



# COMISIÓN TRINACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA CUENCA DEL RÍO PILCOMAYO

DIRECCIÓN EJECUTIVA

## PRIMERA CAMPAÑA EXTENSIVA DE CALIDAD DE AGUAS ETAPA I

INFORME TÉCNICO

SEPTIEMBRE 2022



## Contenido

Introducción.....	2
Puntos de Monitoreo .....	2
Parámetros medidos in situ .....	3
Río Pilcomayo – Misión la Paz (ID 003):.....	4
Río Tumusla – Palca Grande (ID 005):.....	6
Río Pilcomayo – Villa Montes (ID 006): .....	8
Río Pilcomayo – Viña Quemada (ID 007): .....	10
Río San Juan Del Oro – El Puente (ID 009): .....	13
Río La Quiaca – La Quiaca (ID 010):.....	15
Río Tarapaya – Tarapaya (ID 016): .....	17
Río Pilcomayo – Yocalla (ID 017): .....	21
Río Tumusla – Tumusla (ID 018):.....	23
Río Pilcomayo – Puente Aruma (ID 019): .....	25
Río Tupiza – Tupiza (ID 020):.....	27
Río Cotagaita – Cotagaita (ID 021):.....	29
Río Aljamayu – San Antonio Potosí (ID 022): .....	31
Río Pilcomayo – Puente Méndez (ID 023):.....	35
Río San Juan Del Oro – Chuquiago (ID 025):.....	37
Río Pilaya – San Josecito (ID 027): .....	39
Río De la Ribera – Potosí Naciente de la Ribera (ID 041): .....	41
Río Colavi – Colavi Canutillos (ID 063):.....	43
Río Pilcomayo – Talula (ID 078): .....	45
Río Pilcomayo – Agua Arriba confluencia Pilcomayo – Tacobamba (ID 296):.....	47
Río Tacobamba – Agua Arriba confluencia Pilcomayo – Tacobamba (ID 297): .....	49
Síntesis .....	51



## Introducción

Desde el año 2008 la Dirección Ejecutiva de la Comisión Trinacional para el Desarrollo de la Cuenca del Río Pilcomayo viene realizando el monitoreo de calidad de aguas y sedimentos en diferentes puntos de la cuenca.

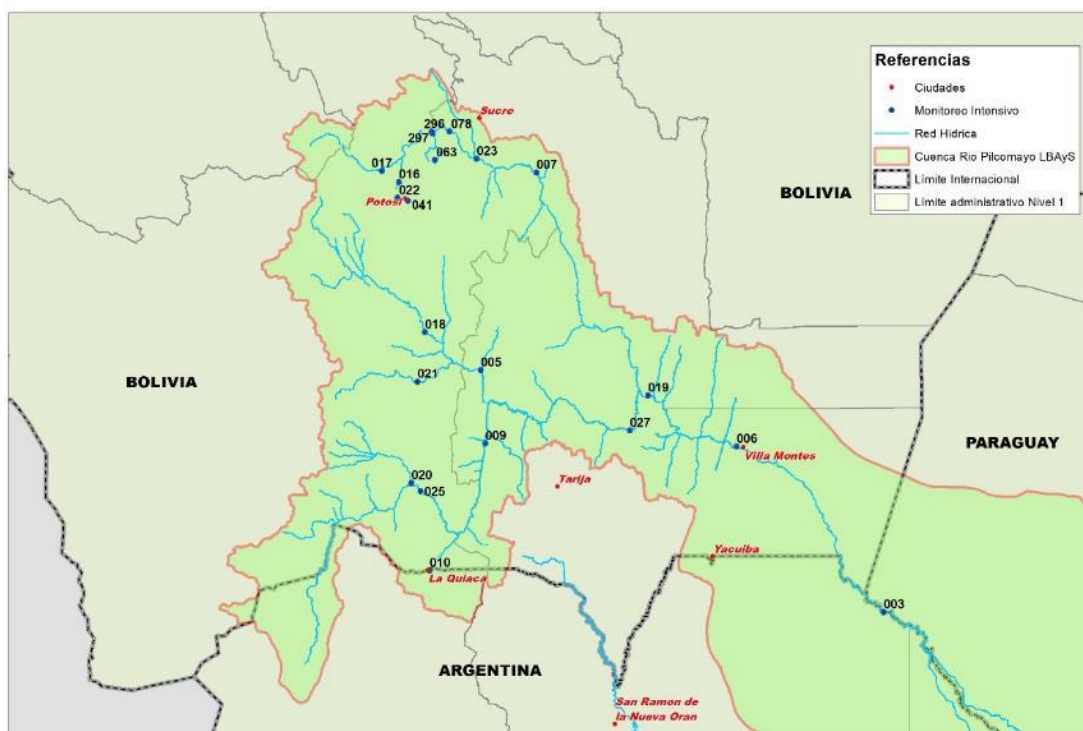
El presente informe, muestra los parámetros medidos “in situ” y documentación fotográfica de la **Campaña Extensiva de Monitoreo de Calidad de Aguas y Sedimentos Etapa I – Año 2022**, desarrollada en el mes de agosto de 2022.

El desarrollo de las campañas contempla la entrega de las muestras dentro de las 24 horas posteriores al muestreo, para garantizar la representatividad de las condiciones de acuerdo con las normas de conservación internacionales. En este marco previo al inicio de la campaña se coordinó con los laboratorios para que la recepción de las muestras se realice dentro del tiempo establecido.

En lo referente a las mediciones de caudales líquidos, se realizaron en el momento de la toma de muestras en los puntos por personal del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia (SENAMHI) en Bolivia y por la empresa encargada de la operación y mantenimiento de la red Hidrológica Nacional de la Subsecretaría de Planificación y Gestión Operativa de Proyectos Hídricos de la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica del Ministerio de Obras Públicas de la Nación – República Argentina.

## Puntos de Monitoreo

En la imagen a continuación se presentan los puntos de monitoreo incluidos en la presente campaña de calidad de aguas y sedimentos.



Puntos de Monitoreo Campaña Extensiva – Etapa I



En la tabla a continuación se presentan las coordenadas de cada punto de monitoreo, en la presente campaña.

ID	Nombre	Río	Latitud	Longitud
003	Misión La Paz	Pilcomayo	22°22.6870'S	62°31.1155O
005	Palca Grande	Tumusla	20°44.5351S	65°14.4536O
006	Villamontes	Pilcomayo	21°15.4769'S	63°30.7262'O
007	Viña Quemada	Pilcomayo	19°24.4283'S	64°51.8326'O
009	El Puente	San Juan del Oro	21°14.3429'S	65°12.5699'O
010	La Quiaca	La Quiaca	22°05.8650'S	65°35.1638'O
016	Tarapaya	Tarapaya	19°28.3111'S	65°47.6592O
017	Yocalla	Pilcomayo	19°23.8604'S	65°54.4675'O
018	Tumusla	Tumusla	20°29.2490'S	65°37.0483'O
019	Puente Aruma	Pilcomayo	20°54.8332'S	64°06.6271'O
020	Tupiza	Tupiza	21°30.2770'S	65°42.5345'O
021	Cotagaita	Cotagaita	20°49.2751'S	65°40.1478'O
022	San Antonio - Potosí	Aljamayu	19°34.6913'S	65°48.2035'O
023	Puente Méndez	Pilcomayo	19°18.8327S	65°16.0511'O
025	Chuquiago	San Juan del Oro	21°33.6140'S	65°38.8604'O
027	San Josecito	Pilaya	21°09.1285'S	64°14.0525'O
041	Potosí - Naciente río La Ribera	De la Ribera	19°35.8603'S	65°43.8767O
063	Colavi - Canutillos	Colavi	19°19.2852'S	65°33.1123'O
078	Talula	Pilcomayo	19°07.8203'S	65°27.0689O
296	Pilcomayo - Agua arriba confluencia Pilcomayo - Tacobamba	Pilcomayo	19°07.9350'S	65°34.3317'O
297	Tacobamba - Agua arriba confluencia Pilcomayo - Tacobamba	Tacobamba	19°08.6524'S	65°33.9637'O

