



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**OFICINA TÉCNICA NACIONAL DE LOS RÍOS PILCOMAYO Y BERMEJO  
OTN-PB**

**INFORME FINAL  
CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA CUENCA RIO BERMEJO  
FASE I**



**Richard Ivan Medina Hoyos  
Empresa Unipersonal  
NIT: 1818922016  
FUNDEMPRESA: 00121896**

Tarija Abril del 2014



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

## CONTENIDO

<b>1. OBJETIVO</b>	<b>4</b>
<b>2. METODOLOGIA DEL PLAN DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA ALTA DEL BERMEJO</b>	<b>4</b>
2.1 Recopilación, Análisis y Evaluación de Información Existente	4
2.2. Puntos de Control	7
2.3. Parámetros Analíticos por Punto de Control	11
2.4. Cronograma de Muestreo y Aforo	14
2.5. Personal Técnico y Responsabilidades	14
2.6. Metodología de Toma de Muestras Puntuales y Preservación	16
2.7. Protocolos de Muestreo y Custodia de Muestras	17
2.8. Registros Fotográficos	17
2.9. Laboratorios y Servicios Contratados	17
<b>3. DIFUSION DE INFORMACION</b>	<b>18</b>
3.1. Control Social	18
3.2 Taller Informativo	18
3.3 Boletín Informativo	19
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>19</b>
<b>5. CLASIFICACION DE LOS PUNTOS DE CONTROL</b>	<b>32</b>
5.1 Aptitud de Uso	32
5.2 Criterio Hidrogeoquímico	33
5.3 Aptitud para Riego	33
5.4 Aptitud para Consumo Humano	33
<b>6. DIAGNOSTICO ANALITICO ESTADO ACTUAL CALIDAD Y DISPONIBILIDAD DEL AGUA</b>	<b>47</b>
6.1 Síntesis Comparativa	47
6.2 Disponibilidad de Caudales	47
6.3 Comparación Clasificación para Riego	47
6.4 Comparación Clasificación Según Aptitud de Uso	54
6.5 Comparación Según NB 512	55
6.6 Comparación Clasificación Hidrogeoquímica	55
<b>7. SIMULACIÓN COMPUTACIONAL</b>	<b>56</b>
7.1. El Modelo QUAL 2K	56



*Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo*  
**OTN-PB**

<b>7.2. Calibración del Modelo QUAL2K para el Río Grande Tarija y Río Bermejo Periodo de Estiaje 2013</b>	<b>63</b>
<b>7.3. Información General y de Cálculo de la Simulación Computacional</b>	<b>67</b>
<b>7.4. Conclusiones de la Simulación Computacional</b>	<b>67</b>
<b>8. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS</b>	<b>69</b>
<b>8.1 Calidad del agua en la represa de Huacata</b>	<b>69</b>
<b>8.2 Normalización de los Niveles de Turbiedad en el Río Santa Rosa</b>	<b>69</b>
<b>8.3 Mediciones de Radioactividad</b>	<b>70</b>
<b>9. REFERENCIAS PARA EL PLAN DE MONITOREO 2014</b>	<b>71</b>
<b>10. PROPUESTA DE PLAN DE MITIGACION</b>	<b>71</b>
<b>11 CONCLUSIONES</b>	<b>72</b>
<b>12 RECOMENDACIONES</b>	<b>73</b>
<b>ANEXOS</b>	



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

## 1. OBJETIVO

### Objetivo General

Evaluación de la calidad del agua en la Cuenca Alta del Río Bermejo, en base al monitoreo 2013 -2014.

### Objetivos Específicos

- Desarrollo de las cuatro campañas de muestreo
- Análisis de muestras y sistematización de resultados
- Clasificación de cursos de agua
- Simulación computacional
- Elaboración de diagnóstico y comparación de resultados en base a las cuatro campañas de monitoreo 2013 -2014.

## 2. METODOLOGIA DEL PLAN DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA ALTA DEL BERMEJO

### 2.1 Recopilación, Análisis y Evaluación de información Existente

a. Linfield C. Brown; Thomas O. Barnwell, Jr. **The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2EU and QUAL2E-UNCAS: User manual.** Environmental Research Laboratory. Environmental Protection Agency Athens, Georgia. EE. UU. Mayo -1987.

**Ubicación física:** Biblioteca RIMH

**Análisis:** Define las características del paquete computacional QUAL 2EU, los fundamentos teóricos, los modelos conceptuales y matemáticos usados en el paquete, la evolución del software, los usos, aplicaciones, además de estudio de casos.

b. Medina Hoyos Ivan. **Planta Piloto de Procesos Microbiológicos Anaerobios Depurativos de Aguas Residuales “Calibración del Modelo Computacional del QUAL2EU, para Simulación de la Calidad de Aguas del Río Guadalquivir”.** VII Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Santa Cruz - Bolivia. 1995.

**Ubicación física:** Biblioteca RIMH y Registros del Fondo Nacional para el Medio Ambiente FONAMA.



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Análisis:** Brinda criterios de aplicación y calibración de los modelos QUAL 2EU, a los ríos del sur de Bolivia.

**c. Información impresa y digitalizada del estudio “Clasificación de los Cursos de agua de la Cuenca del río Bermejo”, PEA –1999.**

**Ubicación física:** Oficinas del Programa Estratégico de Acción para la Cuenca del Bermejo “PEA”, Ingavi N° E-156, 3° Piso.

**Análisis:** El estudio de referencia realiza un diagnóstico de la calidad hídrica de los principales cursos de agua de la cuenca alta del Bermejo entre 1998 y 1999, partiendo de un análisis de información hidrológica, geológica, fuentes de contaminación mediante el modelo computacional QUA2EU y trabajos de campo consistentes en aforos y muestreos de calidad del agua. Plantea también una clasificación de los cursos de agua según su objeto de uso, establecidos por la Ley 1333 y propuestas para sostenibilidad hídrica de los cursos de agua. El estudio identifica al triangulo de Bermejo como un área crítica en términos de contaminación hídrica y salud ambiental y sirve como un valioso referente comparativo para el presente diagnóstico.

**d. INIBREH – CIH. Estudio de Saneamiento Ambiental del Río Guadalquivir. Volumen 2 y 3. Programa Estratégico de Acción para la Cuenca Binacional del Río Bermejo PEA. Tarija – 1999.**

**Ubicación física:** Archivo de OTN - PB

**Análisis:** Luego de un estudio de la calidad hídrica del Río Guadalquivir, plantea proyectos de sistemas de alcantarillado (colectores), tratamiento y disposición final de aguas residuales de la ciudad de Tarija, para el control de la contaminación del Río Guadalquivir y afluentes.

**e. Castro Denise. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Diagnóstico del Impacto Ambiental ocasionado por la Vinaza proveniente de la Destilería de alcohol IAB SAM sobre la Quebrada 9 y el Río Grande de Tarija. U.A.J.M.S., Tarija -2000.**

**Ubicación física:** Biblioteca del Departamento de Procesos Industriales, Biotecnológicos y Ambientales DPIBA, Facultad de Ciencias y Tecnología Bloque de Ingeniería Química de la U.A.J.M.S., zona El Tejar.

**Análisis:** Realiza una evaluación del impacto ambiental de los efluentes de IAB (entre 1998 a 2000), el análisis focalizado en la Vinaza, identifica en forma metodológica los impactos y el grado de afectación de los mismos, planteando una serie de alternativas para el tratamiento o la disposición final de los efluentes de la



*Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo*  
**OTN-PB**

industria, entre las cuales sobresale, su utilización para fertirriego, que está actualmente bajo proceso de implementación.

**f. Programa Estratégico de Acción para la Cuenca del Río Bermejo. Saneamiento del Río Guadalquivir Aguas Arriba de Tomatitas. Tarija, Diciembre del 2002.**

**Ubicación física: Archivo de OTN - PB**

**Análisis:** El estudio realiza monitoreos de calidad de agua en los principales cursos de la cuenca del Río Guadalquivir, aguas arriba de la población de Tomatitas, se determina un caudal mínimo ecológico y se realiza una clasificación de la calidad del agua, identificando fuentes contaminantes. Se plantea medidas de mitigación y control de la contaminación mediante sistemas de tratamiento con cero vertido de efluentes a cursos de agua

**g. Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo. Programa Estratégico de Acción para la Cuenca Binacional del río Bermejo. Estudio Saneamiento Ambiental de los Cursos de Agua del Triángulo de Bermejo. Tarija, Diciembre del 2005**

**Ubicación física: Archivo de OTN - PB**

**Análisis:** El estudio realiza monitoreos de calidad de agua en los principales cursos del Triángulo de Bermejo, se realiza una clasificación de la calidad del agua con el trazado de un mapa de calidad de agua, identificando fuentes contaminantes. Se plantea medidas de mitigación y control de la contaminación mediante alcantarillado y sistemas de tratamiento con cero vertido de efluentes a cursos de agua.

**h. Gobierno Departamental de Tarija. Base de Datos de Monitoreo de los Cursos de Agua del Departamento de Tarija 2007 – 2008.**

**Ubicación física:** Dirección de Medio Ambiente y Biblioteca RIMH

**Análisis:** Se presenta los informes, resultados e interpretación de la calidad del agua de varios monitoreos realizados entre el 2007 y 2008 en varios puntos de control de los principales cursos de agua del departamento de Tarija y la cuenca del Río Bermejo.

**i. Programa Estratégico de Acción para la Cuenca del Río Bermejo. Plan de Monitoreo de Calidad del Agua en la Cuenca Alta de Río Bermejo. Tarija, Noviembre del 2008.**

**Ubicación física: Archivo de OTN - PB**

**Análisis:** Previa realización de dos campañas de monitoreo, en periodo seco, el documento propone un plan de monitoreo de la calidad del agua en la cuenca alta del





*Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo*  
**OTN-PB**

Río Bermejo, con 22 puntos de control y 41 parámetros de calidad del agua, se propone 4 campañas de muestreo anuales con aforos, criterios para interpretación y sistematización de datos, protocolos de muestreo y costos aproximados.

**j. Control de la Calidad del Agua Cuenca Ríos Bermejo Departamento de Tarija 2012 – OTN - PB.**

**Ubicación física: Archivo de OTN - PB**

**Análisis:** Previa realización de cuatro campañas de monitoreo, dos en periodo seco y dos en periodo de estiaje, con 22 puntos de muestreo y hasta 42 parámetros de calidad de agua, se realiza una evaluación, análisis y discusión de la calidad del agua para uso humano, riego y su aptitud de uso según el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley 1333. El trabajo propone un plan de monitoreo de la calidad del agua en la cuenca alta del Río Bermejo mejorado.

**m. Diagnostico del Sector Industrial y Domestico de la Provincia Cercado. UTEPTAR - 2013**

**Ubicación física: UTEPTAR**

**Análisis:** El estudio basado en entrevistas y encuestas al sector servicio e industrial de la Ciudad de Tarija y en mas de 640 muestras de aguas residuales y mediciones de caudalesde aguas residuales en el primer semestre del 2013, establece y prioriza las principales fuentes de contaminación por aguas residuales en la Cuenca Alta del Río Guadalquivir, planteando soluciones de tipor preventivo y correctivo como la aplicación de producción mas limpia PML y sistemas de tratamiento y disposición final de agua residuales para los principales vertidos.

**2.2. Puntos de Control**

Los puntos de control y muestreo han sido establecidos por el documento base de contratación y del Plan de Monitoreo de Calidad del Agua de la Cuenca Alta del Río Bermejo -2012.

De manera referencial se indican estos puntos en el Cuadro 1



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 1.- Puntos de Control Seleccionados**

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE PUNTO DE CONTROL</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>ACCESO AL PUNTO DE MUESTREO</b>	<b>USOS E IMPACTOS JUSTIFICACIÓN SELECCIÓN DE</b>
<b>PC-0</b>	Canal de transvase	Se ubica a la altura de represa antes de la descarga de agua. Altitud 2811 m.s.n.m. 20 k 0312350,76; UTM 7630991,87	Camino Tomatas Grande Norte - Huacata	Uso principal en riego y potencial en agua potable
<b>PC-1</b>	Río Guadalquivir Normal Canasmoro	Se ubica a la altura de la normal de Canasmoro Altitud 2052 m.s.n.m. 20 k 0318750; UTM 7637256	Carretera a Tomatas, luego camino de tierra ingreso por la Normal de Canasmoro	Uso principal en riego
<b>PC-2</b>	Río Guadalquivir (aguas abajo población de San Lorenzo)	Se ubica después del sistema de tratamiento de aguas de la Población de San Lorenzo. Altitud 1991 m.s.n.m. 20 k 0319378; UTM 7629722	Acceso por el Río Chiquito	Aguas abajo del sistema de tratamiento de aguas de la población de San Lorenzo.
<b>PC-3</b>	Río Guadalquivir (Puente el peregrino)	A 100 m de la unión del Río Guadalquivir con la Quebrada de Sagrado (Margen derecho Río Guadalquivir) debajo del puente el peregrino Altitud 1878 m.s.n.m. 20 k 0320449; UTM 7616932	Acceso a 100 m de la carretera a San Jacinto.	Aguas debajo de la unión del Río Guadalquivir y la Quebrada de Sagrado.
<b>PC-4</b>	Río Guadalquivir (El temporal)	Río Guadalquivir en el Temporal antes de la unión con la Quebrada Cabeza de Toro Altitud 1814 m.s.n.m. 20k 0325517; UTM 7611722	Acceso Camino al Temporal (después de San Luís)	Aguas debajo de la unión del Río Guadalquivir con la Quebrada El Monte, San Pedro y Torrecillas (que recibe las aguas de las lagunas de oxidación de la Ciudad de Tarija) y el Río Tolomosa.
<b>PC-5</b>	Río Tarija (La Angostura)	200 m antes del puente de la Angostura  Altitud 1670 m.s.n.m. 20k 0334273; UTM 7599261	Carretera a Bermejo, ingreso a 100 m del puente de la Angostura.	Aportes de las aguas residuales de la Ciudad de Tarija
<b>PC-6</b>	Río Santa Ana, Camino a Moreta	Río Santa Ana, 400 m antes del vertimiento de aguas de tratamiento de la población de Entre Ríos Altitud 1222 m s.n.m. 20 K 0377545; UTM 7618648	Camino de tierra a la Comunidad de Moreta.	Uso de agua para consumo humano para la población de Entre Ríos, uso para riego.





*Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo*  
OTN-PB

<b>PC-7</b>	Río Pajonal, Camino a Entre Ríos	Río Pajonal, 400 m antes del vertimiento de aguas de ratamiento de la población de Entre Ríos Altitud 1224 m s.n.m. 20 K 378263; UTM 7620126	Camino de tierra a la población de Entre Ríos.	Uso de agua para riego
<b>PC-8</b>	Río Salinas (Después de la unión de Río Santa Ana y Río Pajonal)	Se ubica a 300 m de la unión de Río Santa Ana y Río Pajonal Altitud 1205 m.s.n.m. 20 k 0379439; UTM 7617849	Acceso al lado del camino que va la Comunidad de Valle del Medio	Aguas abajo de la población de la Entre Ríos a 300 m de la unión del Río Santa Ana con el Río Pajonal, recibe aportes de aguas residuales urbanas.
<b>PC-9</b>	Río Salinas (Comunidad de Salinas)	Debajo del puente pasarela de la Comunidad de Salinas Altitud 1060 m.s.n.m. 20 k 0371941; UTM 7589397	Acceso a 400 m del camino a la comunidad de Salinas La Misión	Aguas debajo de las comunidades de Salinas Santa Clara, La Cueva, El Puesto, uso de agua en riego.
<b>PC-10</b>	Río Chiquiacá (antes de la comunidad de Chiquiacá)	A 50 m del camino que va a la Comunidad de Chiquiacá Altitud 908 m.s.n.m. 20k 0385175; UTM 7586983	Cercana al camino que va a la comunidad de Chiquiacá	Uso de agua en riego y para bebedero de animales.
<b>PC-11</b>	Río Chiquiacá (después de la comunidad de Chiquiacá)	Después de la Comunidad de Chiquiacá a 100 m del camino que va a la Comunidad de Pampa Redonda Altitud 861 m.s.n.m. 20k 0383709; UTM 7580880	Cercana al camino que va a la comunidad de Pampa Redonda	Uso de agua en riego y para bebedero de animales.
<b>PC-12</b>	Río Itaú cercana al Cajón	En el Río Itaú, antes de la unión con el Río Tarija Altitud 461 m.s.n.m. 20k 0386882; UTM 7529680	A 400 m del puente en construcción sobre el Río Tarija	Río proveniente del Municipio de Caraparí.
<b>PC-13</b>	Quebrada 9 (después del Ingenio azucarero de Bermejo)	En la Quebrada 9 antes de la unión con el Río Grande de Tarija. Altitud 380 m s.n.m. 20 K 0367965; UTM 7488537	Camino de tierra entre las plantaciones de caña de azúcar, ingreso por Arrozales	Punto de impacto en época de zafra azucarera aportes de las aguas residuales del Ingenio Azucarero y destilería de Alcohol
<b>PC-14</b>	Río Grande de Tarija (después de la Unión con la Qda. 9)	Se ubica a 600 m de la unión del Río Grande de Tarija con la Quebrada 9. Altitud 380 m.s.n.m. 20 k 0369726; UTM 7486301	Camino de tierra entre las plantaciones de caña de azúcar, ingreso por Arrozales internacional.	Aguas debajo de la unión con la quebrada 9, principal aportante de materia orgánica y nutrientes en época de zafra



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

<b>PC-15</b>	Río Camacho	A la altura de Tacuará, luego de la unión con Río Cañas. Altitud 2025 m.s.n.m. 20 k 0309874; UTM 7577987	Acceso al lado del camino a la Comunidad de Cañas con la comunidad de Camacho	Uso de agua en riego.
<b>PC-16</b>	Río Orozas (después de Padcaya)	Aguas abajo de la población de Padcaya Altitud 1845 m.s.n.m. 20 K 0324922; UTM 7573810	Acceso al lado de la Carretera a Bermejo, después aguas abajo del puente de Payo, luego de la unión del Río Orozas con la Quebrada de Payo	Aguas abajo de la población de Padcaya.
<b>PC-17</b>	Río Santa Rosa (Frente la Mamora)	400 m del puente que une la población de La Mamora (Lado Boliviano) y Toldos (Lado Argentino), a 100 m antes de la Unión con el Río Orozas. Altitud 1174 m s.n.m. 20 K 0327896; UTM 7545080	Camino de tierra que va a la Población de Toldos (Cruzando El Puente). Frente a La Mamora.	Punto de impacto, claramente se observa la turbiedad proveniente aguas arriba del punto considerado
<b>PC-18</b>	Río Condado (La Mamora)	Se ubica debajo del Puente que une la población de la Mamora (Lado Boliviano) y Toldos (Lado Argentino) Altitud 1146 m.s.n.m. 20 k 0329513; UTM 7545038	Acceso al lado del camino que va al puente internacional.	Aguas debajo de la población de la Mamora a 300 m de la unión del Río Santa Rosa con el Río Condado
<b>PC-19</b>	Río Bermejo (Emborozú)	A 50 m de la unión del Río Condado con el Río Emborozú Altitud 838 m.s.n.m. 20 k 0342059; UTM 7535301	Acceso a 400 m de la carretera a Bermejo.	Aguas debajo de la unión de los Ríos Condado y Emborozú
<b>PC-20</b>	Río Bermejo (Salado)	A 100 m de la unión del Río Bermejo con el Río Salado. Altitud 605 m.s.n.m. 20k 0347863; UTM 7515394	Acceso después del Puente sobre el Río Salado a 200 m de la carretera a Bermejo.	Aguas debajo de la unión de los Ríos Bermejo y Salado.
<b>PC-21</b>	Río Bermejo	Aguas debajo del Puente Internacional que une Bermejo (Bolivia) con Aguas Blancas (Argentina) antes de la población de Bermejo Altitud 333 m.s.n.m. 20k 0359326; UTM 7486095	Al lado del camino que va a Aguas Blancas	
<b>PC-22</b>	Río Bermejo	Aguas debajo de la población de Bermejo (Bolivia), después de las lagunas de oxidación. Altitud 384 m.s.n.m. 20k 0363108; UTM 7480474	A 200 m del camino al aeropuerto	Aportes cloacales de la localidad de Bermejo después de las lagunas de oxidación.



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

A la lista presentada en el cuadro anterior, se ha agregado el **PC-0**, ubicado en el canal de trasvase de la represa de Huacata.

En la presente campaña de muestreo, se ha cambiado la ubicación del PC-16, sobre río Orozas, debido a que tanto el DBC, el estudio de monitoreo del 2012 y el plan de monitoreo para el 2013, indicaba la ubicación de este punto sobre un afluente del río Orozas y no sobre el río Orozas el cual recibe las aguas residuales de la población de Padcaya.

En la Gráfica 1, se indica el punto de muestreo equivocado rotulado como “Este no se Muestra” y la ubicación correcta del punto de muestreo PC-16.

**Gráfica 1. Ubicación correcta del Punto de Muestreo PC-16**



### 2.3. Parámetros Analíticos por Punto de Control

En el Cuadro 2, se presentan los parámetros de calidad de agua, que han sido establecidos por el DBC y por el Plan de Monitoreo de Calidad del Agua de la Cuenca Alta del Río Bermejo 2013.



