

## Diagnóstico de la calidad de agua para consumo humano en las comunidades Carmen Pampa y Chovacollo en Coroico - Bolivia

### *Diagnosis of water quality for human consumption in the communities Carmen Pampa and Chovacollo in Coroico - Bolivia*

Beatriz Mamani Sánchez<sup>1</sup>, Fernando Aguilar Franco<sup>2</sup>, Máximo Nova Pinedo<sup>2</sup>,  
Antonio Daza Kucharsky<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Investigación y Proyectos - Unidad Académica Campesina Carmen Pampa (UAC-CP). Universidad Católica Boliviana “San Pablo”.

<sup>2</sup>Carrera de Ingeniería Agronómica, Unidad Académica Campesina Carmen Pampa (UAC-CP) - Universidad Católica Boliviana “San Pablo”

<sup>3</sup>Fundación Natura

bmamani@uac-cp.edu.bo

**Resumen:** El agua es un recurso esencial para la vida y cada país tiene políticas orientadas en disponer un abastecimiento satisfactorio, suficiente, seguro, accesible y calidad para los habitantes, y con orientación hacia la conservación de cuerpos de agua para el funcionamiento del ecosistema. Para ello, se tienen normas, como es el caso especial de NB 512, está orientada para consumo de agua potable. En ese sentido, el objetivo del presente trabajo fue diagnosticar la calidad del agua de consumo humano en Carmen Pampa y Chovacollo en base a parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos. Se realizó el muestreo de ambas comunidades en un sistema de abastecimiento de agua (toma, tanque y grifo) y se evaluaron pH, CE, OD, turbidez y coliformes fecales (*E. coli*).

Los resultados del análisis de agua en Carmen Pampa y Chavacollo en la toma, tanque y grifo, los valores de pH están entre 6.78 a 7.57; CE entre 27.5 a 28.27  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sin embargo, en el tanque de Chovacollo fue 43.06  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y OD entre 98.7 a 104.3% y de turbidez entre 0.14 a 1.81 NTU. *E. coli*, de los 6 puntos de muestreo, en 4 fue 0, excepto en el tanque de Chovacollo (28 UFC) y toma de Carmen pampa (14 UFC). Los parámetros se encuentran por debajo del nivel permitido por la NB-512, excepto para el parámetro biológico en un punto. Las dos comunidades no se realiza el tratamiento de cloración y se recomienda que el agua previa a su consumo debe hervirse. Según la clasificación de cuerpos de agua, su aptitud de uso se clasifica en clase A (aguas de máxima calidad, habilitadas como agua potable para consumo humano, previo a una desinfección bacteriológica antes de su consumo).

**Palabras clave:** Agua, consumo humano, parámetros mínimos de calidad de agua, NB-512, *E. coli*. y Ley 1333

**Abstract:** Water is an essential resource for life and each country has policies aimed at providing a satisfactory, sufficient, safe, accessible, and quality supply for the inhabitants, and with an orientation towards the conservation of water bodies for the functioning of the ecosystem. For this, there are regulations, as is the special case of NB 512 oriented for the consumption of drinking water. In this sense, the objective of this work was to diagnose the quality of water for human consumption in Carmen Pampa and Chovacollo based on physicochemical and bacteriological parameters. Sampling of both communities was carried out in a water supply system (intake, tank, and tap) and pH, EC, DO, turbidity and fecal coliforms (*E. coli*) were evaluated.

The results of the water analysis in Carmen Pampa and Chavacollo in the intake, tank and tap, the pH values are between 6.78 to 7.57; EC between 27.5 to 28.27  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , however, in the Chovacollo tank it was 43.06  $\mu\text{S}/\text{cm}$  and DO between 98.7 to 104.3% and turbidity between 0.14 to 1.81 NTU. *E. coli*, of the 6 sampling points, was 0 in 4, except in the Chovacollo tank (28 CFU) and the Carmen Pampa intake (14 CFU). The parameters are below the level allowed by NB-512, except for the biological parameter at one point. The two communities do not carry out the chlorination treatment and it is recommended that the water be boiled prior to consumption. According to the classification of water bodies, its suitability for use is classified as class A (highest quality water, authorized as drinking water for human consumption, prior to bacteriological disinfection before consumption).

**Key words:** Water, human consumption, minimum water quality parameters and Law1333

## 1 Introducción

La OMS (2018) señala que, el agua es un recurso esencial para la vida, todas las personas deben disponer de un abastecimiento satisfactorio (suficiente, seguro y accesible). El acceso al agua potable es un derecho humano básico y debe cumplir con ciertas características que hacen segura para su consumo y no debe repercutir en la salud pública. El agua destinada al consumo humano tiene implicaciones en aspectos de la salud, sociales y económicos, que actúan indirectamente en el desarrollo de una comunidad o región (Calvo y Mora, 2012).