## Parámetros medidos in situ

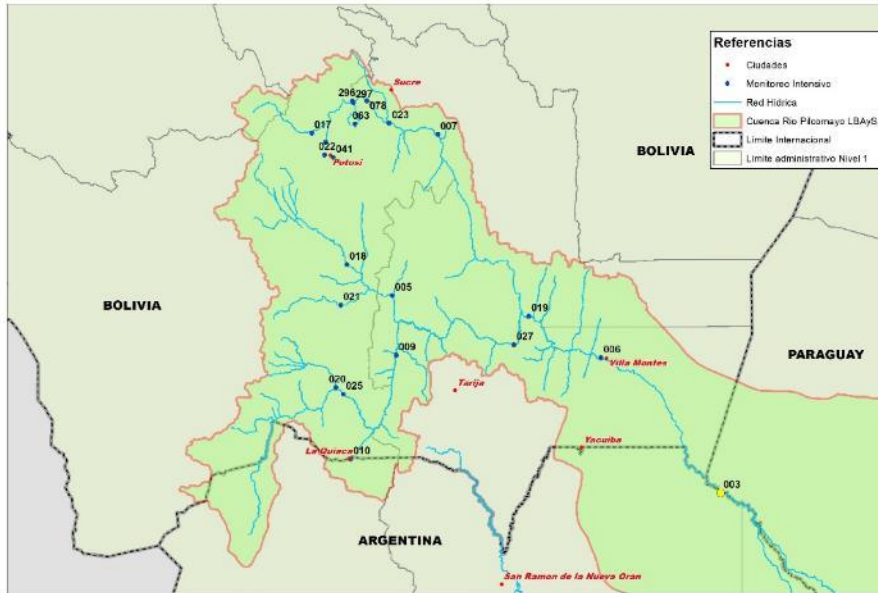
A continuación, se presentan, por cada uno de los puntos de monitoreo, los parámetros medidos in situ:

- Potencial Hidrógeno (pH)
- Temperatura del agua.
- Potencial Oxido Reducción (Eh)
- Conductividad
- Salinidad
- Oxígeno disuelto
- % de saturación de oxígeno
- Turbiedad



**Río Pilcomayo – Misión la Paz (ID 003):**

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



Misión la Paz/Pozo Hondo

Se tomó una muestra aguas arriba del puente internacional de Misión La Paz/Pozo Hondo, con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	<b>Misión la Paz/Pozo Hondo</b>	
<b>ID</b>	<b>003</b>	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	<b>22°22.6870' S</b>	<b>62°31.1155' O</b>

<b>Fecha</b>	<b>18-08-22</b>
<b>Hora:</b>	<b>11:25</b>

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	8.23
Temperatura del agua	16.4°C
Eh	-80.1 mV
Conductividad	1472 µS/cm
Temperatura del agua	16.7 °C
Salinidad	0.7
Oxígeno disuelto	9.38 mg/L
Temperatura del agua	16.8 C
% saturación	98.5 %
Turbiedad	647 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	Sin Dato
Ancho superficial	Sin Dato
Velocidad media	Sin Dato
Caudal líquido	Sin Dato





A la fecha de elaboración del presente informe no se cuentan con los datos del aforo líquido realizado

El valor del pH ligeramente básico y conductividad alta son característicos de la época seca, con una turbiedad media. Se tomó muestras de sedimento de 1 a 2 cm de profundidad de la margen derecha.



Fotografía 1. Misión La Paz/Pozo Hondo – Aguas arriba del puente internacional



Fotografía 2. Misión La Paz/Pozo Hondo – aguas abajo del puente

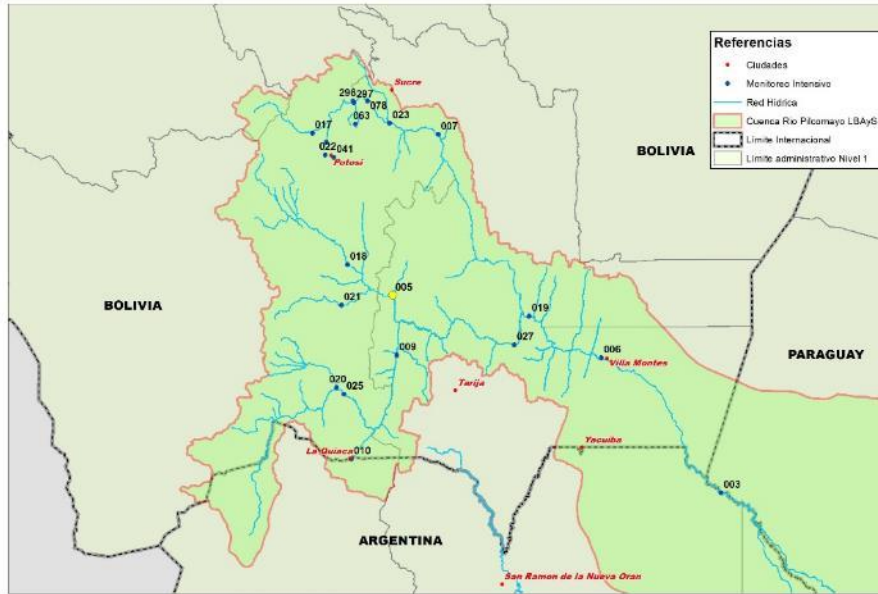


Fotografía 3. Toma de muestra de sedimento de margen derecha



**Río Tumusla – Palca Grande (ID 005):**

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



Palca Grande

Se tomó una muestra aguas arriba del puente carretero en Palca Grande, con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	Palca Grande	
<b>ID</b>	005	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	20°44.5351' S	65°14.4536' O

<b>Fecha</b>	8-8-22
<b>Hora:</b>	15:35

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	8.39
Temperatura del agua	13.9°C
Eh	-87.9 mV
Conductividad	1171 µS/cm
Temperatura del agua	14.0°C
Salinidad	0.5
Oxígeno disuelto	7.98 mg/L
Temperatura del agua	13.9 C
% saturación	103.2%
Turbiedad	95.4 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	1,58 m
Ancho superficial	33,00 m
Velocidad media	0,690 m/s
Caudal líquido	8,189 m3/s



Los valores obtenidos corresponden a la época seca, con conductividad relativamente alta, turbiedad baja y pH ligeramente básico; el oxígeno disuelto presenta condiciones de saturación característicos de la zona alta. Se tomó muestra superficial del sedimento de la margen izquierda.



Fotografía 4. Río Tumusla en Palca Grande – Aguas arriba del lugar de toma de muestras



Fotografía 5. Río Tumusla en Palca Grande – Aguas abajo del punto de muestreo



Fotografía 6. Margen izquierda– toma de muestras de sedimentos





### Río Pilcomayo – Villa Montes (ID 006):

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



Villa Montes

Se tomó una muestra aguas arriba del puente Ustárez en Villa Montes, con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	Villa Montes	
<b>ID</b>	006	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	21°15.4769' S	63°30.7262' O

<b>Fecha</b>	7-8-22
<b>Hora:</b>	7:55

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	8.58
Temperatura del agua	20.6°C
Eh	-99.2 mV
Conductividad	1408 µS/cm
Temperatura del agua	20.6°C
Salinidad	0.7
Oxígeno disuelto	8.70 mg/L
Temperatura del agua	20.6°C
% saturación	101.3%
Turbiedad	25.6 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	0,82 m
Ancho superficial	85,10 m
Velocidad media	0,375 m/s
Caudal líquido	44,033 m3/s



El pH básico con conductividad alta indica condiciones de la época seca, con turbiedad baja y saturación de oxígeno alta propios de este punto de muestreo. Se tomó muestras de sedimento superficial de la margen izquierda.