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

## Cuadro 2.- PARÁMETROS ANALÍTICOS

Nº	PARÁMETRO	UNID.	MÉTODO
<b>MEDICIÓN UN SITU</b>			
1	pH		Electrométrico
2	Conductividad	µS/cm	Potenciométrico
3	Oxígeno disuelto	mg/l	Oxímetro
4	% Saturación OD	%	
5	Turbidez	NTU	Nefelométrico
6	Temperatura	°C	Termométrico
<b>MEDICIÓN EN LABORATORIO</b>			
7	Acidez	mg/l	Titulométrico
8	Alcalinidad total	mg/l	Titulométrico
9	Carbonatos	mg/l	Titulométrico
10	Bicarbonatos	mg/l	Titulométrico
11	Nitrógeno amoniacal	mg/l	Espectrofotométrico
12	Calcio	mg/l	Fotometría de llama
13	Cloruro	mg/l	Espectrofotométrico
14	Color	mg/l	Espectrofotométrico
15	DBO <sub>5</sub>	mg/l	Respirométrico
16	DQO	mg/l	Espectrofotométrico
17	Dureza total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	Complexometría
18	Fósforo total	mg/l	Espectrofotométrico
19	Grasas y aceites	mg/l	Extracción Soxhlet
20	Magnesio	mg/l	Nomográfico
21	Nitrato	mg/l	Espectrofotométrico
22	Nitrito	mg/l	Espectrofotométrico
23	Potasio	mg/l	Fotometría de llama
24	Sodio	mg/l	Fotometría de llama
25	Sólidos Totales	mg/l	Gravimetría
26	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	Potenciométrico
27	Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	Espectrofotométrico
28	Sulfato	mg/l	Espectrofotométrico
29	Coliformes totales	UFC/100 ml	Membrana filtrante
30	Coliformes fecales	UFC/100 ml	Membrana filtrante
31	Clorofila "A"	µg/l	Espectrofotométrico



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

32	Arsénico	mg/l	ASTM D 2972 B
33	Antimonio	mg/l	ASTM D 3697
34	Hierro	mg/l	ASTMD 1068 A
35	Plomo	mg/l	ASTM D 3559
36	Plata	mg/l	ASTMD 3866 B
37	Mercurio	mg/l	ASTMD 3223
38	Niquel	mg/l	ASTMD 1886 A
39	Zinc	mg/l	ASTMD 1691
40	Sulfuros	mg/l	ASTMD 376,2
41	Cromo	mg/l	ASTMD 516
42	Cianuro	mg/l	ASTMD 516
43	Radiactividad	µSv / h	Contador Geiger-Mueller

	Parámetros analíticos a realizarse en todos los Puntos de Control
	Parámetros analítico a realizarse en PC-3, PC-4, PC-17 y PC-18

De acuerdo al Plan de Monitoreo y el Plan de Trabajo aprobado, los parámetros sombreados con celeste, se deben realizar solo en los puntos de control PC-3, PC-4, PC-17 y PC-18, el resto de los parámetros se deben realizar en todos los puntos de control. Adicionalmente se analizaran:

- Metales pesados en sedimentos en PC-17 y PC-18 y en la represa de Huacata PC-0,
- Radiactividad en todos los puntos de muestreo, incluyendo Huacata y el río Victoria (a partir de la segunda campaña de muestreo)

En la tercera campaña de muestreo, se han analizado metales pesados solubles en los puntos correspondientes, también se ha analizado metales pesados en sedimentos del PC-17 y PC-18; en la muestra de Huacata PC-0, no se ha realizado análisis de sedimentos debido a que no se ha encontrado cantidades importantes de sedimentos en las muestras tomadas.

En el Cuadro 3, se presenta una matriz que indica los parámetros de calidad que deben ser analizados para cada puntos de control.



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

## **2.4. Cronograma de Campañas de Muestreo**

Para un muestreo y aforo óptimo, este se ha desarrollado de acuerdo al siguiente cronograma:

- Primer campaña de muestreo: 12 al 16 de Julio del 2013
- Segunda campaña de muestreo: 20 al 23 de Septiembre del 2013
- Tercer campaña de muestreo: 11 de Diciembre del 2013 al 5 de Enero del 2014
- Cuarta campaña de muestreo: 5 al 23 de Febrero del 2014

## **2.5. Personal Técnico y Responsabilidades**

En el desarrollo de las campañas de muestreo, aforo y análisis in situ, ha participado el siguiente personal:

Neyda Cardozo Basco – Especialista en Muestreo y Análisis In Situ  
Luciana Porcel - Especialista en Muestreo y Análisis In Situ  
Raúl Gutierrez - Técnico Aforador del SENAMHI  
Ivar Farfán - Técnico Aforador del SENAMHI  
Richard Ivan Medina Hoyos – Profesional Principal

La responsabilidad de Raúl Gutiérrez e Ivar Farfán, es identificar y aforar los puntos de muestreo.

La responsabilidad de Neyda Cardozo y Luciana Porcel es: Identificar los puntos de muestreo, anotar datos, fecha, hora, medición de pH, conductividad, Turbiedad, Oxígeno Disuelto, Temperatura del Agua y Temperatura Ambiente, lecturar altitud y georeferenciación, registro fotográfico, tomar muestra para análisis microbiológico, análisis básico, metales pesados y algas; codificar los frascos, además de responsabilizarse de la custodia, preservación y transporte de las muestras.

La responsabilidad de Richard Ivan Medina es la dirección del trabajo, redacción de informes y simulación computacional





Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 3. Parámetros de Calidad del Agua por Punto de Control**

PARAMETROS	PUNTOS DE CONTROL (PC)																						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
<b>MEDICIÓN UN SITU</b>																							
1	pH	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Conductividad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Oxígeno disuelto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	% Saturación OD	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Turbidez	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Temperatura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>MEDICIÓN EN LABORATORIO</b>																							
7	Acidez	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Alcalinidad total	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	Carbonatos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	Bicarbonatos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	Nitrógeno amoniacal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	Calcio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13	Cloruro	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14	Color	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	DBO <sub>5</sub>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16	DQO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17	Dureza total	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
18	Fósforo total	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
19	Grasas y aceites	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20	Magnesio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21	Nitrato	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
22	Nitrito	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23	Potasio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24	Sodio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
25	Sólidos Totales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
26	Sólidos Disueltos Totales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
27	Sólidos Suspendidos Totales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
28	Sulfato	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
29	Coliformes totales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30	Coliformes fecales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
31	Clorofila "A"	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
32	Arsénico	X			X	X												X	X				
33	Antimonio	X			X	X												X	X				
34	Hierro	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
35	Plomo	X			X	X												X	X				
36	Plata	X			X	X												X	X				
37	Mercurio	X			X	X												X	X				
38	Niquel	X			X	X												X	X				
39	Zinc	X			X	X												X	X				
40	Sulfuros	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
41	Cromo	X			X	X												X	X				
42	Cianuro libre	X			X	X												X	X				
43	Radiactividad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

## **2.6. Metodología de Toma de Muestras Puntuales y Preservación**

### **a.- Muestras para análisis in Situ:**

Se ha realizado análisis In Situ: pH, Turbiedad, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Temperatura Ambiental y Temperatura del Agua (Ver parámetros analíticos del 1 al 6 en Cuadro 2).

Para la toma de muestra, se ha utilizado, vasos plásticos desechables, previo enjuague (tres veces con el agua de la fuente bajo muestreo).

### **b.- Muestras para análisis básico en laboratorio**

Para análisis de parámetros analíticos del 7 al 28; 34, 40 y 43 del Cuadro 2, en laboratorio.

La muestra ha sido tomada en un bote PET marcado como “Análisis Básico” (destapado solo antes del muestreo) de 600 ml, esterilizado, previo enjuague con la muestra y transportada al laboratorio RIMH dentro de las 24 horas del muestreo.

### **c.- Muestras para análisis de metales pesados en laboratorio**

Para análisis de parámetros analíticos del 32 y 33; 35 al 39 y 41, del Cuadro 2, en laboratorio.

Las muestras se han tomado en botes de Polipropileno de 250 ml, el frasco ha sido marcado con “Metales Pesados”, antes de toma de muestra, en caso de ser necesario la muestra ha sido filtrada al echar al bote con embudo y papel filtro.

### **d.- Muestras para análisis microbiológico en laboratorio**

Para análisis de parámetros analíticos del 29 y 30 del Cuadro 2, en laboratorio.

Para análisis bacteriológico la muestra ha sido tomada en frascos plásticos esterilizados y sellados en fabrica de 50 ml, (destapado instantes antes del muestreo), la muestra refrigerada y transportada al laboratorio RIMH, dentro de las 24 horas del muestreo.



*Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo*  
**OTN-PB**

f.- Muestras para análisis de Clor “a” y Aceites y Grasas en laboratorio

Para análisis de Clor “a” y Aceites y Grasas en laboratorio, parámetros analíticos 31 y 19 del Cuadro 2.

Para la muestra ha sido tomada en botes PET de 600 ml, esterilizados, con 10 ml, de formol y marcado con “Algas y AG” (destapado instantes antes del muestreo) la muestra estabilizada con formol y refrigerada, ha sido enviada al laboratorio.

g.- Medición de Caudales

La medición de caudales se realizó con el método del molinete, en caso de imposibilidad técnica de la medición se ha estimado a partir de escalas diarias reportadas por la Comisión Regional del río Bermejo (COREBE) Sistema de Información Hidrológica de la Cuenca del río Bermejo, en las estaciones hidrométricas de Bapaluca y Aguas Blancas sobre el río Bermejo.

## **2.7. Protocolos de Muestreo y Custodia de Muestras**

Para cada campaña de muestreo se han elaborado protocolos de muestreo diario, donde se indica, datos generales, condiciones de muestreo, material para el muestreo, registro de muestreo, información sobre aforos y manipulación y custodia de la muestra con firmas de los responsables. En el **Anexo 1** se adjuntan los protocolos de muestreo para las cuatro campañas de monitoreo.

## **2.8. Registros Fotográficos**

En el **Anexo 2**, se presentan registros fotográficos del trabajo de campo de las cuatro campañas de monitoreo.

## **2.9. Laboratorios y Servicios Contratados**

Para el análisis de las muestras en laboratorio, se ha contratado los siguientes laboratorios reconocidos a nivel nacional y con certificado de ensayo de aptitud otorgada por el IBMETRO:

- Laboratorio Spectrolab de la UTO, para análisis de metales pesados
- Laboratorio privado RIMH, para análisis In Situ y análisis básicos en laboratorio



*Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo*  
**OTN-PB**

En **Anexo 3**, se adjuntan referencias de cada laboratorio contratado

Para el aforo se ha contratado al Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología SENAMHI

### **3. DIFUSION DE RESULTADOS**

#### **3.1. Control Social**

Antes de cada campaña de muestreo se ha comunicado a la Asociación de Municipios de Tarija AMT (donde están afiliados todos los municipios que abarcan la Cuenca Alta del Bermejo).

En el **Anexo 4**, se adjuntan los comunicados a la AMT, antes de iniciar cada campaña de monitoreo.

En los comunicados se invita a los municipios a realizar comentarios y sugerencias sobre el trabajo de monitoreo.

#### **3.2. Taller Informativo**

##### **Objetivo General**

Socializar resultados y obtener criterios para mejorar futuros monitoreos en la Cuenca Alta del Bermejo

##### **Información General**

Fecha: 10 de Abril del 2013

Hora: 15:00 p.m.

Lugar: Salón de reuniones de la OTN - PB

Número de invitados: 25 personas

Invitados: Unidades ambientales de los municipios de Cercado, San Lorenzo, Uriondo, Padcaya, Entre Ríos y Bermejo; Dirección de medio ambiente del Gobierno Autónomo Departamental de Tarija, Gobiernos Seccionales, UAJMS, etc.

Número de Asistentes: 15



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

## **Metodología**

En la reunión se ha presentado el Boletín Informativo de Monitoreo de la Cuenca Alta del Bermejo 2013, tanto en forma impresa y otros aspectos en diapositivas, abriendo un espacio de reflexión, para recibir preguntas, aclaraciones, criterios, sugerencias y observaciones.

En el **Anexo 5**, se presenta el Boletín Informativo y la presentación en diapositivas

## **Programa**

15:00 – 16:00: Registro de Participantes

16:00 – 16:10: Palabras de introducción por el Jefe Técnico de la OTN – PB.

16:10 - 16:40: Presentación de resultados del monitoreo 2013 y ajustes del plan de monitoreo 2014.

16:40 – 17:00: Refrigerio

17:00-17:20: Espacio de reflexión, aclaración, consenso y recepción de observaciones y sugerencias verbales, Acta.

17:20 – 17:30: Clausura

En **Anexo 5**, se presenta lista de asistencia, registros fotográficos y acta.

## **Conclusiones**

Las principales conclusiones que constan en el acta del taller, se refieren a la incorporación en el monitoreo de la represa de San Jacinto, metales pesados y plaguicidas en la Quebrada El Nueve, plaguicidas en otros puntos críticos e incorporación de tributarios de los cursos principales.

### **3.3. Boletín Informativo**

En **Anexo 5**, se presenta el Boletín Informativo con la síntesis de los resultados del monitoreo 2013 - 2014.

## **4. RESULTADOS**

En los Cuadros 4, se presenta una síntesis de los resultados de análisis In Situ, en Laboratorios y Aforos para las cuatro campañas de muestreo.

Los reportes analíticos y de aforo de las cuatro campañas, se adjuntan en el **Anexo 6**.



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 4 a Síntesis de Resultados: 1er Campaña**

N°	ANÁLISIS o MEDICION	Unid	PC-1 R. Guatallaquívir	PC-2 R. Guatallaquívir	PC-3 R. Guatallaquívir	PC-4 R. Guatallaquívir	PC-5 R. Guatallaquívir	PC-6 R. Santa Ana	PC-7 R. Pajonal
<b>Medición Hidráulica y Climática</b>									
1	Caudal	(m <sup>3</sup> /s)	0,378	0,347	0,938	1,149	3,613	0,467	0,634
2	Temperatura ambiental - In Situ	°C	23,60	20,50	19,60	20,50	14,50	18,40	17,70
<b>Análisis Físico</b>									
1	Temperatura - In Situ	°C	17,30	18,30	17,60	18,00	13,70	16,20	16,30
2	Turbiedad - In Situ	NTU	1,96	8,07	13,63	115,30	10,15	2,92	2,00
3	pH - In Situ		8,10	8,20	7,50	8,20	7,50	8,70	8,30
4	Conductividad - In Situ	µS/cm	120,20	181,20	132,80	262,00	293,00	334,00	446,00
5	Sólidos totales disueltos	mg/l	46,44	71,41	51,61	102,64	105,41	126,26	168,94
6	Sólidos en suspensión	mg/l	2,36	9,70	16,35	132,47	12,20	3,52	2,41
7	Sólidos totales	mg/l	48,80	81,11	67,97	235,11	117,61	129,78	171,35
8	Color	Unid. APHA	3,20	19,80	9,60	32,40	17,40	1,60	2,20
<b>Análisis Químico</b>									
1	Acidez total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	8,00	14,00	10,00	20,00	12,00	0,00	0,00
2	Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	28,00	38,00	30,00	60,00	54,00	52,00	58,00
3	Carbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	0,00	2,00	0,00	3,00	0,00	4,00	8,00
4	Bicarbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	28,00	36,00	30,00	57,00	54,00	48,00	50,00
5	Oxígeno disuelto - In Situ	mg/l	8,00	7,20	4,20	4,10	8,40	9,60	9,30
6	% Saturación OD - In Situ	%	106,58	97,19	55,05	53,82	98,80	113,14	109,88
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	9,00	34,80	31,80	109,50	19,80	19,40	20,20
8	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	17,01	65,08	69,96	204,77	39,38	40,93	39,81
9	Fósforo total (como PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/l	0,42	0,91	0,54	0,94	0,75	0,48	0,27
10	Aceites y Grasas	mg/l	ND	ND	ND	4,00	ND	ND	ND
11	Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	6,72	10,49	22,53	7,08	22,72	2,74	6,03
12	Nitritos (como NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,13	0,13	0,12	0,24	0,73	0,07	0,01
13	Nitrógeno Amoniacal (como NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	0,76	<0,5	<0,5	<0,5
14	Dureza (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	40,96	51,20	43,52	87,04	92,16	119,85	142,80
15	Calcio	mg/l	8,00	10,00	8,00	12,00	16,00	28,00	42,00
16	Cloruros	mg/l	1,00	2,54	0,97	11,21	13,55	12,56	34,87
17	Sulfatos	mg/l	23,83	37,43	24,41	52,93	51,28	89,73	110,23
18	Magnesio	mg/l	5,09	6,37	5,72	13,86	12,67	12,11	9,19
19	Sodio	mg/l	7,00	14,00	10,00	19,00	23,00	19,00	35,00
20	Potasio	mg/l	1,80	2,80	1,90	2,20	1,95	3,10	3,20
21	Arsénico	mg/l	No determinado	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado
22	Antimonio	mg/l	No determinado	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado
23	Hierro	mg/l	0,11	0,15	0,12	0,09	0,20	0,29	0,30
24	Plomo	mg/l	No determinado	No determinado	<0,03	<0,03	No determinado	No determinado	No determinado
25	Plata	mg/l	No determinado	No determinado	<0,04	<0,04	No determinado	No determinado	No determinado
26	Mercurio	mg/l	No determinado	No determinado	<0,001	<0,001	No determinado	No determinado	No determinado
27	Niquel	mg/l	No determinado	No determinado	<0,1	<0,1	No determinado	No determinado	No determinado
28	Zinc	mg/l	No determinado	No determinado	<0,05	<0,05	No determinado	No determinado	No determinado
29	Sulfuros	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
30	Cromo	mg/l	No determinado	No determinado	<0,03	<0,03	No determinado	No determinado	No determinado
31	Cianuro libre	mg/l	No determinado	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado
<b>Análisis Bacteriológico - Fitoplancton</b>									
1	Coliformes Totales	NMP/100 ml	5,80E+01	2,67E+04	3,36E+05	1,90E+05	1,91E+02	5,81E+02	1,29E+03
2	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1,20E+01	1,20E+04	5,81E+04	4,39E+04	6,00E+01	1,86E+02	2,86E+02
3	Clor "a"	µg/l	1,760	2,900	3,531	2,670	2,153	1,789	2,410





Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 4 a. Síntesis de Resultados: 1er Campaña**

N°	ANÁLISIS o MEDICION	Unid	PC-8 R. Salinas 1	PC-9 R. Salinas 2	PC-10 R. Chiquiaca 1	PC-11 R. Chiquiaca 2	PC-12 R. Itau	PC-13 Oda. El Nueve	PC-14 R. Grande de Tarja	PC-15 R. Camacho
<b>Medición Hidráulica y Climática</b>										
1	Caudal	(m <sup>3</sup> /s)	1,574	1,449	0,564	0,652	0,926	0,117	19,940	1,239
2	Temperatura ambiental - In Situ	°C	17,10	18,10	17,70	22,40	13,00	18,90	24,30	13,60
<b>Análisis Físico</b>										
1	Temperatura - In Situ	°C	16,20	16,50	16,20	16,70	13,80	18,10	21,80	13,10
2	Turbiedad - In Situ	NTU	3,17	2,17	3,90	2,14	5,00	5,00	7,35	5,03
3	pH - In Situ		8,30	8,20	8,30	8,20	7,90	7,90	8,10	7,30
4	Conductividad - In Situ	µS/cm	549,00	530,00	512,00	543,00	603,00	917,00	708,00	83,60
5	Sólidos totales disueltos	mg/l	207,54	201,55	193,55	207,32	217,37	359,95	299,04	29,72
6	Sólidos en suspensión	mg/l	3,82	2,62	4,70	2,58	6,02	6,02	8,84	6,06
7	Sólidos totales	mg/l	211,36	204,17	198,25	209,89	223,39	365,97	307,88	35,78
8	Color	Unid. APHA	3,00	1,20	1,00	7,20	2,00	5,00	3,60	0,80
<b>Análisis Químico</b>										
1	Acidez total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	16,00	14,00	12,00	12,00	18,00	22,00	18,00	8,00
2	Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	68,00	78,00	88,00	120,00	110,00	174,00	130,00	32,00
3	Carbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	10,00	10,00	14,00	12,00	4,00	0,00	0,00	0,00
4	Bicarbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	58,00	68,00	74,00	108,00	106,00	174,00	130,00	32,00
5	Oxígeno disuelto - In Situ	mg/l	10,30	10,80	9,70	9,20	12,10	7,70	10,70	10,20
6	% Saturación OD - In Situ	%	120,87	125,60	109,93	101,20	123,89	85,38	127,63	124,05
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	46,20	15,80	13,00	11,20	16,60	225,00	14,80	14,00
8	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	88,24	32,07	37,19	37,19	29,55	423,00	29,16	25,05
9	Fósforo total (como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/l	0,45	0,68	0,91	0,31	0,37	0,37	0,29	0,40
10	Aceites y Grasas	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
11	Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	8,26	8,31	4,25	5,12	3,75	3,81	2,51	8,26
12	Nitritos (como NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,19	0,14	0,05	0,03	0,08	0,02	0,05	0,05
13	Nitrógeno Amoniacal (como NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
14	Dureza (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	147,90	163,20	198,90	221,85	153,00	270,30	219,30	35,70
15	Calcio	mg/l	42,00	41,00	75,00	62,00	36,00	90,00	41,00	3,00
16	Cloruros	mg/l	63,70	65,10	4,90	6,42	70,66	115,11	116,74	0,17
17	Sulfatos	mg/l	101,59	97,80	153,55	126,63	89,42	119,22	65,15	9,99
18	Magnesio	mg/l	10,42	14,75	2,77	16,24	15,31	11,01	28,38	6,85
19	Sodio	mg/l	55,00	45,00	25,00	21,00	63,00	78,00	60,00	3,00
20	Potasio	mg/l	5,60	3,80	4,10	2,80	6,80	15,20	4,60	0,32
21	Arsénico	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
22	Antimonio	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
23	Hierro	mg/l	0,26	0,10	0,09	0,21	0,22	0,01	0,16	0,10
24	Plomo	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
25	Plata	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
26	Mercurio	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
27	Niquel	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
28	Zinc	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
29	Sulfuros	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
30	Cromo	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
31	Cianuro libre	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
<b>Análisis Bacteriológico - Fitoplancton</b>										
1	Coliformes Totales	NMP/100 ml	3,36E+03	1,91E+02	1,27E+02	4,67E+02	1,30E+01	1,90E+05	3,40E+01	1,27E+02
2	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	5,81E+02	4,60E+01	6,10E+01	1,23E+02	4,00E+00	7,80E+04	9,00E+00	5,00E+01
3	Clor "a"	µg/l	1,948	3,571	1,321	1,948	1,120	3,875	1,534	1,364



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 4 a. Síntesis de Resultados: 1er Campaña**