Por ello, se estableció el término de “calidad del agua”, que proviene de fuentes superficiales y merma en función a la alteración de las propiedades físico, químicas, bacteriológicas y biológicas de un sistema acuático, debido a las actividades biológicas circundantes al entorno que transcurre o fluye desde su toma hasta llegar al grifo de una vivienda (Torres *et al.*, 2009). De las cuales, el parámetro bacteriológico es determinante en la calidad del agua por la presencia de bacterias fecales (Robles *et al.*, 2013)

Como política nacional boliviana, se tiene a la calidad de agua para el consumo humano y cuenta con distintas responsabilidades y entidades en estado a nivel central,

departamental, municipal, entre otras, tiene como objetivo contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de la población boliviana como parte del Desarrollo Integral para el Vivir Bien, asegurando la calidad de agua destinada al consumo humano, garantizando su inocuidad, previniendo y controlando los factores de riesgo sanitario, desde las fuentes de agua hasta su consumo (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2016).

Como estrategia nacional en Bolivia se incluyen normas regionales basadas en guías internacionales, las cuales fueron promulgadas por el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA), como la: NB 495 Agua potable (Definiciones y terminología, de noviembre 2005), NB 496 Agua Potable (toma de muestras, de noviembre 2005) y NB 512 Agua potable (requisitos de octubre 2004). Esta última describe parámetros de control mínimo, que se deben cumplir para garantizar la salud de los consumidores.

En las áreas rurales, en su totalidad no se cuentan con suministros de agua potable, pero si se abastecen a partir de fuentes naturales y están organizados como CAPyS (Comités de Agua Potable y Saneamiento) o comité de agua potable. Según la normativa los sistemas de agua potable en área rural deben contar con algún sistema de desinfección instalado, operando y cumplir con parámetros microbiológicos de la NB 512. Además, según el informe enviado al Banco Mundial (Ingenieros Consultores 2007), se menciona que la calidad del agua en áreas rurales, con alta concentración poblacional, en general es regular, de riesgo sanitario debido a los sistemas que no son buenos.

En términos de calidad según los parámetros mínimos de NB-512 da orientaciones del sistema de agua en: a) obra de toma, b) aducción, c) planta de potabilización, d) tanque de almacenamiento, e) red de distribución y f) conexión domiciliaria. En las comunidades Carmen Pampa y Chovacollo del municipio de Coroico se caracterizan por tener en el sistema: a) toma, b) tanque y c) grifo (conexión domiciliaria). Además, en la normativa de control de calidad de agua potable, está dada por a) monitorear la calidad del agua cruda en sus fuentes de abastecimiento, alrededor de sus obras de captación o en zonas de recarga, mínimo dos veces al año (una vez en época de lluvias y otra en época seca). b) monitorear la calidad del agua potable en la planta potabilizadora, los tanques de almacenamiento y las redes de distribución hasta la entrada a los domicilios de manera permanente.

A la fecha de las evaluaciones de calidad de agua en áreas rurales en Los Yungas de La Paz, se cuentan con informes del proyecto: Manejo Integral de la Cuenca del Río Coroico (2021), en los ríos: Siñari (Comunidad de Chairo), Huarinilla (Comunidad de El Chairo), Santa Bárbara (Comunidad Hotel villa verde), San Juan (Comunidad de Villa Bella) y Yolosa (Comunidad de Yolosa), los parámetros

evaluados son: pH, conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), turbidez y temperatura (Pastoral Social Caritas Coroico, 2018). Con relación a estudios de calidad de agua en las comunidades Carmen Pampa y Chovacollo menciona, que el agua presenta poca contaminación a consecuencias de la descomposición vegetal y la intervención antrópica mínima (Vargas, 2020).

El presente trabajo tiene el fin de generar información que sirva de línea base en programas de monitoreo del estado actual de la calidad del agua que se utiliza para el consumo humano en dos comunidades de estudio, se plantó el objetivo de diagnosticar la calidad de agua utilizada por las comunidades de Carmen Pampa y Chovacollo en base a parámetros de control mínimo (físicoquímicos y bacteriológicos) de la NB 512 que la hacen apta para el consumo humano en un sistema toma, tanque y grifo. Determinar la aptitud de uso del cuerpo de agua que abastece a las comunidades de Carmen pampa y Chovacollo, tomando algunos parámetros químicos de calidad de agua en base al reglamento a la ley de Medio Ambiente 1333 sobre la aptitud de uso de los cuerpos de agua. Brindar lineamientos orientativos para un adecuado manejo para la captación y distribución de agua para las dos comunidades en estudio.

## **2 Materiales y métodos**

### **2.1 Localización de la investigación.**

El presente trabajo de investigación se realizó en las comunidades de Carmen Pampa y Chovacollo pertenecientes al Municipio de Coroico. Se identificó el sistema de conexión: toma, tanque y grifo, en cada sitio se hizo la colecta de las muestras de agua y análisis de parámetros físicoquímicos. La determinación de parámetros biológicos se realizó en el Laboratorio de Calidad de Agua de la Unidad Académica Campesina de Carmen Pampa, de la Universidad Católica Boliviana “San Pablo”.