Fotografía 7. Río Pilcomayo – aguas arriba de puente Ustárez



Fotografía 8. Río Pilcomayo – aguas arriba de puente Ustárez

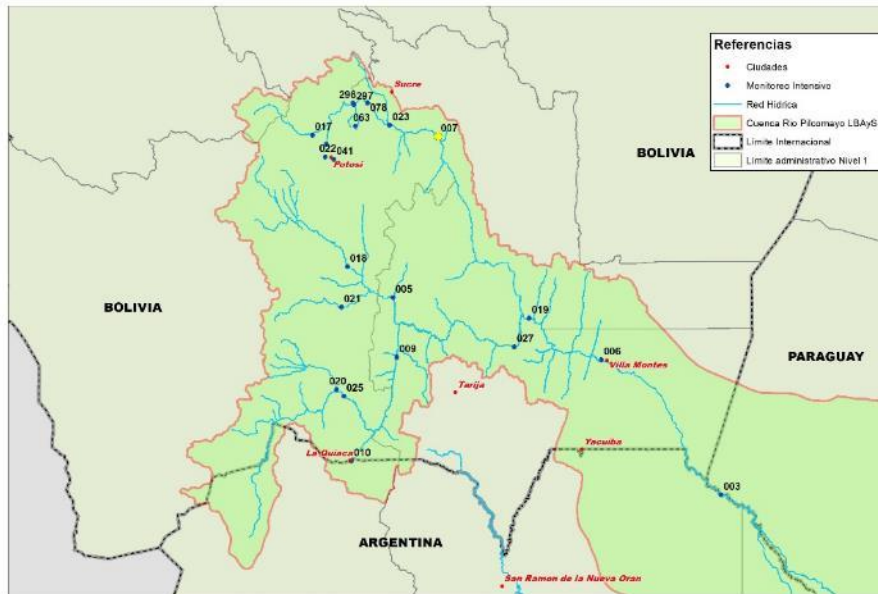


Fotografía 9. Margen izquierda – toma de muestras de sedimentos



**Río Pilcomayo – Viña Quemada (ID 007):**

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



Viña Quemada

Se tomó una muestra aguas arriba del pueblo de Viña Quemada (Potosí), con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	Viña Quemada	
<b>ID</b>	007	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	19°24.4283' S	64°51.8326' O

<b>Fecha</b>	13-8-22
<b>Hora:</b>	12:55

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	8.66
Temperatura del agua	16.5°C
Eh	-102.2 mV
Conductividad	1231 µS/cm
Temperatura del agua	16.5°C
Salinidad	0.6
Oxígeno disuelto	8.93 mg/L
Temperatura del agua	16.5°C
% saturación	117.1%
Turbiedad	25.0 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	Sin Escala
Ancho superficial	52,00 m
Velocidad media	0,947 m/s
Caudal líquido	18,739 m3/s



Este es el tercer dato medido en este punto que presenta un pH básico, conductividad alta y turbiedad baja, con valores aproximados a los puntos aguas arriba como ser Puente Méndez y Talula tomados en esta campaña. Se tomaron muestras de sedimentos de ambos márgenes donde se observó un color gris verdusco.



Fotografía 10. Río Pilcomayo en Viña Quemada – aguas arriba del punto de muestreo



Fotografía 11. Río Pilcomayo en Viña Quemada – aguas debajo del punto de muestreo





Fotografía 12, 13 . Muestreo de sedimentos en margen izquierda y derecha



Fotografía 14. Muestreo de sedimentos en margen derecha



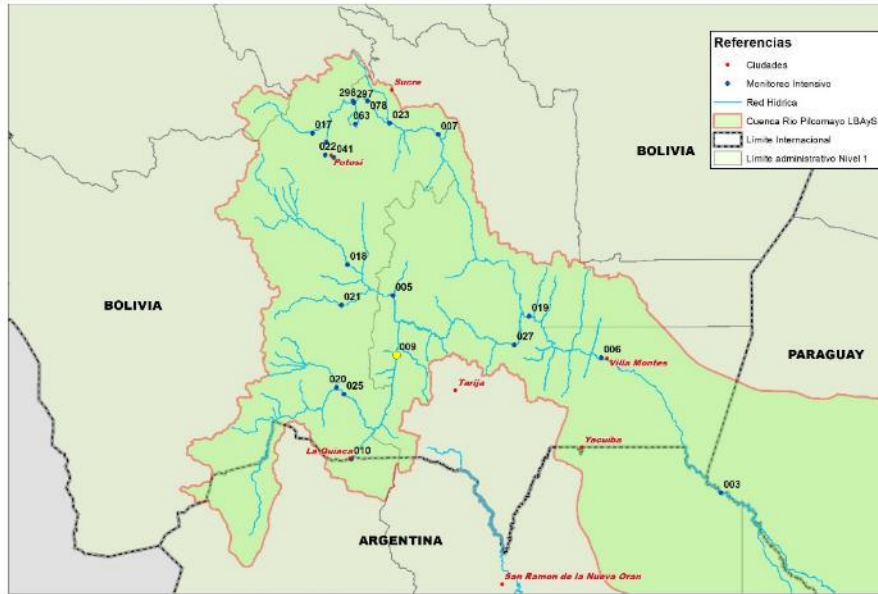
Fotografía 15. Muestreo de sedimentos en margen izquierda





**Río San Juan Del Oro – El Puente (ID 009):**

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



El Puente

Se tomó una muestra aguas abajo del puente carretero en el pueblo de El Puente, con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	El Puente	
<b>ID</b>	009	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	21°14.3429' S	65°12.5699' O

<b>Fecha</b>	8-8-22
<b>Hora:</b>	13:10

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	8.53
Temperatura del agua	13.4°C
Eh	-94.7 mV
Conductividad	1251 µS/cm
Temperatura del agua	13.8°C
Salinidad	0.6
Oxígeno disuelto	8.89 mg/L
Temperatura del agua	13.7°C
% saturación	114.0%
Turbiedad	80.7 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	0,90 m
Ancho superficial	23,00 m
Velocidad media	0,557 m/s
Caudal líquido	5,361 m3/s



El pH básico y la conductividad alta son característicos de la época seca, con una turbiedad relativamente baja y saturación de oxígeno alto. Se tomó muestras de sedimento de la margen derecha.



Fotografía 16. Río San Juan del Oro en El Puente – aguas arriba de puente carretero

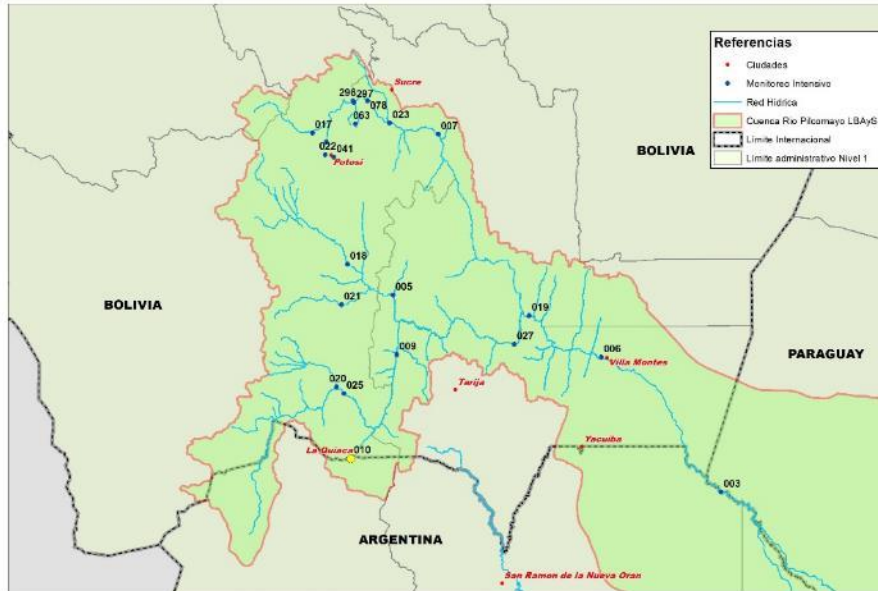


Fotografía 17. Río San Juan del Oro en El Puente – aguas debajo del puente carretero



