

INFORME

MONITOREO DE CANTIDAD Y CALIDAD DE FUENTES DE AGUA



Comunidad: Yolosa

Municipio: Coroico

Agosto 2025



Índice de contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos	2
3. MARCO LEGAL	2
3.1. Constitución Política del Estado.....	2
3.2. Ley 1333	3
3.3. Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH).....	3
3.4. Resolución Ministerial 272/2015 – Política Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano	4
3.5. NB 512 – Requisitos.....	4
3.6. Reglamento Nacional para el Control de la Calidad del Agua de Consumo – NB 512	4
3.7. NB 496 – Toma de muestras	5
4. DATOS DEL MUESTREO	5
5. MONITOREO DE CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA	5
5.1. MONITOREO DE CANTIDAD	5
5.1.1. Metodología.....	6
5.1.2. Resultados.....	7
5.2. MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA	7
5.2.1. Metodología.....	7
5.2.2. Resultados de análisis de calidad del agua	10
6. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	11
7. CONCLUSIÓN	13
8. RECOMENDACIONES	13
9. BIBLIOGRAFÍA	14
10. ANEXOS.....	15



Índice de tablas

Tabla 1. Descripción del punto de muestreo	5
Tabla 2. Cuadro resumen de la medición de caudal	7
Tabla 3. Parámetros medidos en campo, definición y equipo empleado	8
Tabla 4. Resultados de análisis de calidad de agua y comparación con límites aceptables	11
Tabla 5. Descripción de la interpretación de los resultados	11



El presente informe “Monitoreo de Cantidad y Calidad de Agua” ha sido elaborado en el marco del proyecto Mi Cuenca Mi Casa, financiado por el Ministerio Federal Alemán para el Desarrollo Económico y la Cooperación (BMZ) y Caritas Alemania, administrado por Caritas Suiza en Bolivia, e implementado por Caritas Coroico, Agua Sustentable y PROMETA.

Todos los contenidos, incluyendo textos, gráficos, tablas, fotografías, datos y resultados, son propiedad intelectual de Agua Sustentable, u reproducción, copia, distribución, comunicación pública, traducción o modificación total o parcial queda estrictamente prohibida sin la autorización previa y por escrito.

AUTOR:

Franz Wladimir Calle Pacaje – Agua Sustentable

REVISIÓN:

Jaime Prudencio Quispe Poma - Agua Sustentable

TÉCNICO DE MONITOREO DE CALIDAD – CANTIDAD DE AGUA:

Victor Hugo Mamani Quisbert – Agua Sustentable



1. INTRODUCCIÓN

El proyecto “Mi Cuenca Mi Casa”, financiado por el Ministerio Federal Alemán para el Desarrollo Económico y la Cooperación (BMZ) y Caritas Alemania, administrado por Caritas Suiza en Bolivia, implementado por Caritas Coroico, Agua Sustentable y PROMETA, viene ejecutando distintas actividades en los municipios de Coroico, Caranavi, Teoponte, Guanay y distrito Zongo Choro del municipio de La Paz que conforman la cuenca del río Coroico.

En el diagnóstico de la cuenca del Río Coroico se identificaron 5 problemas comunes en los municipios de la cuenca (Plan Director de la cuenca del Río Coroico [PDC-RC], 2008):

- i. Incremento de los residuos sólidos;
- ii. Uso indiscriminado de los agroquímicos;
- iii. Contaminación por actividades mineras
- iv. Incremento de las aguas servidas;
- v. Falta de agua para consumo humano.

En lo que respecta a la problemática de la falta de agua para consumo, según el Plan Director de la cuenca del Río Coroico (2008) las principales fuentes de abastecimiento de agua para los municipios de la cuenca son tomas de vertientes y ríos primarios, ojos de agua, y en una menor medida de lagunas y bofedales en la parte alta.

El acceso de agua para consumo humano en la cuenca, conforme a los datos del Censo 2012 y del diagnóstico de Cáritas-Coroico (2019) indican que las viviendas con acceso al agua del servicio público por red alcanzan al 53,6%, las familias que obtienen agua cosechando lluvia, del río, vertiente y/o acequia llegan al 36,7%, las que consumen el líquido de la pileta pública representan el 4,9% y el restante 2,9% la obtiene de alguna otra fuente.

