



# Inspección de la calidad del agua bacteriológica: Coro Coro y Caquingora, La Paz

8-9 de mayo de 2018

Elaborado por: Ing. Riley Mulhern

Centro de Ecología y Pueblos Andinos (CEPA)

## 1. Introducción

Una inspección de la calidad de varias fuentes de agua en los pueblos de Coro Coro y Caquingora en el municipio de Corocoro del departamento de La Paz, Bolivia fue realizada los días 8 y 9 de mayo de 2018 como respuesta a la solicitud al Centro de Ecología y Pueblos Andinos (CEPA) de las autoridades originarias de Caquingora y la organización de base CORDEMAC con Ref. "Solicitud de Estudio Bacteriológico" y fecha 24 de abril 2018. Se midieron los parámetros de control mínimo (pH, conductividad eléctrica, turbidez, y coliformes termoresistentes) según la Norma Boliviana 512 para el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Se realizó de forma participativa con las autoridades originarias de Caquingora y representantes del CORDEMAC.

## 2. Objetivos

El análisis de la calidad del agua fue emprendido primordialmente para entender la calidad del agua bacteriológica y los riesgos asociados de las varias fuentes del agua en la zona de Coro Coro y Caquingora. Coro Coro es un centro minero que cuenta con una planta de tratamiento de agua potable y una red de tubería que distribuye agua a la población. También hay un sistema de tratamiento de aguas servidas del pueblo que vierte agua al río próximo. Había preocupaciones por la parte de comunarios que estos sistemas de tratamiento no funcionaban eficazmente y que se ocasiona contaminación bacteriológica del medio ambiente que pone en riesgo comunidades aguas abajo. Además, la comunidad de Caquingora cuenta con una red de tubería que lleva agua desde una vertiente protegida. También la comunidad se preocupaba sobre la calidad bacteriológica de esta vertiente y el agua del grifo. Por lo tanto, **el objetivo principal de la inspección era evaluar el funcionamiento de los sistemas de tratamiento y los riesgos de salud en conexión con el agua en estos pueblos.**

## 3. Métodos de análisis

Las muestras fueron colectadas y analizadas en el campo por técnicos de CEPA con los siguientes equipos portátiles.

Parámetro	Método de análisis	Detalles
<i>pH</i>	Sonda multiparamétrico - Hanna Instruments HI98195	Instrumento digital, calibrado en las oficinas de CEPA antes del uso
<i>Conductividad eléctrica</i>		
<i>Temperatura</i>		
<i>Turbidez</i>	Medidor digital portátil - Thermoscientific Eutech TN-100	Instrumento digital, calibrado en el campo antes del uso

<p><i>Coliformes termotolerantes (fecales)</i></p>	<p>Kit bacteriológico de filtración por membranas con MLSB medio de cultivos – Palintest Potatest 2</p>	<p>Medio de cultivos preparado con agua desionizada y esterilizado de antemano. Prácticas de asepsia utilizadas en todo el proceso.</p>
--	---	---

## 4. Puntos de análisis

El análisis se llevó a cabo en 10 puntos a lo largo de la cuenca que conecta Coro Coro con Caquingora, tanto puntos del río como puntos de los sistemas de tubería. Los puntos se identificaron por CORDEMAC previamente como los puntos más importantes de mayor preocupación. Los puntos se detallan en la tabla abajo.

	<p><b>Descripción:</b> Grifo de la red de distribución, Villa Cariño, conectado a un bebedero del ganado</p> <p><b>Observación:</b> Agua muy turbia cuando sale del grifo.</p>
	<p><b>Descripción:</b> Ingreso de la planta de tratamiento de Coro Coro</p> <p><b>Observación:</b> Agua cristalina. El tanque mismo en un estado de deterioro sin protección de chapa y rebosante.</p>

<p>3</p> 	<p><b>Descripción:</b> Salida de la planta de tratamiento de Coro Coro</p> <p><b>Observación:</b> Alto caudal de agua, agua cristalina. Tanque sin seguridad. Por lo general la planta está en estado de descuido.</p>
<p>4</p> 	<p><b>Descripción:</b> “Río sano”, tributario al río del punto 5</p> <p><b>Observación:</b> Agua bastante clara con caudal bajo.</p>
<p>5</p> 	<p><b>Descripción:</b> “Río feo”, unos metros aguas abajo del sistema de aguas servidas de Coro Coro</p> <p><b>Observación:</b> Fuerte olor de azufre que emana del río, bajo caudal</p>