### Río La Quiaca – La Quiaca (ID 010):

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



La Quiaca

Se tomó una muestra aguas debajo de las ciudades de La Quiaca y Villazón con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	La Quiaca	
<b>ID</b>	010	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	22°05.8650' S	65°35.1638' O

<b>Fecha</b>	16-8-22
<b>Hora:</b>	12.15

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	8.82
Temperatura del agua	13.1°C
Eh	-115.7 mV
Conductividad	859 µS/cm
Temperatura del agua	13.0°C
Salinidad	0.4
Oxígeno disuelto	5.42 mg/L
Temperatura del agua	12.9°C
% saturación	77.6 %
Turbiedad	104 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	0,50 m
Ancho superficial	12,80 m
Velocidad media	1,453 m/s
Caudal líquido	7,144 m3/s



El valor de pH y conductividad se encuentran dentro los valores medidos en otras oportunidades, así como la turbiedad. El oxígeno disuelto con una saturación de 77.6%, muestra un valor superior a las últimas cuatro lecturas lo que indicaría una disminución de la carga orgánica que caracteriza este río. No se tomaron muestras de sedimentos por tratarse de aguas residuales.



Fotografía 18. Río La Quiaca – aguas arriba del punto de muestreo



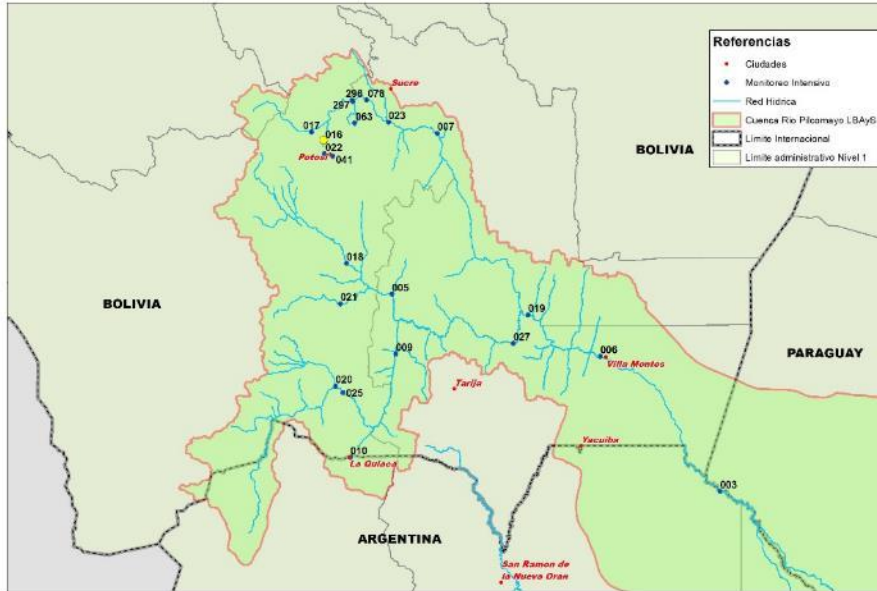
Fotografía 19. Río La Quiaca - aguas debajo del punto de muestreo





**Río Tarapaya – Tarapaya (ID 016):**

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



Tarapaya

Se tomó una muestra aguas en el puente aguas debajo del pueblo de Tarapaya, con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	<b>Tarapaya</b>	
<b>ID</b>	<b>016</b>	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	<b>19°28.3111' S</b>	<b>65°47.6592' O</b>

<b>Fecha</b>	<b>9-8-22</b>
<b>Hora:</b>	<b>11:20</b>

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	7.83
Temperatura del agua	7.0°C
Eh	-62.0 mV
Conductividad	792 µS/cm
Temperatura del agua	6.9°C
Salinidad	0.3
Oxígeno disuelto	7.44 mg/L
Temperatura del agua	6.9°C
% saturación	90.8%
Turbiedad	91.2 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	0,38 m
Ancho superficial	8.10 m
Velocidad media	0,84 m/s
Caudal líquido	1,871 m3/s





Los datos de pH, conductividad y turbiedad son característicos de la época con buena concentración de oxígeno disuelto (propio de la cuenca alta). Se observó en el lugar la existencia de marcas grises entre 4 y 6 cm de altura sobre el nivel del agua, como muestra la Fotografía, 22 y 23. Se tomó muestras de sedimento en la margen derecha y cuando se extrajo la muestra de espesor 1 a 2 cm, que por la temperatura ambiente se encontraba congelado, se observó que debajo aproximadamente a 3 cm se encontraba un sedimento color gris fino (Fotografía y 25).



Fotografía 20. Río Tarapaya – aguas arriba del punto de muestreo



Fotografía 21., Marcas de la mancha del paso de la descarga del dique



Fotografía 22. Marcas de la mancha del paso de la descarga del dique



Fotografía 23. Marcas de la mancha del paso de la descarga del dique





Fotografía 24. Lodos finos color gris debajo de la capa superficial de sedimento



Fotografía 25. Lodos finos color gris debajo de la capa superficial de sedimento



**Río Pilcomayo – Yocalla (ID 017):**

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



Yocalla

Se tomó una muestra aguas arriba del pueblo de Yocalla, con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	Yocalla	
<b>ID</b>	017	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	19°23.8604' S	65°54.4675' O

<b>Fecha</b>	9-8-22
<b>Hora:</b>	15:30

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	8.28
Temperatura del agua	12.8°C
Eh	-84.0 mV
Conductividad	686 µS/cm
Temperatura del agua	12.8°C
Salinidad	0.3
Oxígeno disuelto	7.20 mg/L
Temperatura del agua	12.8°C
% saturación	102.1%
Turbiedad	30.1 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	0,39 m
Ancho superficial	15,85 m
Velocidad media	1,157 m/s
Caudal líquido	4,637 m3/s





Esta es la segunda muestra que se toma en este punto que tiene muy poca actividad minera aguas arriba. El pH alcalino ligeramente menor al medido en Pilcomayo antes de la confluencia del río Tacobamba ( $874 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) y su conductividad que indicarían que en este punto no existe una concentración de iones elevada.



Fotografía 26. Río Pilcomayo en Yocalla – aguas debajo del punto de muestreo



Fotografía 27. Toma de muestras de sedimentos de margen derecha





**Río Tumusla – Tumusla (ID 018):**

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



Tumusla

Se tomó una muestra aguas arriba del pueblo de Tumusla, con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	Tumusla	
<b>ID</b>	018	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	20°29.2490' S	65°37.0483' O

<b>Fecha</b>	15-8-22
<b>Hora:</b>	13:20

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	8.31
Temperatura del agua	14.7°C
Eh	-84.2 mV
Conductividad	655 µS/cm
Temperatura del agua	14.7°C
Salinidad	0.2
Oxígeno disuelto	7.80 mg/L
Temperatura del agua	14.7°C
% saturación	105.5%
Turbiedad	82.7 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	0,85 m
Ancho superficial	10,70 m
Velocidad media	1,305 m/s
Caudal líquido	6,576 m3/s



El pH básico y la conductividad media son característicos de la transición a la época seca (con valores de conductividad medidos de  $878 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) con baja turbiedad por la ausencia de lluvias y alta saturación de oxígeno por las pendientes de la cuenca alta.