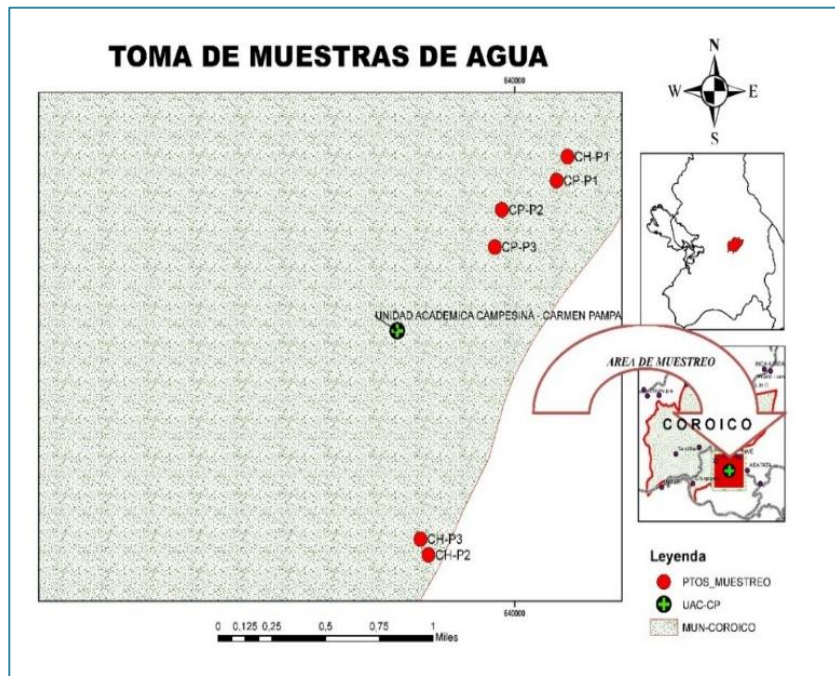


Figura 1: Localización de los puntos de muestreo en las comunidades de estudio en el Municipio de Coroico.

## 2.2 Análisis de parámetros físicoquímico de agua

En mayo del 2022 (época de transición) se realizó el muestreo de agua en los sistemas de abastecimiento a) toma de agua, b) tanque y c) grifo de las Comunidades de Carmen pampa y Chovacollo, con la ayuda de una jarra plástica de 2 litros, se sumergió a una profundidad de 15 a 30 cm, se dejó llenar con la muestra de agua, para la toma de muestra del grifo se dejó fluir el agua por el lapso de 15 a 20 segundos, pasado este tiempo se procedió a la recolección de la muestra (**Figura 2**).

Para la lectura de los parámetros físicoquímicos se utilizó el equipo multiparamétrico portátil THERMO SCIENTIFIC ORION STAR A320 previamente calibrado, se enjuagó los electrodos con agua destilada, una vez enjuagado y secado con Kleenex®, se sumergió en la jarra con la muestra de agua, se esperó un lapso de 2 minutos para la estabilización de los valores en pantalla, se realizó la lectura de los parámetros pH, CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), OD (%) y turbidez (UNT). La misma muestra de agua, se vertió en envases de plástico esterilizados para el análisis de laboratorio (*E. coli*).

### Comunidad de Carmen Pampa



### Comunidad de Chovacollo



Figura 2: Toma de muestras de agua en los tres sistemas de abastecimiento a) toma, b) tanque, c) grifo en las Comunidades de Carmen Pampa y Chovacollo.



Figura 3: a) Muestreo de agua en la toma, b) registro de datos de pH, CE, OD, c) registro de datos de turbidez, d) rotulado de muestras para laboratorio y e) transporte refrigerado de muestras de agua para análisis de laboratorio.

### 2.3 Análisis de parámetro biológico (*E coli*)

En el laboratorio de Calidad de Agua se procedió al etiquetado de las cajas Petri con marcador indeleble (código de punto de muestreo, fecha y hora). Se procedió a colocar 7 ml de muestra en el Coliscan de manera uniforme, luego se diluyó el preparado en la caja Petri y se dejó solidificar por un lapso de 45 minutos, una vez solidificado se procedió a sellarla con Plastifilm®, y se colocó en la estufa a una temperatura de 35°C por 48 horas. Pasado este tiempo se realizó el conteo de las colonias, de color rosado como coliformes generales y las color violeta o azul oscuro

como *E. coli*, descartando aquellas colonias de color celeste, verde-azulado o blanco y finalmente se procedió al autoclavado para su eliminación.