<p>6</p> 	<p><b>Descripción:</b> Vertiente protegida (Qhopaphuxu)</p> <p><b>Observación:</b> Vertiente bien protegida y asegurada con chapa. Tanque parece en buen estado. Comunidad no tiene acceso a la chapa. Muestra tomada de vertiente al lado.</p>
<p>7</p> 	<p><b>Descripción:</b> Vertiente desprotegida para posible desarrollo (Calataya)</p> <p><b>Observación:</b> Vertiente de bajo caudal, al lado del río, agua con muchas plantas y algas, incluso la presencia de bichos acuáticos</p>
<p>8</p> 	<p><b>Descripción:</b> Río que baja desde Coro Coro (Jiskalacaya)</p> <p><b>Observación:</b> Agua turbia, alto caudal</p>

9



**Descripción:** Pozo de Caquingora (Watanawi)

**Observación:** Agua cristalina, sin mucho olor ni color

1

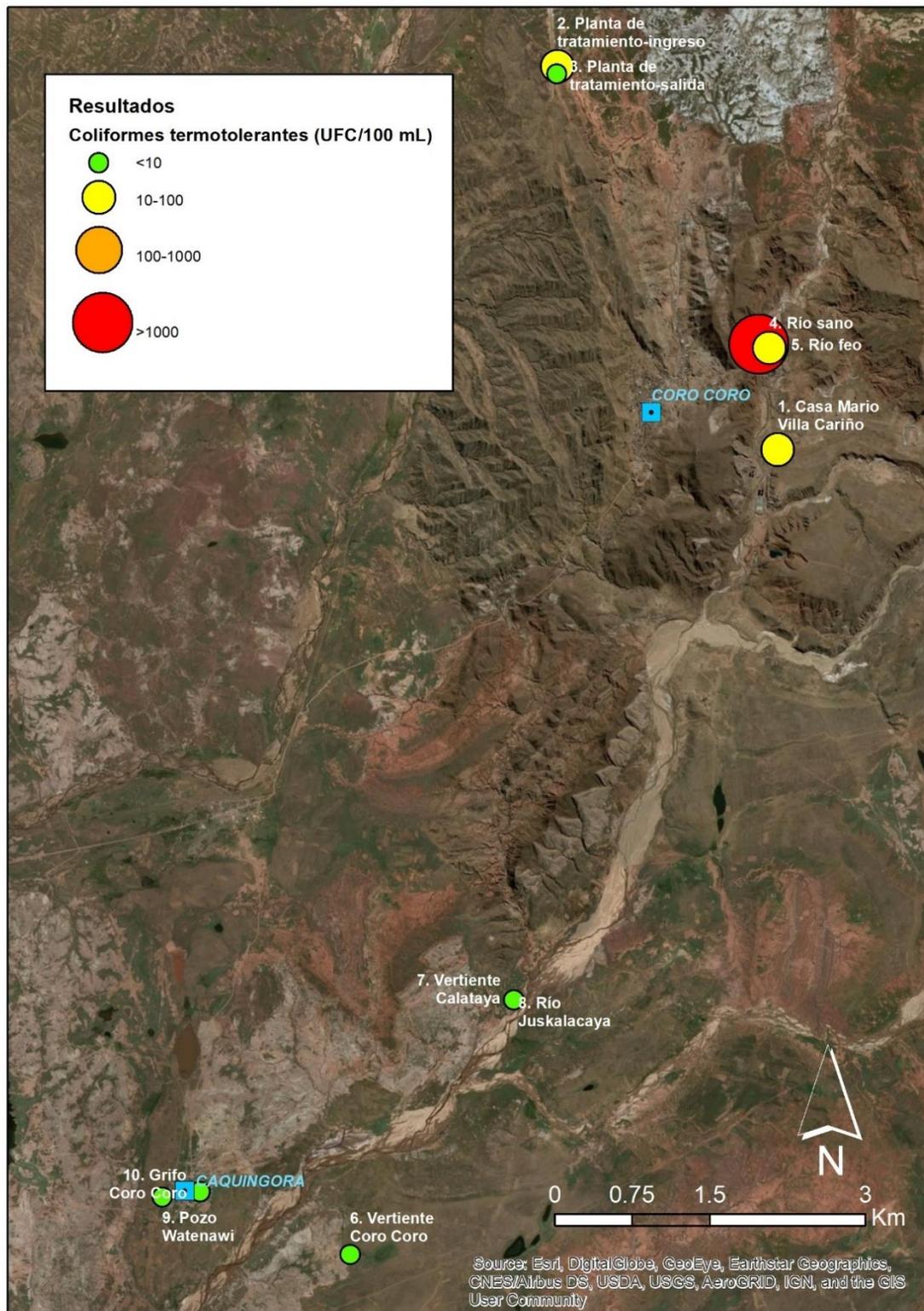


**Descripción:** Grifo domiciliario de Caquingora

**Observación:** Agua cristalina, sin mucho olor ni color

## 5. Resultados

Los resultados de la inspección son incluidos en el siguiente cuadro y en el mapa abajo. Fotos de los resultados bacteriológicas también se incluyen abajo.



No. del punto	Fecha de muestreo	Descripción del punto	Coordenadas		Temperatura °C	pH	Conductividad Eléctrica (µs/cm)	Turbidez (UNT)	Coliformes termotolerantes (UFC/100 mL)
			X	Y					
<b>NB 512 Valor máximo aceptable</b>						6.5-9.0	1.5	5	0
<b>Pautas de la Organización Mundial de Salud</b>					-	-	-	-	<10
1	08/05/2018	Casa Mario Villa Cariño	559351	8100330	10.9	7.25	188	36.8	32
2	08/05/2018	Planta de tratamiento-ingreso	557222	8104025	9.78	7.8	174	0.71	12
3	08/05/2018	Planta de tratamiento-salida	557218	8103952	10.31	7.79	172	0.53	10
4	08/05/2018	Río sano	559266	8101306	19.12	8.65	6518	3.56	20