Fotografía 28. Río Tumusla en Tumusla – aforo líquido



Fotografía 29. Río Tumusla – aguas abajo del punto de muestreo

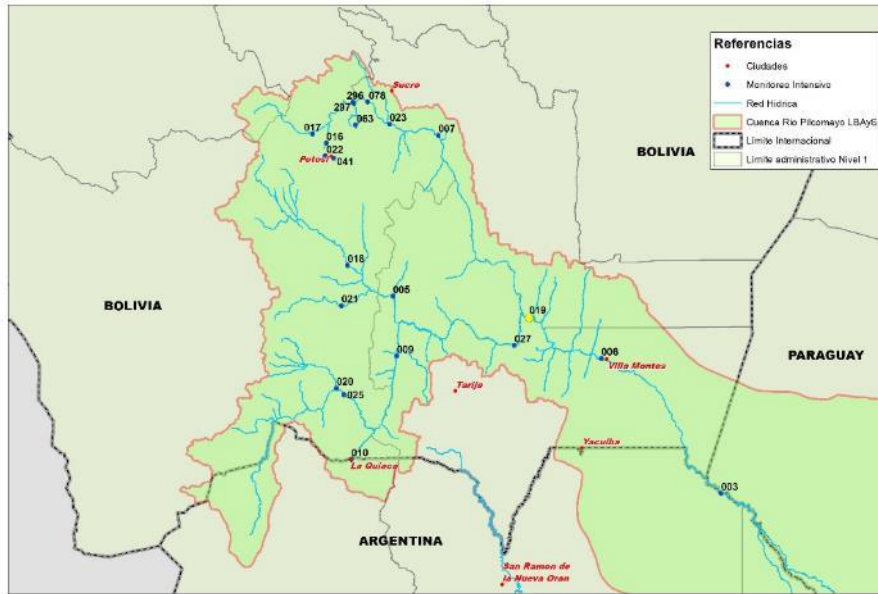


Fotografía 30. Lugar de toma de muestra de sedimentos margen derecha



**Río Pilcomayo – Puente Aruma (ID 019):**

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



**Puente Aruma**

Se tomó una muestra aguas arriba del puente interdepartamental en Puente Aruma (Tabasay), con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	<b>Puente Aruma</b>	
<b>ID</b>	<b>019</b>	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	<b>20°54.8332' S</b>	<b>64°6.6271' O</b>

<b>Fecha</b>	<b>7-8-22</b>
<b>Hora:</b>	<b>16:00</b>

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	8.71
Temperatura del agua	20.5°C
Eh	-106.0 mV
Conductividad	1240 µS/cm
Temperatura del agua	20.6°C
Salinidad	0.6
Oxígeno disuelto	9.44 mg/L
Temperatura del agua	20.6°C
% saturación	114.1 %
Turbiedad	25.8 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	2,90 m
Ancho superficial	56,50 m
Velocidad media	0,528 m/s
Caudal líquido	37,782 m3/s



El pH alcalino y la conductividad alta son típicos de la época seca, con baja turbiedad y saturación alta.



Fotografía 31. Río Pilcomayo en Puente Aruma – aguas arriba del puente



Fotografía 32. Río Pilcomayo – aguas abajo del puente



Fotografía 33. Toma de muestra de sedimentos en margen izquierda





### Río Tupiza – Tupiza (ID 020):

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



Tupiza

Se tomó una muestra aguas abajo del Tupiza, con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	Tupiza	
<b>ID</b>	020	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	21°30.2770' S	65°42.5345' O

<b>Fecha</b>	15-8-22
<b>Hora:</b>	17:50

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	8.00
Temperatura del agua	13.5°C
Eh	-67.8 mV
Conductividad	1497 µS/cm
Temperatura del agua	13.5°C
Salinidad	0.7
Oxígeno disuelto	4.66 mg/L
Temperatura del agua	13.5°C
% saturación	63.7%
Turbiedad	22.2 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	0.32 m
Ancho superficial	11.2 m
Velocidad media	1.23 m/s
Caudal líquido	2.7 m3/s





Los valores medidos in situ con pH básico, conductividad alta y turbiedad baja son característicos de este punto al recibir las aguas residuales de la ciudad de Tupiza, es también por esta razón que se tiene una saturación de oxígeno baja por presentar un alto contenido de materia orgánica.



Fotografía 34. Río Tupiza en La Angostura - aguas arriba del punto de muestreo



Fotografía 35. Río Tupiza – aguas debajo del punto de muestreo





El pH ligeramente básico y la conductividad alta son característicos de este punto, en esta oportunidad la turbiedad baja indicaría condiciones de época seca con una saturación de oxígeno alta.



Fotografía 36. Río Cotagaita en Cotagaita – aguas arriba del punto de muestreo



Fotografía 37. Río Cotagaita – aguas debajo del punto de muestreo

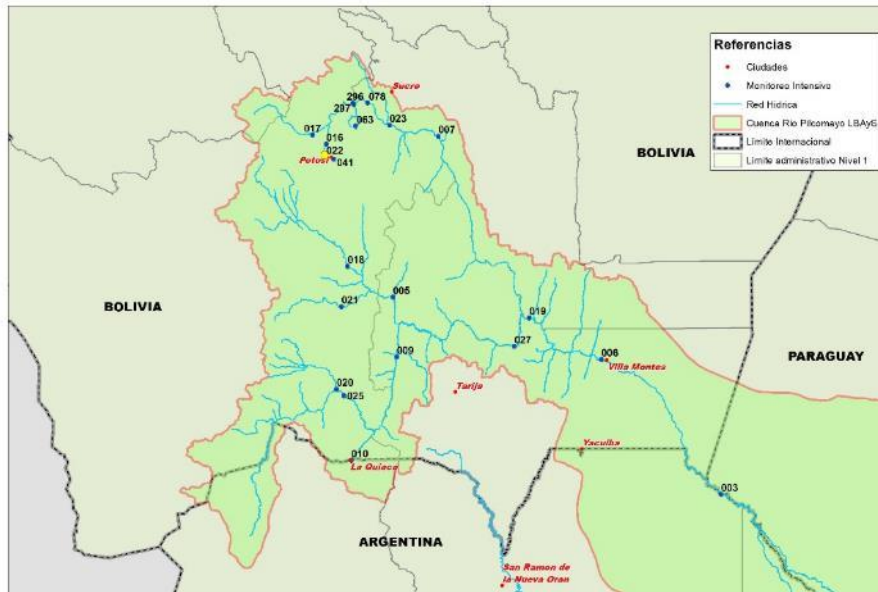


Fotografía 38. Margen derecha – toma de muestras de sedimento



### Río Aljamayu – San Antonio Potosí (ID 022):

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



San Antonio-Potosí

Se tomó una muestra aguas en San Antonio Potosí, luego de la confluencia del río Dulce y de la Ribera, con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	<b>San Antonio-Potosí</b>	
<b>ID</b>	<b>022</b>	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	<b>19°34.6913' S</b>	<b>65°48.2035' O</b>

<b>Fecha</b>	<b>9-8-22</b>
<b>Hora:</b>	<b>9:00</b>

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	7.60
Temperatura del agua	3.2°C
Eh	-49.0 mV
Conductividad	1186 µS/cm
Temperatura del agua	3.2°C
Salinidad	0.5
Oxígeno disuelto	8.62 mg/L
Temperatura del agua	3.1°C
% saturación	97.8%
Turbiedad	183 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	Sin Escala
Ancho superficial	4,00 m
Velocidad media	1,184 m/s
Caudal líquido	1,400 m3/s





El pH ligeramente básico y la conductividad alta son característicos de este punto por recibir las aguas residuales de la ciudad de Potosí, por la misma razón la turbiedad se mantiene entre 100 y 500 NTU, con excepción de condiciones de crecidas. A pesar de la carga orgánica mantiene condiciones de saturación de oxígeno con presencia de espuma.

