

## INFORME

### MONITOREO DE CANTIDAD Y CALIDAD DE FUENTES DE AGUA



Comunidad: **SAN JUAN DE KELEQUELERA**

Municipio: **GUANAY**

Diciembre, 2024



## 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.....	2
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.....	3
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.....	4
4.	DATOS DEL MUESTREO .....	4
5.	MONITOREO DE CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA .....	5
5.1.	MONITOREO DE CANTIDAD .....	5
5.2.	MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA .....	6
5.2.1.	Metodología .....	6
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 .....	4
Tabla 2.	Cuadro resumen de la medición de caudal .....	6
Tabla 3.	Detalle de parámetros analizados por el Laboratorio de Calidad Ambiental.....	7
Tabla 4.	Parámetros medidos en campo, definición y equipo empleado.....	8
Tabla 5.	Resultados de análisis de calidad de agua y comparación con límites aceptables.....	10
Tabla 6.	Descripción de la interpretación de los resultados.....	11

## 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], 2023):

- 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 (2023) 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 Caritas-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 2023 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 estiaje del 2024 en la comunidad San Juan de Kelequelera del municipio de Guanay, 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 y en laboratorio;
- 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 San Juan de Kelequelera, del municipio de Guanay del departamento de La Paz, en fecha 1 de octubre de 2024. Los datos del monitoreo y del punto de muestreo se describen en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Descripción del punto de muestreo**

<b>Comunidad</b>	San Juan de Kelequelera
<b>Municipio</b>	Guanay
<b>Departamento</b>	La Paz
<b>Punto de muestreo</b>	Tanque de almacenamiento
<b>Coordenadas UTM</b>	637625 E
	8266300 S
<b>Altura</b>	727 msnm
<b>Fecha de muestreo</b>	01/10/24
<b>Hora de muestreo</b>	13:45
<b>Código de muestreo</b>	P42-GUA-SJK
<b>Descripción del punto de muestreo</b>	Tanque plástico de almacenamiento con tres tuberías que conducían el agua de tres puntos de captación, estas fuentes se mezclaban en este tanque. El agua tenía un aspecto claro, transparente, con cierta presencia de sólidos suspendidos y sedimento depositado al fondo del tanque.

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 agua o aforo de una fuente de agua, es decir medir el volumen de agua que atraviesa una superficie en un tiempo determinado y permite estudiar el comportamiento del recurso hídrico en el tiempo y determinar su disponibilidad.

#### 5.1.1. Metodología

Para la medición de la cantidad de agua se empleó el método volumétrico. Este método consiste en la medición del tiempo que tarda en llenarse un recipiente con un volumen conocido.

Se aplicó este método ya que el sistema de agua de la comunidad contaba con tuberías que conducían el agua desde la vertiente hacia la estructura de captación del sistema y permitían el uso del recipiente para la medición del volumen. Para el efecto se emplearon los siguientes materiales:

- Recipientes graduados: balde de 7 litros, jarra de 3 litros y jarra de 1 litro. Se seleccionó el recipiente para la medición de volumen de acuerdo al flujo observado en campo, es decir para caudales mayores se usaron los recipientes con mayor capacidad y para caudales bajos se usó el recipiente de menor volumen;
- Cronómetro (celular con cronómetro).

La medición del aforó consistió en la recolección del agua en el recipiente y se registró con el cronómetro el tiempo en que tomó llenarse, se repitió este proceso de 4 a 5 veces con el fin de promediar los valores obtenidos.

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

$$Q = \frac{V}{t}$$

*Donde:*

*Q: Caudal (l/s)*

*V: Volumen (l)*

*t: Tiempo (s)*

El resultado obtenido expresa el caudal medido en unidades de litros por segundo.

#### 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 estiaje en el mes de octubre del 2024, de 0,80 l/s, el cual se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 2. Cuadro resumen de la medición de caudal**

<b>Periodo de medición</b>	Octubre de 2024 – época de estiaje
<b>Caudal (l/s)</b>	<b>0,80</b>

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. 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 3. Detalle de parámetros analizados por el Laboratorio de Calidad Ambiental**

No	Parámetro	Definición
<b><i>Parámetros biológicos</i></b>		
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 <sup>8</sup> -10 <sup>9</sup> Unidades Formadoras de Colonias (UFC) g <sup>-1</sup> 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. 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.)
<b><i>Parámetros físico químicos</i></b>		
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 (Hanna instruments. s.f.).
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 contaminación en el agua por materia orgánica.

