORME DE ENSAYOS



Hoja 1 de 1

N° 0122/23

I. SOLICITADO POR:

Empresa: Liseth Rojas Sandoval

Dirección: —

II. IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Código del cliente: M2

Identificación: 0120/2023

Matriz: AGUA SUPERFICIAL

Lugar de muestreo: SANTA CRUZ - VALLEGRANDE - SAN

MARCOS - QUEBRADA SAN MARCOS

-FINAL

Punto de muestreo: Punto final de viviendas

Nombre: Liseth Rojas Sandoval

Teléfono: —

III. FECHA

Fecha de muestreo: 2023/03/12

Hora de muestreo: 17:00

Fecha de recepción: 2023/03/13

Hora de recepción: 11:45

Fecha de emisión: 2023/03/27

IV. DATOS DE CAMPO DEL CLIENTE

pH: —

Temperatura Ambiente(°C): —

Temperatura(°C): 38,0

Conductividad(µS/cm): —

Oxígeno Disuelto(mg/l): —

Cloro Residual(mg/l): —

Coordenadas: —

Condiciones Climáticas: —

Otros: —

V. TOMA DE MUESTRA

Cliente

VI. TIPO DE MUESTRA

VII. PARAMETROS

N°	PARAMETROS	UNIDADES	MÉTODOS DE ANÁLISIS*	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	FECHA REALIZACIÓN	RESULTADO
1	Color	Unidades	Comparación Visual (2120 B)	1	2023/03/13	9
2	DQO	mg/l	Reflujo Cerrado - Colorimétrico (5220-D)	5,0	2023/03/10	<5,0
3	Dureza total c. CaCO ₃	mg/l	Titulométrico EDTA (2340-C)	10,0	2023/03/27	179,3
4	Oxígeno Disuelto	mg/l	Titulación Winkler (5210 B)	0,1	2023/03/13	11,7(6)
5	Sólidos Disueltos Totales a 180°C	mg/l	Gravimétrica (2540-C)	1,0	2023/03/16	262,0
6	Sólidos Suspensos Totales a 105°C	mg/l	Gravimetría (2540-D)	1,0	2023/03/21	1,0
7	Turbidez	NTU	Nefelométrico (2130 - B)	0,01	2023/03/14	1,09

Dr. C. Raul Pimentel Nuñez
DIRECTOR LAB. DE MEDIO AMBIENTE
U.A.G.R.M.



- El laboratorio no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.
- Los resultados de este informe se refieren únicamente a las muestras ensayadas.
- El Laboratorio no se responsabiliza por la representatividad de la muestra cuando no realice el muestreo.
- Las muestras serán almacenadas por un lapso no mayor a 15 días después de haberse emitido el informe de resultados, en relación a su estabilidad.
- Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización por escrito del Laboratorio.
- Cualquier raspadura o corrección invalida informe.

FOR-37
Versión 06
2022-06-06

Dirección: Parque Industrial PI-32: Av. Paraguay 4to. Anillo atrás de la UPSA, Frente a Emacruz
Telefax: (591) 3 3469851 • 33640503 • E-mail: lab_lma@hotmail.com
Santa Cruz de la Sierra - Bolivia

QUIMICA SANGUINEA

Glicemia: 70 - 99 mg/dl)

Urea: 15 - 45mg/dl)

Creatinina: (0.6-1.3mg/dl)

Acido Urico: H:(2.5-7.0mg/dl)

..... M: (1.5-6.0mg/dl)

Proteinas Totales: (6.0-8.0 g/dl)

Albumina: (3.5-4.8 g/dl)

PERFIL LIPIDICO:

Coolesterol: 40- 200 mg/dl)

Triglicéridos: (Hasta 150 mg/dl)

HDL: (40-60 mg/dl)

LDL: (Menor a 100 mg/dl Optimo)

..... (100-129mg/dl sobre limite optimo)

..... 130-189mg/dl de riesgo alto)

VLDL: 2-30 mg/dl(Normal)

PERFIL HEPATICO: Bilirrubinas

TGO..... (10-39)U/L Directa(hasta 0.4)

TGP..... (10-45)U/L Indirecta(hasta 0.8)

FAL.....(75-380)U/L Total(hasta 1.2)

ELECTROLITOS:

Calcio total..... (8.5-10.5)mg/dl

SEROLOGIA

Proteina C Reactiva (PCR) Negativo

VDRL-Sifilis.....