N°	ANÁLISIS o MEDICION	Unid	PC-16 R. Orozas	PC-17 R. Santa Rosa	PC-18 R. Condado	PC-19 R. Bermejo 1	PC-20 R. Bermejo 2	PC-21 R. Bermejo 3	PC-22 R. Bermejo 4
<b>Medición Hidráulica y Climática</b>									
1	Caudal	(m <sup>3</sup> /s)	0,024	4,948	5,392	14,000	16,000	15,050	15,120
2	Temperatura ambiental - In Situ	°C	15,20	20,50	21,30	23,00	26,60	28,50	27,60
<b>Análisis Físico</b>									
1	Temperatura - In Situ	°C	18,00	16,30	18,00	19,00	20,40	21,80	24,60
2	Turbiedad - In Situ	NTU	8,40	14,73	13,80	6,50	4,03	4,90	6,35
3	pH - In Situ		7,30	7,80	8,00	8,10	8,20	8,20	8,90
4	Conductividad - In Situ	µS/cm	374,00	190,80	194,80	189,30	188,20	206,00	228,00
5	Sólidos totales disueltos	mg/l	146,52	72,27	76,31	75,64	77,32	87,01	101,79
6	Sólidos en suspensión	mg/l	10,10	17,66	16,56	7,82	4,85	5,90	7,64
7	Sólidos totales	mg/l	156,62	89,94	92,87	83,46	82,17	92,91	109,43
8	Color	Unid. APHA	5,60	2,40	5,60	2,40	1,60	0,60	10,20
<b>Análisis Químico</b>									
1	Acidez total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	18,00	12,00	10,00	9,00	8,00	12,00	12,00
2	Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	100,00	50,00	46,00	46,00	46,00	48,00	44,00
3	Carbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00
4	Bicarbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	100,00	50,00	46,00	46,00	46,00	48,00	32,00
5	Oxígeno disuelto - In Situ	mg/l	8,50	10,20	10,40	10,50	11,10	10,50	11,90
6	% Saturación OD - In Situ	%	105,67	119,76	125,97	128,50	132,09	125,84	149,72
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	40,80	43,20	40,80	39,00	42,60	43,80	42,00
8	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	77,15	91,15	83,64	76,44	81,83	87,12	92,82
9	Fósforo total (como PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/l	0,49	0,60	0,26	0,30	0,39	0,57	0,53
10	Aceites y Grasas	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
11	Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	2,05	3,42	5,23	4,90	4,14	6,19	3,75
12	Nitritos (como NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,03	0,09	0,06	0,60	0,08	0,20	0,16
13	Nitrógeno Amoniacal (como NH <sub>3</sub> )	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
14	Dureza (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	132,60	76,50	73,95	71,40	68,34	71,40	79,05
15	Calcio	mg/l	30,00	15,50	16,00	15,40	15,00	15,00	17,00
16	Cloruros	mg/l	25,46	3,02	3,28	4,20	5,59	5,22	6,12
17	Sulfatos	mg/l	51,02	41,74	48,06	39,00	40,45	41,73	51,08
18	Magnesio	mg/l	14,00	9,17	8,25	7,99	7,49	8,24	8,88
19	Sodio	mg/l	22,00	7,00	9,00	9,40	10,00	12,00	15,00
20	Potasio	mg/l	3,50	2,60	2,70	2,40	2,50	2,60	2,30
21	Arsénico	mg/l	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
22	Antimonio	mg/l	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
23	Hierro	mg/l	0,09	0,28	0,19	0,24	0,26	0,04	0,04
24	Plomo	mg/l	No determinado	<0,03	<0,03	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
25	Plata	mg/l	No determinado	<0,04	<0,04	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
26	Mercurio	mg/l	No determinado	<0,001	<0,001	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
27	Niquel	mg/l	No determinado	<0,1	<0,1	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
28	Zinc	mg/l	No determinado	0,06	0,06	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
29	Sulfuros	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
30	Cromo	mg/l	No determinado	<0,03	<0,03	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
31	Cianuro libre	mg/l	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
<b>Análisis Bacteriológico - Fitoplancton</b>									
1	Coliformes Totales	NMP/100 ml	5,81E+02	7,03E+02	1,99E+02	1,54E+02	1,26E+02	1,30E+01	1,40E+01
2	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1,27E+02	1,90E+02	6,70E+01	3,80E+01	6,10E+01	4,00E+00	5,00E+00
3	Clor "a"	µg/l	2,432	3,054	2,780	1,967	2,156	1,997	2,211



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 4 b Síntesis de Resultados: 2da Campaña**

Nº	ANÁLISIS o MEDICION	Unid	PC-1 R. Gualdalquivir	PC-2 R. Gualdalquivir	PC-3 R. Gualdalquivir	PC-4 R. Gualdalquivir	PC-5 R. Gualdalquivir	PC-6 R. Santa Ana	PC-7 Pajonal
<b>Medición Hidráulica y Climática</b>									
1	Caudal	(m <sup>3</sup> /s)	0,162	0,111	0,541	2,748	1,643	0,331	0,433
2	Temperatura ambiental - In Situ	°C	21,80	23,90	22,30	23,20	20,50	12,10	12,20
<b>Análisis Físico</b>									
1	Temperatura - In Situ	°C	19,60	18,90	18,60	18,40	18,00	18,70	18,90
2	Turbiedad - In Situ	NTU	1,44	3,04	39,70	185,38	13,20	1,43	1,36
3	pH - In Situ		7,70	7,80	7,60	7,90	9,20	8,40	8,30
4	Conductividad - In Situ	µS/cm	164,50	192,80	181,00	185,60	201,00	392,00	555,00
5	Sólidos totales disueltos	mg/l	66,52	76,89	71,75	73,29	78,74	155,71	221,33
6	Sólidos en suspensión	mg/l	1,74	3,66	47,11	206,50	15,84	1,72	1,64
7	Sólidos totales	mg/l	68,25	80,55	118,87	279,78	94,58	157,43	222,97
8	Color	Unid. APHA	3,20	1,60	12,20	36,80	11,60	3,60	5,40
<b>Análisis Químico</b>									
1	Acidez total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	10,00	10,00	10,00	8,00	0,00	0,00	0,00
2	Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	20,00	22,00	34,00	36,00	32,00	56,00	88,00
3	Carbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	10,00	10,00
4	Bicarbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	20,00	22,00	34,00	36,00	24,00	46,00	78,00
5	Oxígeno disuelto - In Situ	mg/l	8,37	11,00	7,80	7,37	12,00	8,10	9,90
6	% Saturación OD - In Situ	%	115,54	150,43	107,21	100,64	154,30	81,34	101,83
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	48,00	66,00	90,00	66,00	96,00	54,00	24,00
8	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	69,72	90,64	125,13	85,48	174,57	92,34	47,04
9	Fósforo total (como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/l	0,50	0,84	0,69	0,75	1,04	0,48	0,58
10	Aceites y Grasas	mg/l	ND	ND	ND	2,00	ND	ND	ND
11	Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	13,71	20,31	13,15	16,11	35,43	9,80	13,48
12	Nitritos (como NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,07	0,02	0,02	0,37	0,66	0,03	0,05
13	Nitrógeno Amoniacal (como NH <sub>3</sub> )	mg/l	<0,5	<0,5	6,05	8,27	<0,5	<0,5	<0,5
14	Dureza (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	61,44	61,44	61,44	66,56	76,80	153,00	193,80
15	Calcio	mg/l	9,00	13,00	10,00	9,00	9,00	27,00	38,00
16	Cloruros	mg/l	4,93	5,16	7,33	5,83	3,89	16,82	41,75
17	Sulfatos	mg/l	40,40	51,65	36,63	46,50	41,99	101,50	107,56
18	Magnesio	mg/l	9,46	7,03	8,85	10,71	13,19	20,78	24,01
19	Sodio	mg/l	8,00	13,00	13,00	14,00	13,00	17,00	35,00
20	Potasio	mg/l	1,50	2,50	1,80	2,50	1,80	3,30	3,20
21	Arsénico	mg/l	No determinado	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado
22	Antimonio	mg/l	No determinado	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado
23	Hierro	mg/l	0,25	0,31	0,16	0,23	0,22	0,12	0,24
24	Plomo	mg/l	No determinado	No determinado	<0,03	<0,03	No determinado	No determinado	No determinado
25	Plata	mg/l	No determinado	No determinado	<0,04	<0,04	No determinado	No determinado	No determinado
26	Mercurio	mg/l	No determinado	No determinado	<0,001	<0,001	No determinado	No determinado	No determinado
27	Níquel	mg/l	No determinado	No determinado	<0,1	<0,1	No determinado	No determinado	No determinado
28	Zinc	mg/l	No determinado	No determinado	<0,05	<0,05	No determinado	No determinado	No determinado
29	Sulfuros	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
30	Cromo	mg/l	No determinado	No determinado	<0,03	<0,03	No determinado	No determinado	No determinado
31	Cianuro libre	mg/l	No determinado	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado
<b>Análisis Bacteriológico - Fitoplancton</b>									
1	Coliformes Totales	NMP/100 ml	1,89E+02	1,27E+04	1,91E+05	2,86E+05	2,86E+02	3,65E+02	3,06E+02
2	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	5,40E+01	6,08E+03	9,44E+04	6,93E+04	9,00E+01	9,61E+01	6,80E+01
3	Clor "a"	µg/l	1,960	3,100	3,637	2,970	2,340	2,140	2,210



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 4 b. Síntesis de Resultados: 2da Campaña**

Nº	ANÁLISIS o MEDICION	Unid	PC-8 R. Salinas 1	PC-9 R. Salinas 2	PC-10 R. Chiquilaca 1	PC-11 R. Chiquilaca 2	PC-12 R. Itau	PC-13 Qda. El Nueve	PC-14 R. Grande de Tarja	PC-15 R. Camacho
<b>Medición Hidráulica y Climática</b>										
1	Caudal	(m <sup>3</sup> /s)	0,670	0,802	0,601	0,700	0,938	0,223	14,310	0,458
2	Temperatura ambiental - In Situ	°C	12,60	11,90	12,90	13,10	28,80	21,80	15,80	11,80
<b>Análisis Físico</b>										
1	Temperatura - In Situ	°C	18,50	18,50	19,00	18,40	18,40	18,40	19,00	19,40
2	Turbiedad - In Situ	NTU	4,49	2,37	2,72	2,84	2,66	673,30	11,80	4,43
3	pH - In Situ		8,30	7,00	8,20	8,20	8,70	5,60	7,70	7,90
4	Conductividad - In Situ	µS/cm	662,00	658,00	516,00	559,00	665,00	1512,00	848,00	97,10
5	Sólidos totales disueltos	mg/l	261,92	260,34	206,19	220,73	262,59	597,04	338,85	39,11
6	Sólidos en suspensión	mg/l	5,41	2,86	3,28	3,42	3,21	585,74	14,17	5,34
7	Sólidos totales	mg/l	267,33	263,19	209,47	224,15	265,79	1182,78	353,02	44,44
8	Color	Unid. APHA	6,20	5,20	4,20	4,80	8,60	130,20	21,80	3,00
<b>Análisis Químico</b>										
1	Acidez total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	346,00	18,00	4,00
2	Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	82,00	80,00	78,00	112,00	96,00	6,00	78,00	24,00
3	Carbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	14,00	0,00	12,00	18,00	30,00	0,00	0,00	0,00
4	Bicarbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	68,00	80,00	66,00	94,00	66,00	6,00	78,00	24,00
5	Oxígeno disuelto - In Situ	mg/l	8,50	9,20	9,90	8,10	8,90	2,40	4,20	8,90
6	% Saturación OD - In Situ	%	89,03	90,56	100,12	80,51	116,07	27,10	41,76	98,55
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	18,00	66,00	48,00	72,00	54,00	2460,00	360,00	19,50
8	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	50,88	127,38	69,72	138,94	93,19	5108,48	578,25	42,68
9	Fósforo total (como PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/l	0,35	0,63	0,48	0,31	0,42	5,05	1,07	0,70
10	Aceites y Grasas	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	24,00	ND	ND
11	Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	12,21	16,11	12,78	14,27	18,16	151,92	11,21	14,41
12	Nitritos (como NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,11	0,20	0,03	0,05	0,04	0,71	0,07	0,04
13	Nitrógeno Amoniacal (como NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	62,42	2,15	<0,5
14	Dureza (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	209,10	209,10	204,00	214,20	183,60	499,80	242,25	39,78
15	Calcio	mg/l	39,00	38,80	55,00	44,00	36,00	167,00	50,00	5,00
16	Cloruros	mg/l	75,62	63,39	6,24	10,64	54,26	101,83	135,90	0,81
17	Sulfatos	mg/l	118,68	143,06	153,67	140,55	132,90	464,48	147,98	16,46
18	Magnesio	mg/l	27,12	27,24	16,16	25,32	22,74	20,00	28,49	6,63
19	Sodio	mg/l	50,00	50,00	21,00	30,00	70,00	90,00	80,00	4,00
20	Potasio	mg/l	7,10	4,10	4,70	3,60	5,50	49,00	4,60	0,60
21	Arsénico	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
22	Antimonio	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
23	Hierro	mg/l	0,32	0,26	0,27	0,18	0,30	2,25	0,22	0,20
24	Plomo	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
25	Plata	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
26	Mercurio	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
27	Niquel	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
28	Zinc	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
29	Sulfuros	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,90	<0,1	<0,1
30	Cromo	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
31	Cianuro libre	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
<b>Análisis Bacteriológico - Fitoplancton</b>										
1	Coliformes Totales	NMP/100 ml	1,90E+03	2,34E+02	1,45E+02	1,99E+02	4,50E+01	1,91E+07	5,67E+04	1,90E+02
2	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	5,80E+02	7,80E+01	5,10E+01	8,00E+01	1,20E+01	9,40E+06	1,13E+04	6,50E+01
3	Clor "a"	µg/l	2,310	3,110	1,540	2,140	1,010	0,200	2,400	1,780



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 4 b. Síntesis de Resultados: 2da Campaña**

N°	ANÁLISIS o MEDICION	Unid	PC-16 R. Orozas	PC-17 R. Santa Rosa	PC-18 R. Condado	PC-19 R. Bermejo 1	PC-20 R. Bermejo 2	PC-21 R. Bermejo 3	PC-22 R. Bermejo 4	PC-0 Huacata
<b>Medición Hidráulica y Climática</b>										
1	Caudal	(m <sup>3</sup> /s)	0,015	2,540	2,825	6,180	11,000	10,140	10,980	No determinado
2	Temperatura ambiental - In Situ	°C	13,40	13,90	14,10	17,00	18,80	23,60	24,70	15,00
<b>Análisis Físico</b>										
1	Temperatura - In Situ	°C	18,60	19,50	19,40	19,50	19,40	19,30	19,30	20,00
2	Turbiedad - In Situ	NTU	4,78	8,02	8,75	8,00	7,84	4,48	3,75	7,34
3	pH - In Situ		7,50	7,80	7,90	7,90	7,90	8,50	9,10	9,10
4	Conductividad - In Situ	µS/cm	391,00	229,00	213,00	210,00	206,00	234,00	252,00	89,40
5	Sólidos totales disueltos	mg/l	155,01	92,42	85,79	84,75	82,97	94,06	102,90	36,44
6	Sólidos en suspensión	mg/l	5,76	9,64	10,52	9,62	9,43	5,40	4,52	8,83
7	Sólidos totales	mg/l	160,76	102,06	96,31	94,37	92,40	99,46	107,42	45,27
8	Color	Unid. APHA	4,40	5,60	6,20	2,40	5,60	6,80	7,80	8,20
<b>Análisis Químico</b>										
1	Acidez total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	10,00	6,00	8,00	7,00	6,00	0,00	0,00	0,00
2	Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	68,00	42,00	45,00	43,00	42,00	50,00	40,00	14,00
3	Carbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	8,00	4,00
4	Bicarbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	68,00	42,00	45,00	43,00	42,00	40,00	32,00	10,00
5	Oxígeno disuelto - In Situ	mg/l	5,40	10,20	10,40	9,50	10,90	11,40	11,86	8,90
6	% Saturación OD - In Situ	%	62,69	109,21	110,88	104,20	121,17	126,74	142,09	106,05
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	24,00	12,00	13,50	15,00	18,00	9,00	12,00	12,00
8	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	61,70	26,15	28,91	29,40	31,68	26,15	23,38	24,76
9	Fósforo total (como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/l	0,38	0,37	0,35	0,37	0,44	0,22	0,38	0,38
10	Aceites y Grasas	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
11	Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	13,43	16,93	17,66	18,90	24,05	18,02	17,57	16,93
12	Nitritos (como NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,06	0,05	0,03	0,04	0,04	0,08	0,19	0,13
13	Nitrógeno Amoniacal (como NH <sub>3</sub> )	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
14	Dureza (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	142,80	91,80	86,70	73,00	68,85	84,15	89,25	35,70
15	Calcio	mg/l	25,00	17,00	15,00	14,00	12,00	18,00	17,00	6,00
16	Cloruros	mg/l	8,52	1,73	1,94	4,00	5,06	7,47	7,67	0,39
17	Sulfatos	mg/l	112,10	61,89	60,46	45,00	38,96	37,97	61,69	19,79
18	Magnesio	mg/l	19,51	11,98	11,96	9,23	9,44	9,51	11,36	5,03
19	Sodio	mg/l	22,00	9,00	8,00	11,00	14,00	14,00	16,00	5,00
20	Potasio	mg/l	3,60	2,80	2,90	2,50	2,60	2,80	3,40	1,30
21	Arsénico	mg/l	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
22	Antimonio	mg/l	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
23	Hierro	mg/l	0,20	0,27	0,22	0,23	0,29	0,26	0,24	0,38
24	Plomo	mg/l	No determinado	<0,03	<0,03	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
25	Plata	mg/l	No determinado	<0,04	<0,04	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
26	Mercurio	mg/l	No determinado	<0,001	<0,001	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
27	Niquel	mg/l	No determinado	<0,1	<0,1	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
28	Zinc	mg/l	No determinado	<0,05	<0,05	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
29	Sulfuros	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
30	Cromo	mg/l	No determinado	<0,03	<0,03	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
31	Cianuro libre	mg/l	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
<b>Análisis Bacteriológico - Fitoplancton</b>										
1	Coliformes Totales	NMP/100 ml	2,45E+02	2,68E+02	2,14E+02	1,23E+02	9,80E+01	3,80E+01	2,90E+01	2,20E+01
2	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	9,00E+01	9,40E+01	5,60E+01	4,10E+01	3,10E+01	9,00E+00	7,00E+00	6,00E+00
3	Clor "a"	µg/l	2,512	1,780	1,830	2,080	2,200	2,210	1,980	1,890



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 4 c. Síntesis de Resultados: 3era Campaña**

N°	ANÁLISIS o MEDICION	Unid	PC-1 R. Guadaluquivir	PC-2 R. Guadaluquivir	PC-3 R. Guadaluquivir	PC-4 R. Guadaluquivir	PC-5 R. Guadaluquivir	PC-6 R. Santa Ana	PC-7 Pajonal	
<b>Medición Hidráulica y Climática</b>										
1	Caudal	(m <sup>3</sup> /s)	1,587	2,263	3,372	4,331	17,430	14,280	14,570	
2	Temperatura ambiental - In Situ	°C	20,60	23,50	27,10	19,00	26,00	21,90	20,70	
<b>Análisis Físico</b>										
1	Temperatura - In Situ	°C	19,20	21,20	21,50	18,80	22,50	19,60	20,10	
2	Turbiedad - In Situ	NTU	11,23	7,30	39,87	151,33	975,00	758,78	431,33	
3	pH - In Situ		7,10	6,90	7,00	6,80	6,90	7,30	7,40	
4	Conductividad - In Situ	µS/cm	101,90	127,70	145,80	161,50	154,00	156,00	127,80	
5	Sólidos totales disueltos	mg/l	40,88	53,30	61,22	64,28	65,95	63,08	52,19	
6	Sólidos en suspensión	mg/l	13,49	8,78	47,31	171,14	701,12	627,67	427,42	
7	Sólidos totales	mg/l	105,29	103,44	147,46	269,39	1953,67	1302,85	1143,27	
8	Color	Unid. APHA	8,80	5,60	10,20	38,40	181,40	171,20	97,40	
<b>Análisis Químico</b>										
1	Acidez total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	16,00	12,00	18,00	18,00	16,00	18,00	18,00	
2	Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	22,00	28,00	28,00	30,00	26,00	32,00	26,00	
3	Carbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4	Bicarbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	22,00	28,00	28,00	30,00	26,00	32,00	26,00	
5	Oxígeno disuelto - In Situ	mg/l	7,73	7,32	7,80	4,60	8,10	8,90	8,90	
6	% Saturación OD - In Situ	%	116,06	104,58	110,27	61,42	113,68	112,38	113,56	
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	4,20	9,00	9,00	10,20	3,60	3,90	3,15	
8	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	7,94	16,83	18,90	19,89	7,74	7,57	6,21	
9	Fósforo total (como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/l	0,33	0,80	3,47	0,73	0,48	0,28	0,25	
10	Aceites y Grasas	mg/l	ND	ND	ND	4,00	ND	ND	ND	
11	Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	11,88	8,71	9,65	9,90	12,07	5,23	8,31	
12	Nitritos (como NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,06	0,07	0,07	0,09	0,82	0,07	0,03	
13	Nitrógeno Amoniacal (como NH <sub>3</sub> )	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	0,76	<0,5	<0,5	<0,5	
14	Dureza (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	38,40	43,52	51,20	58,88	57,86	61,20	53,55	
15	Calcio	mg/l	3,00	5,00	8,50	12,00	12,00	14,00	11,00	
16	Cloruros	mg/l	1,25	1,57	2,40	1,22	2,50	5,17	5,13	
17	Sulfatos	mg/l	19,48	27,95	32,16	46,42	43,47	32,40	27,00	
18	Magnesio	mg/l	7,51	7,54	7,28	7,02	6,77	6,37	6,33	
19	Sodio	mg/l	5,00	7,00	8,00	10,00	9,00	5,00	4,00	
20	Potasio	mg/l	1,70	2,00	1,90	2,70	2,10	1,80	2,20	
21	Arsénico	mg/l	No determinado	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado	
22	Antimonio	mg/l	No determinado	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado	
23	Hierro	mg/l	0,14	0,20	0,10	0,09	0,08	0,15	0,26	
24	Plomo	mg/l	No determinado	No determinado	<0,03	<0,03	No determinado	No determinado	No determinado	
25	Plata	mg/l	No determinado	No determinado	<0,04	<0,04	No determinado	No determinado	No determinado	
26	Mercurio	mg/l	No determinado	No determinado	<0,001	<0,001	No determinado	No determinado	No determinado	
27	Niquel	mg/l	No determinado	No determinado	<0,1	<0,1	No determinado	No determinado	No determinado	
28	Zinc	mg/l	No determinado	No determinado	<0,05	<0,05	No determinado	No determinado	No determinado	
29	Sulfuros	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
30	Cromo	mg/l	No determinado	No determinado	<0,03	<0,03	No determinado	No determinado	No determinado	
31	Cianuro libre	mg/l	No determinado	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado	
<b>Análisis Bacteriológico - Fitoplancton</b>										
1	Coliformes Totales	NMP/100 ml	1,90E+01	1,99E+04	1,91E+05	1,88E+05	2,70E+01	2,68E+03	1,93E+04	
2	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	9,00E+00	5,86E+03	6,08E+04	5,94E+04	1,20E+01	1,27E+03	7,42E+03	
3	Clor "a"	µg/l	0,410	0,930	0,560	0,330	0,154	0,240	0,310	





Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 4 c. Síntesis de Resultados: 3era Campaña**

N°	ANÁLISIS o MEDICION	Unid	PC-8 R. Salinas 1	PC-9 R. Salinas 2	PC-10 R. Chiquiaca 1	PC-11 R. Chiquiaca 2	PC-12 R. Itau	PC-13 Qda. El Nueve	PC-14 R. Grande de Tarja	PC-15 R. Camacho
<b>Medición Hidráulica y Climática</b>										
1	Caudal	(m <sup>3</sup> /s)	21,630	7,952	13,700	17,928	8,483	0,451	372,000	2,106
2	Temperatura ambiental - In Situ	°C	21,10	20,40	20,60	22,50	18,00	27,90	25,80	26,50
<b>Análisis Físico</b>										
1	Temperatura - In Situ	°C	20,20	20,90	21,20	21,10	14,80	28,40	25,50	25,40
2	Turbiedad - In Situ	NTU	989,00	579,00	3999,75	2456,00	445,00	186,33	2705,03	51,43
3	pH - In Situ		7,60	6,80	7,60	7,50	7,90	6,90	7,20	6,80
4	Conductividad - In Situ	µS/cm	173,60	292,00	311,00	320,00	274,00	626,00	231,00	115,80
5	Sólidos totales disueltos	mg/l	71,04	121,15	129,81	133,30	100,75	301,32	104,98	52,52
6	Sólidos en suspensión	mg/l	704,27	531,00	4134,00	1946,00	437,92	207,47	2840,00	60,73
7	Sólidos totales	mg/l	1438,47	818,50	4507,44	2079,30	722,83	784,17	2724,45	290,51
8	Color	Unid. APHA	177,80	110,60	546,80	120,00	107,20	63,60	379,80	13,20
<b>Análisis Químico</b>										
1	Acidez total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	18,00	18,00	24,00	22,00	16,00	52,00	18,00	12,00
2	Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	34,00	34,00	52,00	50,00	56,00	74,00	48,00	26,00
3	Carbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	Bicarbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	34,00	34,00	52,00	50,00	56,00	74,00	48,00	26,00
5	Oxígeno disuelto - In Situ	mg/l	9,20	9,20	8,60	8,90	10,90	3,90	6,30	7,80
6	% Saturación OD - In Situ	%	117,04	115,76	106,54	110,60	113,99	52,53	80,55	120,93
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	3,72	3,60	5,85	6,80	3,90	198,00	8,40	3,40
8	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	7,18	7,38	11,52	13,40	7,33	379,76	17,64	6,42
9	Fósforo total (como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/l	0,18	0,39	0,35	0,33	0,57	1,19	0,58	0,50
10	Aceites y Grasas	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
11	Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	8,56	10,82	17,02	17,70	7,85	8,51	10,78	11,07
12	Nitritos (como NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,05	0,04	0,35	0,25	0,10	0,19	0,16	0,08
13	Nitrógeno Amoniacal (como NH <sub>3</sub> )	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
14	Dureza (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	65,79	96,90	132,60	127,50	94,35	229,50	71,40	45,90
15	Calcio	mg/l	18,00	20,00	39,60	40,00	19,00	81,00	18,00	10,00
16	Cloruros	mg/l	4,78	18,79	9,52	9,05	11,65	55,12	16,47	1,68
17	Sulfatos	mg/l	38,47	74,50	92,17	86,03	54,18	158,50	39,06	24,53
18	Magnesio	mg/l	5,05	11,40	8,16	6,68	11,38	6,56	6,42	5,08
19	Sodio	mg/l	7,00	20,00	12,00	12,40	15,00	32,00	17,00	5,00
20	Potasio	mg/l	1,90	3,70	3,90	3,50	2,70	9,40	3,20	0,90
21	Arsénico	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
22	Antimonio	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
23	Hierro	mg/l	0,11	0,12	0,16	0,14	0,14	0,31	0,08	0,16
24	Plomo	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
25	Plata	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
26	Mercurio	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
27	Niquel	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
28	Zinc	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
29	Sulfuros	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,90	<0,1	<0,1
30	Cromo	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
31	Cianuro libre	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
<b>Análisis Bacteriológico - Fitoplancton</b>										
1	Coliformes Totales	NMP/100 ml	2,56E+04	2,02E+02	1,98E+02	3,89E+02	1,89E+02	1,90E+05	2,67E+03	1,78E+02
2	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1,11E+04	5,10E+01	5,20E+01	1,20E+02	4,30E+01	2,86E+04	7,00E+02	5,00E+01
3	Clor "a"	µg/l	0,106	0,189	0,170	0,340	0,210	0,560	0,050	0,780



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 4 c. Síntesis de Resultados: 3era Campaña**

Nº	ANÁLISIS o MEDICION	Unid	PC-16 R. Orozas	PC-17 R. Santa Rosa	PC-18 R. Condado	PC-19 R. Bermejo 1	PC-20 R. Bermejo 2	PC-21 R. Bermejo 3	PC-22 R. Bermejo 4	PC-0 Huacata
<b>Medición Hidráulica y Climática</b>										
1	Caudal	(m <sup>3</sup> /s)	0,677	13,881	13,406	101,000	82,200	106,000	117,700	No determinado
2	Temperatura ambiental - In Situ	°C	26,70	22,30	22,40	23,00	24,00	26,80	27,00	12,00
<b>Análisis Físico</b>										
1	Temperatura - In Situ	°C	22,50	20,00	20,40	21,00	22,80	23,10	25,20	8,00
2	Turbiedad - In Situ	NTU	208,67	1935,00	3285,00	1678,00	768,33	2317,50	542,67	49,37
3	pH - In Situ		6,90	7,00	7,00	7,00	7,20	7,20	7,40	6,90
4	Conductividad - In Situ	µS/cm	162,80	142,80	148,00	126,00	108,30	120,10	144,50	58,10
5	Sólidos totales disueltos	mg/l	69,72	58,20	60,80	52,38	46,66	52,05	65,28	18,67
6	Sólidos en suspensión	mg/l	230,01	1989,00	3345,00	1456,00	631,90	2415,00	507,54	58,35
7	Sólidos totales	mg/l	727,48	2249,54	3519,77	1508,38	774,72	2531,06	536,03	77,02
8	Color	Unid. APHA	62,20	266,40	280,00	165,00	122,80	202,20	76,20	18,40
<b>Análisis Químico</b>										
1	Acidez total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	18,00	12,00	14,00	13,00	12,00	18,00	20,00	12,00
2	Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	32,00	28,00	24,00	24,00	22,00	24,00	30,00	16,00
3	Carbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	Bicarbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	32,00	28,00	24,00	24,00	22,00	24,00	30,00	16,00
5	Oxígeno disuelto - In Situ	mg/l	8,20	7,70	7,90	8,00	9,20	8,40	8,40	6,80
6	% Saturación OD - In Situ	%	117,85	97,48	100,40	108,00	114,71	103,20	106,86	82,08
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	4,40	3,20	9,00	6,40	3,60	6,00	6,40	4,00
8	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	8,36	6,75	18,45	12,54	7,06	11,93	13,44	8,20
9	Fósforo total (como PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/l	0,38	0,25	0,31	0,32	0,40	0,49	0,42	0,11
10	Aceites y Grasas	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
11	Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	14,41	8,71	8,36	14,70	19,07	15,15	16,11	10,87
12	Nitritos (como NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,13	0,03	0,03	0,04	0,06	0,08	0,13	0,04
13	Nitrógeno Amoniacal (como NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
14	Dureza (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	56,10	53,55	58,65	52,00	42,84	45,90	51,00	18,36
15	Calcio	mg/l	11,50	11,00	12,00	10,00	9,00	9,50	10,50	4,00
16	Cloruros	mg/l	1,34	1,95	1,32	3,00	2,25	2,64	2,98	1,34
17	Sulfatos	mg/l	41,72	35,94	42,38	21,00	19,35	20,78	25,41	2,14
18	Magnesio	mg/l	6,65	6,33	6,96	6,00	4,94	5,38	6,01	2,03
19	Sodio	mg/l	11,00	6,00	6,00	5,00	4,00	5,00	8,00	3,00
20	Potasio	mg/l	2,10	2,40	2,30	1,90	1,70	1,80	2,30	1,00
21	Arsénico	mg/l	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	<0,002
22	Antimonio	mg/l	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	<0,002
23	Hierro	mg/l	0,30	0,06	0,20	0,17	0,14	0,09	0,13	0,09
24	Plomo	mg/l	No determinado	<0,03	<0,03	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	<0,03
25	Plata	mg/l	No determinado	<0,04	<0,04	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	<0,04
26	Mercurio	mg/l	No determinado	<0,001	<0,001	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	<0,001
27	Niquel	mg/l	No determinado	<0,1	<0,1	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	<0,1
28	Zinc	mg/l	No determinado	<0,05	<0,05	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	<0,05
29	Sulfuros	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
30	Cromo	mg/l	No determinado	<0,03	<0,03	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	<0,03
31	Cianuro libre	mg/l	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	<0,002
<b>Análisis Bacteriológico - Fitoplancton</b>										
1	Coliformes Totales	NMP/100 ml	2,30E+03	2,60E+02	2,67E+02	2,68E+02	2,70E+02	2,56E+03	1,91E+03	2,00E+01
2	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	7,19E+02	6,50E+01	9,00E+01	7,10E+01	6,59E+01	8,20E+02	5,62E+02	4,00E+00
3	Clor "a"	µg/l	0,680	0,060	0,070	0,096	0,156	0,211	0,178	1,080



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 4 d.- Síntesis de Resultados: 4ta Campaña**

N°	ANÁLISIS o MEDICION	Unid	PC-1 R. Guadaluquivir	PC-2 R. Guadaluquivir	PC-3 R. Guadaluquivir	PC-4 R. Guadaluquivir	PC-5 R. Guadaluquivir	PC-6 R. Santa Ana	PC-7 R. Pajonal	
<b>Medición Hidráulica y Climática</b>										
1	Caudal	(m <sup>3</sup> /s)	4,800	9,031	22,440	27,000	29,000	8,934	4,455	
2	Temperatura ambiental - In Situ	°C	24,00	26,00	28,00	27,00	21,30	25,40	26,20	
<b>Análisis Físico</b>										
1	Temperatura - In Situ	°C	22,90	23,30	23,50	20,30	19,50	22,30	23,70	
2	Turbiedad - In Situ	NTU	22,17	50,43	100,43	255,00	<1000	38,07	18,43	
3	pH - In Situ		7,42	7,56	7,34	7,14	7,60	7,90	7,50	
4	Conductividad - In Situ	µS/cm	88,90	77,60	75,60	128,30	84,10	115,70	140,30	
5	Sólidos totales disueltos	mg/l	38,38	33,76	33,02	52,60	33,94	49,35	61,53	
6	Sólidos en suspensión	mg/l	26,50	59,58	116,14	275,17	<1000	45,21	22,07	
7	Sólidos totales	mg/l	225,37	1179,46	120,51	134,14	1754,30	256,77	131,85	
8	Color	Unid. APHA	4,80	14,60	25,80	46,80	326,20	16,80	10,40	
<b>Análisis Químico</b>										
1	Acidez total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	14,00	16,00	10,00	12,00	20,00	28,00	12,00	
2	Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	16,00	18,00	20,00	26,00	22,00	30,00	28,00	
3	Carbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4	Bicarbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	16,00	18,00	20,00	26,00	22,00	30,00	28,00	
5	Oxígeno disuelto - In Situ	mg/l	9,00	9,00	9,20	6,50	9,30	8,60	8,20	
6	% Saturación OD - In Situ	%	133,98	133,77	135,11	89,21	123,24	114,40	112,02	
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	1,50	1,20	3,00	3,90	38,40	3,90	2,80	
8	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	2,70	2,20	6,00	7,61	45,42	8,27	5,35	
9	Fósforo total (como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/l	0,06	0,20	0,27	0,30	0,69	0,29	0,23	
10	Aceites y Grasas	mg/l	ND	ND	ND	4,00	ND	ND	ND	
11	Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	5,22	5,37	4,41	6,91	7,40	9,96	12,78	
12	Nitritos (como NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,03	0,03	0,24	0,03	0,04	0,07	0,03	
13	Nitrógeno Amoniacal (como NH <sub>3</sub> )	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
14	Dureza (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	26,62	25,60	26,62	40,96	27,65	45,90	51,00	
15	Calcio	mg/l	6,00	5,50	5,40	8,50	6,00	11,00	12,00	
16	Cloruros	mg/l	2,04	1,01	1,55	2,09	1,84	1,50	4,05	
17	Sulfatos	mg/l	15,67	17,11	16,68	23,94	18,19	23,81	25,12	
18	Magnesio	mg/l	2,82	2,88	3,19	4,79	3,07	4,47	5,10	
19	Sodio	mg/l	4,00	4,00	4,00	5,00	6,00	4,00	6,00	
20	Potasio	mg/l	1,30	1,40	1,60	1,90	2,10	1,80	2,50	
21	Arsénico	mg/l	No determinado	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado	
22	Antimonio	mg/l	No determinado	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado	
23	Hierro	mg/l	0,11	0,12	0,18	0,08	0,20	0,25	0,20	
24	Plomo	mg/l	No determinado	No determinado	<0,03	<0,03	No determinado	No determinado	No determinado	
25	Plata	mg/l	No determinado	No determinado	<0,04	<0,04	No determinado	No determinado	No determinado	
26	Mercurio	mg/l	No determinado	No determinado	<0,001	<0,001	No determinado	No determinado	No determinado	
27	Niquel	mg/l	No determinado	No determinado	<0,1	<0,1	No determinado	No determinado	No determinado	
28	Zinc	mg/l	No determinado	No determinado	<0,05	<0,05	No determinado	No determinado	No determinado	
29	Sulfuros	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
30	Cromo	mg/l	No determinado	No determinado	<0,03	<0,03	No determinado	No determinado	No determinado	
31	Cianuro libre	mg/l	No determinado	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado	
<b>Análisis Bacteriológico - Fitoplancton</b>										
1	Coliformes Totales	NMP/100 ml	1,90E+01	1,84E+04	5,81E+05	2,67E+05	1,91E+02	1,99E+02	1,91E+03	
2	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	7,00E+00	1,22E+04	2,86E+05	1,91E+05	1,27E+02	1,27E+02	1,27E+03	
3	Clor "a"	µg/l	0,380	0,690	0,909	0,900	0,230	0,267	0,421	



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 4 d.- Síntesis de Resultados: 4ta Campaña**

Nº	ANÁLISIS o MEDICION	Unid	PC-8 R. Salinas 1	PC-9 R. Salinas 2	PC-10 R. Chiquiaca 1	PC-11 R. Chiquiaca 2	PC-12 R. Itau	PC-13 Qda. El Nueve	PC-14 R. Grande de Tarija	PC-15 R. Camacho
<b>Medición Hidráulica y Climática</b>										
1	Caudal	(m <sup>3</sup> /s)	12,810	12,980	2,103	3,593	5,970	0,445	352,000	5,000
2	Temperatura ambiental - In Situ	°C	29,00	23,60	26,10	28,20	34,10	27,80	27,00	21,90
<b>Análisis Físico</b>										
1	Temperatura - In Situ	°C	25,20	20,50	25,40	27,00	33,40	26,90	25,50	16,80
2	Turbiedad - In Situ	NTU	39,53	127,00	14,73	13,77	40,60	150,33	>1000	574,33
3	pH - In Situ		7,70	7,80	8,70	8,50	8,70	7,60	7,70	7,20
4	Conductividad - In Situ	µS/cm	184,30	173,40	496,00	415,00	314,00	558,00	214,00	66,30
5	Sólidos totales disueltos	mg/l	83,26	71,38	224,97	194,29	166,87	260,73	97,26	25,36
6	Sólidos en suspensión	mg/l	46,92	145,17	17,66	16,52	48,16	170,09	>1000	528,06
7	Sólidos totales	mg/l	53,82	401,91	414,57	326,72	427,45	446,06	1365,67	546,26
8	Color	Unid. APHA	16,20	33,80	7,60	10,40	15,20	41,60	232,80	107,20
<b>Análisis Químico</b>										
1	Acidez total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	14,00	12,00	0,00	0,00	0,00	26,00	16,00	14,00
2	Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	30,00	30,40	114,00	100,00	64,00	136,00	50,00	20,00
3	Carbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	0,00	0,00	24,00	22,00	24,00	0,00	0,00	0,00
4	Bicarbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	30,00	30,40	90,00	78,00	40,00	136,00	50,00	20,00
5	Oxígeno disuelto - In Situ	mg/l	8,20	8,30	9,10	8,50	10,50	5,80	8,00	8,90
6	% Saturación OD - In Situ	%	114,58	104,59	123,39	114,06	155,69	76,06	102,28	116,78
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	4,20	3,60	5,85	7,00	8,85	216,00	14,80	15,20
8	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	8,11	7,92	12,40	13,79	15,06	447,45	34,04	28,71
9	Fósforo total (como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/l	0,18	0,35	0,26	0,35	0,48	1,24	0,39	0,39
10	Aceites y Grasas	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
11	Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	13,02	15,25	22,17	23,02	5,17	6,47	6,42	5,42
12	Nitritos (como NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,05	0,04	0,35	0,25	0,05	0,04	0,05	0,05
13	Nitrógeno Amoniacal (como NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
14	Dureza (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	51,00	56,10	219,30	198,90	112,20	204,00	76,50	25,50
15	Calcio	mg/l	11,00	12,00	46,00	42,00	33,60	60,00	20,00	7,00
16	Cloruros	mg/l	4,70	4,75	6,99	2,94	2,99	6,67	6,99	0,87
17	Sulfatos	mg/l	26,78	32,24	124,68	119,34	77,69	162,44	44,53	11,53
18	Magnesio	mg/l	5,71	6,34	25,34	22,82	6,85	13,12	6,44	1,94
19	Sodio	mg/l	8,50	9,00	17,00	16,00	17,00	30,00	12,00	3,00
20	Potasio	mg/l	2,80	2,70	5,70	5,80	6,30	17,00	2,40	0,70
21	Arsénico	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
22	Antimonio	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
23	Hierro	mg/l	0,11	0,12	0,08	0,08	0,17	0,20	0,14	0,15
24	Plomo	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
25	Plata	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
26	Mercurio	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
27	Niquel	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
28	Zinc	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
29	Sulfuros	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
30	Cromo	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
31	Cianuro libre	mg/l	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado
<b>Análisis Bacteriológico - Fitoplancton</b>										
1	Coliformes Totales	NMP/100 ml	1,99E+03	1,99E+02	1,80E+02	1,90E+02	1,27E+02	1,27E+04	1,27E+03	1,99E+02
2	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1,40E+03	1,20E+02	1,10E+02	1,23E+02	6,10E+01	5,76E+03	6,67E+02	1,27E+02
3	Clor "a"	µg/l	0,454	0,342	0,320	0,640	0,298	0,909	0,178	0,561



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 4 d.- Síntesis de Resultados: 4ta Campaña**