Actualmente no se han establecido servicios de agua potable en las poblaciones de la cuenca, a excepción de algunas áreas donde se desarrollaron proyectos con la instalación de micro cloradores. En su mayoría cuentan con “agua para consumo” que proviene de tomas de vertientes, ojos de agua y ríos primarios, y la conducción mediante tuberías o mangueras y que generalmente están administrados por comités de agua.

La presión sobre los cuerpos naturales de agua originada por actividades humanas puede afectar la calidad de los recursos hídricos comprometiendo su disponibilidad. Ante dichos antecedentes, es útil implementar acciones de vigilancia de la calidad de los recursos hídricos que permitan establecer una línea base y evaluar la calidad del



agua para implementar acciones de prevención, mitigación y control de impactos negativos que puedan afectar las fuentes de agua de las cuales se abastecen los habitantes de la cuenca.

Dentro de las acciones de dicho proyecto, Agua Sustentable ha implementado el monitoreo de calidad y cantidad de fuentes de agua. Se iniciaron estas actividades en la gestión 2088 a través del monitoreo de los sistemas de agua de comunidades de la cuenca del Río Coroico, y durante la presente gestión ha aplicado este monitoreo en varias comunidades de la cuenca abarcando a los municipios de Caranavi, Coroico, Guanay y Teoponte.

En ese sentido, este documento realiza una descripción de las actividades de monitoreo de calidad de agua llevadas a cabo durante la época de transición entre la época de lluvia y la época de estiaje del 2025 en la comunidad de Yolosa del municipio Coroico, en el área de la cuenca del Río Coroico, a través de la descripción de la metodología empleada, la presentación de los resultados obtenidos y la comparación con los valores máximos aceptables establecidos en la norma vigente de calidad de agua.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Generar información relacionada a la cantidad y calidad del agua de los sistemas de agua que son fuentes de abastecimiento de las comunidades y la comparación de los resultados con la normativa vigente

2.2. Objetivos específicos

- Describir los resultados obtenidos en los análisis en campo;
- Comparar los resultados con los valores máximos admisibles en la Norma Boliviana 512 y comparar con los límites permisibles establecidos en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica;
- Contribuir al fortalecimiento de las capacidades y conocimientos de las comunidades en temas de monitoreo de calidad y cantidad de agua.

3. MARCO LEGAL

3.1. Constitución Política del Estado

La CPE establece los siguientes lineamientos referente al agua y su calidad



- El agua constituye un derecho fundamentalísimo para la vida, en el marco de la soberanía del pueblo. El Estado promoverá el uso y acceso al agua sobre la base de principios de solidaridad, complementariedad, reciprocidad, equidad, diversidad y sustentabilidad. (Art. 373, I).
- El Estado protegerá y garantizará el uso prioritario del agua para la vida. Es deber del Estado gestionar, regular, proteger y planificar el uso adecuado y sustentable de los recursos hídricos, con participación social, garantizando el acceso al agua a todos sus habitantes (Art. 374, I).

3.2. Ley 1333

La Ley de medio ambiente establece los siguientes artículos para la protección de los recursos hídricos:

- Constituye prioridad nacional la planificación, protección y conservación de las aguas en todos sus estados y el manejo integral y control de las cuencas donde nacen o se encuentran las mismas (Art. 37).
- El Estado normará y controlará el vertido de cualquier sustancia o residuo líquido, sólido y gaseoso que cause o pueda causar la contaminación de las aguas o la degradación de su entorno (Art. 39).

3.3. Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH)

Este reglamento tiene su aplicación en la prevención y control de la contaminación hídrica, y establece la clasificación de cuerpos de agua y los límites máximos de parámetros permitidos en cuerpos de agua que se pueda utilizar como cuerpos receptores:

- La clasificación de los cuerpos de agua, según las clases señaladas en el Cuadro N° 1 Anexo A del presente reglamento, basada en su aptitud de uso y de acuerdo con las políticas ambientales del país (Art. 4).
- Los límites máximos de parámetros permitidos en cuerpos de agua que se pueda utilizar como cuerpos receptores, son los indicadores en los Cuadro N° A-1 del Anexo A de este Reglamento (Art. 5).