Factor Reumatoidico (R.F.latex):.....

Reaccion de widal:

O: Positivo 1 / 160

H: Positivo 1 / 40

A: Negativo

B: Negativo

H.A.I. - CHAGAS:.....

H.A.I. - TOXO:.....

PRUEBAS ESPECIALES

Determinación de H.C.G. (test-pack):.....

Prueba rápida para V.H.H:.....

Prueba rápida para H. pylori: No hay Reactivo

Prueba rápida para P.S.A:.....

Sangre oculta en heces:.....

Firma y Sello

Dra. Maria Isabel Coronado
BIOQUIMICA FARMACEUTICA
M. P. C- 8952243

DESDS : SANTA CRUZ RED DE SALUD VALDEGRANDE

Gobierno Autónomo Municipal de Postrevallée

**CENTRO DE SALUD
SAN JUAN DE DIOS**

SERVICIO DE LABORATORIO

Paciente: José Manuel Romero

Edad: 28a Registro.....

Médico: Dr. Omar

Fecha: PU 11 / 04 / 2023

FECHA	08-04-74	Subjetivo	dolor estomago, cabeza ca. de 14-16 horas de evolucion caracterizado por presentar colico abdominal de modoradr e con intensidad tipo intermitente, odvues de cabeza hemicranee de modoradr intensidad
EDAD	28 a	Objetivo	Epo. Fedic. Cabeza: normo cabeza en buen 'implantacion' pilos por su cabel. piel y mucosa: sensibiles, levemente palido Análisis cardiopulmonar: sinus bradicardia aplebi Abdomen: plano con RVDH) normo activos, doloroso en region hipocostal derecha.
PESO	76	PA	120/77
TEMP	36.7°	Plan de Acción	IDE Salomogelosis - calico Abdominal. cofeestips TD = Ibuprofeno 400mg d/s hrs paracetamol 500mg d/s hrs Sedatid laboratorios
FC	58	FECHA	20X
PA	120/77	Subjetivo	
FR	20X	Objetivo	
FECHA			
EDAD			
TALLA			

Anexo 12. Carta informativa de resultados de la investigación al OTB de la comunidad San Marcos

Santa Cruz 25 de marzo de 2026

Señor
Ademar Sandoval Romero,
Presidente de la Organización Territorial de Base "San Marcos"
Presente. -

**REF.: Solicitud de intervención para acceso a agua potable en la comunidad San Marcos -
Postrervalle destinada al consumo humano**

De mi mayor consideración:

Me dirijo a su autoridad en mi condición de estudiante de Bioquímica y Farmacia de la Universidad Evangélica Boliviana, con el fin de poner en su conocimiento la situación del agua destinada al consumo humano en la comunidad San Marcos, municipio de Postrervalle.

En el marco de mi trabajo de investigación, se realizó la evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua consumida por dicha población. Los resultados evidenciaron la presencia de contaminación microbiológica (coliformes totales y *Escherichia coli*), lo que determina que el agua no es apta para consumo humano y representa un riesgo para la salud de los habitantes.

Considerando que la comunidad se abastece de una fuente superficial sin tratamiento, se ve necesario implementar medidas estructurales que garanticen el acceso a agua segura de acuerdo a lo establecido en la Constitución Política del Estado, la cual determina que el derecho al agua potable en Bolivia es un derecho **fundamentalísimo** y un derecho humano reconocido constitucionalmente, garantizando el acceso universal, equitativo y sin privatizaciones. La Constitución Política del Estado prioriza el uso del agua para la vida, obligando al Estado a gestionar y proteger los recursos hídricos.

Por lo expuesto, solicito respetuosamente a su autoridad realizar las gestiones necesarias ante las instancias pertinentes para realizar la implementación de un sistema de agua potable o alternativas adecuadas de tratamiento para esta comunidad.

Agradeciendo de antemano su valiosa cooperación, saludo a usted con las consideraciones más distinguidas.

Atentamente,


Lisett Venita Rojas Sandoval
Estudiante de Bioquímica y Farmacia
Universidad Evangélica Boliviana



P.D.: Se adjunta el trabajo de investigación realizado.