En este punto se observa en la llanura de inundación (Fotografía 40) sedimentos de color gris en la superficie (entre 4 a 10 cm de espesor, Fotografía 41, Fotografía 42 y Fotografía 43), así también las paredes de la quebrada quedaron con una mancha gris (Fotografía 44) que en el puente antiguo del camino a Potosí – Oruro, muestra una altura de aproximadamente 50 cm (Fotografía 45).

Se tomó muestra del sedimento de la capa superior de la margen izquierda.



Fotografía 39. Río Aljamayu en San Antonio – aguas arriba del punto de muestreo



Fotografía 40. Llanura de inundación de 4m por lado





Fotografía 41. Altura del espesor superficial color gris (6 cm)



Fotografía 42. Altura del espesor superficial color gris (10 cm)



Fotografía 43. Altura del espesor superficial color gris (10 cm)



Fotografía 44. Referencia de altura de la marca color gris (aprox. 50 cm)

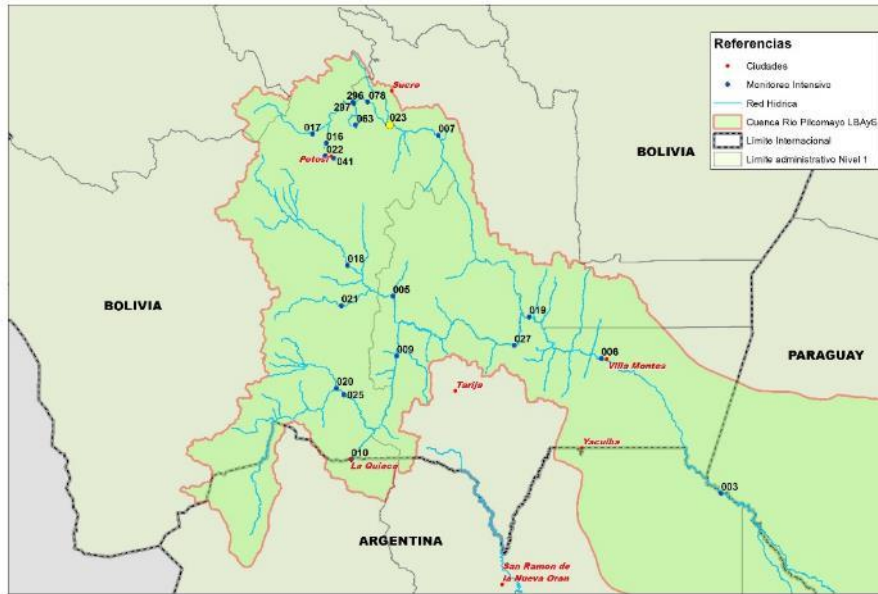


Fotografía 45. Altura de la marca en el puente antiguo de la carretera a Oruro (45 cm aprox.)



**Río Pilcomayo – Puente Méndez (ID 023):**

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



**Puente Méndez**

En esta oportunidad por los trabajos de extracción de áridos que se realiza en la zona, se tomó una muestra aguas arriba del pueblo de Tasapampa antes de la confluencia del río Cachimayo, con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	<b>Puente Méndez</b>	
<b>ID</b>	<b>023</b>	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	<b>19°18.8327' S</b>	<b>65°16.0511' O</b>

<b>Fecha</b>	<b>11-8-22</b>
<b>Hora:</b>	<b>17:15</b>

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	8.51
Temperatura del agua	18.1°C
Eh	-94.7mV
Conductividad	1208 µS/cm
Temperatura del agua	18.0°C
Salinidad	0.6
Oxígeno disuelto	7.13 mg/L
Temperatura del agua	18.0°C
% saturación	99.8 %
Turbiedad	59.6 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	Sin Escala
Ancho superficial	18 m
Velocidad media	1.84 m/s
Caudal líquido	13.7 m3/s





El pH básico, la conductividad alta y baja turbiedad dan cuenta de condiciones de la época seca, con una saturación de oxígeno alta. Se tomaron muestras de sedimentos de la orilla margen izquierda.



Fotografía 46. Rio Pilcomayo antes de la comunidad de Tasapampa



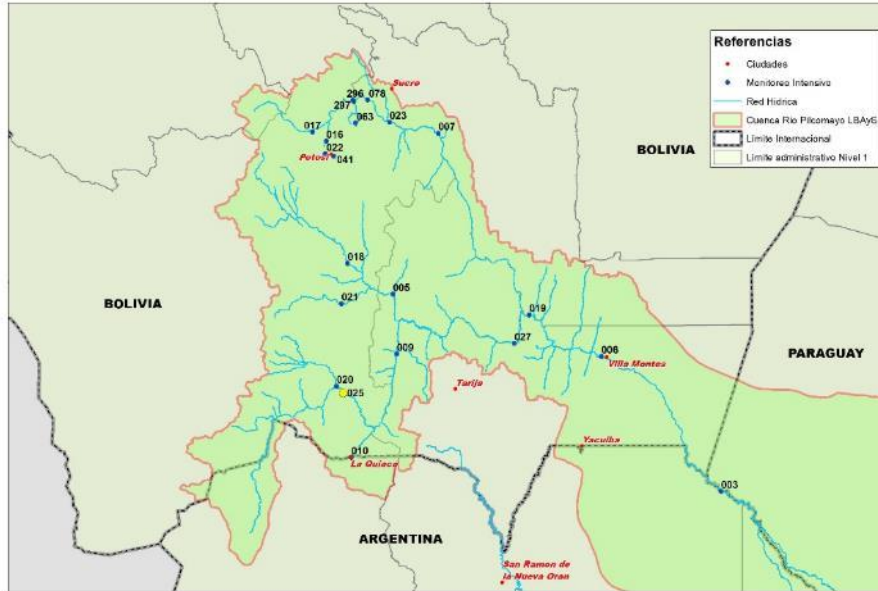
Fotografía 47. Margen izquierda lugar de toma de muestra





**Río San Juan Del Oro – Chuquiago (ID 025):**

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



**Chuquiago**

Se tomó una muestra aguas abajo del puente cerca a la comunidad de Chuquiago, con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	<b>Chuquiago</b>	
<b>ID</b>	<b>025</b>	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	<b>21°33.6140' S</b>	<b>65°38.8604' O</b>

<b>Fecha</b>	<b>16-8-22</b>
<b>Hora:</b>	<b>9:50</b>

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	8.30
Temperatura del agua	7.8°C
Eh	-82.0 mV
Conductividad	1080 µS/cm
Temperatura del agua	7.9°C
Salinidad	0.5
Oxígeno disuelto	8.41 mg/L
Temperatura del agua	7.9°C
% saturación	99.2 %
Turbiedad	109 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	0,50 m
Ancho superficial	12,80 m
Velocidad media	1,453 m/s
Caudal líquido	7,144 m3/s



Los valores de pH, conductividad y turbiedad son característicos de la época seca con una saturación de oxígeno alta. Se tomó muestra del sedimento de la margen derecha.



Fotografía 48. Río San Juan del Oro en Chuquiago – aguas arriba del punto de muestreo



Fotografía 49. Río San Juan del Oro – aguas debajo del punto de muestreo



Fotografía 50. Margen derecha, lugar de toma de muestra de sedimentos



**Río Pilaya – San Josecito (ID 027):**

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



San Josecito

Se tomó una muestra aguas abajo del puente interdepartamental cerca de la comunidad de San Josecito Norte, con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	<b>San Josecito</b>	
<b>ID</b>	<b>027</b>	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	<b>21°09.1285' S</b>	<b>64°14.0525' O</b>

<b>Fecha</b>	<b>17-8-22</b>
<b>Hora:</b>	<b>11:45</b>

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	8.52
Temperatura del agua	18.8°C
Eh	-95.7 mV
Conductividad	1162 µS/cm
Temperatura del agua	18.6°C
Salinidad	0.5
Oxígeno disuelto	9.02 mg/L
Temperatura del agua	18.6°C
% saturación	107.9%
Turbiedad	29.2 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	1,55 m
Ancho superficial	62,50 m
Velocidad media	0,338 m/s
Caudal líquido	15,330 m3/s



El pH básico, alta conductividad y baja turbiedad son característicos de la época seca, con una buena saturación de oxígeno. Se tomó muestra del sedimento de margen derecha.