En este informe se empleará los valores máximos admisibles descritos en el cuadro No A-1 de este reglamento y su comparación con aguas Clase “A”, que son consideradas como aguas naturales de máxima calidad, que las habilita como agua potable para consumo humano sin ningún tratamiento previo, o con simple desinfección bacteriológica en los casos necesarios verificados por laboratorio.

3.4. Resolución Ministerial 272/2015 – Política Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Política que establece los principios, objetivos y las metas del Estado Plurinacional de Bolivia para garantizar el suministro de agua apta para consumo humano. Para tal efecto, establece los lineamientos esenciales y refrenda las atribuciones y responsabilidades de las instituciones y entidades vinculadas al suministro de agua potable.

Donde establece como metas del Estado boliviano:

- Asumir la importancia de la protección de las fuentes de agua de posibles fuentes de contaminación y de su posible sobreexplotación, llevando a cabo acciones tendientes a la prevención, mitigación o restauración de efectos dañinos a los cuerpos de agua, así como la inventariación, cuantificación, monitoreo y control de las fuentes de agua. considera al monitoreo de calidad de agua.
- Todos los prestadores de servicios de agua potable, en el ámbito urbano, periurbano y rural, suministran agua apta para consumo humano e informan oportunamente a las autoridades y a la población, garantizando:
- Protección de las fuentes de agua en el área de influencia directa de las obras de captación, así como su monitoreo periódico;
- Control periódico y sostenido de su calidad en todos los componentes del sistema de agua potable: captación, conducción, tratamiento, almacenamiento, redes de distribución y conexiones externas de aguade las viviendas, conforme a la frecuencia y sitios de control que establece el Reglamento de la norma boliviana NB 512.

3.5. NB 512 – Requisitos

Norma que establece los valores máximos aceptables de los diferentes parámetros, que determinan la calidad de agua abastecida con destino al uso y consumo humano.

3.6. Reglamento Nacional para el Control de la Calidad del Agua de Consumo – NB 512

Esta norma tiene el objeto de reglamentar la Norma Boliviana NB 512 “Agua Potable – Requisitos”, en cuanto se refiere a la calidad física, química, microbiológica, organoléptica y radiológica del agua destinada al consumo humano, para proteger la

salud de la población; estableciendo las condiciones que deben cumplir las Entidades Prestadoras de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (EPSA) y todos los actores institucionales, en el marco de sus competencias a nivel nacional.

3.7. NB 496 – Toma de muestras

Se toma de referencia los criterios de selección y los procedimientos de muestreo de esta norma que establece la metodología para la toma de muestras a la salida de las plantas de potabilización, tanques de almacenamiento, redes de distribución e instalaciones domiciliarias donde se realiza la caracterización, el control y la vigilancia de la calidad del agua potable.

4. DATOS DEL MUESTREO

El monitoreo de cantidad y calidad de agua se llevó a cabo en la comunidad Yolosa, del municipio de Coroico del departamento de La Paz, en fecha 2 de junio de 2025. Los datos del monitoreo y del punto de muestreo se describen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Descripción del punto de muestreo

Comunidad	Yolosa
Municipio	Coroico
Departamento	La Paz
Punto de muestreo	Obra de Toma
Coordenadas UTM	634176 E
	8205517 S
Altura	1299 msnm
Fecha de muestreo	2/06/2025
Hora de muestreo	16:20
Descripción del punto de muestreo	Obra de toma de captación de río, donde el agua tenía un aspecto claro, transparente, existía arrastre de restos vegetación y sedimento depositado en el lecho del río.

En anexos se incorporan mapas mostrando la ubicación del área de estudio en la cuenca del Río Coroico y una imagen satelital del sitio de muestreo.