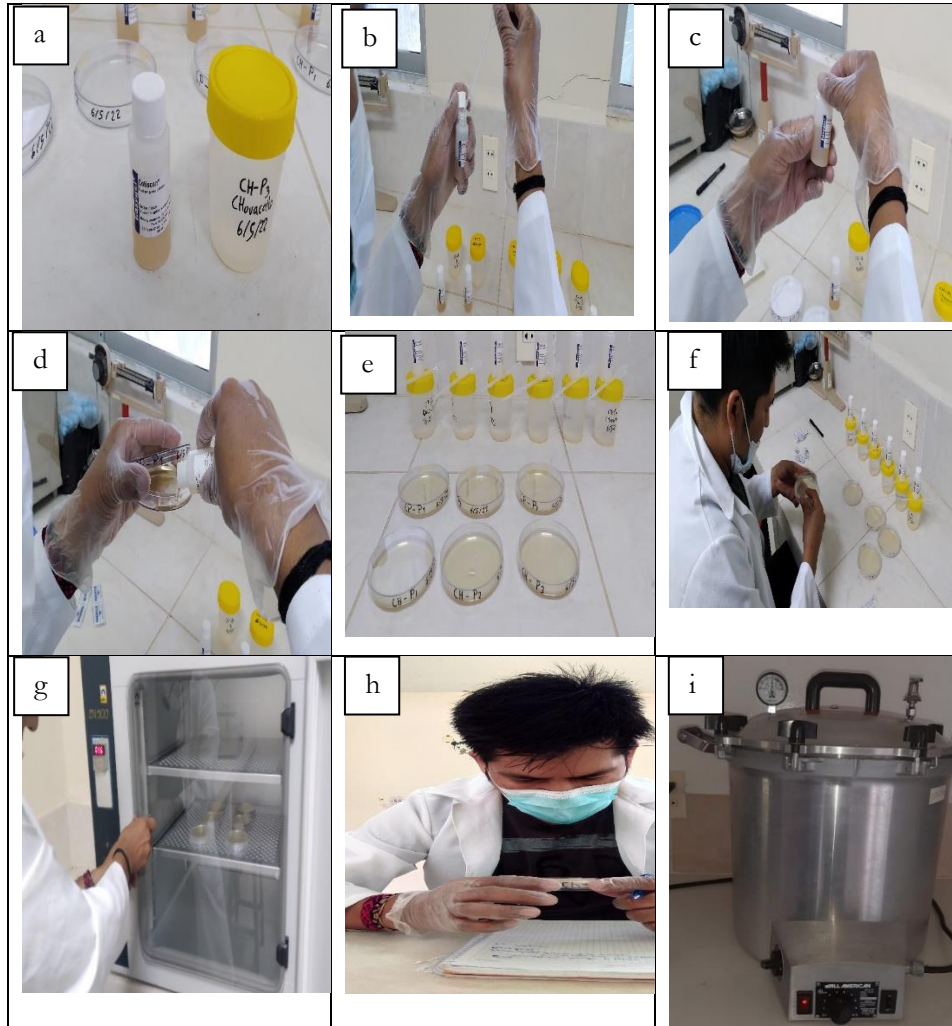


Figura 4: Secuencia del proceso de inoculación en laboratorio de las muestras de agua: a) Etiquetado de las cajas Petri (código de muestra, fecha y hora); b) Colocado de la muestra de agua en el Coliscan; c) Mezclado de la muestra con el Coliscan; d) Siembra en la caja Petri; e) Solidificación del medio; f) Sellado de la caja Petri con plastifilm; g) Colocado del medio en la estufa a 35 °C; h) Lectura del medio tras 48 horas de incubación; i) autoclavado del material contaminado



## 2.4 Análisis de parámetros de aptitud de uso según MMAYA

Para la evaluación de los parámetros de nitrato, nitrito, amoníaco, cobre, cloruro, cromo hexavalente y hierro se realizó con la ayuda del equipo LAMOTTE 1910 SMART3 con los kits de medición de cada parámetro.

### 2.4.1 Diseño experimental

El trabajo de investigación es cuantitativo, exploratorio y descriptivo. La muestra probabilística, conformada por los análisis físicos químicos y bacteriológicos de los tres puntos de muestreo en el sistema toma, tanque y grifo de las dos comunidades.

### 2.4.2 Variables de respuesta

Los parámetros mínimos evaluados según la NB-512 se encuentran presentes en la siguiente tabla

Tabla 1. Parámetros evaluados

N°	Parámetro	Unidad	Método
1	pH		multiparamétrico portátil
2	Conductividad eléctrica	μS/cm	THERMO SCIENTIFIC ORION STAR A320
3	Oxígeno disuelto	% Saturación	
4	Turbidez	NTU	Fotómetro LaMotte 1910 SMART3
5	Coliformes fecales	UFC/100ml	Coliscan easy gel

\*a excepción no se realizó determinación de Cloro, debido a que no se realiza la cloración en ambas comunidades de estudio

Los parámetros evaluados según la MMAYA se encuentran presentes en la siguiente tabla

Tabla 2. Parámetros evaluados

N°	Parámetro	Unidad	Método
1	Color	mg/L	Lectura con el fotómetro
2	Nitrato	mg/L	LaMotte 1910 SMART3
3	Nitrito	mg/L	
4	Amoníaco	mg/L	