Anexo 13. Carta informativa de resultados de la investigación al Servicio departamental de Santa Cruz (SEDES)

Señor
Dr. Julio Cesar Koca Paniagua
Director del Servicio Departamental de Salud
Presente. -



Santa Cruz 25 de marzo de 2026

REF.: Informe de resultados de investigación sobre calidad del agua de la Comunidad de San Marcos - Posttrervalle destinada al consumo humano

De mi mayor consideración:

Me dirijo a su autoridad en mi condición de estudiante de Bioquímica y Farmacia de la Universidad Evangélica Boliviana, con el fin de poner en su conocimiento la situación del agua destinada al consumo humano en la comunidad San Marcos, municipio de Posttrervalle.

En el marco de mi trabajo de investigación, se realizó la evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua consumida por dicha población. Los resultados evidenciaron la presencia de contaminación microbiológica (coliformes totales y *Escherichia coli*); lo que determina que el agua no es apta para consumo humano y representa un riesgo para la salud de los habitantes.

Considerando que la comunidad se abastece de una fuente superficial sin tratamiento, se ve necesario implementar medidas estructurales que garanticen el acceso a agua segura de acuerdo a lo establecido en la Constitución Política del Estado, la cual determina que el derecho al agua potable en Bolivia es un derecho **fundamentalísimo** y un derecho humano reconocido constitucionalmente, garantizando el acceso universal, equitativo y sin privatizaciones. La Constitución Política del Estado prioriza el uso del agua para la vida, obligando al Estado a gestionar y proteger los recursos hídricos.

Por lo expuesto, solicito respetuosamente a su autoridad realizar las gestiones necesarias ante las instancias pertinentes para realizar la implementación de un sistema de agua potable o alternativas adecuadas de tratamiento para esta comunidad.

Agradeciendo de antemano su valiosa cooperación, saludo a usted con las consideraciones más distinguidas.

Atentamente,

C.I. 9581579
Lisett Venita Rojas Sandoval
Estudiante de Bioquímica y Farmacia
Universidad Evangélica Boliviana

P.D.: Se adjunta el trabajo de investigación realizado.

Anexo 14. Carta de solicitud de intervención para acceso de agua potable al
alcalde del Municipio de Postrervalle

Santa Cruz 25 de marzo de 2026

Señor
Roberto Andrade Limon
Honorable Alcalde Municipal del Municipio de Postrervalle
Presente. -

**REF.: Solicitud de intervención para acceso a agua potable en la comunidad San Marcos -
Postrervalle destinada al consumo humano**

De mi mayor consideración:

Me dirijo a su autoridad en mi condición de estudiante de Bioquímica y Farmacia de la Universidad Evangélica Boliviana, con el fin de poner en su conocimiento la situación del agua destinada al consumo humano en la comunidad San Marcos, municipio de Postrervalle.

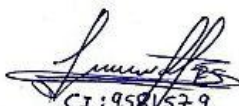
En el marco de mi trabajo de investigación, se realizó la evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua consumida por dicha población. Los resultados evidenciaron la presencia de contaminación microbiológica (coliformes totales y *Escherichia coli*), lo que determina que el agua no es apta para consumo humano y representa un riesgo para la salud de los habitantes.

Considerando que la comunidad se abastece de una fuente superficial sin tratamiento, se ve necesario implementar medidas estructurales que garanticen el acceso a agua segura de acuerdo a lo establecido en la Constitución Política del Estado, la cual determina que el derecho al agua potable en Bolivia es un derecho **fundamentalísimo** y un derecho humano reconocido constitucionalmente, garantizando el acceso universal, equitativo y sin privatizaciones. La Constitución Política del Estado prioriza el uso del agua para la vida, obligando al Estado a gestionar y proteger los recursos hídricos.

Por lo expuesto, solicito respetuosamente a su autoridad realizar las gestiones pertinentes para realizar la implementación de un sistema de agua potable o alternativas adecuadas de tratamiento para esta comunidad.

Agradeciendo de antemano su valiosa cooperación, saludo a usted con las consideraciones más distinguidas.