5. MONITOREO DE CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA

5.1. MONITOREO DE CANTIDAD

El monitoreo de la cantidad de agua consiste en la medición del caudal de una fuente de agua, es decir, determinar el volumen de agua que atraviesa una sección transversal en un tiempo determinado. Esta información permite estudiar el comportamiento del recurso hídrico a lo largo del tiempo y estimar su disponibilidad.

5.1.1. Metodología

Para la medición de la cantidad de agua se empleó el **método de molinete hidrométrico**. Este método consiste en registrar la velocidad media del flujo en una sección de corriente mediante un molinete, y posteriormente calcular el caudal a partir del área medida y la velocidad promedio.

Se aplicó este método ya que la fuente o sistema de conducción permitía el acceso directo al cauce o canal, facilitando la medición de velocidad y área en varios puntos de la sección transversal.

Para el efecto se emplearon los siguientes materiales:

- Molinete hidrométrico calibrado.
- Cinta métrica o wincha para medir el ancho de la sección.
- Vara graduada para medir profundidades.
- Cronómetro digital
- Hoja de registro y lápiz para anotar lecturas.

La medición del aforo consistió en registrar la velocidad del flujo en varios puntos de la sección transversal del cauce mediante el molinete hidrométrico. Para ello, en cada vertical de medición se posicionó el molinete a una profundidad equivalente al 60% de la profundidad total, contando el número de revoluciones durante un intervalo de 40 segundos. Este procedimiento se repitió en todas las verticales establecidas y, posteriormente, se calcularon las velocidades correspondientes aplicando la curva de calibración del equipo. Finalmente, se estimó el caudal total sumando los productos del área y la velocidad media de cada vertical.

El procedimiento de cálculo consiste en la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Q = \sum (v_i x a_i)$$

Donde:

- Q : Caudal total en metros cúbicos por segundo (m^3/s).
- v_i : Velocidad media del agua en la vertical i , obtenida con el molinete (m/s).
- a_i : Área correspondiente a la vertical i , calculada como la profundidad multiplicada por el ancho del segmento (m^2).

El resultado obtenido expresa el caudal medido en unidades de metros cúbicos por segundo (m^3/s) y, al requerirse en litros por segundo, se multiplica por 1000.

5.1.2. Resultados

Conforme a las mediciones realizadas se determina que la fuente de agua evaluada cuenta con un caudal aforado, durante la época de transición en el mes de junio del 2025, de 41,01 l/s, el cual se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2. Cuadro resumen de la medición de caudal

Periodo de medición	2025 – época de transición (lluvia-estiaje)
caudal (l/s)	41,01

En anexos se adjunta los datos de las mediciones de caudal realizadas en campo.

5.2. MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA

El monitoreo de la calidad del agua o control de la calidad del agua se define según la norma 495 (2016), como las actividades permanentes que tienen como resultado garantizar que el agua para el consumo humano cumpla con los requisitos que establece la norma vigente de calidad del agua.

5.2.1. Metodología

Para esta etapa Agua Sustentable planteó realizar el monitoreo del agua a través de la medición de parámetros de campo y la toma de muestras para su análisis en un laboratorio.

A continuación, se describen los parámetros analizados y los métodos de análisis aplicados para los parámetros de campo y la toma de muestras.

5.2.1.1. Medición de parámetros de campo (in-situ)

La medición de parámetros de campo consistió en la medición de parámetros físicos y químicos en el sitio de muestreo.

Para el efecto se emplearon los siguientes materiales y equipos y se realizaron las siguientes acciones:

- Medidor de pH, sólidos disueltos totales, conductividad y temperatura en rango bajo. Se empleó el equipo multiparámetro para tomar estos parámetros directamente en el cuerpo de agua o se empleó un recipiente limpio. Se realizó la lectura de los valores obtenidos con el equipo y se registraron los resultados.

- Kit Hanna que contiene kits de prueba para la determinación de parámetros como la acidez, alcalinidad, dióxido de carbono, oxígeno disuelto, dureza, nitrato y fosfato. Se aplicaron los procedimientos establecidos para cada parámetro para producir las reacciones químicas y obtener los resultados a través de titulaciones, y su ajuste para obtener los resultados en unidades de mg/l.