Fotografía 51. Río Pilaya en San Josecito – Aguas arriba del punto de muestreo



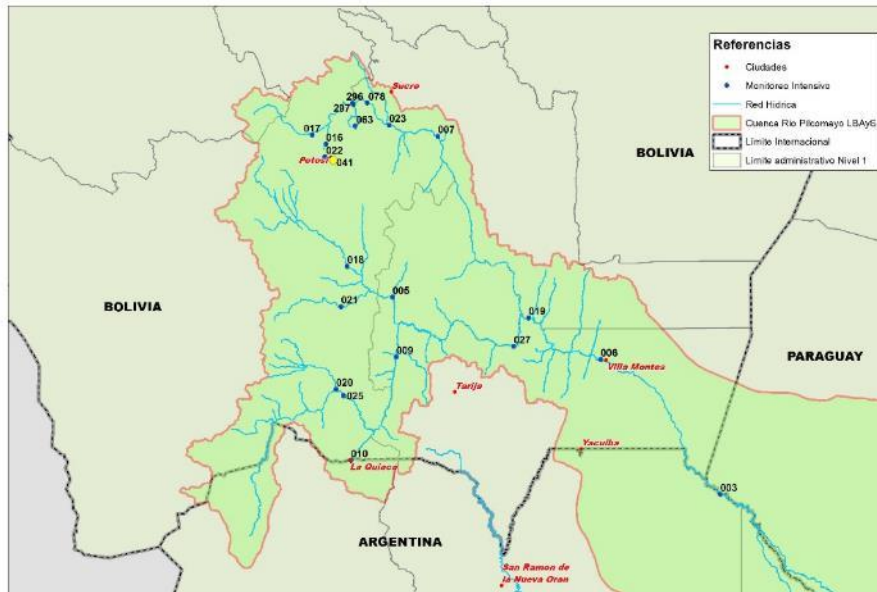
Fotografía 52. Muestreo sedimentos en la margen derecha





**Río De la Ribera – Potosí Naciente de la Ribera (ID 041):**

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



**Naciente de la Ribera**

Se tomó una muestra en las nacientes del río de la Ribera, con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	<b>Naciente de la Ribera</b>	
<b>ID</b>	<b>041</b>	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	<b>19°35.8603' S</b>	<b>65°43.8767' O</b>

<b>Fecha</b>	<b>14-8-22</b>
<b>Hora:</b>	<b>14:45</b>

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	7.61
Temperatura del agua	11.9°C
Eh	-47.9mV
Conductividad	199.2 µS/cm
Temperatura del agua	12.0°C
Salinidad	0.0
Oxígeno disuelto	5.82 mg/L
Temperatura del agua	11.9°C
% saturación	90.3%
Turbiedad	4.79 NTU

<b>Datos hidrométricos (aforo volumétrico)</b>	
Altura de escala	Sin Escala
Ancho superficial	Sin Dato
Velocidad media	Sin Dato
Caudal líquido	0,00057 m3/s



La naciente está formada por filtraciones naturales que se dan en la zona, por lo que las características de sus aguas varían poco, presentando pH ligeramente básico, conductividad y turbiedad bajas, con buen porcentaje de saturación de oxígeno.



Fotografía 53. Nacientes del río de La Ribera en Potosí

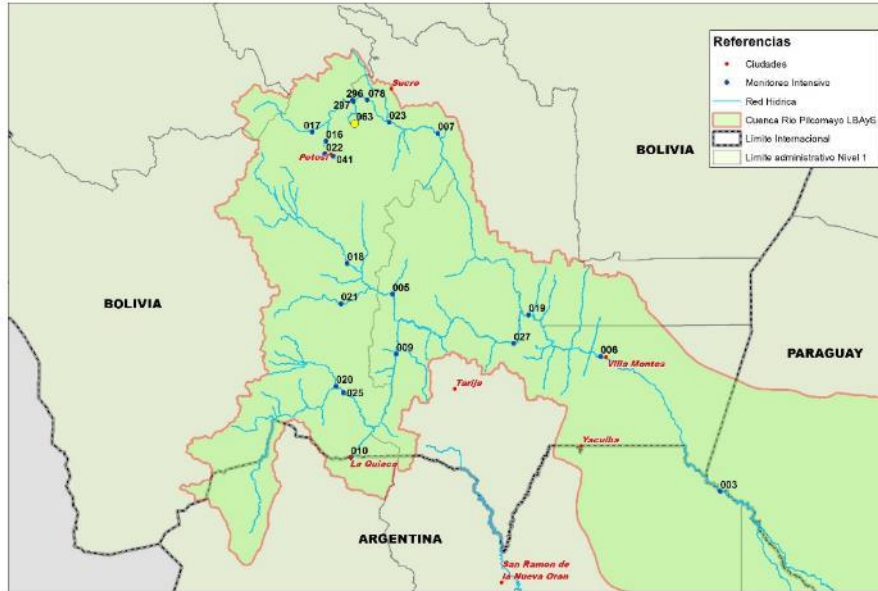


Fotografía 54. Mediciones in situ en Nacientes del río de La Ribera en Potosí



**Río Colavi – Colavi Canutillos (ID 063):**

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



Colavi

Se tomó una muestra aguas arriba del pueblo de Colavi Bajo, con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	Colavi	
<b>ID</b>	063	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	19°19.2852' S	65°33.1123' O

<b>Fecha</b>	11-8-22
<b>Hora:</b>	10:25

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	4.29
Temperatura del agua	5.8°C
Eh	124.6 mV
Conductividad	261 µS/cm
Temperatura del agua	6.2°C
Salinidad	0.0
Oxígeno disuelto	8.06 mg/L
Temperatura del agua	6.2°C
% saturación	100.3 %
Turbiedad	53.4 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	Sin Escala
Ancho superficial	1.30 m
Velocidad media	0.236 m/s
Caudal líquido	0.030 m3/s





El valor de pH indica condiciones ácidas por la generación de aguas ácidas de mina y/o de roca. La conductividad fue baja (los máximos valores medidos fueron de alrededor 540  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), mientras que la turbiedad y el oxígeno disuelto muestran valores similares a las mediciones en anteriores campañas. Se tomó muestra de sedimentos de margen derecha.