### 5.2.1.2. 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 4. 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.	

No	Parámetro	Definición	Equipo o kit empleado
5	Oxígeno disuelto	El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno gaseoso que está disuelto en el agua. Es un indicador de la capacidad de un cuerpo de agua para mantener la vida acuática, sus niveles afectan a la salud de la vida acuática, al equilibrio del ecosistema y a la calidad general del agua (Vernier Science Education, s.f.).	Test kit de oxígeno disuelto: HI3810 Método: Winkler modificado <sup>1</sup>
6	Acidez	La acidez es la capacidad cuantitativa de la muestra de agua para neutralizar la sustancia base a un pH establecido. Es un indicador de la capacidad corrosiva del agua, a mayor acidez mayor es la capacidad corrosiva del agua (Hanna instruments. s.f.).	Test kit de acidez: HI3820 Método: Base de titración, utilizando fenolftaleína e indicador azul de bromofenol
7	Alcalinidad	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 (Hanna instruments. s.f.).	Test kit de alcalinidad: HI3811 Método: Titración de ácido utilizando fenolftaleína y bromofenol azul
8	Dureza	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 (Hanna instruments. s.f.).	Equipo de análisis de dureza: HI3812 Método: Valoración EDTA
9	Dióxido de carbono (mg/l)	El CO <sub>2</sub> genera procesos de acidificación en agua y está relacionado con la descomposición de la materia orgánica y la descomposición de ciertos minerales (Hanna instruments. s.f.).	Equipo de análisis de dióxido de carbono: HI3818 Método: Titulación ácido-base usando indicador fenolftaleína
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).	Test kit de nitrato: HI3874 Método: Colorimétrico

<sup>1</sup> El método empleado permite obtener el resultado del oxígeno disuelto en unidades de mg/l, pero para expresar este valor en porcentaje de saturación de oxígeno y permitir su comparación con la norma de referencia se realizó un cálculo considerando el oxígeno disuelto medido en campo y el valor de oxígeno disuelto al 100 % de saturación obtenido por tablas en relación a la presión barométrica y a la temperatura del agua registrada en el muestreo.

No	Parámetro	Definición	Equipo o kit empleado
		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 (Hanna instruments. s.f.).	
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 (Hanna instruments. s.f.). 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.	Test kit de fosfato: HI3833 Método: Colorimétrico

### 5.2.2. Resultados de análisis de calidad del agua

Los resultados obtenidos para la muestra de agua analizada tanto en la medición de campo como por el laboratorio LCA 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	7,32	6,5 a 9	6 a 8,5
2	Conductividad in situ	µS/cm	126,00	1500	NE
3	Sólidos disueltos totales in situ	mg/l	63,00	1000	1000
4	Temperatura in situ	°C	27,80	NE	NE
5	Oxígeno disuelto	mg/l	6,30	NE	NE
		%	87,62	NE	<80% sat
6	Acidez	mg/l	25,00	NE	NE
7	Alcalinidad	mg/l	57,00	370	NE
8	Dureza	mg/l	81,00	500	NE
9	Dióxido de carbono	mg/l	11,00	NE	NE
10	Nitratos	mg/l	<44,30	45	20
11	Fosfatos	mg/l	3,00	NE	0,4

No	Parámetro	Unidad	Resultado	Límites aceptables	
				NB 512	RMCH Cuadro A-1 Clase A
<i>Laboratorio LCA</i>					
12	Turbidez	UNT	0,85	5	<10
13	Mercurio	mg/l	<0,00020	0,001	0,001
14	Sulfatos	mg/l	25,00	400	300
15	DQO	mg/l	<5,0	NE	<5
16	Coliformes fecales	NMP/100 ml	40,00	<2	<50 y <5
17	Escherichia coli	UFC	<1,0	<1	NE

NE: No especificado

UNT: Unidades Nefelométricas de Turbiedad

NMP/100 ml: Número Más Probable por 100 ml y UFC: Unidades Formadoras de Coliforme