Los resultados obtenidos con la medición de parámetros de campo se describen en la hoja de Resultados de análisis físico químico de agua en campo en Anexos.

Los parámetros analizados, su definición y los métodos de análisis son descritos en la siguiente tabla:

Tabla 3. Parámetros medidos en campo, definición y equipo empleado

No	Parámetro	Definición	Equipo o kit empleado
1	pH	Indica el carácter ácido ($\text{pH} < 7$), neutro ($\text{pH} = 7$) o básico ($\text{pH} > 7$), de una solución (NB 495, 2016).	Equipo multiparámetro HI98129
2	Conductividad	Capacidad que tiene el agua para conducir la corriente eléctrica y está relacionada con la presencia de sales disueltas en el agua (Hanna instruments. s.f.).	
3	Sólidos disueltos totales	Se refiere al porcentaje de los componentes disueltos en el agua, como minerales y sales (principalmente calcio, magnesio, potasio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) (Hanna instruments. s.f.).	
4	Temperatura	Se refiere a la temperatura del agua durante el muestreo.	

5.2.1.2. Toma de muestras y análisis en el Laboratorio de Calidad Ambiental

Para el análisis de parámetros físicos y químicos y además realizar el análisis de parámetros biológicos se realizó la toma de muestras y el posterior envío de las muestras a la ciudad de La Paz para su análisis en el Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA) de la Universidad Mayor de San Andrés.

La toma de muestras fue realizada siguiendo el protocolo de monitoreo de fuentes de agua de las comunidades de la cuenca del Río Coroico de Agua Sustentable y los procedimientos establecidos en la Norma Boliviana NB 496. Para el efecto se realizaron las siguientes acciones:

- Selección del punto de muestreo, ubicando la estructura del sistema de agua de la comunidad o un punto donde el flujo de agua sea homogéneo;
- Medición de los parámetros de campo directamente en el cuerpo de agua o tomando un volumen de agua en un recipiente limpio, se registraron las mediciones tomando los valores en la planilla de campo;
- Se tomaron los envases para la toma de muestra realizando el enjuague de los recipientes unas 2 a 3 veces;
- Para la toma de muestras se sumergieron los recipientes de forma contraria al flujo
- Para los parámetros físicos y químicos se llenó el envase en su totalidad tapando el frasco para evitar que queden burbujas en su interior;
- Para la muestra de parámetros biológicos se tomó la muestra llenando $\frac{3}{4}$ partes del frasco;
- Se realizó la identificación de las muestras con una codificación;
- Finalmente, se registró la ubicación del sitio de muestreo, la caracterización del sitio con fotografías y se almacenaron las muestras en envases conservadores con hielo para su refrigeración y el posterior transporte hasta la ciudad de La Paz hasta la entrega al laboratorio.

Los parámetros analizados por el laboratorio son detallados en la siguiente tabla:

Tabla 4. Detalle de parámetros analizados por el Laboratorio de Calidad Ambiental

No	Parámetro	Definición
Parámetros biológicos		
1	Escherichia coli	Escherichia coli es miembro de la familia Enterobacteriaceae. Es una bacteria Gram negativa, anaerobia facultativa que forma parte de la microbiota normal del intestino del ser humano y los animales homeotermos, siendo la más abundante de las bacterias anaerobias facultativas intestinales. Se excreta diariamente con las heces (entre 10 ⁸ -10 ⁹ Unidades Formadoras de Colonias (UFC) g ⁻¹ de heces) y por sus características, es uno de los indicadores de contaminación fecal más utilizados últimamente (Larrea-Murrel, J et al, 2013).
2	Coliformes fecales	Los coliformes fecales corresponden a bacterias naturalmente existentes en el tracto digestivo de los mamíferos superiores, incluyendo los seres humanos; por tal motivo, se encuentra a estas bacterias en los excrementos. Por ello, su presencia en cuerpos y cursos de aguas es una señal de contaminación con materias fecales y, como tal, es el indicador más usado para tales efectos.