Nº	ANÁLISIS o MEDICION	Unid	PC-16 R. Orozas	PC-17 R. Santa Rosa	PC-18 R. Contado	PC-19 R. Bermejo 1	PC-20 R. Bermejo 2	PC-21 R. Bermejo 3	PC-22 R. Bermejo 4	PC-0 Huacata
<b>Medición Hidráulica y Climática</b>										
1	Caudal	(m <sup>3</sup> /s)	1,657	23,000	24,000	101,000	243,000	246,000	272,000	No determinado
2	Temperatura ambiental - In Situ	°C	22,60	22,80	22,00	23,00	24,70	29,00	26,00	14,00
<b>Análisis Físico</b>										
1	Temperatura - In Situ	°C	19,40	20,50	20,00	22,00	23,30	26,30	25,70	10,00
2	Turbiedad - In Situ	NTU	52,93	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	777,33	36,00
3	pH - In Situ		7,40	7,80	7,90	7,90	7,90	7,80	7,90	6,90
4	Conductividad - In Situ	µS/cm	132,30	157,90	154,40	138,00	131,00	142,90	210,00	56,00
5	Sólidos totales disueltos	mg/l	53,29	65,00	62,93	58,52	57,00	65,98	95,82	18,72
6	Sólidos en suspensión	mg/l	62,46	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	635,81	42,79
7	Sólidos totales	mg/l	421,21	14387,31	12329,89	8345,00	4784,69	3356,63	2256,67	61,51
8	Color	Unid. APHA	15,60	470,00	439,80	456,00	463,60	414,00	457,40	14,00
<b>Análisis Químico</b>										
1	Acidez total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	14,00	8,00	18,00	16,00	14,00	16,00	14,00	10,00
2	Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	40,00	46,00	44,00	45,00	56,00	58,00	57,20	16,20
3	Carbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	Bicarbonatos (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	40,00	46,00	44,00	45,00	56,00	58,00	57,20	16,20
5	Oxígeno disuelto - In Situ	mg/l	9,50	8,40	8,00	8,10	8,30	8,40	8,60	7,00
6	% Saturación OD - In Situ	%	128,64	107,39	100,88	102,35	104,47	109,48	110,42	90,00
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	14,80	15,20	14,80	12,30	10,40	5,20	14,40	3,90
8	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	28,11	32,07	29,30	24,11	20,50	10,34	30,53	7,10
9	Fósforo total (como PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/l	0,24	0,27	0,33	0,34	0,45	0,37	1,30	0,10
10	Aceites y Grasas	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
11	Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	5,32	6,12	6,57	6,00	5,97	5,62	6,62	12,16
12	Nitritos (como NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,19	0,04
13	Nitrógeno Amoniacal (como NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
14	Dureza (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	51,00	66,30	61,20	52,00	51,00	51,00	71,40	18,36
15	Calcio	mg/l	12,00	17,00	17,00	10,00	11,00	11,00	15,00	4,20
16	Cloruros	mg/l	0,99	2,58	2,00	3,00	2,27	2,93	5,84	1,42
17	Sulfatos	mg/l	27,29	34,26	29,82	11,00	9,78	11,54	36,47	1,84
18	Magnesio	mg/l	5,10	5,78	4,54	6,00	5,71	5,71	8,24	1,91
19	Sodio	mg/l	6,00	6,00	5,50	5,00	5,00	7,00	12,00	2,90
20	Potasio	mg/l	1,40	1,80	1,80	1,80	1,90	1,60	2,00	0,80
21	Arsénico	mg/l	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	<0,002
22	Antimonio	mg/l	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	<0,002
23	Hierro	mg/l	0,20	0,30	0,02	0,17	0,21	0,21	0,32	0,09
24	Plomo	mg/l	No determinado	<0,03	<0,03	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	<0,03
25	Plata	mg/l	No determinado	<0,04	<0,04	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	<0,04
26	Mercurio	mg/l	No determinado	<0,001	<0,001	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	<0,001
27	Niquel	mg/l	No determinado	<0,1	<0,1	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	<0,1
28	Zinc	mg/l	No determinado	<0,05	<0,05	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	<0,05
29	Sulfuros	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
30	Cromo	mg/l	No determinado	<0,03	<0,03	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	<0,03
31	Cianuro libre	mg/l	No determinado	<0,002	<0,002	No determinado	No determinado	No determinado	No determinado	<0,002
<b>Análisis Bacteriológico - Fitoplancton</b>										
1	Coliformes Totales	NMP/100 ml	5,81E+03	1,99E+02	5,81E+02	5,90E+02	5,81E+02	1,30E+01	1,27E+02	1,80E+01
2	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2,86E+03	6,60E+01	9,00E+01	1,10E+02	1,42E+02	8,00E+00	6,00E+01	3,00E+00
3	Clor "a"	µg/l	0,740	0,134	0,197	0,213	0,327	0,195	0,211	0,940



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

## 5. CLASIFICACION DE LOS PUNTOS DE CONTROL

En los Cuadros 5, se realiza una clasificación de los cursos de agua bajo estudio según los siguientes criterios:

### 5.1. Aptitud de uso de acuerdo al Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley 1333.

La clasificación se ha realizado mediante comparación de los parámetros analizados con los valores máximos admisibles para las cuatro clases de agua que define el Anexo 1 de dicho reglamento, con las siguientes posibilidades y significados:

- Clase A
- Clase B
- Clase C
- Clase D

ORDEN	USOS	CLASE "A"	CLASE "B"	CLASE "C"	CLASE "D"
1	Para abastecimiento doméstico de agua potable después de: <ul style="list-style-type: none"><li>• Sólo una desinfección y ningún tratamiento</li><li>• Tratamiento solamente físico y desinfección</li><li>• Tratamiento físico - químico completo: coagulación, floculación, filtración y desinfección.</li><li>• Almacenamiento prolongado o presedimentación, seguidos de tratamiento, al igual que c).</li></ul>	SI No necesario No necesario  No necesario	NO SI No necesario  No necesario	NO NO SI  No necesario	NO NO NO  SI
2	Para recreación de contacto primario: natación, esquí, inmersión.	SI	SI	SI	NO
3	Para protección de los recursos hidrobiológicos.	SI	SI	SI	NO
4	Para riego de hortalizas consumidas crudas y frutas de cáscara delgada, que sean ingeridas crudas sin remoción de ella.	SI	NO	NO	NO





Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

5	Para abastecimiento industrial.	SI	SI	SI	SI
6	Para la cría natural y/o intensiva (acuicultura) de especies destinadas a la alimentación humana.	SI	SI	SI	NO
7	Para abrevadero de animales.	NO (*)	SI	SI	NO
8	Para la navegación (***)	NO (**)	SI	SI	SI

(SI) Es aplicable, puede tener todos los usos indicados en las clases correspondientes

(\*) No en represas usadas para abastecimiento de agua potable.

(\*\*) No a navegación a motor.

(\*\*\*) No aplicable a acuíferos

## 5.2. Criterio Hidrogeoquímico

La clasificación se ha realizado en función a los aniones y cationes predominantes, clasificando el agua mediante una nomenclatura compuesta por el nombre del anión predominante, seguido por el nombre del catión predominante.

## 5.3 Aptitud para riego, según la FAO, en base al grado de salinidad (C) y sodicidad (S), Ver Gráfica 2:

S1: Agua baja en sodio

S2: Agua media en sodio (riesgo medio de encostramiento o alcalinización)

S3: Agua alta en sodio (riesgo alto de encostramiento o alcalinización)

S4: Agua muy alta en sodio (riesgo muy alto de encostramiento o alcalinización)

C1: Agua de salinidad baja

C2: Agua de salinidad media (riesgo medio de salinización)

C3: Agua de salinidad alta (riesgo alto de salinización)

C4: Agua de salinidad muy alta (riesgo muy alto de salinización)

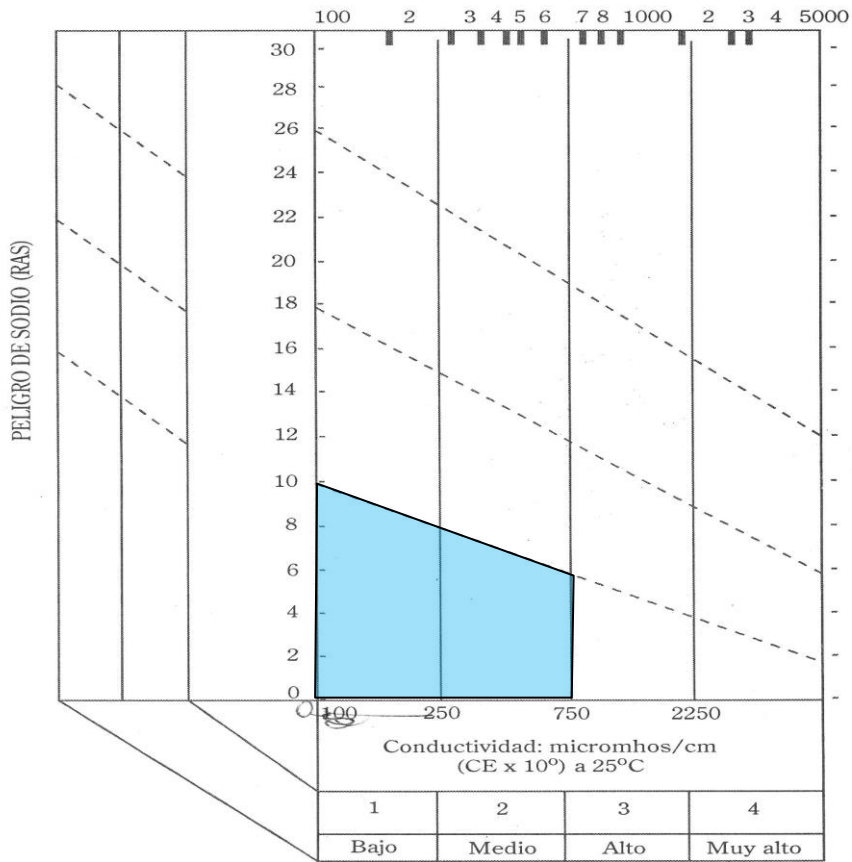
## 5.4. Aptitud para consumo humano, según la NB 512

Mediante comparación de cada uno de los parámetros analizados con los valores máximos admisibles para agua de consumo humano según la Norma Boliviana para agua de Consumo Humano, NB 512.



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Gráfica 2. Criterios de Clasificación de Agua para Riego: FAO**





Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 5 a. Clasificación y Fuentes Contaminantes, 1 era Campaña de Muestreo**

Punto de Control	PC-1 R. Gualdaquivir	PC-2 R. Gualdaquivir	PC-3 R. Gualdaquivir	PC-4 R. Gualdaquivir	PC-5 R. Gualdaquivir	PC-6 R. Santa Ana	PC-7 R. Pajonal
Clasificación Riego	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio
Clasificación Aptitud Uso	<b>Clase C</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>
Clasificación NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512
Clasificación Hidrogeoquímica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Sódica	Sulfatada Sódica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica
Principal Fuente Contaminante	Vertido de aguas residuales nucleos rurales y ganado estabulado	Vertido de aguas residuales población San Lorenzo	Vertido de aguas residuales margen derecho Ciudad de Tarija	Vertido de aguas residuales Lagunas Oxidación Ciudad de Tarija	Ganado estabulado y contaminación difusa	Ganado estabulado y contaminación difusa	Ganado estabulado y contaminación difusa



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 5 a. Clasificación y Fuentes Contaminantes, 1 era Campaña de Muestreo**

Punto de Control	PC-8 R. Salinas 1	PC-9 R. Salinas 2	PC-10 R. Chiquiaca 1	PC-11 R. Chiquiaca 2	PC-12 R. Itau	PC-13 Qda. El Nueve	PC-14 R. Grande de Tarija	PC-15 R. Camacho
Clasificación Riego	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C3: Agua de salinidad alta S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio
Clasificación Aptitud Uso	<b>Clase D</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase C</b>
Clasificación NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Color, Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Color, Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Color, Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Color, Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512
Clasificación Hidrogeoquímica	Sulfatada Sódica	Sulfatada Sódica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Sódica	Cloretada Cálcica	Cloretada Cálcica	Bicarbonatada Magnésica
Principal Fuente Contaminante	Vertido de aguas residuales población Entre Ríos	Ganado estabulado semi estabulado y contaminación difusa	Ganado estabulado semi estabulado y contaminación difusa	Vertido de aguas residuales población Chiquiaca	Ganado estabulado semi estabulado y contaminación difusa	Vertedero Población Bermejo y contaminación difusa	Ganado estabulado semi estabulado y contaminación difusa	Ganado estabulado semi estabulado y contaminación difusa



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 5 a. Clasificación y Fuentes Contaminantes, 1 era Campaña de Muestreo**

Punto de Control	PC-16 R. Orozas	PC-17 R. Santa Rosa	PC-18 R. Condado	PC-19 R. Bermejo 1	PC-20 R. Bermejo 2	PC-21 R. Bermejo 3	PC-22 R. Bermejo 4
Clasificación Riego	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio
Clasificación Aptitud Uso	<b>Clase D</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase A</b>	<b>Clase A</b>
Clasificación NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512
Clasificación Hidrogeoquímica	Bicarbonatada Cálcica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica
Principal Fuente Contaminante	Vertido de aguas residuales población Padcaya	Vertido agua aguas residuales nucleos rurales, ganado no estabulado, etc.	Vertido agua aguas residuales nucleos rurales, ganado no estabulado, etc.	Vertido agua aguas residuales nucleos rurales, ganado no estabulado, etc.	Vertido agua aguas residuales nucleos rurales, ganado no estabulado, etc.	Vertido agua aguas residuales nucleos rurales, ganado no estabulado, etc.	Vertido agua aguas residuales nucleos rurales, ganado no estabulado, etc.



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 5 b. Clasificación y Fuentes Contaminantes, 2 da Campaña de Muestreo**

Punto de Control	PC-1 R. Gualdalquivir	PC-2 R. Gualdalquivir	PC-3 R. Gualdalquivir	PC-4 R. Gualdalquivir	PC-5 R. Gualdalquivir	PC-6 R. Santa Ana	PC-7 R. Pajonal
Clasificación Riego	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio
Clasificación Aptitud Uso	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase C</b>
Clasificación NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512
Clasificación Hidrogeoquímica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica
Principal Fuente Contaminante	Vertido de aguas residuales nucleos rurales y ganado estabulado	Vertido de aguas residuales población San Lorenzo	Vertido de aguas residuales margen derecho Ciudad de Tarija	Vertido de aguas residuales Lagunas Oxidación Ciudad de Tarija	Ganado estabulado y contaminación difusa	Ganado estabulado y contaminación difusa	Ganado estabulado y contaminación difusa





Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 5 b. Clasificación y Fuentes Contaminantes, 2 da Campaña de Muestreo**

Punto de Control	PC-8 R. Salinas 1	PC-9 R. Salinas 2	PC-10 R. Chiquiaca 1	PC-11 R. Chiquiaca 2	PC-12 R. Itau	PC-13 Qda. El Nueve	PC-14 R. Grande de Tarija	PC-15 R. Camacho
Clasificación Riego	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C3: Agua de salinidad alta S1: Agua baja en sodio	C3: Agua de salinidad alta S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio
Clasificación Aptitud Uso	<b>Clase C</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase C</b>
Clasificación NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Color, Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Color, Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Color, Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Color, Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512
Clasificación Hidrogeoquímica	Sulfatada Sódica	Sulfatada Sódica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Sódica	Cloretada Cálcica	Cloretada Sódica	Bicarbonatada Magnésica
Principal Fuente Contaminante	Vertido de aguas residuales población Entre Ríos	Ganado estabulado semi estabulado y contaminación difusa	Ganado estabulado semi estabulado y contaminación difusa	Vertido de aguas residuales población Chiquiaca	Ganado estabulado semi estabulado y contaminación difusa	Vertedero Población Bermejo y contaminación difusa	Ganado estabulado semi estabulado y contaminación difusa	Ganado estabulado semi estabulado y contaminación difusa



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 5 b. Clasificación y Fuentes Contaminantes, 2 da Campaña de Muestreo**

Punto de Control	PC-16 R. Orozas	PC-17 R. Santa Rosa	PC-18 R. Condado	PC-19 R. Bermejo 1	PC-20 R. Bermejo 2	PC-21 R. Bermejo 3	PC-22 R. Bermejo 4	PC-0 Huacata
Clasificación Riego	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio
Clasificación Aptitud Uso	<b>Clase D</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase C</b>
Clasificación NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512
Clasificación Hidrogeológica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Bicarbonatada Cálcica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica
Principal Fuente Contaminante	Vertido de aguas residuales población Padcaya	Vertido agua aguas residuales nucleos rurales, ganado no estabulado, etc.	Vertido agua aguas residuales nucleos rurales, ganado no estabulado, etc.	Vertido agua aguas residuales nucleos rurales, ganado no estabulado, etc.	Vertido agua aguas residuales nucleos rurales, ganado no estabulado, etc.	Vertido agua aguas residuales nucleos rurales, ganado no estabulado, etc.	Vertido agua aguas residuales Población Bermejo y Aguas Blancas	Vertido agua aguas residuales nucleos rurales, ganado no estabulado, etc.



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 5 c. Clasificación y Fuentes Contaminantes, 3era Campaña de Muestreo**

Punto de Control	PC-1 R. Gualdalquivir	PC-2 R. Gualdalquivir	PC-3 R. Gualdalquivir	PC-4 R. Gualdalquivir	PC-5 R. Gualdalquivir	PC-6 R. Santa Ana	PC-7 R. Pajonal
Clasificación Riego	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio
Clasificación Aptitud Uso	<b>Clase B</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>
Clasificación NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512
Clasificación Hidrogeoquímica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica
Principal Fuente Contaminante	Vertido de aguas residuales nucleos rurales y ganado	Vertido de aguas residuales población San Lorenzo	Vertido de aguas residuales margen derecho Ciudad de Tarija	Vertido de aguas residuales Lagunas Oxidación Ciudad de Tarija	Ganado y contaminación difusa de diverso origen	Ganado y contaminación difusa de diverso origen	Ganado y contaminación difusa de diverso origen



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 5 c. Clasificación y Fuentes Contaminantes, 3era Campaña de Muestreo**

Punto de Control	PC-8 R. Salinas 1	PC-9 R. Salinas 2	PC-10 R. Chiquiaca 1	PC-11 R. Chiquiaca 2	PC-12 R. Itau	PC-13 Qda. El Nieve	PC-14 R. Grande de Tarija	PC-15 R. Camacho
Clasificación Riego	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio
Clasificación Aptitud Uso	<b>Clase D</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase B</b>	peor <b>Clase D</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase B</b>
Clasificación NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Color, Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Color, Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Color, Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Color, Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512
Clasificación Hidrogeoquímica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica
Principal Fuente Contaminante	Vertido de aguas residuales población Entre Ríos	Ganado y contaminación difusa de diverso origen	Ganado y contaminación difusa de diverso origen	Vertido de aguas residuales población Chiquiaca	Ganado y contaminación difusa de diverso origen	Ganado y contaminación difusa de diverso origen	Ganado y contaminación difusa de diverso origen	Ganado y contaminación difusa de diverso origen



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 5 c. Clasificación y Fuentes Contaminantes, 3era Campaña de Muestreo**

Punto de Control	PC-16 R. Orozas	PC-17 R. Santa Rosa	PC-18 R. Condado	PC-19 R. Bermejo 1	PC-20 R. Bermejo 2	PC-21 R. Bermejo 3	PC-22 R. Bermejo 4	PC-0 Huacata
Clasificación Riego	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio
Clasificación Aptitud Uso	<b>Clase B</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase B</b>
Clasificación NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512
Clasificación Hidrogeoquímica	Sulfatada Cálcida	Sulfatada Cálcida	Sulfatada Cálcida	Sulfatada Cálcida	Sulfatada Cálcida	Sulfatada Cálcida	Sulfatada Cálcida	Bicarbonatada Cálcida
Principal Fuente Contaminante	Vertido de aguas residuales población Padcaya	Vertido agua aguas residuales núcleos rurales y ganado.	Vertido agua aguas residuales núcleos rurales y ganado.	Vertido agua aguas residuales núcleos rurales y ganado.	Vertido agua aguas residuales núcleos rurales y ganado.	Vertido agua aguas residuales núcleos rurales y ganado.	Vertido agua aguas residuales Población Bermejo y Aguas Blancas	Ganado y contaminación difusa de origen diverso.



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 5 d. Clasificación y Fuentes Contaminantes: 4ta Campaña**

Punto de Control	PC-1 R. Gualdalquivir	PC-2 R. Gualdalquivir	PC-3 R. Gualdalquivir	PC-4 R. Gualdalquivir	PC-5 R. Tarija	PC-6 R. Santa Ana	PC-7 R. Pajonal
Clasificación Riego	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio
Clasificación Aptitud Uso	<b>Clase A</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase C</b>
Clasificación NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512
Clasificación Hidrogeoquímica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica
Principal Fuente Contaminante	Vertido de aguas residuales nucleos rurales y ganado	Vertido de aguas residuales población San Lorenzo	Vertido de aguas residuales margen derecho Ciudad de Tarija	Vertido de aguas residuales Lagunas Oxidación Ciudad de Tarija	Ganado y contaminación difusa de diverso origen	Ganado y contaminación difusa de diverso origen	Ganado y contaminación difusa de diverso origen





Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 5 d. Clasificación y Fuentes Contaminantes: 4ta Campaña**

Punto de Control	PC-8 R. Salinas 1	PC-9 R. Salinas 2	PC-10 R. Chiquiaca 1	PC-11 R. Chiquiaca 2	PC-12 R. Itau	PC-13 Qda. El Nueve	PC-14 R. Grande de Tarija	PC-15 R. Camacho
Clasificación Riego	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C2: Agua de salinidad media S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio
Clasificación Aptitud Uso	<b>Clase C</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase C</b>	<b>peor Clase D</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase C</b>
Clasificación NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Color, Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Color, Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Color, Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Color, Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512
Clasificación Hidrogeológica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica
Principal Fuente Contaminante	Vertido de aguas residuales población Entre Ríos	Ganado y contaminación difusa de diverso origen	Ganado y contaminación difusa de diverso origen	Vertido de aguas residuales población Chiquiaca	Ganado y contaminación difusa de diverso origen	Ganado y contaminación difusa de diverso origen	Ganado y contaminación difusa de diverso origen	Ganado y contaminación difusa de diverso origen



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 5 d. Clasificación y Fuentes Contaminantes: 4ta Campaña**

Punto de Control	PC-16 R. Orozas	PC-17 R. Santa Rosa	PC-18 R. Condado	PC-19 R. Bermejo 1	PC-20 R. Bermejo 2	PC-21 R. Bermejo 3	PC-22 R. Bermejo 4	PC-0 Huacata
Clasificación Riego	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio	C1: Agua de salinidad baja S1: Agua baja en sodio
Clasificación Aptitud Uso	<b>Clase C</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase D</b>	<b>Clase B</b>
Clasificación NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512	Coliformes Fecales y Totales Sobrapasan NB512
Clasificación Hidrogeoquímica	Sulfatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica
Principal Fuente Contaminante	Vertido de aguas residuales población Padcaya	Vertido agua aguas residuales núcleos rurales y ganado.	Vertido agua aguas residuales núcleos rurales y ganado.	Vertido agua aguas residuales núcleos rurales y ganado.	Vertido agua aguas residuales núcleos rurales y ganado.	Vertido agua aguas residuales núcleos rurales y ganado.	Vertido agua aguas residuales Población Bermejo y Aguas Blancas	Ganado y contaminación difusa de origen diverso.



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

## **6. DIAGNOSTICO ANALITICO, ESTADO ACTUAL DE CALIDAD Y DISPONIBILIDAD DEL AGUA**

### **6.1. Síntesis Comparativa**

En los Cuadros 6, se presenta en forma comparativa los datos de caudales, clasificación para riego, clasificación según objeto de uso y clasificación hidro geoquímica para cada punto de control y para las cuatro campañas de monitoreo 2013 -2014

### **6.2. Disponibilidad de Caudales**

En la primeras filas del Cuadro 6 (fila 2 a 6), se presenta la disponibilidad del recurso hídrico en términos de caudal (m<sup>3</sup>/s), para cada uno de los puntos de monitoreo estudiado y para las cuatro campañas de monitoreo realizadas en el 2013 y 2014.