## 6. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

**Tabla 6. Descripción de la interpretación de los resultados**

Parámetro	Interpretación
pH	El valor de pH medido in situ muestra un valor de 7,32 con características neutras y se encuentra dentro de los rangos de la NB 512, e ingresa dentro de las características de un cuerpo de agua clase A para el RMCH.
Conductividad in situ	Se registra una baja conductividad, por lo que se puede indicar que existe una baja concentración de sustancias inorgánicas en el agua.
Sólidos disueltos totales in situ	Los sólidos disueltos totales se encuentran dentro los límites aceptables, es decir hay bajas concentraciones de minerales y sales en el agua.
Temperatura in situ	La comparación del resultado de medición de la temperatura depende de la temperatura media del cuerpo de agua receptor, en este caso, no se cuenta con dicha información, por tanto, el valor obtenido no es comparado con los límites aceptables y ha servido para establecer un registro de la temperatura de la fuente de agua y permitir los ajustes para las mediciones de pH, conductividad y oxígeno disuelto.
Oxígeno disuelto	Se registra un valor de 6,30 mg/l, si bien no es un parámetro que cuenta con límites en la NB 512, el resultado muestra una buena concentración de oxígeno disuelto en el agua y se puede mencionar que el agua tiene una buena oxigenación y por tanto es un indicador de una baja presencia de sustancias contaminantes. Valores para aguas superficiales mayores a 7-8 mg/l indican aguas no contaminadas y bien oxigenadas (Marín, 2003). Adicionalmente, se cuenta con una saturación del 87,62 % que indica que el agua tiene una saturación de oxígeno clasificada como adecuada y cumple con los límites aceptables descritos en el RMCH.

Parámetro	Interpretación
Acidez	El valor de acidez no cuenta con valores máximos en las normas de referencia consideradas en este documento, no obstante, se observa un bajo valor de acidez que muestra que no se evidencia altas concentraciones de sustancias como dióxido de carbono y sales ácidas ni procesos de descomposición de sustancias.
Alcalinidad	No se observa altas concentraciones de calcio ni magnesio. Se tiene un bajo valor de alcalinidad y se observan bajas propiedades corrosivas del agua sobre los materiales del sistema de agua. El valor se encuentra por debajo del límite aceptable de la NB 512.
Dureza	La dureza con un valor de 81,00 mg/l indica que es agua blanda, es decir contiene bajas concentraciones de sales disueltas de calcio y magnesio y, por tanto, no se observa que el agua de la vertiente pueda provocar problemas de incrustaciones o formar precipitados en tuberías y componentes del sistema de agua.
Dióxido de carbono	Se registró un valor de 11,00 mg/l, resultado que indica que no se observan procesos de acidificación del agua por dióxido de carbono ni se evidencian procesos de descomposición de materia orgánica en el agua.
Nitratos	El resultado obtenido está por debajo del límite de determinación del método el cual es de <44,30 mg/l, por lo que se estima que se encuentra en concentraciones que cumplen con el límite aceptable para este nutriente para la NB 512 y se puede indicar que no se identifica contaminación de la fuente de agua por aguas residuales o por el uso fertilizantes con contenido de nitrógeno. Por otro lado, comparando el valor obtenido con el límite para aguas Clase A del RMCH cuyo límite es de 20 mg/l el método empleado no permite establecer si se cumple con este aspecto.
Fosfatos	El resultado obtenido es de 3,00 mg/l y se puede indicar que se identifica el aporte de contaminación de la fuente de agua con el uso de fertilizantes en actividades ganaderas o agrícolas. No cumple con el límite establecido para aguas Clase A del RMCH. La NB 512 no establece un límite aceptable para el fosfato.
Turbidez	Se tiene una turbidez de 0,85 UNT y cumple con el límite aceptable de la NB 512 y para cuerpos de agua Clase A del RMCH. Se puede indicar que se registra bajas concentraciones de partículas suspendidas y no afectan la transparencia y claridad del agua.
Mercurio	No se identificó la presencia de este metal en el agua, por lo que no se registra el impacto de contaminación minera a la fuente de agua.
Sulfatos	El valor obtenido de 25,00 mg/l está por debajo de los límites aceptables de las normas de referencia. No se registra la influencia de actividades humanas o procesos naturales que puedan aportar sulfatos al agua de la fuente en estudio.