Fotografía 55. Río Colavi en Colavi – aguas arriba del punto de muestreo



Fotografía 56. Río Colavi- aguas debajo del punto de muestreo



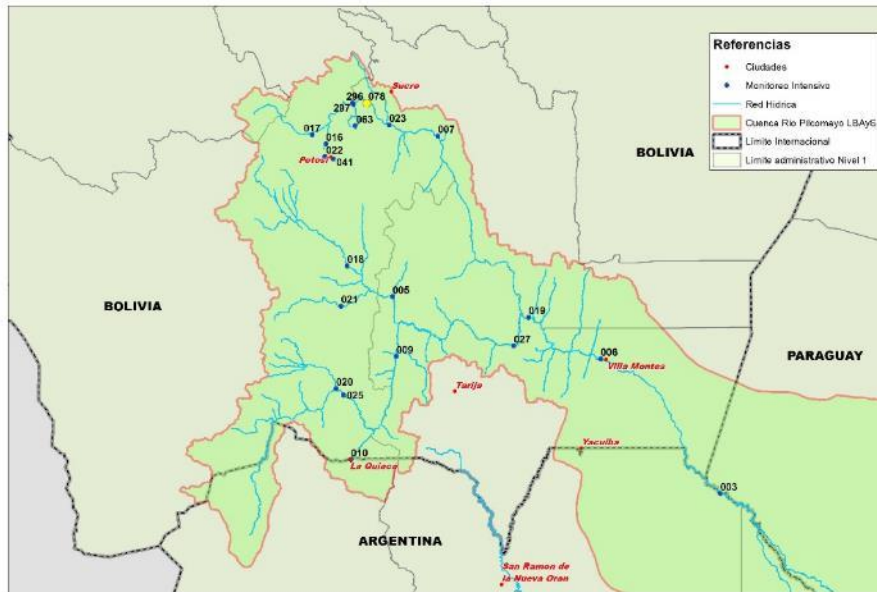
Fotografía 57. Toma de muestra de sedimentos en margen derecha





### Río Pilcomayo – Talula (ID 078):

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



Talula

Se tomó una muestra aguas arriba del puente carretero cerca a la comunidad de Talula, con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	Talula	
<b>ID</b>	078	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	19°07.8203' S	65°27.0689' O

<b>Fecha</b>	12-8-22
<b>Hora:</b>	11:15

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	8.37
Temperatura del agua	11.5°C
Eh	-86.6 mV
Conductividad	1282 µS/cm
Temperatura del agua	11.7°C
Salinidad	0.6
Oxígeno disuelto	8.29 mg/L
Temperatura del agua	11.7°C
% saturación	104.0%
Turbiedad	63.4 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	Sin Escala
Ancho superficial	Sin Dato
Velocidad media	Sin Dato
Caudal líquido	Sin Dato



Si bien son las primeras mediciones que se realizan en este punto se pueden comparar con los valores medidos en el río Pilcomayo aguas arriba (antes de su confluencia con el río Tacobamba) y aguas abajo (Puente Méndez). El valor de pH es básico similar a los otros puntos, mientras que la conductividad es 1.4 veces mayor que aguas arriba y bastante similar a aguas abajo. Los valores de turbiedad y oxígeno disuelto fueron en los tres puntos alrededor de 60 NTU y 100 % respectivamente, característico de la época y de las pendientes de la cuenca alta. Se tomó muestras de sedimento de la margen derecha. La velocidad de la corriente no permitió la ejecución del aforo líquido en el punto de muestreo.



Fotografía 58. Río Pilcomayo en Talula – aguas arriba del punto de muestreo



Fotografía 59. Río Pilcomayo – aguas debajo del punto de muestreo



Fotografía 60. Lugar de toma de muestra de sedimentos en margen derecha



**Río Pilcomayo – Agua Arriba confluencia Pilcomayo – Tacobamba (ID 296):**

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



**Agua Arriba confluencia Pilcomayo – Tacobamba**

Se tomó una muestra aguas arriba de la confluencia del río Tacobamba, con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	<b>Agua Arriba confluencia Pilcomayo – Tacobamba</b>	
<b>ID</b>	<b>296</b>	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	<b>19°07.9350' S</b>	<b>65°34.3317' O</b>

<b>Fecha</b>	<b>10-8-22</b>
<b>Hora:</b>	<b>11:30</b>

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	8.32
Temperatura del agua	12.0°C
Eh	-83.9 mV
Conductividad	874 µS/cm
Temperatura del agua	11.6°C
Salinidad	0.4
Oxígeno disuelto	8.15 mg/L
Temperatura del agua	12.0°C
% saturación	105.4 %
Turbiedad	57.8 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	Sin Escala
Ancho superficial	19,00 m
Velocidad media	1,710 m/s
Caudal líquido	12,441 m3/s





El valor de pH básico y turbiedad baja similar a los leídos en el río Pilcomayo hasta Puente Méndez, la conductividad menor a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , un poco mayor a la medida en Yocalla y saturación de oxígeno disuelto característicos de la cuenca alta, indican condiciones de la época seca. Se tomaron sedimentos de margen derecha.



Fotografía 61. Río Pilcomayo antes de su unión con el río Tacobamba – aguas arriba del puente



Fotografía 62. Río Pilcomayo aguas abajo del puente, a la derecha vista de la quebrada del río Tacobamba



Fotografía 63. Margen derecha – toma de muestras de sedimento



**Río Tacobamba – Agua Arriba confluencia Pilcomayo – Tacobamba (ID 297):**

En la imagen a continuación se puede apreciar la ubicación del punto de monitoreo dentro de la cuenca y su posición en referencia a los otros puntos de monitoreo de la campaña extensiva.



**Agua Arriba confluencia Pilcomayo – Tacobamba**

Se tomó una muestra aguas arriba de su unión al río Pilcomayo, con las siguientes características in situ:

<b>Lugar</b>	<b>Agua Arriba confluencia Pilcomayo – Tacobamba</b>	
<b>ID</b>	<b>297</b>	
<b>Coordenadas</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
	<b>19°08.6524' S</b>	<b>65°33.9637' O</b>

<b>Fecha</b>	<b>10-8-22</b>
<b>Hora:</b>	<b>13:35</b>

<b>Parámetros medidos</b>	
pH	8.49
Temperatura del agua	19.2°C
Eh	-94.3 mV
Conductividad	489 µS/cm
Temperatura del agua	19.2°C
Salinidad	0.2
Oxígeno disuelto	6.60 mg/L
Temperatura del agua	19.2°C
% saturación	100.2%
Turbiedad	69.1 NTU

<b>Datos hidrométricos</b>	
Altura de escala	Sin Escala
Ancho superficial	3,40 m
Velocidad media	1,516 m/s
Caudal líquido	1,008 m3/s



Los valores medidos en esta oportunidad son similares a los medidos en mayo, con baja conductividad, pH básico, turbiedad baja y saturación de oxígeno disuelto. Se tomó muestras de sedimento de la margen derecha.



Fotografía 64. Río Tacobamba antes de su unión al Pilcomayo – aguas arriba del punto de muestreo



Fotografía 65. Río Tacobamba aguas abajo del punto de muestreo



Fotografía 66. Vista de la margen derecha – toma de muestras de sedimentos





## Síntesis

De acuerdo con los datos in situ, se podría indicar que:

1. Las aguas de la quebrada Canutillos, aguas arriba de la localidad de Colavi presentó características ácidas por la existencia de drenajes ácidos de mina y roca. Sin embargo, el receptor de sus aguas, río Tacobamba, antes de unirse al Pilcomayo presentó ya un pH básico, pH que caracteriza a los otros puntos monitoreados en la Cuenca alta. Este cambio de pH es muestra de la capacidad de neutralización que tiene la subcuenca del río Tacobamba.
2. La conductividad en los puntos monitoreados hasta antes de la confluencia del río Tacobamba, indican todavía valores relativamente bajos (menores a 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), mientras que a partir de Talula (río Pilcomayo) se midieron conductividades mayores a 1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Las subcuencas Tumusla y San Juan del Oro también muestran valores altos característicos de la época seca. Una excepción son los ríos Colavi y Tacobamba, que presentan valores menores que son típicos de estos puntos.
3. Los valores de la turbiedad menores a 100 NTU indican características de la época seca, con excepción de Misión La Paz/Pozo Hondo que se midió 647 NTU, mientras que en Villa Montes el valor fue de 25.6 NTU, mostrando la re-suspensión de sedimentos que ocurre entre estos dos puntos.
4. Al igual que en anteriores oportunidades, en todos los puntos monitoreados se presentaron condiciones de saturación de oxígeno, causadas por las fuertes pendientes del río en dichos puntos que provocan turbulencia y aumentan la difusión del oxígeno en el agua.
5. Se debe esperar los resultados del laboratorio del contenido de iones mayoritarios y metales pesados para una evaluación más ajustada de la calidad del agua durante esta campaña de monitoreo.