En las Gráficas 6, se representan la variación de los caudales medidos para los puntos de monitoreo a lo largo del 2013 y 2014.

Las Gráficas 6, indican una gran variación de caudal entre el periodo de lluvias y el periodo de estiaje, en la mayoría de los casos y puede ser un indicativo de la necesidad de obras de regulación para el aprovechamiento hídrico racional y desarrollo de la agricultura en la Cuenca alta del Bermejo

### **6.3. Comparación Clasificación para Riego**

Como se puede apreciar en el Cuadro 6, se han dado los siguientes cambios de aptitud para riego desde entre la primera, segunda, tercer y cuarta campaña de muestreo:

- El PC-4, sobre el río Guadalquivir, de clase C2 S1 en la primera campaña ha pasado a clase C1 S1 en segunda, tercera y cuarta.
- El PC-5, sobre el río Tarija, de clase C2 S1 en la primera campaña ha pasado a clase C1 S1 en segunda, tercera y cuarta.
- El PC-6, sobre el río Santa Ana, de clase C2 S1 en la primera y segunda campaña ha pasado a clase C1 S1 en la tercera y cuarta.
- El PC-7, PC-8 y PC-16, sobre el río Pajonal, Salinas y Orozas, de clase C2 S1 en la primera y segunda campaña ha pasado a clase C1 S1 en la tercera y cuarta.



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 6 a. Síntesis Comparativa**

CAMPAÑA	CLASIFICACION o MEDICION	Unid	PC-1	PC-2	PC-3	PC-4	PC-5	PC-6	PC-7
1ra	Caudal	(m <sup>3</sup> /s)	0,378	0,347	0,938	1,149	3,613	0,467	0,634
2da			0,162	0,111	0,541	2,748	1,643	0,331	0,433
3er			1,587	2,263	3,372	4,331	17,430	14,280	14,570
4ta			4,800	9,031	22,440	27,000	29,000	8,934	4,455
1ra	Clasificación Riego		C1 S1	C1 S1	C1 S1	C2 S1	C2 S1	C2 S1	C2 S1
2da			C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C2 S1	C2 S1
3er			C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1
4ta			C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1
1ra	Clasificación Aptitud Uso		Clase C	Clase D	Clase D	Clase D	Clase B	Clase D	Clase D
2da			Clase D	Clase D	Clase D	Clase D	Clase D	Clase D	Clase C
3er			Clase B	Clase D	Clase D	Clase D	Clase B	Clase D	Clase D
4ta			Clase A	Clase D	Clase D	Clase D	Clase D	Clase B	Clase C
1ra	Clasificación Hidrogeoquímica		Sulfatada Magnésica	Sulfatada Sódica	Sulfatada Sódica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica
2da			Sulfatada Magnésica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica
3er			Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica
4ta			Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Cuadro 6 b.- Síntesis Comparativa**

CAMPAÑA	CLASIFICACION o MEDICION	Unid	PC-8	PC-9	PC-10	PC-11	PC-12	PC-13	PC-14	PC-15
1ra	Caudal	(m <sup>3</sup> /s)	1,574	1,449	0,564	0,652	0,926	0,117	19,940	1,239
2da			0,670	0,802	0,601	0,700	0,938	0,223	14,310	0,458
3er			21,630	7,952	13,700	17,928	8,483	0,451	372,000	2,106
4ta			12,810	12,980	2,103	3,593	5,970	0,445	352,000	5,000
1ra	Clasificación Riego		C2 S1	C2 S1	C2 S1	C2 S1	C2 S1	C3 S1	C2 S1	C1 S1
2da			C2 S1	C2 S1	C2 S1	C2 S1	C2 S1	C3 S1	C3 S1	C1 S1
3er			C1 S1	C2 S1	C2 S1	C2 S1	C2 S1	C2 S1	C1 S1	C1 S1
4ta			C1 S1	C1 S1	C2 S1	C2 S1	C2 S1	C2 S1	C1 S1	C1 S1
1ra	Clasificación Aptitud Uso		Clase D	Clase B	Clase B	Clase C	Clase C	Clase D	Clase D	Clase C
2da			Clase C	Clase D	Clase D	Clase D	Clase D	Clase D	Clase D	Clase C
3er			Clase D	Clase B	Clase B	Clase B	Clase B	peor Clase D	Clase C	Clase B
4ta			Clase C	Clase B	Clase C	Clase C	Clase C	peor Clase D	Clase C	Clase C
1ra	Clasificación Hidrogeoquímica		Sulfatada Sódica	Sulfatada Sódica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Sódica	Cloretada Cálcica	Cloretada Cálcica	Bicarbonatada Magnésica
2da			Sulfatada Sódica	Sulfatada Sódica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Sódica	Cloretada Cálcica	Cloretada Sódica	Bicarbonatada Magnésica
3er			Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica
4ta			Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

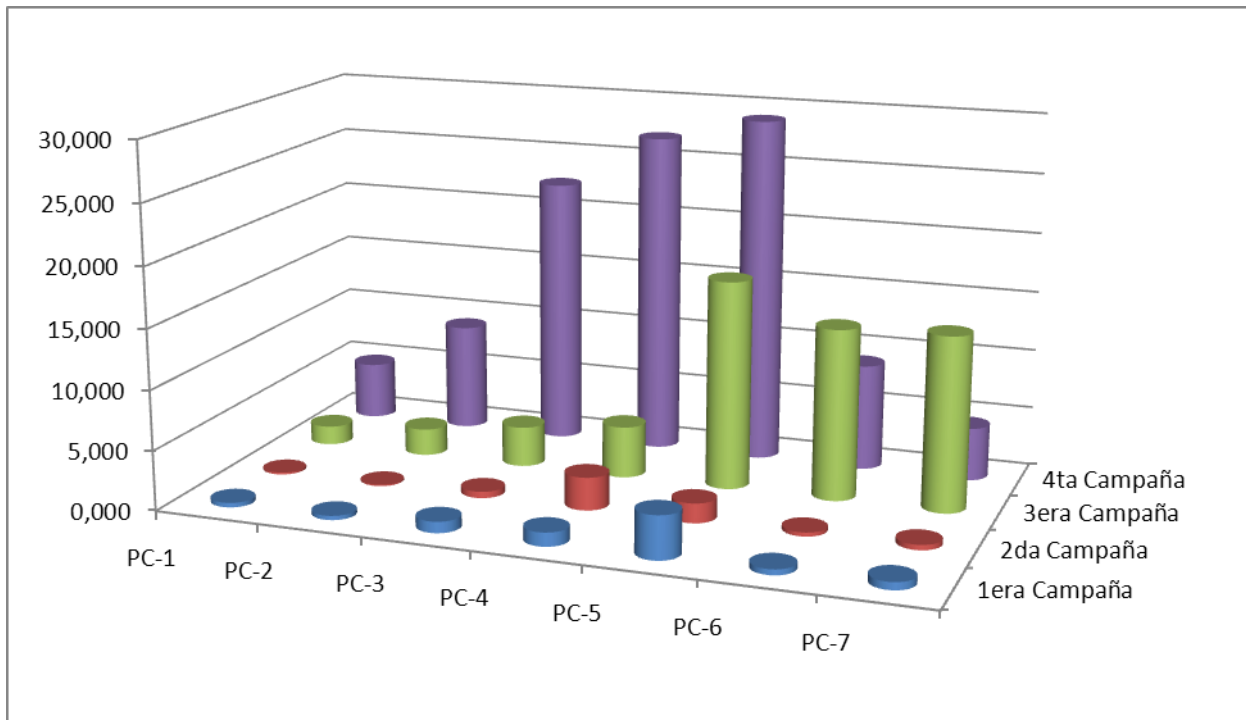
**Cuadro 6 c.- Síntesis Comparativa**

CAMPAÑA	CLASIFICACION o MEDICION	Unid	PC-16	PC-17	PC-18	PC-19	PC-20	PC-21	PC-22
1ra	Caudal	(m <sup>3</sup> /s)	0,024	4,948	5,392	14,000	16,000	15,050	15,120
2da			0,015	2,540	2,825	6,180	11,000	10,140	10,980
3er			0,677	13,881	13,406	101,000	82,200	106,000	117,700
4ta			1,657	23,000	24,000	101,000	243,000	246,000	272,000
1ra	Clasificación Riego		C2 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1
2da			C2 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C2 S1
3er			C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1
4ta			C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1	C1 S1
1ra	Clasificación Aptitud Uso		Clase D	Clase B	Clase B	Clase B	Clase B	Clase A	Clase A
2da			Clase D	Clase C	Clase C	Clase C	Clase C	Clase C	Clase C
3er			Clase B	Clase B	Clase D	Clase C	Clase B	Clase C	Clase C
4ta			Clase C	Clase C	Clase C	Clase C	Clase C	Clase B	Clase D
1ra	Clasificación Hidrogeoquímica		Bicarbonatada Cálcica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica
2da			Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Sulfatada Magnésica	Bicarbonatada Cálcica	Sulfatada Magnésica
3er			Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Sulfatada Cálcica
4ta			Sulfatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Gráfica 6.a.- Comparación de Caudales (m<sup>3</sup>/s), para la 1era (Q1), 2da (Q2), 3era (Q3) y 4ta (Q4), campaña de muestreo (PC-1 a PC-7)**

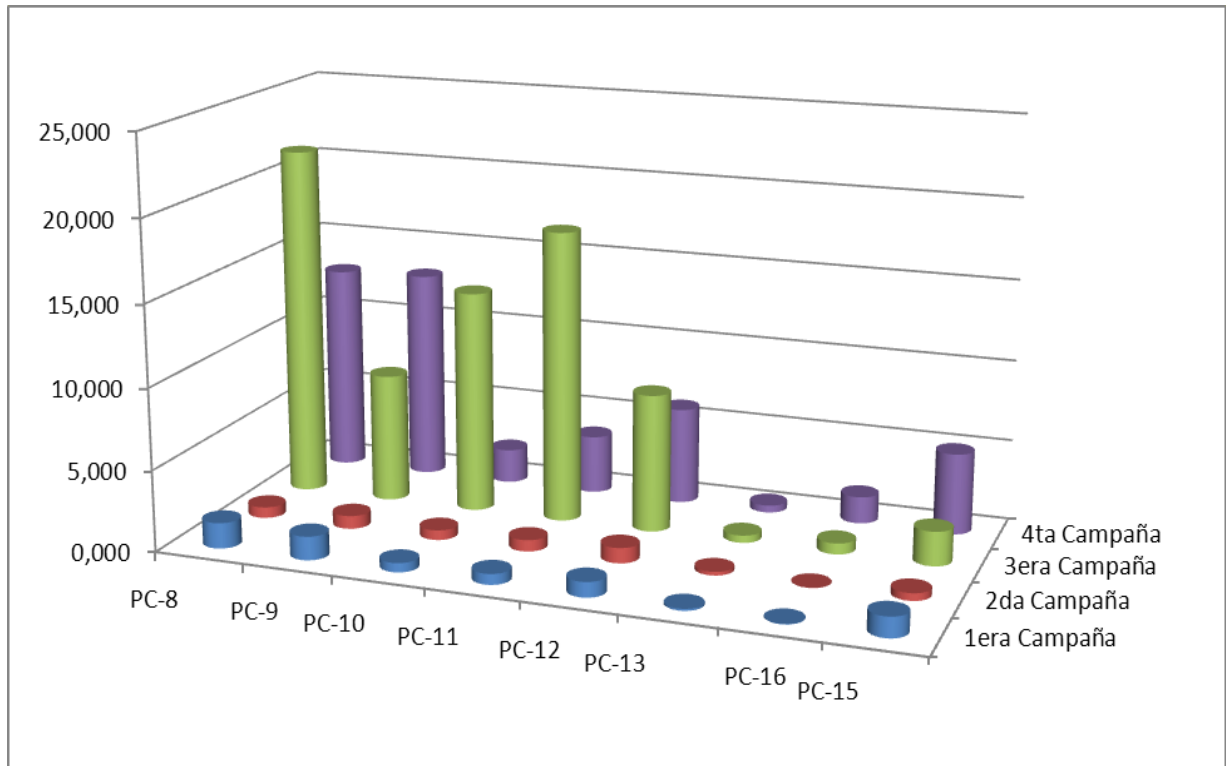






Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

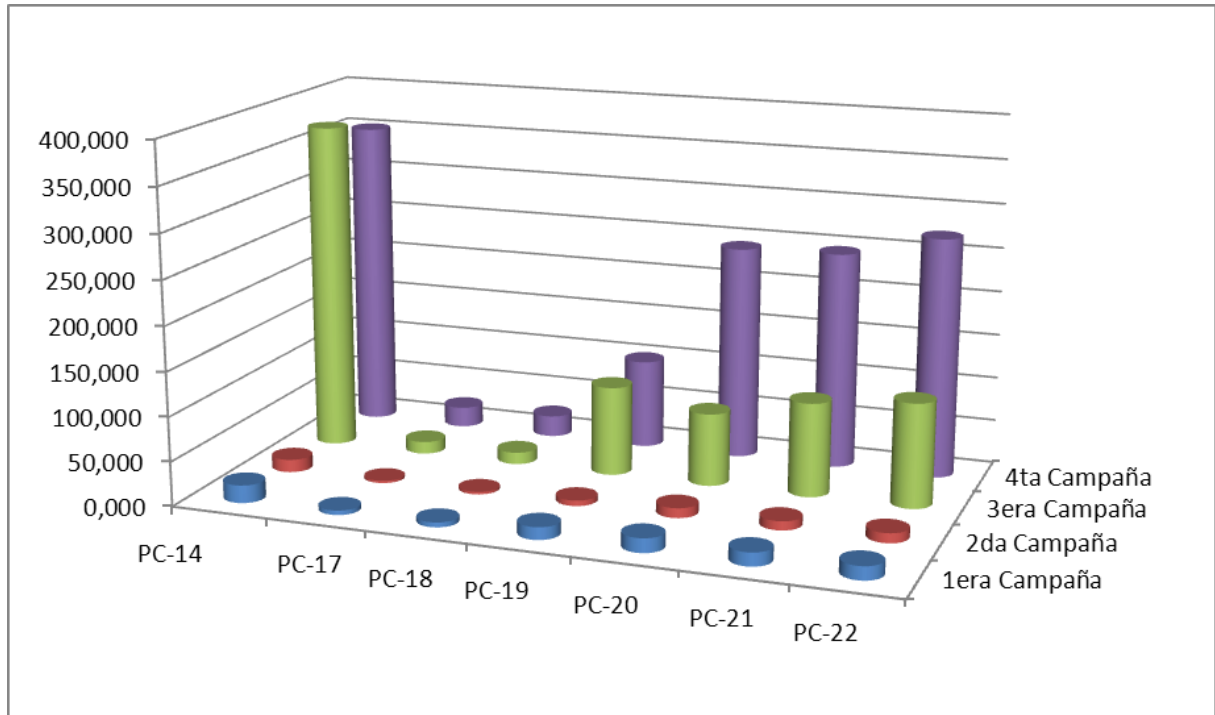
**Gráfica 6.b.- Comparación de Caudales (m<sup>3</sup>/s) para la 1era (Q1), 2da (Q2), 3era (Q3) y 4ta (Q4), campaña de muestreo (PC-8 a PC-13 y PC-15 a PC-16)**





Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

**Gráfica 6.c.- Comparación de Caudales (m<sup>3</sup>/s) para la 1era (Q1), 2da (Q2), 3era (Q3) y 4ta (Q4), campaña de muestreo (PC-14 y PC-17 a PC-22)**





Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

- Del PC-9 al PC-12, se han mantenido en clase C2 S1, durante todas las campañas
- El PC-13, sobre la quebrada El Nueve, de clase C3 S1 en la primera y segunda campaña, ha pasado a clase C2 S1 en la tercera y cuarta.
- El PC-14, sobre el río Grande de Tarija, de clase C2 S1 en la primera ha pasado a clase C3 S1 en la segunda ya clase C1 S1 en la tercera y cuarta campaña.
- El PC-22, sobre el río Bermejo, tiene clase C1 S1 en la primera, tercera y cuarta campaña y clase C2S1, durante la segunda campaña.
- A diferencia del estudio realizado el 2012, todos los cursos de agua, incluyendo los ríos Santa Rosa (PC-17) y Condado (PC-18) son aptos para riego desde el punto de vista de contenidos de sólidos en suspensión.
- En general se nota un incremento de salinidad en periodo de estiaje (primera y segunda campaña) y disminución de la salinidad en periodo de lluvias (tercera y cuarta campaña).

#### 6.4. Comparación Clasificación Según Aptitud de Uso

De acuerdo a los Cuadros 6, la mayor parte de los puntos de control han sido de clase D en por lo menos una de las campañas de muestreo:

- El PC-1 (Guadalquivir, Canasmoro), es de Clase D (ver cuadros sombreados con rojo), en la segunda campaña, de Clase C (ver cuadros sombreados con naranja) en la primera y Clase B (ver cuadros sombreados con naranja claro) y A (ver cuadros sombreados con rosado claro) en la tercera y cuarta campaña
- El PC-2 (Guadalquivir, San Lorenzo), PC-3 y PC-4 (Guadalquivir, Tarija y Angosto de San Luis), son de Clase D, las cuatro campañas de muestreo, tanto en periodo seco, como lluvioso
- El PC-5 (Río Tarija, Angosto), es de Clase B, en la primera y tercera campaña, y Clase D en la segunda y cuarta.
- El PC-6 (Río Santa Ana), es de Clase B la cuarta campaña y Clase D el resto de las campañas.
- El PC-7 (Río Pajonal) y PC-8 (Río Salinas, Entre Ríos), son de Clase D, en la primera y tercera campaña, y Clase C en la segunda y cuarta.
- PC-9 (R. Salinas), es de Clase D la segunda campaña y Clase B el resto de las campañas.
- PC-10 y PC-11 (R. Chiquiaca, luego y después de Chiquiaca), son de Clase B y C la primera campaña, Clase D la segunda y Clase B y C, la tercera y cuarta.
- PC-12 (R. Itau), de Clase C, la primera y cuarta campaña, Clase D la segunda y Clase C, la tercera campaña.



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

- La Quebrada El Nueve (PC-13), tiene Clase D en la primera y segunda campaña y peor que Clase D (similar a agua residual industrial) durante la tercera y cuarta campaña, debido a la contaminación por la industria azucarera.
- El PC-15 (R. Camacho), de Clase C en la primera y segunda campaña, tiene Clase B en la tercera y Clase D en la cuarta campaña.
- El PC-16 (R. Itau), de Clase D en la primera y segunda campaña, mejora su calidad a Clase B y C en la tercera y la cuarta campaña.
- Los ríos: Santa Rosa (PC-17) y Condado (PC-18), son de Clase B, durante la primera y Clase C durante la segunda y cuarta campaña, pero en la tercera campaña de Clase B el primero y D, el segundo (probablemente por el fenómeno de histéresis del curso de agua, que estaba de llegada durante el muestreo)
- El PC-19 y PC-20 (sobre el río Bermejo), son de Clase B, durante la primera y Clase C durante la segunda y cuarta campaña, pero en la tercera campaña de Clase C el primero y B, el segundo.
- PC-21 y PC-22 (R. Bermejo), aguas arriba y debajo de Bermejo respectivamente, presentan Clase A en la primera campaña, Clase C en la segunda y tercera campaña de muestreo, mejorando durante la cuarta campaña a Clase B el primero (PC-21) y empeorando a Clase D el segundo (PC-22), posiblemente debido al vertido de las lagunas de oxidación de la Ciudad de Bermejo, durante el muestreo (los vertidos son intermitentes debido a su modo de operación).

En general, los parámetros decisores, es decir los que definen la Clase según objeto de uso, son: coliformes fecales, DQO y DBO<sub>5</sub>.

### **6.5. Comparación Según NB 512**

En general, los parámetros de calidad que limitan el uso para consumo humano de los cursos bajo estudio, son coliformes fecales y coliformes totales.

Como es característico de aguas superficiales, para todas las campañas de muestreo, el nivel de coliformes fecales en los cursos de agua, no cumplen con el valor mínimo establecido para este parámetro de calidad, por la NB 512, con fines de uso para consumo humano.

### **6.6. Comparación Clasificación Hidrogeoquímica**

Según el Cuadro 6, se pueden observar las siguientes variaciones hidrogeoquímicas entre la primera, segunda, tercer y cuarta campaña de muestreo:



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

- En todas las campañas de muestreo, desde PC-1 a PC-12, se han presentado aguas sulfatadas cálcicas o sulfatadas magnésicas (ver cuadros sombreados de verde muy claro).
- PC-13 y PC-14, presentan aguas cloretadas cálcicas (cuadros sombreados con verde oscuro), la primera y segunda campaña de muestreo y aguas sulfatadas cálcicas (ver cuadros sombreados de verde claro), la tercera y cuarta campaña.
- PC-15, presenta aguas bicarbonatadas magnésicas o cálcicas (cuadros sombreados con verde claro), la primera, segunda y cuarta campaña de muestreo y agua sulfatada cálcica la tercera campaña.
- PC-16, presenta aguas bicarbonatadas magnésicas (cuadros sombreados con verde claro), la primera, segunda y cuarta campaña de muestreo y agua sulfatada cálcica la tercera campaña.
- PC-17 a PC-20 y PC-22, presentan aguas sulfatadas magnésicas, la primera, segunda y tercera campaña de muestreo y agua bicarbonatada cálcica la cuarta campaña.
- PC-21, presenta aguas bicarbonatadas magnésicas, la segunda y cuarta campaña y agua sulfatada cálcica la primera y cuarta campaña.

## 7. SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

En base a los datos determinados en trabajos de campo, se ha calibrado el modelo computacional QUAL2K para simulación de calidad de las principales corrientes de agua y obtendrá el perfil de calidad de agua a lo largo de los cursos de agua para los principales contaminantes, esto permitirá obtener una clasificación de tramos según su aptitud de uso y de acuerdo al Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley 1333.