No	Parámetro	Definición
		Si bien no corresponde a bacterias en sí patógenas para el ser humano, toda vez que forman parte de su propia flora intestinal, las normas de calidad de aguas establecen umbrales cuantitativos máximos para una presencia aceptable de coliformes fecales (Gonzales, s.f.)
Parámetros físico químicos		
3	Turbidez	La turbidez es la reducción de la claridad del agua debido a la dispersión de la luz visible por la presencia de partículas (Crittenden et al, 2012).
4	Mercurio	Metal que indica la presencia de contaminación minera, industria o metalurgia (Crittenden et al, 2012).
5	Sulfatos	El sulfato está ampliamente presente en las aguas naturales en diferentes concentraciones. La concentración de sulfato puede presentar valores altos cerca de los puntos de drenajes ácidos.
6	DQO	Demanda Química de Oxígeno (DQO) se define como la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar el total de la materia orgánica presente en una muestra de agua (Barrera, 2016). Es un parámetro que permite identificar la presencia de procesos de contaminación en el agua por materia orgánica.
7	Acidez	Es un indicador que refleja la capacidad amortiguadora del agua ante la presencia de agentes ácidos. Es usado para determinar la capacidad corrosiva del agua debido al hidróxido, carbonato e iones de bicarbonato .
8	Alcalinidad	Es una medición cuantitativa de iones de calcio y magnesio en agua expresada en términos de carbonato de calcio. La medición de la dureza del agua se emplea para determinar la generación de costras y atascos en las tuberías de agua.
9	Dureza	El CO ₂ genera procesos de acidificación en agua y está relacionado con la descomposición de la materia orgánica y la descomposición de ciertos minerales.
10	Nitratos	La presencia de nitratos en aguas procede de la disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materias vegetales y animales, de efluentes industriales y del lixiviado de tierras de labor en donde se utilizan abonos o el uso de fertilizantes nitrogenados (Marín, 2003). El aporte de nitratos al agua se da a través de la lluvia, descomposición de materia orgánica y descarga de contaminantes de actividades humanas como aguas residuales y uso de fertilizantes.
11	Fosfatos	Los fosfatos se introducen en el medio ambiente a través de fuentes como fertilizantes agrícolas, productos de lavado y limpieza. En grandes niveles, los fosfatos pueden estimular el crecimiento de algas y que pueden contribuir a la eutrofización de lagos, ríos y pozos. En ese sentido, en este documento se usan los fosfatos como un indicador de la contaminación del agua por el uso de fertilizantes y sustancias con contenido de fósforo en actividades agrícolas.

5.2.2. Resultados de análisis de calidad del agua

Los resultados obtenidos para la muestra de agua analizada en la medición de campo son presentados en la siguiente tabla, donde se realiza la comparación con los límites aceptables determinados en la Norma Boliviana 512 y el Cuadro A-1 para cuerpos de agua Clase A del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH).

Tabla 5. Resultados de análisis de calidad de agua y comparación con límites aceptables

No	Parámetro	Unidad	Resultado	Límites aceptables	
				NB 512	RMCH Cuadro A-1 Clase A
<i>Medición in situ</i>					
1	pH in situ	Unidades pH	7,6	6,5 a 9	6 a 8,5
2	Conductividad in situ	µS/cm	14	1500	NE
3	Sólidos disueltos totales in situ	mg/l	8	1000	1000
4	Temperatura in situ	°C	16,2	NE	NE
<i>Laboratorio LCA</i>					
5	Acidez	mg/l	3	NE	NE
6	Alcalinidad	mg/l	8	370	NE
7	Dureza	mg/l	5,6	500	NE
8	Nitratos	mg/l	<0,3	45	20
9	Fosfatos	mg/l	0,011	NE	0,4
10	Turbidez	UNT	0,6	5	<10
11	Mercurio	mg/l	<0,0002	0,001	0,001
12	Sulfatos	mg/l	<1	400	300
13	DQO	mg/l	8	NE	<5
14	Coliformes fecales	NMP/100 ml	15	<2	<50 y <5
15	Escherichia coli	UFC	<1	<1	NE

NE: No especificado

6. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Tabla 6. Descripción de la interpretación de los resultados

Parámetro	Interpretación
pH	El agua tiene un pH ligeramente alcalino, pero dentro del rango aceptado por la NB 512 y el RMCH Clase A. No representa riesgos para el consumo ni genera efectos adversos en la tubería.
Conductividad in situ	El agua presenta una conductividad muy baja, muy por debajo del límite de la NB 512. Indica una escasa presencia de sales disueltas, lo que refleja alta pureza.