Parámetro	Interpretación
DQO	Se obtuvo un valor de DQO de <math><5,0 \text{ mg/l}</math>, es decir por debajo del límite de determinación del laboratorio, por lo que se estima que el agua requiere bajas concentraciones de oxígeno disuelto para realizar procesos de degradación de sustancias en el agua y por tanto no se identifica contaminación por materia orgánica. Este valor está dentro del límite establecido en el RMCH para aguas Clase A. La NB 512 no establece un límite para este parámetro.
Coliformes fecales	El resultado indica la presencia de bacterias coliformes de 40,00 NMP/100 ml indicando que existe contaminación por materia fecal de origen humano o animal. El resultado sobre pasa los límites aceptables de la NB 512, no obstante, cumple con los criterios para un agua Clase A del RMCH.
Escherichia coli	Referente a la Escherichia coli se ha obtenido un valor menor al límite de determinación por lo que se puede determinar que no se ha identificado la contaminación fecal en el agua por aporte de excretas humanas. El valor cumple con el límite aceptable de la NB 512.

## 7. CONCLUSIÓN

Conforme a los resultados obtenidos y la comparación con la norma NB 512 se determina que el agua del área de estudio es de buena calidad considerando que los valores obtenidos para los parámetros analizados se encuentran por debajo de los valores máximos aceptables de dicha norma. Si bien el parámetro de coliformes no está dentro del límite aceptable es una condición controlable con métodos de desinfección bacteriológica.

En cuanto a la aptitud de uso del agua conforme al RMCH, a excepción del fosfato, los resultados obtenidos indican que el agua analizada ingresa dentro de las características de clasificación para cuerpos de agua Clase A del RMCH, es decir son aguas naturales de máxima calidad, que las habilita como agua potable para consumo humano sin ningún tratamiento previo, o con simple desinfección bacteriológica.

## 8. RECOMENDACIONES

Finalmente, conforme a la información y resultados obtenidos se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Proteger la obra de toma y área de aporte con el fin de evitar la pérdida de la capacidad de infiltración y retención de agua del suelo y la vegetación, además de evitar el aporte de sustancias contaminantes por actividades humanas como el uso de sustancias químicas en actividades agrícolas o contaminación por aguas residuales y residuos sólidos;
- Mejorar las acciones de mantenimiento preventivo del sistema, específicamente en la cámara de captación realizando la limpieza externa de la estructura a través del retiro de vegetación, malezas, material de arrastre y la limpieza interna mediante el retiro de

- los sólidos depositados en el fondo de la cámara y cualquier material que haya ingresado a la estructura;
- Según las posibilidades de la comunidad se recomienda implementar el monitoreo de cantidad y calidad periódico del sistema de agua;
  - Se recomienda incorporar la desinfección bacteriológica como etapa de tratamiento en el sistema de agua de la comunidad o en todo caso aplicar la desinfección del agua para consumo a través de métodos alternativos como el hervido del agua y desinfección solar (método SODIS);
  - En el caso del parámetro fosfato se recomienda realizar su monitoreo para evaluar su comportamiento y concentración, de ser posible con un ensayo de laboratorio para obtener resultados con mayor exactitud. De la misma manera, se recomienda verificar el crecimiento de algas en cámaras o tanques ya que la presencia de fosfatos puede generar la eutrofización del agua.
  - Poner en conocimiento de la población de la comunidad los resultados de este informe con el fin de divulgar esta información y conocer el estado de la cantidad y la calidad de agua del sistema.