Atentamente,


CI: 9581579
Lisett Venita Rojas Sandoval
Estudiante de Bioquímica y Farmacia
Universidad Evangélica Boliviana


Roberto Andrade Limon
ALCALDE MUNICIPAL
MUNICIPIO DE
"POSTRERVALLE"
Recibido
SCZ. 30-03-2026

P.D.: Se adjunta el trabajo de investigación realizado.

Anexo 15. Propuesta de tratamiento básico del agua

Comunidad: San Marcos

Elaborado por: Lisett Rojas Sandoval

Institución: Universidad Evangélica Boliviana

Carrera: Bioquímica y Farmacia

Introducción

La comunidad San Marcos se abastece de agua directamente de una quebrada, recolectándola manualmente en baldes, bidones y botellas, sin ningún tipo de tratamiento previo. Los análisis de laboratorio (ver Anexo 11) confirmaron que, aunque los parámetros físico-químicos cumplen la Norma Boliviana NB 512, el agua presenta contaminación microbiológica por coliformes totales y *Escherichia coli*, lo que la declara no apta para consumo humano directo.

Ante esta realidad, la presente propuesta plantea un sistema de tratamiento básico a nivel familiar, enfocado específicamente en eliminar la contaminación bacteriana, utilizando métodos sencillos, económicos y apropiados para el contexto rural.

Objetivo

Implementar un sistema de tratamiento básico a nivel familiar que permita reducir o eliminar la carga microbiológica del agua recolectada en la quebrada, garantizando un consumo más seguro y contribuyendo a disminuir enfermedades de origen hídrico en la comunidad San Marcos.

Justificación

La presencia de *E. coli* en el agua indica contaminación fecal, representando un riesgo elevado de enfermedades gastrointestinales, especialmente para niños, adultos mayores y mujeres gestantes.

Dado que los parámetros físico-químicos cumplen la norma, no se requieren procesos complejos ni costosos. La solución más efectiva y sostenible se centra en métodos de desinfección específicos (térmicos, químicos y solares) que son validados por la OMS y pueden ser implementados por las familias sin necesidad de infraestructura eléctrica o hidráulica, utilizando los mismos recipientes con los que ya recolectan el agua.

Métodos de Tratamiento Propuestos

Se describen tres métodos complementarios. Se recomienda que cada familia adopte el que mejor se adapte a sus posibilidades en cada momento.

a) Método de Hervido (Desinfección Térmica)

Método tradicional que elimina el 100% de microorganismos.

Procedimiento

- Verificar si el agua está turbia, si se observa turbidez y/o restos de plantas filtrar con un paño limpio.
- Hervir en olla limpia hasta que burbujee fuertemente.
- Mantener el hervor 5 minutos.
- Dejar enfriar tapado y guardar en recipientes limpios.

Ventajas

- Elimina todos los microorganismos.
- No necesita químicos, ideal para niños
- Utiliza utensilios disponibles en todo hogar.

Desventajas

- Requiere combustible (leña o gas), lo que implica costo.
- Tiempo de enfriamiento prolongado
- Puede alterar ligeramente el sabor.

b) Método de Cloración (Desinfección Química)

Utiliza lavandina común (hipoclorito de sodio al 3-5%) para eliminar microorganismos. Es económico y de acción rápida.

Importante: Usar solo lavandina apta para desinfección (sin perfume, sin aromatizantes, sin detergentes). Revisar fecha de vencimiento.

Dosificación

- ✓ 2 gotas por cada litro de agua.
- ✓ 10 gotas por cada 5 litros.
- ✓ 20 gotas por cada 10 litros.

Procedimiento

- Verificar si el agua está turbia, si se observa turbidez y/o restos de plantas filtrar con un paño limpio.
- Añadir la dosis correcta de lavandina.
- Mezclar bien y esperar 30 minutos con el recipiente tapado.
- Verificar si tiene ligero olor a cloro, pero no fuerte.

Ventajas

- Económico y fácil de conseguir.
- Tiempo de espera corto (30 min).
- Deja cloro residual que protege el agua almacenada.

Desventajas

- Depende de disponibilidad en tiendas.
- Dosis mal calculadas pueden ser ineficaces o dar mal sabor.
- Menos efectivo contra algunos parásitos.

c) Método SODIS (Desinfección Solar)

Es un método de tratamiento que consiste en exponer agua en botellas plásticas transparentes a la luz solar directa durante varias horas, utiliza la radiación solar (luz ultravioleta y calor) para inactivar microorganismos. Ideal cuando no hay combustible ni lavandina.