5	08/05/2018	Río feo	559165	8101343	17.68	8.1	4204	11.47	DNPC*
6	08/05/2018	Vertiente Coro Coro (Qopaphuxu)	555221	8092558	13.28	7.9	216	4.11	4
7	08/05/2018	Vertiente Calataya	556802	8095014	12.44	7.4	2975	16.65	0
8	08/05/2018	Río Jiskalacaya	556818	8094912	13.89	8.54	3577		
9	08/05/2018	Pozo Watanawi	553409	8093112	13.26	6.69	499	1.84	1
10	08/05/2018	Grifo Coro Coro	553770	8093167	10.16	7.5	280	0.68	0

\*DNPC = Demasiado numeroso para contar (>1000)

Resultados de coliformes termotolerantes (fecales):



Punto 1



Punto 2



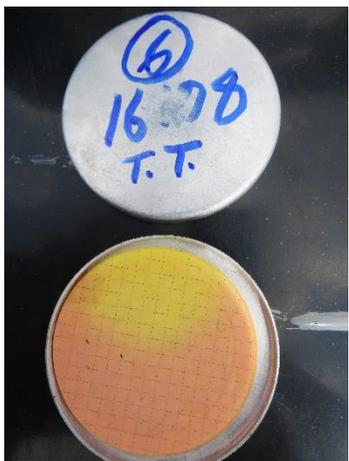
Punto 3



Punto 4



Punto 5



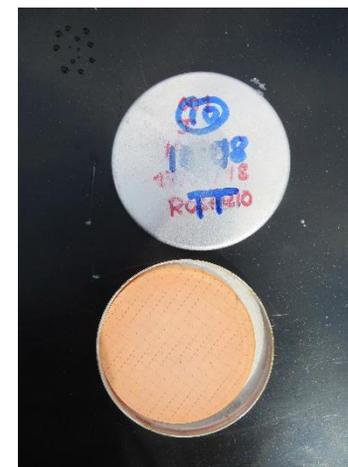
Punto 6



Punto 7



Punto 9



Punto 10

## 6. Interpretación y Recomendaciones

### Calidad bacteriológica

El límite permisible para coliformes termoresistentes en cualquier agua de consumo humano es 0 unidades formadoras de colonias (UFC) por cada 100 mililitros (escrito como UFC/100 mL). Esto es porque los coliformes termoresistentes son un fuerte indicador de la contaminación de la fuente por material fecal, es decir las heces de humanos o animales. Contaminación por las heces es altamente preocupantes para la salud pública porque material fecal puede llevar muchos patógenos peligrosos, microorganismos que pueden causar enfermedades graves. Además, cuando estos patógenos entran un sistema de agua potable, las enfermedades resultantes pueden propagar rápidamente por una población en la ausencia de controles adecuados. Solo requiere la presencia de 1 patógeno para poder enfermar al cuerpo humano, lo cual explica el límite permisible de 0 según el NB 512.