### 7.1.- El Modelo QUAL 2K

#### A.- Características del QUAL 2K

El modelo mejorado de calidad de aguas en ríos QUAL2K (The Enhance Stream Water Quality Models) es producido y distribuido por la United States Environmental Protection Agency EPA, ampliamente difundido a nivel mundial y en particular en los países de habla hispana, puede simular los siguientes constituyentes de calidad de agua: oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), temperatura, algas (Clor“a”), nitrógeno como nitrógeno orgánico, nitrógeno como amonio, nitrógeno como nitritos, nitrógeno como nitratos, fósforo como fósforo orgánico, fósforo disuelto, coliformes totales y fecales, un constituyente arbitrario no



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

conservativo, tres constituyentes conservativos (sales, cationes o aniones). El modelo es aplicable a corrientes dentríticas con mezcla perfecta, asume que los mecanismos de transporte, advección y dispersión son significativos sólo a lo largo de la dirección principal del flujo (eje longitudinal del cause). Permite estimar descargas múltiples de vertidos, detracciones puntuales, y la simulación de afluentes, aportaciones y disminuciones naturales de agua a lo largo del curso.

**B.- Datos de entrada requeridos y condiciones de trabajo reales**

El paquete QUAL2K, es medianamente exigente en datos de entrada, tiene diferentes niveles de complejidad, posee varias opciones y bastante versatilidad de cálculo, de tal manera que cuando no se especifica un dato por falta de información, se asume este dato por defecto, a partir de un sistema experto interno.

A continuación, se describe los diferentes grupos de datos de entrada del QUAL2K y las metodologías para su estimación o sus fuentes de referencia en caso de datos asumidos:

**Corrientes de Agua Simuladas y Prototipo de representación computacional**

Para trabajos de simulación se ha seleccionado los principales cursos de la cuenca, es decir:

- Río Bermejo
- Río Grande de Tarija

En el río Bermejo se ha estudiado en un tramo que abarcan desde el río Condado (PC-18), hasta su unión con el río Grande de Tarija, con una longitud aproximada de 138 Km.

En el río Grande de Tarija se ha analizado el tramo abarcado desde la unión de los río Itau y Tarija (PC-12), hasta unos 10 Km, aguas abajo de la confluencia con el río Bermejo, con una longitud de 62 Km.

Para efectos de modelación, ambos tramos se han subdividido en sub – tramos más pequeños respectivamente, tomando en cuenta carga de contaminantes en cada tramo, confluencia con tributarios y requerimientos para la aplicación de la simulación computacional.

Considerando las características hidrológicas de la cuenca en época de estiaje y conceptos del manual del usuario del software QUAL2K, se han definido también elementos computacionales, que se ubican en forma esquemática en la **Gráfica 7.1**:



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

### ***Datos del prototipo de representación computacional***

Número y nombre de: cabeceras de río, tramos y longitud, puntos de carga de aguas residuales y ubicación y flujos incrementales, los que han sido estimados mediante la diferencia de caudales medidos en el trabajo de campo a lo largo de los ríos (**Ver Gráficas 7.1**).

Datos de calidad de agua

Para simplicidad de cálculo solo se ha simulado: Oxígeno disuelto O.D., demanda bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub>, Coliformes fecales y temperatura, para la cabecera de río, los flujos incrementales y los puntos de carga, para las condiciones de muestreo en el trabajo de campo. La simulación de otros parámetros como nitrógeno, fósforo, algas, etc., requieren mayor cantidad de información por lo que su simulación se ha obviado.



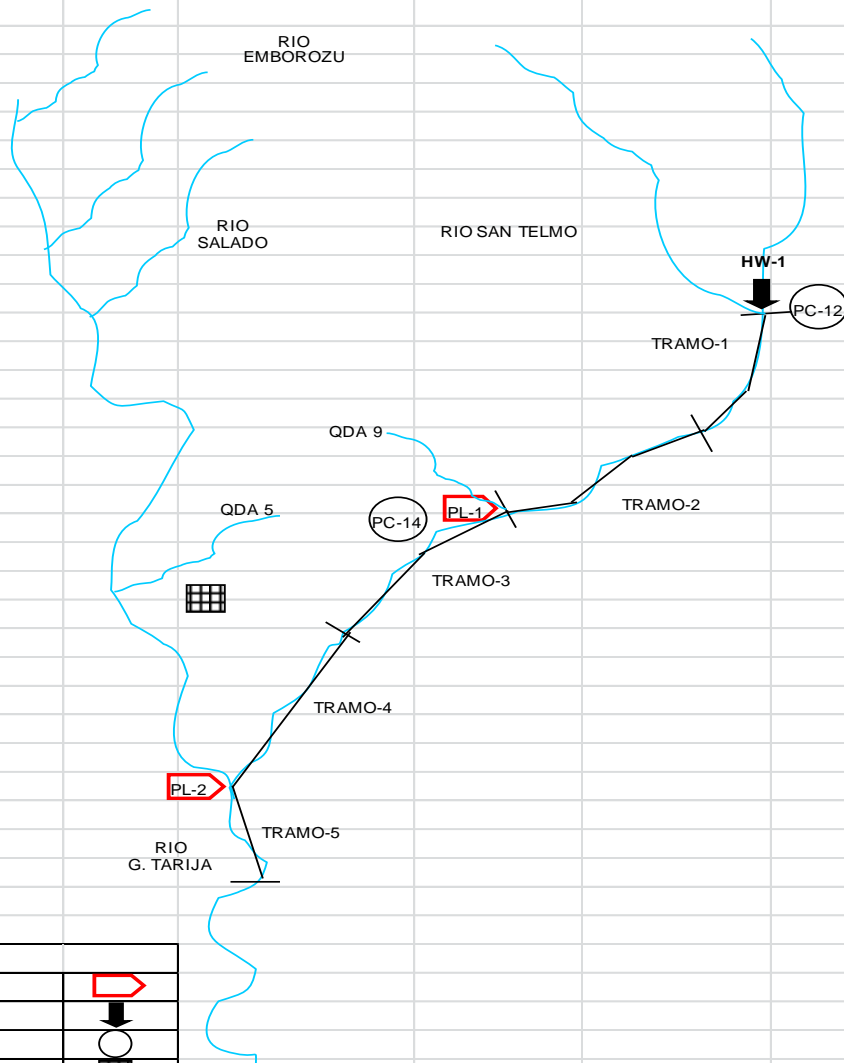


Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

GRAFICA 7.1.a

ESQUEMA TECNICO DE LA RED DE SIMULACION: RIO GRANDE DE TARIJA

Nº y nombre de tramos	Longitud [km]	Nº y nombre de tramos	longitud [km]	Puntos de carga	Tipo
TRAMO 1: R. G. TARIJA	62 - 50	TRAMO 5: R. G. TARIJA	10 - 0	PL-1: QUEBRADA 9	Agua Residual Industrial
TRAMO 2: R. G. TARIJA	50 - 40			PL -2: R. BERMEJO	Tributario
TRAMO 3: R. G. TARIJA	40 - 25				
TRAMO 4: R. G. TARIJA	25 - 10	Puntos de control	Nombre	Cabecera de río	Nombre
		PC-12 y PC - 14	RIO BERMEJO	HW-1	ITAU



Simbología:	
Punto de carga	
Cabecera de agua	
Punto de control	
Población	
Carretera	

La gráfica no está a escala

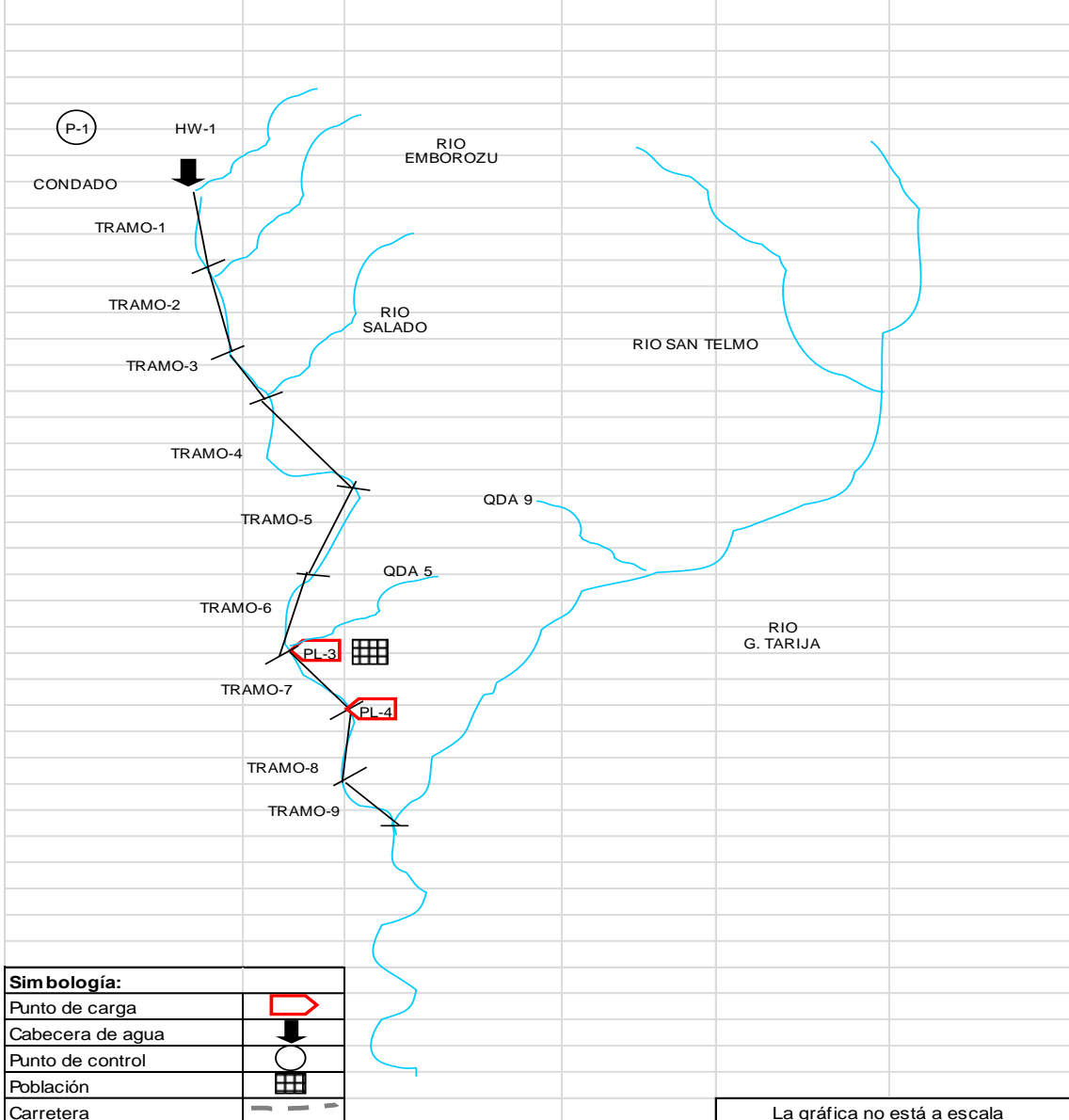


Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

GRAFICA 7.1.b

ESQUEMA TECNICO DE LA RED DE SIMULACION: RIO BERMEJO

Nº y nombre de tramos	longitud [km]	Nº y nombre de tramos	longitud [km]	Puntos de control	Nombre
TRAMO 1: BERMEJO	138,4 - 119,5	TRAMO 6: BERMEJO	49,5 - 32,5	PC-19, PC-20; PC-21	RIO BERMEJO
TRAMO 2: BERMEJO	119,5 - 104,5	TRAMO 7: BERMEJO	32,5 - 24,5	PC-22	
TRAMO 3: BERMEJO	104,5 - 89,5	TRAMO 8: BERMEJO	24,5 - 12,5	Puntos de carga	Tipo
TRAMO 4: BERMEJO	89,5 - 69,5	TRAMO 9: BERMEJO	12,5 - 0	PL - 1	Quebrada El Cinco
TRAMO 5: BERMEJO	69,5 - 49,5	Cabecera de río	Nombre	PL - 2	Aguas residuales
		HW-1	CONDADO		Bermejo





Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

## Datos hidráulicos

### *Caudales y coeficientes de descarga*

Los coeficientes de descarga a, b, c y d, han sido estimados por correlación logarítmica de varios los datos de caudal  $Q(m^3/s)$ , velocidad  $v(m/s)$  y profundidad  $h(m)$ , tomados en el trabajo de campo para las diferentes estaciones de muestreo, los datos han sido correlacionados para las formas:

$$v = aQ^b$$

$$h = cQ^d$$

Con los siguientes valores estimados a partir de datos proporcionados por SENAMHI:

$$a = 0,772$$

$$b = -0,16$$

$$c = 0,216$$

$$d = 0,291$$

### *Coefficiente de dispersión longitudinal*

La dispersión es básicamente un mecanismo de transporte convectivo. El término “dispersión” se usa generalmente asociado al transporte con variaciones de velocidad promedios. El modelo QUAL 2K, calcula automáticamente para cada tramo, el coeficiente de dispersión longitudinal, mediante el modelo de Fisher (1964), citado por **Linfield C. Brown - 1987**:

$$D_L = 3.82kn\bar{U} d^{\frac{5}{6}}$$

$D_L$ : Coeficiente de dispersión longitudinal ( $m^2/s$ )

k: Constante de dispersión (adimensional)

n: Coeficiente de rugosidad de Mannig (adimensional)

U: Velocidad media del cauce (m/s)

d: Profundidad media (m)

### *Coefficiente de Mannig*

La mayor parte de los ríos cursos de agua estudiados se pueden clasificar como canales aluviales según Morris-1983, para este tipo de canales naturales, el manual del usuario del QUAL2K, sugiere la siguiente forma matemática para el cálculo del



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

Mannig ( $m$ ), en función del diámetro ( $d$ ) para el cual el 75% de las piedras del lecho del río, son menores:

$$m = 0,031.d^{\frac{1}{6}}$$

A lo largo de los causes de los ríos Bermejo y Tarija, se ha observado, diámetros de cantos rodados, entre 6 a 15 cm (para los cuales el 75% de las partículas son menores), por lo que en ausencia de datos más precisos, se ha asumido un Mannig promedio, para los diámetros observados, con un valor de  $m = 0,03$

### *Flujos incrementales*

Los flujos incrementales se refieren a aportes de tributarios menores, infiltraciones, afloraciones de aguas subsuperficiales y aportes difusos de agua a las corrientes, estos han sido evaluados a partir de las diferencias de caudal entre las diferentes estaciones de muestreo, tanto para el río Bermejo como para el río Grande de Tarija se ha encontrado flujos incrementales positivos.

El caudal de los flujos incrementales y su calidad hídrica asumida en el proceso de calibración son los encontrados en el trabajo de campo

### *Datos geográficos para la cuenca*

Los datos globales de la cuenca como: latitud, longitud, meridiano estándar y elevación de la cuenca, han sido tomados de los reportes de SENAMHI, para la estación meteorológica de Bermejo:

- Latitud de la cuenca:  $22^{\circ}72'$
- Longitud de la cuenca:  $64^{\circ} 3'$
- Meridiano estándar:  $63^{\circ} 5'$
- Elevación de la cuenca: 416 m.s.n.m.

La elevación para cada sub – tramo, se ha medido en el trabajo de campo.

### *Datos climáticos*

Los datos climáticos que se requieren para realizar la simulación son: día inicial del mes para el cual se realiza la simulación, coeficientes de evaporación (asumido por defecto), coeficiente de atenuación (asumido por defecto), temperatura del agua



*Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo*  
*OTN-PB*

(medida en campo), temperatura de bulbo seco (temperatura del aire, datos se SENAMHI), temperatura de bulbo húmedo (asumida por defecto), velocidad del viento y porcentaje de cielo cubierto (datos se SENAMHI). Los datos tomados de los archivos de SENAMHI, son para el periodo de estiaje de la cuenca del Bermejo, la presión atmosférica para cada sub tramo ha sido estimada en base a la altura sobre el nivel del mar y la temperatura ambiental (medida en campo).

#### Datos cinéticos

Los datos cinéticos se refieren a las tasas de remoción de contaminantes por procesos naturales de auto depuración de los ríos, constituyéndose en los datos mas importantes para la simulación de calidad de aguas. Los siguientes datos cinéticos han sido estimados mediante calibración del modelo QUAL2K:

Constante de mortalidad de coliformes fecales en la corriente.

Constante de remoción de la materia orgánica expresada como DBO<sub>5</sub>.

### **7.2. Calibración del Modelo QUAL2K para el Río Gran de Tarija y Río Bermejo Periodo de Estiaje - 2013**

La calibración del modelo computacional QUAL2K, se ha realizado por el método de prueba y error, buscando la convergencia de los valores simulados y los valores de calidad hídrica observados durante el trabajo de campo, en los siguientes puntos de control.

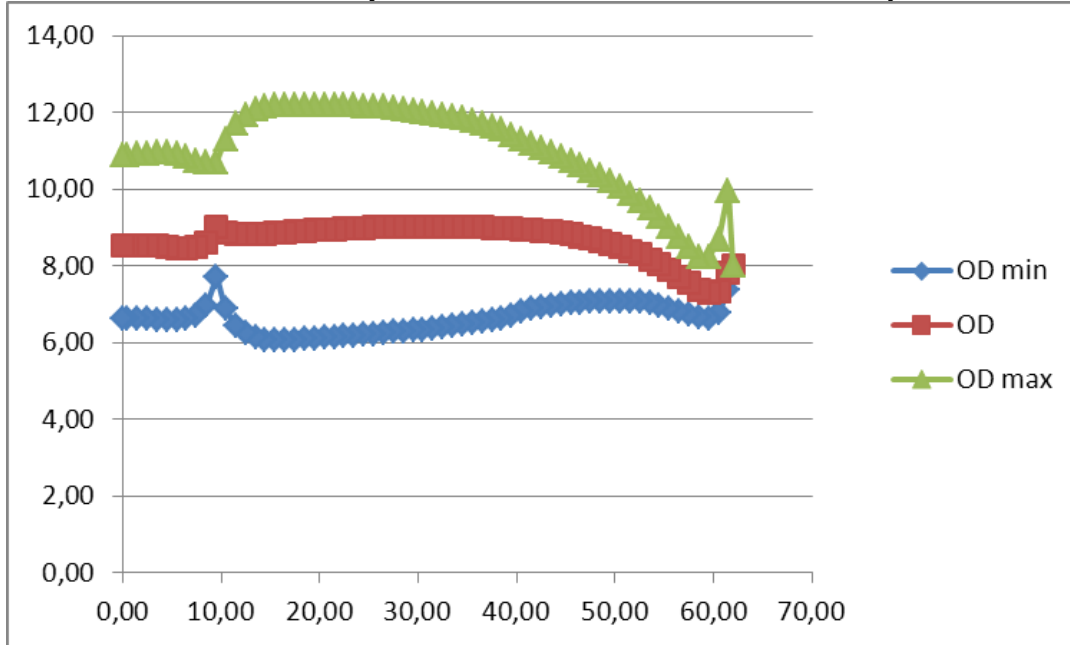
En las Gráficas 7.2 y 7.3. se puede observar los perfiles de calidad hídrica en terminos de OD, DBO y Coliformes Fecales para el Rio Bermejo y Río Grande de Tarija.

Los perfiles de calidad medio, máximos y mínimos concuerda para la mayor parte de los casos con los datos encontrados en el trabajo de campo durante el periodo de estiaje del 2013.