Parámetro	Interpretación
Sólidos disueltos totales in situ	El agua presenta una concentración extremadamente baja de sales disueltas, cumpliendo ampliamente con los límites de la NB 512 y RMCH Clase A. No afecta el sabor y es apta para el consumo.
Temperatura in situ	El valor de temperatura (16,2 °C) no cuenta con límites establecidos en las normativas, pero representa una condición térmica adecuada y normal para zonas templadas. Es útil como referencia ambiental del punto de muestreo.
Acidez	El agua tiene una acidez baja, lo que significa que no es corrosiva y no genera riesgo para la infraestructura ni para el consumo humano.
Alcalinidad	El agua presenta baja alcalinidad, pero suficiente para estabilizar el pH y evitar cambios bruscos. No representa riesgo para el consumo.
Dureza	El agua es extremadamente blanda, muy por debajo del límite de la NB 512. No genera incrustaciones en las tuberías y es segura para el consumo.
Nitratos	El agua presenta una concentración muy baja de nitratos, cumpliendo con la NB 512 y RMCH Clase A. No hay indicios de contaminación por fertilizantes o aguas residuales.
Fosfatos	El agua presenta una concentración insignificante de fosfatos, muy por debajo del límite del RMCH Clase A. No hay riesgo de eutrofización.
Turbidez	El agua es muy clara y cumple ampliamente con la NB 512 y el RMCH Clase A. No hay presencia significativa de partículas en suspensión.
Mercurio	El resultado de mercurio (<0,00020 mg/l) está muy por debajo del límite permitido (0,001 mg/l), lo que descarta contaminación por este metal pesado, normalmente relacionado con actividad minera o industrial.
Sulfatos	El agua presenta una concentración extremadamente baja de sulfatos, muy por debajo de los límites de la NB 512 y RMCH Clase A. No afecta el sabor ni la potabilidad.
DQO	El agua presenta una baja demanda química de oxígeno, cumpliendo con el RMCH Clase A. Esto indica una mínima presencia de materia orgánica.
Coliformes Fecales	El agua presenta un valor superior al límite de la NB 512. Indicando presencia de bacterias de origen fecal, por lo que se recomienda desinfección antes del consumo.
Escherichia Coli	El agua no presenta Escherichia coli, cumpliendo con la NB 512. No hay indicios de contaminación fecal directa reciente.

7. CONCLUSIÓN

El agua de la comunidad de Yolosa presenta en general muy buena calidad físico-química. El pH es de 7,6, valor que se encuentra dentro del rango normativo, lo que indica que el agua es neutra a ligeramente alcalina y apta para el consumo. La conductividad de 14 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y los sólidos disueltos totales 8 mg/L son extremadamente bajos, lo que refleja un agua de muy baja mineralización, ligera y sin exceso de sales. La temperatura de 16,2 °C es fresca y adecuada, lo que ayuda a mantener un ambiente menos favorable para el desarrollo bacteriano.

En cuanto a la composición química, la acidez se encuentra en 3 mg/L, un valor bajo que no genera riesgos; mientras que la alcalinidad de 8 mg/L y la dureza de 5,6 mg/L son muy reducidas, lo que significa que el agua tiene poca capacidad de amortiguar cambios en el pH y podría presentar tendencia a la corrosividad en tuberías metálicas sobre todo en época de lluvias. Los nutrientes muestran concentraciones muy bajas: nitratos <0,3 mg/L y fosfatos de 0,011 mg/L, descartando contaminación significativa por fertilizantes o aguas residuales. Los sulfatos <1 mg/L también se encuentran muy por debajo de los límites de la norma. La turbidez es baja, lo que indica agua clara. La demanda química de oxígeno de 8 mg/L refleja una baja carga orgánica, lo que confirma la buena calidad química del agua. En cuanto a metales, el mercurio es indetectable <0,0002 mg/L, cumpliendo con los límites establecidos.