5	Cobre	mg/L
7	Cromo hexavalente	mg/L
8	Hierro	mg/L

---

### 3 Resultados y discusión

#### 3.1 Descripción del sistema de abastecimiento de agua en la Comunidad Carmen pampa

El sistema de abastecimiento de la comunidad de Carmen Pampa (codificada con CP-P1) está ubicada a 16°15'16,42"S latitud y 67°41'13,06"O longitud. La cobertura vegetal se caracteriza por presentar un bosque compuesto por especies heliófitas en la ribera del río, *esciófitas*, helechos como *Cyathea amazónica* y *Filicopsida*) y epifitas, el agua naciente fluye sobre sustratos compuestos por material vegetal en descomposición y sobre rocas volcánicas lisas, de aguas claras, la zona se caracteriza por tener una caída de agua de 4 a 5 m de altura a una distancia aproximada de 15 m de la toma. En el área se observó, que la obra de toma es lateral o directa, este tipo de toma son construidas en las orillas de los ríos como muros laterales con rejillas y compuertas que impiden el paso de sólidos flotantes y permiten regular la entrada del agua al canal o tubería de aducción con presencia de residuos orgánica e inorgánicos (envolturas de golosinas y envases de bebidas). La tubería de transporte del agua es de tubo de PVC de 3" y tiene una extensión aproximada de 480 m desde la toma hasta el tanque (codificada con CP-P2), esta se encuentra a 16°15'22,77"S latitud y 67°41'26,90"O longitud, resguardado por una cerca metálica, desde el tanque o reservorio de agua hasta el grifo (codificada con CP-P3), la tubería es de aproximado de 825 m. Este punto de muestreo se tomó debido que el agua se utiliza para la elaboración de alimentos de los estudiantes de la cooperativa del campus Leahy de la UAC-CP, se encuentra a 16°15'31,14"S latitud y 67°41'28,79"O longitud.



Figura 5: Esquema de abastecimiento de agua para la comunidad de Carmen Pampa. Fuente: Elaboración en base a Google Earth.

### 3.2 Descripción del sistema de abastecimiento de agua en la Comunidad Chavacollo

El sistema de abastecimiento de la comunidad de Chavacollo, cuenta con una toma (codificada con CH-P1) está ubicada a  $16^{\circ}15'11,28''S$  latitud y  $67^{\circ}41'10,35''O$  longitud. Cerca de la toma a una distancia de 4 m, se encuentra una caída de agua de 3 m de altura aproximadamente. Se observó que la obra de toma es de tipo tirolesa, por lo general este tipo de tomas son construidas en ríos, quebradas pequeños y poco profundos, está construida una pequeña presa de ancho menor al río y sobre esta se nota un canal para desviar el agua, consta de una rejilla que impide el paso de sólidos flotantes y permiten regular la entrada del agua al canal o tubería de aducción. La tubería utilizada para el transporte del agua es metálica galvanizada de 3" y tiene una extensión aproximada de 3.26 km desde la toma hasta el tanque (codificada con CH-P2), el cual se encuentra a  $16^{\circ}16'37,10''S$  latitud y  $67^{\circ}41'45,05''O$  longitud, resguardado por una cerca metálica, desde el tanque o reservorio de agua hasta el grifo (codificada con CH-P3), la tubería es de plástico PVC, el recorrido aproximado

es de 0.13 km, perteneciente a una vivienda particular que se encuentra a  $16^{\circ}16'33,36''$ S latitud y  $67^{\circ}41'46,97''$ O longitud, el uso del agua de grifo fue muestreada de vivienda particular de la comunidad (este punto fue coordinada con el Sr. José Luis Jiménez Parisaca Secretario General).

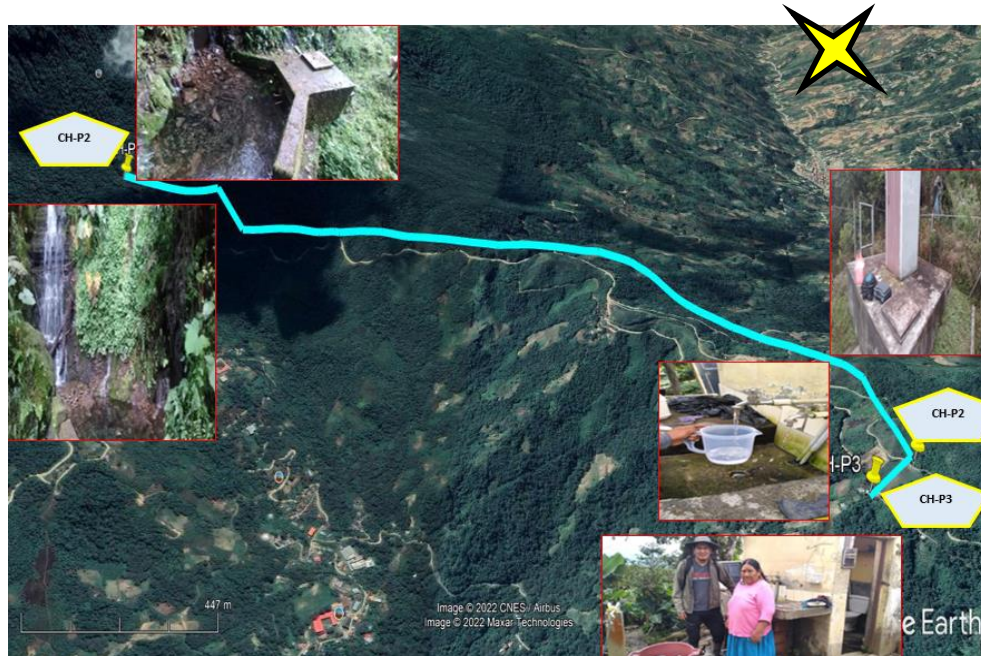


Figura 6: Esquema de abastecimiento de agua para la comunidad de Chovacollo. Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth.