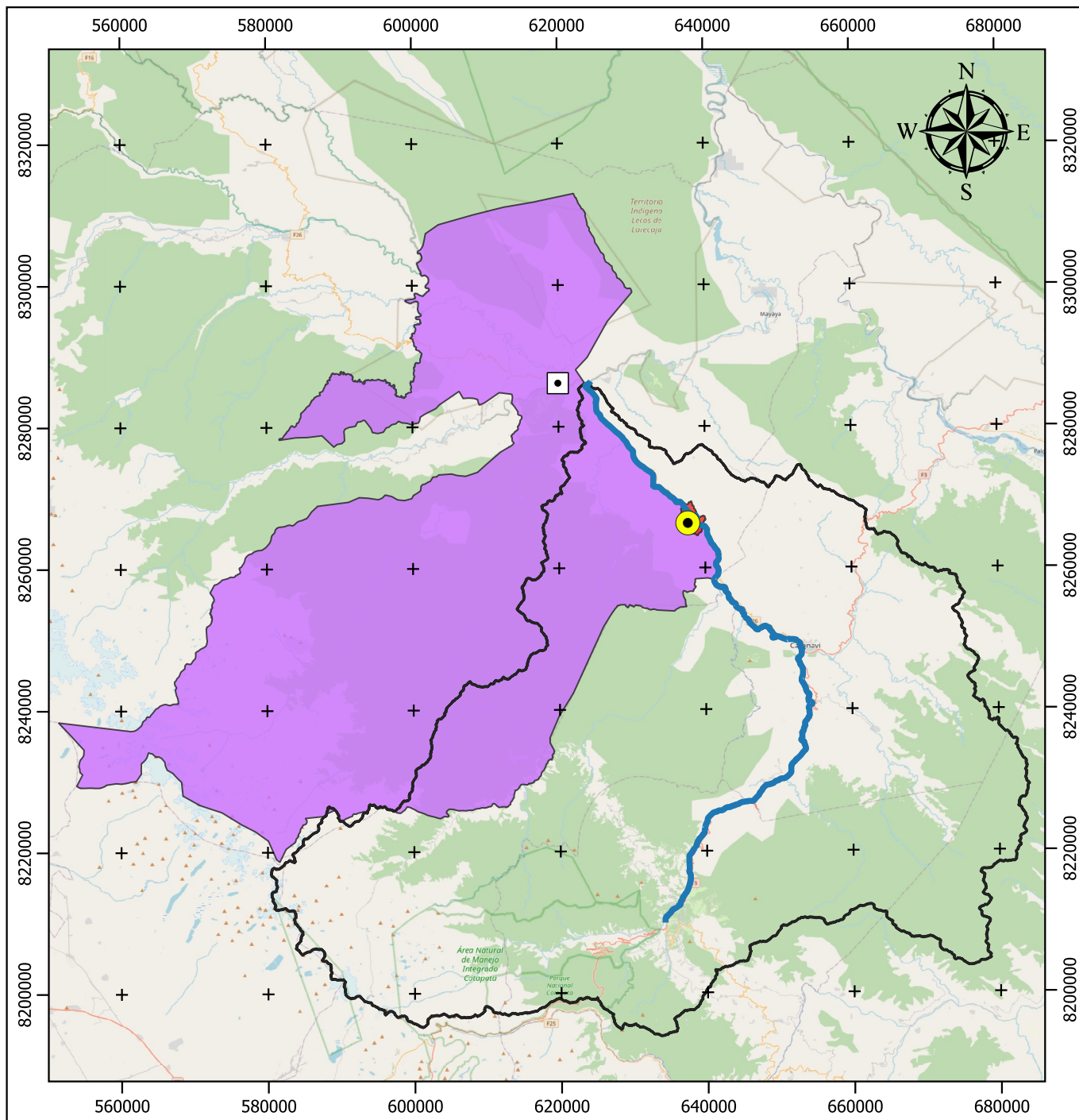
## 9. BIBLIOGRAFÍA



- Barrera, E (s.f.). DQO y DBO. [https://cdn.hannacolombia.com/hannacdn/marketing/capacitacion/2016/05/Hanna\\_Instruments\\_DQO\\_y\\_DBO.pdf](https://cdn.hannacolombia.com/hannacdn/marketing/capacitacion/2016/05/Hanna_Instruments_DQO_y_DBO.pdf)
- Constitución Política del Estado [CPE]. Art. 373, 374. 7 de febrero de 2009 (Bolivia).
- Crittenden, J., Rhodes, R. Hand, D., Howe, K., Tchobanoglous, G. (2012). MWH's water treatment: principles and design. John Wiley and Sons.
- Decreto Supremo 24176. Reglamento a la Ley de Medio Ambiente. Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica. 8 de diciembre de 1995.
- Gonzales, S. (s.f.). Caracterización de coliformes fecales en aguas de riego. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/b884c08c-27ab-439b-b0b2-8ab81817b52f/content>
- 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).
- Larrea-Murrel, J et al. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>
- 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. (2023). *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](https://www.vernier.com/files/sample_labs/CMV-41-oxigeno_disuelto.pdf)