Sin embargo, expertos en la salud pública también reconocen que en ciertas circunstancias, donde hay un escasez de recursos e infraestructura, es muy difícil alcanzar esta meta de 0 UFC/100 mL. Por lo tanto, la Organización Mundial de la Salud ha recomendado las siguientes recomendaciones según diferentes rangos de contaminación.

#### *Riesgo asociado a la contaminación fecal del agua de consumo humano*

Cantidad de <i>E. coli</i> (UFC por cada muestra de 100 ml)	Riesgo <sup>1</sup>
0-10	Calidad aceptable
11-100	Contaminada
101-1000	Peligrosa
>1000	Muy peligrosa

UFC: unidades formadoras de colonias.  
(2007)

Según este marco, se puede clasificar las aguas de Coro Coro y Caquingora de la siguiente manera:

- **Las aguas de consumo humano de Coro Coro (puntos 1-3) se clasifican como “Contaminadas”** por ser entre 10-100 UFC/100 mL. Se nota que la planta de tratamiento del pueblo no realiza ningún tratamiento en realidad, ya que el agua entra y sale con la misma calidad bacteriológica. También, es evidente que hay muchas fugas y vulnerabilidades en la tubería misma ya que la contaminación aumenta entre el punto de salida de la planta (3) y el grifo que se analizó en el pueblo (1).
- **Las aguas de los ríos de Coro Coro desprotegidas (puntos 4 y 5) se clasifican como “Contaminada” y “Muy Peligrosa”.** De importancia particular, el río aguas debajo de la planta de aguas servidas del pueblo (punto 5) tenía demasiadas colonias para contar. Una estimación básica del resultado da un número en exceso de 10.000 UFC/100 mL. Estos niveles de coliformes termotolerantes son indiscutiblemente a causa de la mala operación

de la planta de aguas servidas unos metros aguas arriba y **es un riesgo severo a la salud pública**. Estas aguas pueden infiltrar en el agua subterránea, incluso infiltrar a las tuberías a través de fugas, y contaminar otras fuentes de agua de consumo humano o del ganado aguas abajo.

- **Las aguas de Caquingora, tanto las fuentes de consumo humano (puntos 6, 9, y 10) como la vertiente desprotegido (punto 7) se clasifican como “Calidad aceptable”**. La fuente principal de la comunidad de suministra la red de distribución incluso cumple con el NB 512. Esto significa que hay una buena protección de la fuente y que no hay muchas fugas u otros peligros de contaminación en el curso de la distribución del agua como se notaba en Coro Coro.
- Desafortunadamente, debido a limitaciones del tiempo, no fue posible medir las concentraciones de coliformes del río que pasa por Caquingora (punto 8). Sin embargo, es muy probable que este río también se clasifique “Contaminado” debido a las altas concentraciones de coliformes en el río aguas arriba.

### **Calidad fisicoquímica**

En esta inspección, solo se hizo un análisis básico de los parámetros fisicoquímicos, así que no se puede valorar las fuentes de agua según todas las contaminantes potenciales en una zona minera. Sin embargo, el pH, la turbidez y la conductividad eléctrica proporcionan una idea básica de la calidad, la aptitud para consumo, y la posibilidad de la presencia de otras contaminantes.

- **pH:** Todas las fuentes se encuentran dentro del rango normal y permisible según la NB 512 para el pH, lo cual significa la acidez or basicidad del agua. Un agua muy ácida or básica puede haber recibido alguna influencia anormal y puede significar una contaminación. En esto caso, las aguas se encuentran en buen estado.
- **Turbidez:** La turbidez es la medición cuantitativa de las partículas y sedimentos en una muestra del agua. Sedimentos no representan un riesgo significativo para la salud en sí, pero también una alta turbidez puede ser un indicador de contaminación y causar que un agua no sea apta para consumir. El límite permisible según la NB 512 es 5 UNT. Se puede hacer las siguientes observaciones con respecto al turbidez:
  - Otro indicador del estado deficiente de la red de tubería de Coro Coro es el aumento de la turbidez desde el punto de salida de la planta de tratamiento y el grifo. Sube desde 0.53 UNT (por debajo del límite) a 36.8 UNT (más de 7 veces por encima del límite). **Esto evidencia la presencia de muchas fugas en la tubería.**
  - En el momento del monitoreo, la vertiente de Coro Coro está de buen estado según la turbidez y **la comunidad cuenta con agua bastante cristalina en los grifos**. La otra fuente, el pozo (punto 9), que la comunidad utiliza de vez en cuando también está protegido contra mucha escorrentía y, por lo tanto, cuenta con una turbidez dentro del límite permisible.
  - Las fuentes no protegidas, es decir los ríos y vertientes naturales, por lo general no cumplen con el límite permisible y están vulnerables a cambios grandes durante lluvias y las escorrentías resultantes.