### 3.3 Análisis fisicoquímicos y bacteriológicos

En la **tabla 3** se presenta los datos de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de agua en los sistemas de abastecimiento de agua: toma, tanque y grifo de las comunidades de Carmen pampa y Chovacollo. En general los valores registrados de parámetros fisicoquímicos están por debajo de los límites máximo permisibles según la normativa NB-512.

Los rangos de pH están entre 6,78 a 7,45, que indica que es neutro y es apta para el consumo ya que está entre los rangos establecidos por NB 512 (pH 6,5-9,0). En relación con otros estudios de calidad de agua en los Ríos: Siñari, Huarinilla, Santa Bárbara y San Juan en el Municipio de Coroico los valores reportados están de 6,6; 6,5; 6,6 y 7,1 (Proyecto de Caritas Coroico, 2021), indica que están entre rangos registrado en la investigación para esta zona de los Yungas. Por otra parte, (Galvín, 2003) menciona que, para las aguas de consumo humano, los valores extremos

pueden causar irritación en las mucosas, irritación en órganos internos y hasta procesos de ulceración. Lo que no estaría sucediendo en los consumidores de agua en ambas Comunidades.

La conductividad eléctrica en ambas comunidades no supera 43,06  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , esto probablemente es indicador que el agua contiene poca cantidad de sales disueltas. La conductividad eléctrica mide los sólidos (iones cargados positiva o negativamente) que se encuentran en la naturaleza en forma disuelta. Los cationes como sodio ( $\text{Na}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ). Los aniones como cloruro ( $\text{Cl}$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), carbonato, bicarbonato. Los nitratos y fosfatos no contribuyen de forma apreciable a la conductividad, aunque son muy importantes biológicamente.

Con respecto, al oxígeno disuelto (OD) están entre 98,7% y 104,3% lo cual indica que tienen una buena oxigenación y que no hay evidencia de liberación de  $\text{CO}_2$ , (Hernández, y otros, 2004) indica que las concentraciones adecuadas de OD en los cuerpos de agua radica entre el 80% a 110% en aguas naturales.

La turbidez se encuentra entre los rangos entre 0,14 y 1,81 NTU. La turbiedad presente en el agua impide el paso de la luz emitida por los rayos solares, esto debido a partículas suspendidas que normalmente se presentan en aguas superficiales, ocasionados por actividades antropógenicas o causas naturales, lo cual pueden causar impactos negativos, como bajos niveles de oxigenación y una proliferación de bacterias, la turbidez es un parámetro de control operativo, ya que además de asegurar la aceptación del recurso por parte del usuario, facilita los procesos de desinfección del agua (Tchobonoglous et al. 1995)

Al respecto Sierra (2016) citado en (Baque y otros, 2016), indica que la solubilidad en el agua depende de la temperatura, a mayor temperatura menos oxígeno y se disuelve, en este caso la presencia de sólidos disueltos totales, y coliformes fecales, hace que la actividad respiratoria se acelere y disminuya el oxígeno disuelto. Un indicador de agua de buena calidad es cuando el oxígeno presenta un nivel mayor que 80% de saturación, ya que permite descomponer todos los materiales biodegradables presentes en ella y con esto evitar su deterioro. Para Cotler (2004) citado en (Baque y otros, 2016), la mayoría de las especies aerobias acuáticas no realizan sus actividades apropiadamente, si no se toman las medidas pertinentes para incrementar el oxígeno disuelto en el agua.

Tabla 3. Resultados del análisis de laboratorio de muestras de agua de la Carmen pampa y Chovacollo

Parámetros fisicoquímicos		
Variables	Carmen pampa	Chovacollo

	límites permisibles	Toma	Tanque	Grifo	Toma	Tanque	Grifo
pH	6,5-9,0	7,05 15,3°C	7,57 15,6°C	7,45 15,2°C	6,78 15,0°C	7,12 17,9°C	7,29 17,9°C
Conductividad	1500 µs/cm	28,27 15,8°C	27,70 16,8°C	29,47 15,7°C	28,07 16,3°C	43,06 17,9°C	27,51 18,8°C
Oxígeno disuelto	90%-110% sat.	102 15,6°C	104,3 16,3°C	102,9 15,7°C	98,7 16,0°C	102,8 17,9°C	101,9 18,6°C
Turbidez	5 NTU	1,14	0,14	0,15	0,18	0,14	1,81
Parámetros bacteriológicos							
E. coli	1 UFC/100ml	14	0	0	0	28	0
Coliformes generales	1 UFC/100ml	257	600	1000	143	357	671
Coliformes totales	1 UFC/100ml	271	600	1000	143	385	671