## 10. ANEXOS

- Mapas de ubicación
- Registro fotográfico
- Medición de caudal
- Informes de ensayo de laboratorio y medición de campo



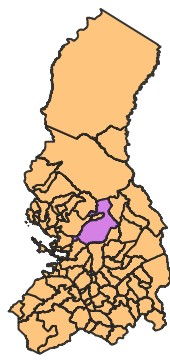




### MONITOREO DE CALIDAD Y CANTIDAD DE FUENTES DE AGUA

---

**UBICACIÓN**  
Departamento: La Paz  
Municipio: Guanay

---










---

ESCALA:  
1:700.000  
SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS 84/UTM ZONA 19 S

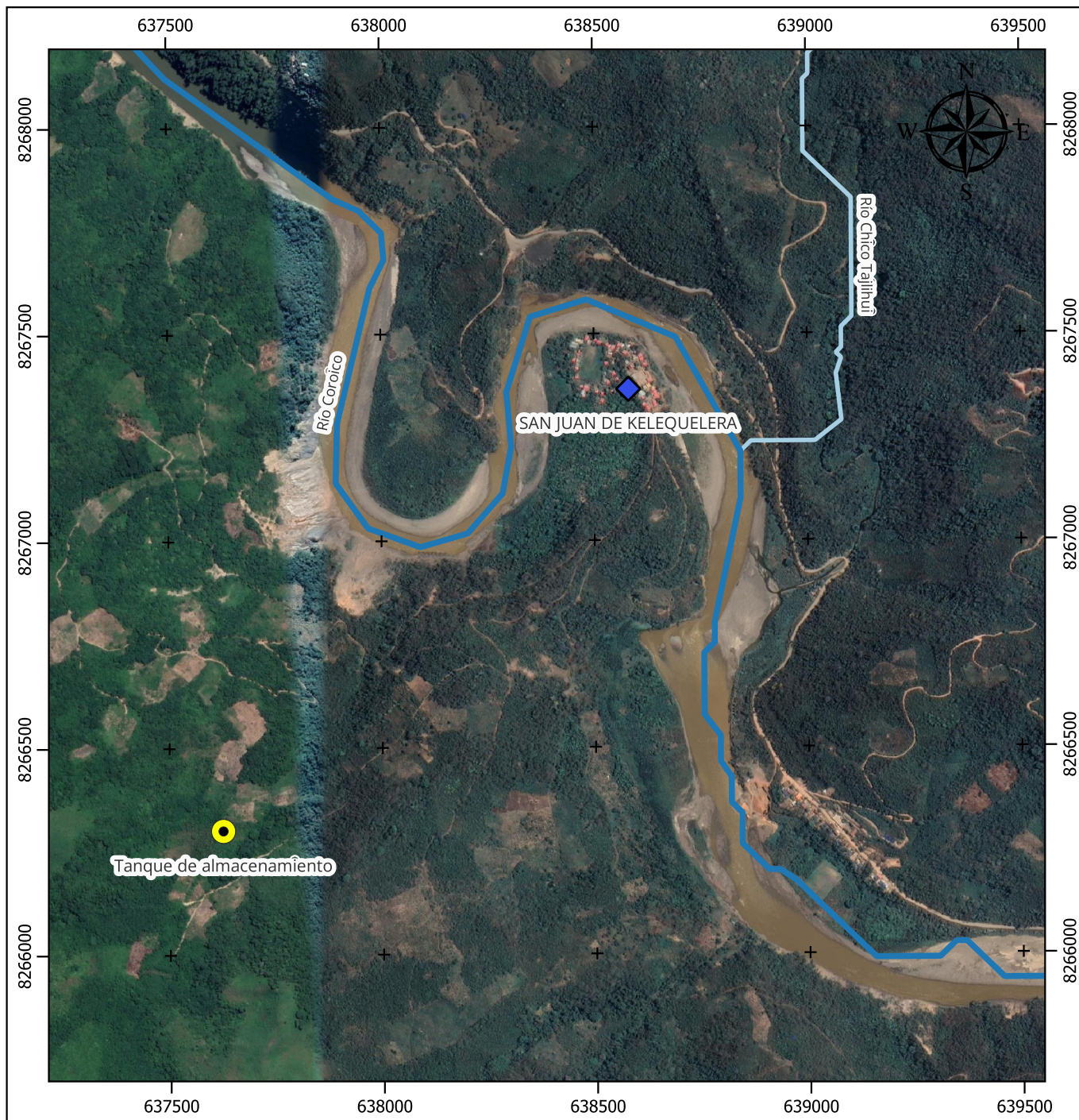
---

**Referencias:**

- Punto de monitoreo
-  San Juan de Kelequelera - Tanque de almacenamiento
- Capitales Municipales
-  GUANAY
-  Río Coroico
-  Delimitación de la cuenca del Río Coroico
- Microcuencas N8 Río Coroico
-  46446933
- Municipios de la cuenca
-  Guanay
- OSM Standard

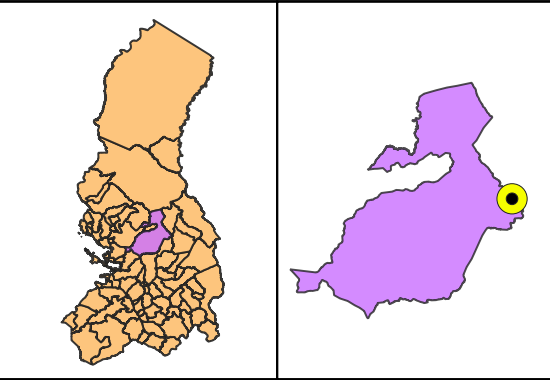
---

MAPA No 1  
UBICACIÓN GENERAL - SAN JUAN DE KELEQUELERA  
PUNTO DE MONITOREO, CUENCA DEL RÍO COROICO Y  
MICROCUENCA



**MONITOREO DE CALIDAD Y CANTIDAD DE FUENTES DE AGUA**

**UBICACIÓN**  
 Departamento: La Paz  
 Municipio: Guanay



**ESCALA:**  
 1:12.000  
 SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS 84/UTM ZONA 19 S

- Referencias:**
- Punto de monitoreo
    - San Juan de Kelequelera - Tanque de almacenamiento
  - Comunidades del municipio de Guanay
    - SAN JUAN DE KELEQUELERA
  - Río Coroico
  - Ríos secundarios - afluentes
  - Google Satellite