- **Conductividad eléctrica:** La conductividad eléctrica mide la salinidad del agua. Agua para consumo humano no debe superar al 1.500 microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), pero se puede consumir en situaciones de necesidad agua con hasta 3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Generalmente agua para el riego requiere una conductividad menos de 6.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y agua para consumo del ganado requiere menos de 10.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Con este marco, se puede hacer las siguientes valoraciones:
  - **Coro Coro cuenta con agua bastante dulce** (de baja conductividad eléctrica) ya que su fuente de agua de consumo humano que pasa por el sistema de tratamiento y la red de distribución tiene una conductividad menos de 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Esto sugiere que la preocupación y el riesgo principal vinculado con esta fuente de agua es la contaminación bacteriológica, como se discutió arriba, y que la fuente en sí no recibe mucha contaminación de otras actividades (p.ej. minas).
  - **Los ríos de Coro Coro no son aptos para consumo ni riego.** La conductividad eléctrica de los puntos 4 y 5 superan 6.000 y 4.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente. Además de la contaminación bacteriológica, también tienen concentraciones elevada de sales. Esto puede ser a cause de procesos antropogénicos como la minería, agricultura, y aguas servidas en la cuenca, pero también a causa de escorrentía natural.
  - **Las fuentes de consumo humano en Caquingora son buenas en cuanto a la salinidad.** Caquingora también cuenta con fuentes de agua dulces (punto 9 y 10) por debajo de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El punto 7, la vertiente Calataya que los comunarios dicen que se va a desarrollar para el riego, tiene una conductividad de 2.975  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que es por debajo del límite recomendada para el riego. No obstante, esta vertiente (Calataya) no sería recomendable para consumo humano. El río, mientras tanto (punto 9), es un poco más elevado y puede ser no apto para el riego debido a la contaminación observada aguas arriba. Se nota que el agua del río se diluye ligeramente en su curso desde puntos 4 y 5 en cuanto a la conductividad lo que significa que recibe aportes de otras fuentes también en su curso.

## Recomendaciones

Por lo general, se podría concluir que ambas comunidades, tanto Coro Coro como Caquingora, tienen acceso a una fuente de agua químicamente aceptable según los resultados de pH y conductividad eléctrica.

Sin embargo, Coro Coro tienen serios problemas de contaminación bacteriológica con concentraciones elevadas de coliformes termotolerantes en la salida de la planta de tratamiento y la tubería de distribución. Uno de los factores del riesgo en Coro Coro es la presencia de fugas en la tubería y la proximidad del río altamente contaminada por aguas servidas. Por lo tanto, se recomienda que:

1. **La municipalidad invierte en una mejor operación de la planta de aguas servidas lo que representa un riesgo serio para la salud pública.**

- 2. La municipalidad revise la red de tubería dentro del pueblo para la existencia de fugas y reemplace tubos dañados.**
- 3. La municipalidad priorice la recuperación de operación de la planta de agua de consumo humano y implemente un sistema de cloración para el pueblo de Coro Coro.**
- 4. En el corto plazo, los miembros de la comunidad deben realizar un tratamiento al nivel domiciliar del agua del grifo a través de hervir o desinfección con cloro.**

En cuanto a la comunidad de Caquingora, tienen dos fuentes de agua también de buena calidad bacteriológica a través de una buena protección de las fuentes. Sin embargo, sin un monitoreo continuo, y para la protección permanente de la salud en cualquier circunstancia, se recomienda que:

- 1. Los comunarios de la comunidad siempre realicen un tratamiento domiciliar, sea por hervir o cloración, como medida de prevención contra cualquier contaminación que se podría ocurrir en el futuro.**
- 2. No utilizan la fuente Calataya (punto 7) para el consumo humano debido a su naturaleza desprotegida y la salinidad elevada.**