Desde su descubrimiento de *E. coli* (enterobacteria, bacteria gran negativa, anaeróbica) es un parámetro de calidad de agua, los coliformes son los más confiables para establecer la inocuidad del agua en cuanto a estos peligros de estar presente en el agua de consumo, pero todavía se discute de la importancia de los organismos indicadores (Pandey, y otros, 2014)

Los parámetros microbiológicos en la **tabla 3**, se observa en la toma de Carmen Pampa y en el tanque de Chovacollo presentan *E. coli* en 14 y 28 de UFC/100, lo cual indicaría en base a la NB-512 que no es permisible, por el potencial de generar enfermedades gastrointestinales. Al respecto, (Marin *et al*, 2018) indican que las aguas superficiales están propensas a ser contaminadas por excretas de animales de la fauna silvestre y también porque no se hace ningún tipo de tratamiento a las aguas antes ni después de su recepción. La presencia de *E. coli*, en aquellos sistemas que se abastecen de una fuente superficial de agua es a consecuencia de una contaminación fecal (Khan *et al*, 2018). La presencia de *E. coli* en el tanque de la comunidad de Chovacollo posiblemente también se deba por la extensa conexión de tubería (aproximadamente 3,42 km) y a la falta de mantenimiento de limpieza.

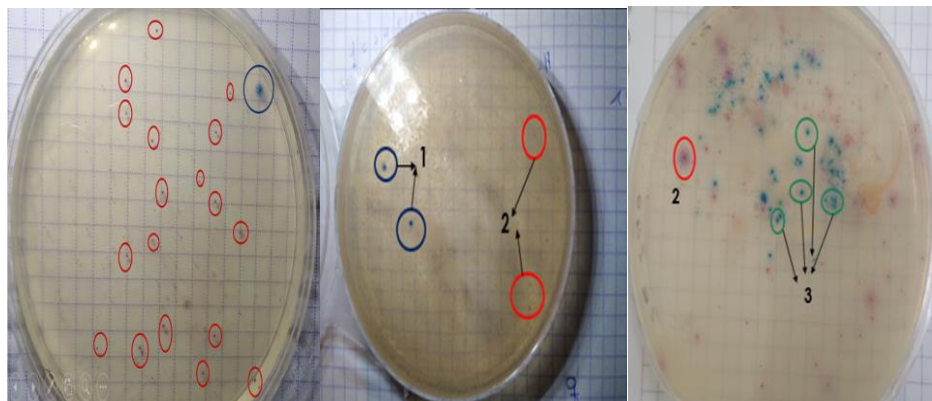


Figura 7: Descripción de microorganismos observados en las cajas Petri: 1) las UFC de *E. coli* son de color oscuro, púrpura o violeta, coliformes fecales (Glucoronidasa+, galactosidad+). 2) UFC de *Enterobacter aerogenes* de color rosa oscuro y sólido, coliformes no fecales. 3) UFC verde azulado en la superficie del medio (Gluconidasa+), este tipo de colonia no se considera como *E coli*.

### 3.4 Análisis de aptitud de uso de agua

Los datos de parámetros de aptitud de uso de parámetros químicos de agua de las comunidades de Carmen pampa y Chovacollo. Comparando los valores medidos en cuanto al color, nitrato, nitrito, amoníaco, cobre, cloruro, cromo exavalente y hierro según su aptitud de uso se clasifica en clase A (**Tabla 4**), que indica que es agua de máxima calidad, habilitadas como agua potable para consumo humano, previo a una desinfección bacteriológica antes de su consumo (MMAYA, 1992).

Tabla 4. Resultados del análisis de laboratorio de muestras de agua de las comunidades Carmen pampa y Chovacollo

Parámetros	Unidad	Carmen Pampa	Chovacollo	Clase A
pH	6 a 9,5	7,05	6,78	6 a 9
Color	mg/L	6	7	<10
Oxígeno disuelto	% saturación	102	98,7	<80%
Turbidez	UNT	1,14	0,18	<10
Nitrato	mg/L	0,52	0,55	20
Nitrito	mg/L	0,65	0,70	<1

Amoniaco	mg/L	0,03	0,02	0,05
Cobre	mg/L	0,02	0,01	0,05
Cloruro	mg/L	16	18	250
Cromo hexavalente	mg/L	0,01	0,03	0,05
Hierro	mg/L	0,07	0,09	0,3
Coliformes fecales	UFC/100ml	14	28	<50 y<5 en 80% de muestras