**MAPA No 2**  
**IMAGEN SATELITAL**  
**UBICACIÓN SAN JUAN DE KELEQUELERA Y PUNTO DE MONITOREO**

**Registro fotográfico**

**Monitoreo de cantidad y calidad de fuentes de agua**

**Comunidad San Juan de Kelequelera, Guanay**

**Fotografía 1. Tanque plástico de captación de varias fuentes**



**Fotografía 2. Tuberías de aducción**



**Fotografía 3. Tuberías de ingreso de varias fuentes a tanque**



**Fotografía 4. Sitio de muestreo y medición de caudal**



**Fotografía 5. Vista del agua en tanque**



**Fotografía 6. Tanque ubicado en zona agrícola**





## ANEXO MEDICIÓN DE CAUDAL

COMUNIDAD:	San Juan de Kelequelera
ACTIVIDAD:	Medición de caudal
TIPO DE MEDICION:	In situ: Aforo manual a través de método volumétrico
SITIO DE MEDICIÓN	Tuberías de captación que derivan a un tanque plástico
FECHA	1/10/2024
ÉPOCA DE MEDICIÓN	Estiaje, octubre 2024

Tubería 1 de ingreso a tanque					
Descripción	Medición				Promedio
	1	2	3	4	
Volumen envase, V (l)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tiempo de llenado, t (s)	24,27	23,94	24,16	24,32	24,17
Caudal, Q (l/s)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

Tubería 2 de ingreso a tanque					
Descripción	Medición				Promedio
	1	2	3	4	
Volumen envase, V (l)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Tiempo de llenado, t (s)	14,50	14,10	14,21	13,64	14,11
Caudal, Q (l/s)	0,21	0,21	0,21	0,22	0,21

Tubería 3 de ingreso a tanque					
Descripción	Medición				Promedio
	1	2	3	4	
Volumen envase, V (l)	4,40	5,00	5,30	6,00	5,18
Tiempo de llenado, t (s)	10,06	10,30	10,11	10,37	10,21
Caudal, Q (l/s)	0,44	0,49	0,52	0,58	0,51