El aspecto más relevante se observa en los parámetros microbiológicos. Los coliformes fecales alcanzaron 15 NMP/100 ml, lo que supera la normativa, que exige ausencia total. En cambio, *Escherichia coli* estuvo ausente <1 UFC/100 ml, lo cual es positivo, ya que indica que no hay contaminación fecal reciente de alto riesgo. Sin embargo, la presencia de coliformes señala contaminación de origen ambiental o por manipulación en la red de agua, lo que significa que el agua no puede considerarse completamente segura sin tratamiento.

8. RECOMENDACIONES

Para garantizar la seguridad del agua de Yolosa se recomienda implementar un sistema de desinfección periódica, preferentemente cloración controlada a nivel comunitario, o hervido en el hogar previo al consumo, con el fin de eliminar el riesgo microbiológico asociado a la presencia de coliformes fecales.

Asimismo, es importante reforzar la protección de la fuente y de las estructuras de captación, evitando el ingreso de animales y la posible contaminación por escorrentía superficial. Esto puede lograrse mediante cercos, canalización de aguas de lluvia y coberturas parciales.



Se aconseja realizar un mantenimiento periódico del sistema de conducción y almacenamiento, priorizando estructuras cerradas y herméticas para evitar la entrada de sedimento, hojas o animales pequeños.

Finalmente, se recomienda establecer un programa de monitoreo de calidad de agua al menos dos veces al año, con énfasis en la época de lluvias, para vigilar de forma prioritaria los parámetros microbiológicos y garantizar una buena calidad del agua distribuida.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Constitución Política del Estado [CPE]. Art. 373, 374. 7 de febrero de 2009 (Bolivia).
- Decreto Supremo 24176. Reglamento a la Ley de Medio Ambiente. Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica. 8 de diciembre de 1995.
- Hanna instruments. (s.f.). ¿Cómo funciona el TDS del agua y qué significa? <https://www.hannabolivia.com/blog/post/500/como-funciona-el-tds-del-agua-y-que-significa#:~:text=TDS%20es%20el%20porcentaje%20de,peque%C3%B1as%20cantidades%20de%20materia%20org%C3%A1nica>.
- Hanna instruments. (s.f.). Equipo de análisis de dureza HI3812.
- Hanna instruments. (s.f.). Equipo de Análisis dióxido de Carbono HI 3818.
- Hanna instruments. (s.f.). Ficha Técnica del Producto Kit de prueba para sulfato. <https://www.hannabolivia.com/products/product/97/pdf>
- Hanna instruments. (s.f.). Test kit de acidez HI3820.
- Hanna instruments. (s.f.). Test kit de alcalinidad HI3811.
- Hanna instruments. (s.f.). Water quality education test kit.
- Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. (2016) NB 495:2016 "Agua Potable – Definiciones y terminología" (segunda revisión). (NB 495).
- Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. (2016) NB 496:2016 "Agua Potable – Toma de muestras" (segunda revisión). (NB 496).
- Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. (2016) NB 512:2016 "Agua Potable - Requisitos" (Quinta revisión). (NB 512).
- Ley 1333 de 1992. Ley de medio ambiente. 27 de abril de 1992.
- Marín, R. (2003). Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos tratamiento y control de calidad de aguas. Diaz de Santos.
- Ortuño, N. y Flores, F. (2088). *Plan Director de la Cuenca del Río Coroico*. Pastoral Social Caritas Diocesana Coroico. Coroico, Bolivia.
- Resolución Ministerial 126/2015. Reglamento Nacional para el Control de la Calidad del Agua de Consumo – NB 512. 16 de marzo de 2018.



- Resolución Ministerial 272/2015. Política Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano. 24 de julio de 2015.
- Vernier Science Education. (s.f.) Oxígeno disuelto. https://www.vernier.com/files/sample_labs/CMV-41-oxigeno_disuelto.pdf

10. ANEXOS

- Mapas de ubicación
- Registro fotográfico
- Medición de caudal
- Informe de resultados de medición en campo