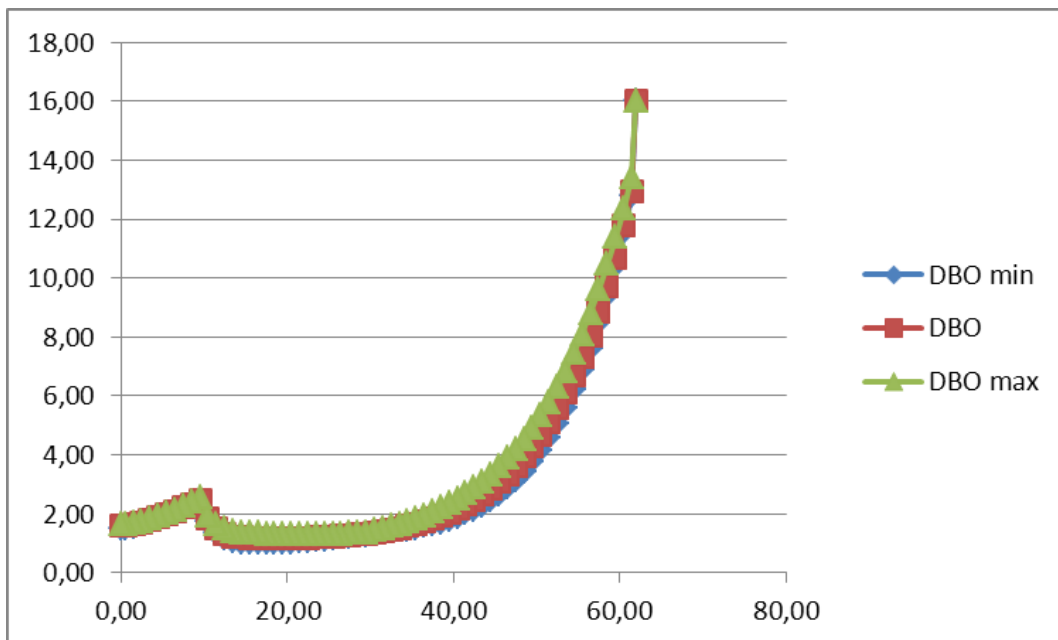


Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

Grafica 7.2.a Calibración y Simulación OD Río Grande de Tarija



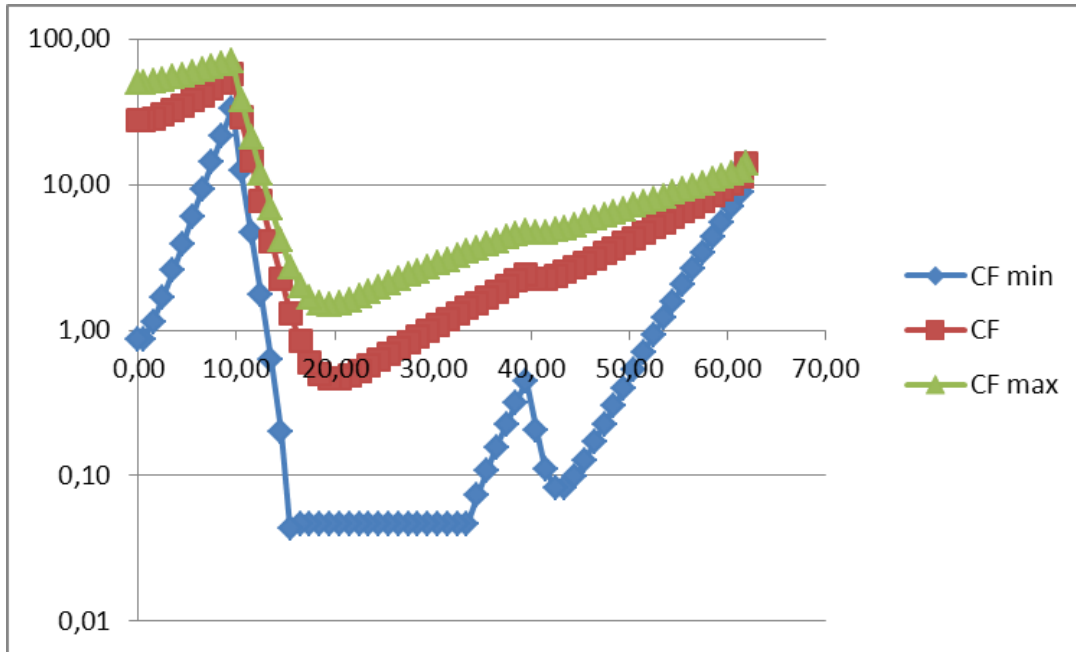
Grafica 7.2.b Calibración y Simulación DBO Río Grande de Tarija



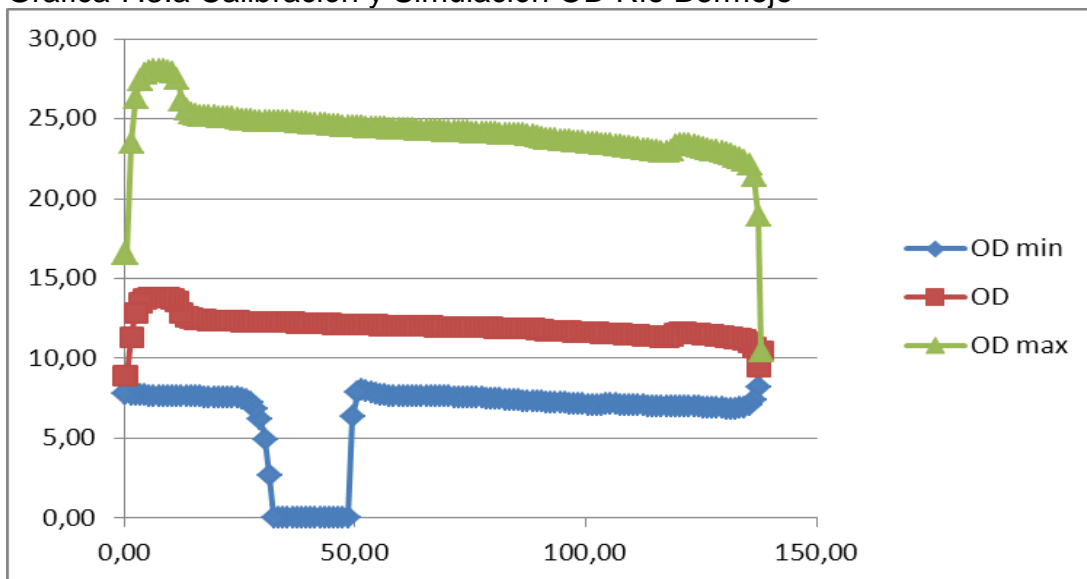


Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

Grafica 7.2.c Calibración y Simulación CF Río Grande de Tarija



Grafica 7.3.a Calibración y Simulación OD Río Bermejo

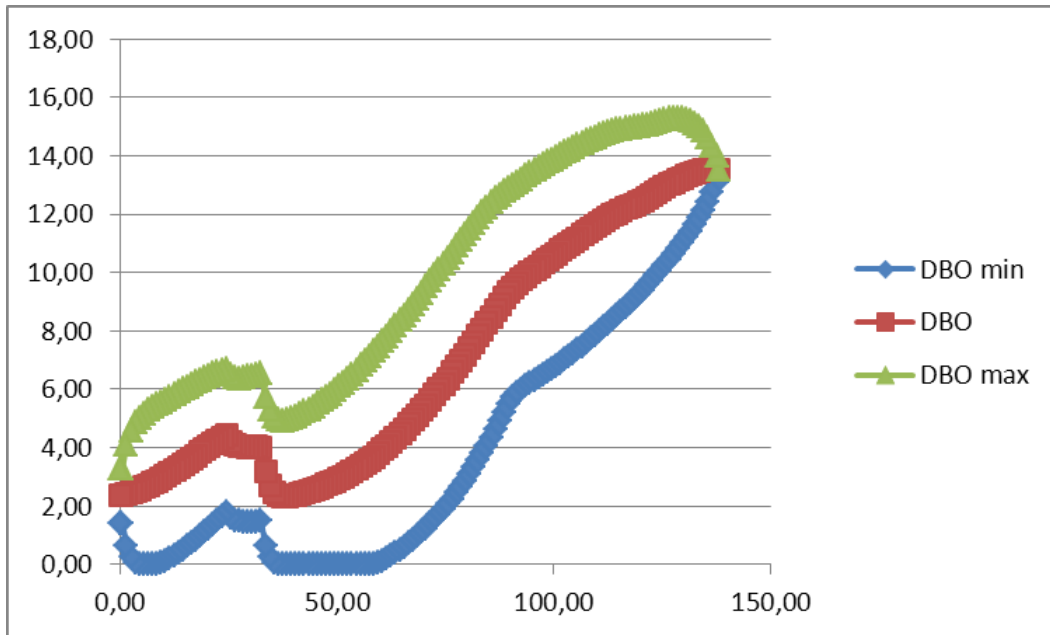




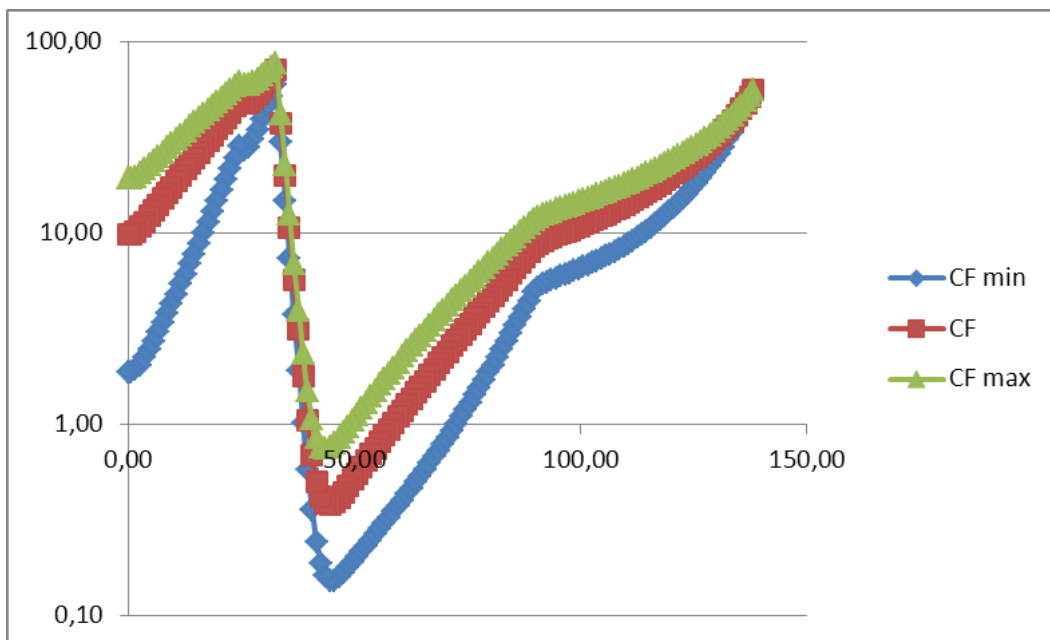


Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

Grafica 7.3.b Calibración y Simulación DBO Río Bermejo



Grafica 7.3.c Calibración y Simulación CF Río Bermejo





Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

Las anteriores gráficas muestran los niveles de Oxígeno Disuelto OD, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Coliformes Fecales a lo largo de los principales tramos del Río Bermejo y Grande de Tarija y muestran niveles medios, mínimos y máximos.

Los datos de campo encontrados dentro de estos tramos están dentro de la faja de valores definidos como máximos y mínimos, lo que demuestra la precisión y la confiabilidad de la simulación realizada.

### **7.3. Información General y de Cálculo de la Simulación Computacional**

La información general, así como principales hojas de cálculo de la simulación computacional se adjuntan en el **Anexo 7**

### **7.4. Conclusiones de la Simulación Computacional**

El desarrollo del inciso 7, demuestra que es factible la aplicación de la simulación computacional en la cuenca del río Bermejo para el periodo de estiaje, con las siguientes conclusiones:

- Los datos de campo de calidad del agua, están dentro de la faja de valores máximos y mínimos, lo que demuestra la precisión y la confiabilidad de la simulación realizada.
- La simulación computacional ofrece un método asequible para sistematizar información de monitoreos, como ser calidad de agua, datos climáticos, aforos, hidrogeomorfológicos, etc.
- El modelo de simulación calibrado tiene mucha utilidad para predecir futuros escenarios, por ejemplo:
  - Pérdida o mejoras de calidad hídrica y tramos mas afectados por incremento o tratamiento de aguas residuales industriales actuales y/o industrias en proyecto
  - Pérdida o mejoras de calidad y tramos más afectados, por incremento o tratamiento de aguas residuales domésticas de distintas poblaciones.
  - Calculo de caudales mínimos ecológicos ante eventos extremos como ser sequias, derrames masivos de contaminantes, etc.
  - Asignación de cargas máximas permisibles de vertidos a distintas industrias con el fin de cumplir el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley 1333.



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

- Los modelos calibrados, pueden modificarse, mejorarse o contrastarse con los resultados de nuevos monitoreos.

### **7.3. Información General y de Cálculo de la Simulación Computacional**

La información general, así como principales hojas de cálculo de la simulación computacional se adjuntan en el **Anexo 7**.

### **7.5. Conclusiones de la Simulación Computacional**

El desarrollo del inciso 7, demuestra que es factible la aplicación de la simulación computacional en la cuenca del río Bermejo para el periodo de estiaje, con las siguientes conclusiones:

- Los datos de campo de calidad del agua, están dentro de la faja de valores máximos y mínimos, lo que demuestra la precisión y la confiabilidad de la simulación realizada.
- La simulación computacional ofrece un método asequible para sistematizar información de monitoreos, como ser calidad de agua, datos climáticos, aforos, hidrogeomorfológicos, etc.
- El modelo de simulación calibrado tiene mucha utilidad para predecir futuros escenarios, por ejemplo:
  - Pérdida o mejoras de calidad hídrica y tramos más afectados por incremento o tratamiento de aguas residuales industriales actuales y/o industrias en proyecto
  - Pérdida o mejoras de calidad y tramos más afectados, por incremento o tratamiento de aguas residuales domésticas de distintas poblaciones.
  - Cálculo de caudales mínimos ecológicos ante eventos extremos como ser sequías, derrames masivos de contaminantes, etc.
  - Asignación de cargas máximas permisibles de vertidos a distintas industrias con el fin de cumplir el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley 1333.
- Los modelos calibrados, pueden modificarse, mejorarse o contrastarse con los resultados de nuevos monitoreos.



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

## 8. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

### 8.1 Calidad del Agua en la Represa de Huacata

En respuesta a la preocupación de la OTN – PB, referente a la posible presencia de metales pesados en el río y presa de Huacata, que un futuro cercano aportara con sus aguas reguladas a la Cuenca del Río Guadalquivir, en las diferentes campañas de monitoreo del 2013 - 2014, se han tomado muestras en la presa derivadora.

Los reportes analíticos de las muestras tomadas (**Ver Anexo 8**), indican ausencia de metales pesados.

Por otro lado la calidad del agua de la represa, se resumen en lo siguiente:

- Agua para riego: C1S1 (la mejor clase), con bajo riesgo de salinización y alcalinización.
- Según objeto de uso: Clase B, con pocas limitaciones
- Clasificación Hidrogeoquímica: Bicarbonatada Cálcica

### 8.2 Normalización de los Niveles de Turbiedad en el Río Santa Rosa - Bermejo

En el año 2008, se ha registrado la aparición abrupta de elevados niveles de turbiedad, color y sólidos en suspensión en el río Condado y Santa Rosa, con grandes tramos del río Bermejo afectados, tanto en el periodo seco como lluvioso.

La revisión de información periodística en la cuenca del Bermejo, sugieren a la actividad minera de Santa Victoria en Salta - Argentina, como una posible fuente de contaminación del río Condado y Bermejo, en términos de color, turbiedad y sólidos en suspensión.

Durante las campañas de muestreo desarrolladas el 2013 (en periodo de estiaje), no se ha observado este fenómeno, presentando estos cursos de agua (PC-17 y PC-18), incluido el río Bermejo (PC-19 a PC-22), niveles de Turbiedad, color y sólidos, normales, tal como se presentaban antes del año 2008.



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

### 8.3 Mediciones de Radiactividad

En cumplimiento del DBC, para la segunda, tercera y cuarta campaña, se han realizado mediciones de dosis de radiactividad en todas las muestras de agua desde PC-1 a PC-22, incluida la muestra de Huacata (PC-0) y agua potable del rincón de la victoria, adicionalmente y a manera de referencia se ha medido radiactividad en agua destilada, agua tratada mediante osmosis inversa, rocas típicas del río Cañas (cuenca del río Camacho) y la dosis de radiactividad de fondo de la Ciudad de Tarija.

Algunas de las dosis de radiactividad encontradas en los cursos de agua, son ligeramente mayores a la dosis de radiactividad de fondo de la ciudad de Tarija, sin embargo en ningún caso se sobrepasa el límite considerado como radiactividad alta se acuerdo con la siguiente escala aceptada a nivel internacional:

Dosis de Radiación Peligrosa	>1,043 $\mu\text{Sv/hr}$
Dosis de Radiación Alta	0,35 a 1,04 $\mu\text{Sv/hr}$
Dosis de Radiación Normal	0,35 $\mu\text{Sv/hr}$

- En la segunda campaña, las dosis de radiación medidas en todas las muestras, tienen un promedio de  $0,167 \pm 0,006$  mSv/hr, la cual es ligeramente mayor a la dosis de radiación de fondo o natural medida en la ciudad de Tarija de 0,164 mSv/hr.
- En la tercera campaña, las dosis de radiación medidas en todas las muestras, tienen un promedio de  $0,169 \pm 0,009$  mSv/hr, la cual es un poco mayor a la dosis de radiación de fondo o natural medida en la ciudad de Tarija de 0,164 mSv/hr.
- En la cuarta campaña, las dosis de radiación medidas en todas las muestras, tienen un promedio de  $0,177 \pm 0,008$  mSv/hr, la cual es mayor a la dosis de radiación de fondo o natural medida en la ciudad de Tarija de 0,164 mSv/hr.

En todos los casos tanto las dosis de radiación individuales, como los promedios, nunca sobrepasan la dosis de radiación considerada como normal, según las normas internacionales, 0,35 mSv/h.

En el **Anexo 9**, se presentan los resultados de la medición, metodología y equipo utilizado, así como información relevante para la comprensión e interpretación de los resultados, para las campañas 2, 3 y 4.



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

## 9. REFERENCIAS PARA EL PLAN DE MONITOREO 2014

Tomando las recomendaciones del taller de consulta (Ver Inciso 3.2), en el plan de control de calidad del agua en la cuenca del Bermejo – 2014, se propone estudiar básicamente los mismos puntos de control, en periodo de estiaje y lluvioso, con el fin de sistematizar y comparar la información obtenida.

- Incorporación del PC-0, río Huacata
- Análisis de metales pesados disueltos en agua y sedimentos en: PC-0, PC-17 y PC-18 (posibles receptores de desechos de minería en RRAA)
- Análisis de cromo total y cromo (+3) en PC-16 (receptor de efluentes de curtiembres del Municipio de Padcaya).

En el **Anexo 10**, se presentan una propuesta de términos de referencia para el Plan de Monitoreo 2013.

## 10. PROPUESTA DE PLAN DE MITIGACION

En el **Anexo 11**, se presenta un Plan de Mitigación de la Calidad Hídrica en la Cuenca Alta del Bermejo.

Para la elaboración de la propuesta se ha aplicado la metodología de una matriz de conflictos y potencialidades y para su estructuración la metodología del árbol de problemas.

La propuesta decanta en los siguientes componentes:

- a.- Reglamentación Municipal específica para gestión de la calidad hídrica
- b.- Plan de educación ambiental y difusión de la reglamentación específica a nivel de cuenca.
- c.- Monitoreo permanente de la calidad hídrica

Cada uno de los componentes se detallan en sub anexos respectivos, incorporados en el Anexo 11.



Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo  
OTN-PB

## 11. CONCLUSIONES

- En general hay una gran variación de caudal entre el periodo de lluvias y el periodo de estiaje, lo cual puede ser un indicativo de la necesidad de obras de regulación para el aprovechamiento hídrico racional y desarrollo de la agricultura en la Cuenca alta del Bermejo.
- El 96,7% de las muestras tomadas a lo largo de la campaña, corresponden a aguas clase C1S1 o C2S1, correspondientes a aguas muy buenas para riego, con bajo a mediano riesgo de salinización y bajo riesgo de alcalinización (ver remarcado azul en Gráfica 2), el 3,7% de las muestras corresponden a aguas con alto riesgo de salinización y bajo riesgo de alcalinización C3S1, específicamente a la Quebrada el Nueve. (PC-13) y Río Grande de Tarija (PC-14).
- En general, los niveles de contaminación más bajos y las mejores clases de agua según actitud de uso, ocurren durante el periodo de lluvias, específicamente luego de varias lluvias, en los primeros meses de cada año, sin embargo en cursos de agua poco contaminados como el río Bermejo, se presentan mejoras clases de agua en el periodo de estiaje, donde el agua es cristalina, de baja profundidad y bien irradiada lo que acelera los procesos autodepurativos.
- Los niveles de contaminación más elevados y las peores clases de agua según actitud de uso, ocurren antes o durante el inicio del periodo de lluvias, específicamente durante las primeras lluvias y avenidas, a finales de cada año, debido al conocido fenómeno de histéresis.
- No se han encontrado niveles detectables de metales pesados solubles en ninguna muestra.
- En todos los casos tanto las dosis de radiación medidas en cada punto de muestreo como los promedios de cada campaña, nunca sobrepasan la dosis de radiación considerada como normal, según las normas internacionales, 0,35 mSv/h
- Desde el punto de vista hidrogeoquímico, el 83,7% de las muestras corresponden a aguas sulfatadas cálcicas o magnésicas y el 16,3% a aguas bicarbonatas y cloretadas.
- El 20,7% de las muestras tomadas corresponden a aguas de Clase B, el 32,6% a Clase C y el 43,5% a Clase D, tan solo se ha encontrado que el 3,2% de las muestras son de agua de Clase A (PC-21, PC-22 y PC-1).
- En general se nota un incremento del 100% de los puntos de control de Clase D en referencia al estudio del 2012, con desmejoramiento notorio de la calidad del agua en toda la cuenca.





*Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo*  
**OTN-PB**

- En el estudio del 2012, el 40% de las muestras tomadas corresponden a aguas de Clase B, el 30% a Clase C y el 24% a Clase D; tan solo se ha encontrado que el 1% de las muestras son de agua de Clase A (Quebrada El Nueve PC-13, en periodo de intercampaña de zafra)
- El río Guadalquivir presenta la peor clase (D), en todas las campañas de muestreo, luego de su paso por San Lorenzo y hasta la Angostura de San Luis, debido al vertido de aguas residuales domésticas crudas y semi tratadas en las lagunas de oxidación.
- Los ríos Santa Rosa y Condado, son de Clase B y C durante el periodo de estiaje e incluso en periodo lluvioso, luego de las primeras lluvias, durante el 2013, no se ha notado el elevado aporte de sólidos en suspensión del río Santa Ana desde la RRAA, que se ha presentado desde el 2008 al 2012.
- Los ríos Santa Ana y Pajonal, son de clase D, en periodo de estiaje y durante las primeras lluvias (campañas de muestreo 1, 2 y 4)
- Los ríos Salinas y Chiquiaca, son de clase D, solamente en periodo de estiaje crítico (campaña 2)
- La Quebrada El Nueve, ha permanecido como de clase D o peor que clase D, durante todas las campañas de muestreo.
- El río Grande de Tarija luego de la unión con la quebrada El Nueve, es de Clase D, en periodo de estiaje y Clase C, durante el periodo lluvioso, debido al vertido de la Industria Azucarera a la Quebrada El Nueve.
- El modelo de simulación calibrado tiene mucha utilidad para predecir futuros escenarios, por ejemplo:
  - Pérdida o mejoras de calidad hídrica y tramos más afectados por incremento o tratamiento de aguas residuales industriales actuales y/o industrias en proyecto
  - Pérdida o mejoras de calidad y tramos más afectados, por incremento o tratamiento de aguas residuales domésticas de distintas poblaciones.
  - Calculo de caudales mínimos ecológicos ante eventos extremos como ser sequias, derrames masivos de contaminantes, etc.
  - Asignación de cargas máximas permisibles de vertidos a distintas industrias con el fin de cumplir el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley 1333.

## **12. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda el siguiente cronograma para las campañas de muestreo 2014:
  - Primera Campaña: fines de enero
  - Segunda Campaña: fines de marzo



*Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo*  
*OTN-PB*

- Tercera Campaña: mediados de septiembre
- Cuarta Campaña: inicios de diciembre
- Se recomienda socializar los resultados a las instituciones en particular y público en general
- Se recomienda iniciar estudios simultáneos en las siguientes temáticas relacionadas a problemas en la cuenca:
  - Estudios de riesgo de cáncer debido a nivel de selenio en suelos de la cuenca del Bermejo
  - Continuar estudios de niveles de radioactividad en yacimientos de uranio y similares y su influencia en la calidad del agua
- Se recomienda ampliar el monitoreo a tributarios del Río Bermejo, Guadalquivir y Río Grande de Tarija y no solo a los cursos principales.