<b>Caudal total (l/s)</b>	<b>0,80</b>
---------------------------	-------------

CONCLUSIÓN	La fuente de agua evaluada presenta un caudal de 1,18 l/s, durante la época de estiaje en el mes de agosto de 2024.
------------	---

## RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUA EN CAMPO

**Comunidad:** San Juan de Kelequelera  
**Municipio:** Guanay  
**Departamento:** La Paz  
**Punto de muestreo:** Tanque de almacenamiento  
**Coordenadas UTM:** 637625 E; 8266300 S  
**Tipo de muestra:** Agua  
**Fecha de muestreo:** 01/10/24  
**Hora de muestreo:** 13:45  
**Código de muestreo:** P42-GUA-SJK

No	Parámetro	Método – Test o equipo	Unidad	Resultado
1	pH in situ	Electrométrico – HI98129	Unidades pH	7,32
2	Conductividad in situ	Electrométrico – HI98129	µS/cm	126,00
3	Sólidos disueltos totales in situ	Electrométrico – HI98129	mg/l	63,00
4	Temperatura in situ	Sonda – HI98129	°C	27,80
5	Oxígeno disuelto	Winkler modificado – HI3810	mg/l	6,30
6	Acidez	Base de titración, utilizando fenolftaleína e indicador azul de bromofenol – HI3820	mg/l	25,00
7	Alcalinidad	Titulación de ácido utilizando fenolftaleína y bromofenol azul – HI3811	mg/l	57,00
8	Dureza	Valoración EDTA – HI3812	mg/l	81,00
9	Dióxido de carbono	Titulación ácido-base usando indicador fenolftaleína – HI3818	mg/l	11,00
10	Nitratos	Colorimétrico – HI3874	mg/l	<44,30
11	Fosfatos	Colorimétrico – HI3833	mg/l	3,00

Los resultados de los parámetros se refieren exclusivamente a la muestra analizada a través de métodos de análisis en campo con test kit y equipos Hanna:

HI98129: Equipo Hanna - Medidor de pH, TDS, Conductividad y Temperatura rango bajo

HI3810: Test kit de oxígeno disuelto

HI3820: Test kit de acidez

HI3811: Test kit de alcalinidad

HI3812: Equipo de análisis de dureza

HI3818: Equipo de análisis de dióxido de carbono

HI3874: Test kit de nitrato

HI3833: Test kit de fosfato

### OFICINAS:

C. Nataniel Aguirre N°82  
entre 11D y 12, Z. Irpavi  
La Paz - Bolivia  
Tel./Fax  
(2) 2112682

C. Final Pihusi s/n  
Z. Apote Norte  
Cochabamba - Bolivia  
Tel./Fax  
(4) 4025600  
(4) 4318328

Lunes, 16 de diciembre de 2024

## INFORME DE ENSAYO EN AGUA A86/24

Entidad: AGUA SUSTENTABLE  
Solicitante: Martín Rodríguez Lahore  
Dirección del cliente: Nataniel Aguirre, C/11 y 12, Nro. 82, Irpavi  
Procedencia de la muestra: Guanay  
Provincia Larecaja  
Departamento: La Paz  
Punto de muestreo: San Juan de Kelequelera  
Responsable del muestreo: Heber Poma  
Fecha de muestreo: 1 de octubre de 2024  
Hora de muestreo: 14:00  
Fecha de recepción de la muestra: 2 de octubre de 2024  
Fecha de ejecución del ensayo: Del 2 al 13 de octubre, 2024  
Caracterización de la muestra: Agua en tanque de almacenamiento  
Tipo de muestra: Simple  
Envase: Envase plástico dos frascos, c/u de un litro  
Código LCA: 86 - 2  
Código original : P- 42

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	P- 42 86 - 2
Coliformes fecales	SM 9221-E	NMP/100 ml	2,0	40
DQO	SM 5220-C	mg/l	5,0	< 5,0
Escherichia coli	SM 9221-F	UFC	1,0	< 1,0
Sulfatos	SM 4500-SO4=E	mg/l	1,0	25
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,00020
Turbidez	EPA 180.1	UTN	0,10	0,85

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)

EPA= Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 18 de octubre de 2024

  
Ing. Jaime Chincheros Paniagua  
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



JCH/LCA