### 3.5 Orientaciones para un adecuado manejo para la captación y distribución de agua y consumo

En base a las recomendaciones del manual para el desarrollo de Planes de Seguridad del Agua (PSA), indica que la comunicación y el intercambio de información entre reguladores (autoridades ambientales y proveedores de agua), son esenciales para la provisión de agua y garantizar la mejora de los sistemas de abastecimiento. El primer paso para el desarrollo de un PSA es conformar un equipo multidisciplinario con conocimientos del sistema de abastecimiento de agua (captación, tratamiento y distribución), de los eventos peligrosos que podrían afectar la infraestructura existente. Para la implementación o ampliación de un sistema de abastecimiento, es necesario la recolección y evaluación de toda la información relevante, que permita la planificación e implementación de estrategias eficaces para el control de los factores de peligro, una descripción precisa del sistema, incluido un diagrama de flujo, permite una visión detallada y general del sistema de abastecimiento, incluida la caracterización, fuentes de contaminación y medidas de protección de la fuente, la infraestructura de almacenamiento y distribución, estos deberán ser lo más preciso posible para evitar pasar por alto factores de peligro.

Los datos sobre la presencia de patógenos y sustancias químicas de la fuente de origen y en el agua de consumo humano junto con la información respecto a la efectividad de los controles implementados permiten evaluar si se pueden cumplir con las metas de protección de la salud en base a la infraestructura existente, ayuda también a identificar las medidas de gestión en la captación, las condiciones de funcionamiento del sistema de distribución y realizar las mejoras necesarias si así lo requiere. Es fundamental considerar de forma simultánea todos los elementos del sistema de abastecimiento de agua de consumo humano (captación, tratamiento y distribución), así como tener en cuenta las interacciones entre dichos elementos y su efecto global en el agua para consumo humano (OMS, 2018).



Finalmente, previo al consumo se recomienda que los habitantes, previo al consumo del agua deben necesariamente hacer hervir el agua de manera minimizar riesgos de enfermedades diarreicas ocasionadas por las *E. coli*.

#### 4 Conclusión

La calidad de agua para consumo humano en base a los parámetros mínimos (pH, CE, OD y turbiedad) de la NB 512 de las Comunidades Carmen Pampa y Chavacollo se encuentran debajo los límites permisibles, sin embargo, el parámetro bacteriológico (*E. coli*), supera el límite establecido dentro la normativa, la cual la considera no apta para consumo humano.

De acuerdo con la reglamentación de la Ley de Medio Ambiente 1333 sobre la aptitud de uso de los cuerpos de agua para las comunidades de Carmen pampa y Chovacollo indica que son de categoría “clase A” en sus fuentes de agua que están consideradas aguas naturales de máxima calidad, que las habilita como agua potable para consumo humano, previo a una desinfección bacteriológica en los casos necesarios, verificados por laboratorio.

#### Referencias bibliográficas

- [1] Baque, R, y otros. 2016. Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. 2016.
- [2] Calvo, G. y Mora, J. 2012. Análisis de la calidad de varios cuerpos de agua superficiales en el GAM y la Península de Osa utilizando el Índice Holandés. s.l. : Revista Tecnología en Marcha.
- [3] Galvín, R. 2003. Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Madrid : Díaz Santos, 2003.
- [4] Hernández, A. M. y Coy, G. A. 2004. Determinación de oxígeno disuelto por el método yodométrico modificación de azida. Colombia : s.n., 2004. págs. 1-9.
- [5] Ingenieros Consultores. 2007. Evaluación del monitoreo de la calidad del agua en áreas vulnerables de Bolivia. 2007.
- [6] Khan, K., y otros. 2018 Prevalent fecal contamination in drinking water resources and potential health. Pakistan. : s.n., 2018, Journal of Environmental Sciences (China), págs. 72, 1-12.
- [7] Marín, J.A.G., González, C. y Mata, N.J.M. 2018. Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de

- estudio: Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela. *Anales Científicos*, 79(1), 111.
- [8] Ministerio de Medio Ambiente y agua. 2016. *Cartilla Política Nacional calidad agua-público masivo*. 2016.
- [9] OMS. 2018. *Organizacion Mundial de la Salud*. [En línea] 2018. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es/).
- [10] Pastoral Social Cáritas. Coroico, 2018. *Zonificación ecológica económica y de riesgos de la Cuenca Chairo Huarinilla municipio de Coroico*. 2018.
- [11] Robles, E. S., Ramirez, E., Durán, A., Martínez, M. E., González, M. E. 2013., *Calidad bacteriologica y fisico quimica del agua del acuífero Tepalcingo-axochiapan, Morelos Mexico*. *Avances en ciencias e Ingeniería* 4, 1, 19-28.
- [12] Tchobonoglous, G., Burton, F. L. 1995. *Metcalf & Eddy Ingeniería de aguas residuales tratamiento vertido y reutilización*. 1995. McGraw-Hill, pág. 185.
- [13] Torres, P, Cruz, C.H. y Patiño, P.J. 2009. *Indices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo*. *Revista ingenierías Universidad de Medellín*, 8, 15, 79-94 , pág. 16.
- [14] Vargas, M. 2020. *Caracterización de cuerpos de agua de la micro cuenca Carmen del municipio de Coroico*. Universidad Católica Boliviana, La Paz : 2020.