Materiales

- ✓ Botellas plásticas transparentes de 1 a 2 litros, sin etiqueta, que no estén rotas ni muy rayadas.

Procedimiento

- Lavar bien las botellas.
- Llenar y agitar para oxigenar el agua.
- Colocarlas acostadas sobre un techo de calamina, una mesa o donde les dé sol directo, exponer al sol durante 6 horas continuas en días soleados, si el día está nublado, dejar dos días completos.
- Consumir directamente de la botella o guardar en un recipiente limpio.

Ventajas

- No requiere químicos ni combustible.
- Gratuito y fácil de aplicar.
- Las botellas son fáciles de conseguir.

Desventajas

- No funciona con agua muy turbia (requiere sedimentar o filtrar).
- Depende del clima (no funciona en días muy nublados o lluviosos).
- No desinfecta grandes volúmenes de una vez.
- No deja residual, requiere consumo pronto.

Recomendaciones para el Manejo Seguro del Agua

Para que el tratamiento sea efectivo, es clave evitar la recontaminación:

- Lavar recipientes semanalmente: Con agua, jabón y lavandina. Enjuagar bien.
- Usar recipientes con tapa: Evita entrada de polvo, insectos o animales.
- No introducir objetos sucios: Usar vaso limpio para servir, no introducirlo directamente en el bidón.
- Lavado de manos: Siempre con agua y jabón antes de manipular agua tratada.
- Proteger del ambiente: Mantener recipientes alejados de niños pequeños y animales.

Ventajas de la Propuesta

- Bajo costo: Utiliza materiales y recursos al alcance de las familias.
- Alta efectividad: Métodos validados por OMS/OPS que atacan el problema real (contaminación bacteriana).
- Sostenible: No requiere electricidad ni infraestructura compleja.
- Adaptable: Las familias eligen el método según sus recursos y la época del año.
- Impacto en salud: Reduce el riesgo de enfermedades diarreicas en la población vulnerable.

Limitaciones

- SODIS: No funciona con agua muy turbia (requiere sedimentación previa) ni en días prolongados de lluvia.
- Cloración: Depende de disponibilidad local de lavandina en buen estado.
- Hervido: Implica costo energético y tiempo de dedicación.
- Capacitación: Se requiere un proceso inicial de enseñanza para asegurar la correcta aplicación, especialmente en la dosificación del cloro.

Conclusión

La comunidad San Marcos puede mejorar significativamente la calidad microbiológica de su agua mediante la adopción de estos tres métodos básicos (hervido, cloración y SODIS). Su implementación, junto con buenas prácticas de almacenamiento, permitirá proteger la salud de todas las familias, especialmente de niños y adultos mayores, con una inversión mínima y total adaptación al contexto rural.

TRATAMIENTOS BÁSICOS DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA

Para un agua más segura!



1. Método de Hervido

Procedimiento

- Colocar el agua en una olla limpia.
- Poner al fuego hasta que el agua hierva.
- Mantener el hervor durante 5 minutos.
- Dejar enfriar en el mismo recipiente tapado.
- Guardar el agua en botellas o bidones limpios y tapados.



Es ideal para niños y adultos mayores, ya que no contiene químicos.



2. Método de Cloración con hipoclorito de Sodio (Lavandina)

Usar solo lavandina apta para desinfección (no aromatizada, sin perfume)

* Usar 2 gotas por litro de agua

Procedimiento

- Colocar el agua en un recipiente limpio.
- Añadir la cantidad de lavandina según los litros.
- Mezclar bien.
- Esperar 30 minutos antes de beber.

Señal de que está bien clorada

Debe tener un ligero olor a cloro, pero no fuerte.



3. Método SODIS (Desinfección Solar)

SODIS utiliza la luz del sol para desinfectar el agua.

¿Qué materiales se necesitan?

Botellas plásticas transparentes

Que no estén rotas ni muy rayadas.

¿Cómo se realiza?

- Lavar bien las botellas.
- Llenarlas con agua sin dejar aire.
- Colocarlas acostadas sobre un techo de calamina, una mesa o donde les dé sol directo.
- Exponer al sol durante 6 horas continuas en días soleados.

