Rev. Per. Quím. Ing. Quím. Vol. 4, N° 2, Págs. 48-56 (2001)

ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA PARA SER TRASVASADO A LA CIUDAD DE LIMA PARA CONSUMO HUMANO

Leonor Méndez Q.

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina,
Av. La Universidad s/n., Ciudad Universitaria, Lima - Perú.

Abstract: The study of water quality was carried out in 15 sources of the project «Final Study Diversion Pomacocha-River Blanco (Marca II)» talking as reference the class II (water to be treated for domestic supply) and class VI (waters for aquatic fauna preservation and recreational or comercial fishing) of the Peruvian General Law of Waters with the two following objectives: to determine if the water is apt for human consumption and to investigate the impact that would have the water diversion on the flora and fauna of the water bodies in all the traveled through.

Key words: Water quality, water diversion, water suply, mass balance, water pollution.

Resumen: Se realizó el estudio de la calidad del agua en 15 fuentes del proyecto «Estudio Definitivo Trasvase Ponacocha-Rio Blanco (Marca II) tomando como referencia las clases II (agua para abastecimiento doméstico previo tratamiento) y IV (agua de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial) de la Ley General de Aguas del Perú con los dos abjetivos siguientes: determinar si se trata de agua apta para el consumo humano e investigar el impacto que tendría el trasvase de aguas previsto en el proyecto en la flora y en la fauna de los cuerpos de aguas de todo el recorrido.

Palabras claves: Calidad de agua, trasvase de agua, abastecimiento de agua, balance de masa, contaminación de agua.

INTRODUCCIÓN

Para satisfacer la demanda de servicios de agua potable de la ciudad de Lima, el Estado peruano financió el desarrollo de proyectos tales como el trasvase de las aguas de la cuenca de Marcapomacocha hacia el río Santa Eulalia.

En el año 1996, el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) decide ejecutar el «Estudio Definitivo Trasvase Pomacocha-Río Blanco (Marca II)", proyecto que está localizado en la región central del Perú, y abarca la provincia de Yauli del departamento de Junín y la provincia de Huarochirí del departamento de Lima.

El proyecto involucra las cuencas de los ríos Pucará y Yauli, que pertenecen al sistema Atlántico, y la del Río Blanco, que pertenece al sistema Pacífico. La extensión del área de estudio es de aproximadamente 8 000 Ha.

La ejecución del Proyecto de Derivación Pomacocha-Río Blanco permitirá a corto plazo contar con la posibilidad de ejecutar obras que permitan entregar adicionalmente al río Rímac caudales de hasta 6,5 m^3/s, dando lugar a una mejor utilización de los recursos, regulando los excesos de la época de avenidas para ser utilizados en época de estiaje y así poder atender la creciente demanda de agua de la ciudad de Lima, y producir adicionalmente energía en la central hidroeléctrica existente en Matucana, así como para asegurar un futuro desarrollo con la posibilidad de la ejecución de una nueva central hidroeléctrica en Tamboraque.

OBJETIVOS

Los objetivos del estudio fueron determiar si las fuentes de agua seleccionadas son aptas para el consumo humano e investigar el impacto que tendría el trasvase de aguas previsto en el proyect en la flora y fauna de los cuerpos de agua de todo el recorrido.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto contempla la ejecución de tres tipos de obras hidráulicas:

1. Obras de regulación

El proyecto pretende incrementar el volumen de almacenamiento de las aguas mediante el mejoramiento de los embalses de las lagunas Pomacocha y Huallacocha Bajo, a través de la sobreelevación de los diques de contención de las actuales presas.

Email: lmendez@lamolina.edu.pe

2. Obras de derivación

Mediante canales se interceptarán las aguas de diversas quebradas, lagunas y ríos situados tanto en la margen derecha como la margen izquierda del río Yauli, con un total de 44,6 km de largo.

Los contribuyentes que serán aprovechados por el proyecto son los siguientes:

- Margen izquierda

Canal que nace en la quebrada Pirhuacocha e intercepta y capta las aguas del río Pucará, la quebrada Batiapampa, la quebrada Chuquipampa, la quebrada Yanama y la quebrada Rumichaca.

- Margen derecha

Canal que nace en la quebrada Condorcancha y capta las aguas de las quebradas Huallo, Chumpe y Cushuro Grande.

3. Obras de trasvase

La derivación de las aguas derivadas y reguladas se efectuará mediante un túnel de trasvase desde Pomacocha hacia el Río Blanco y significa la principal obra de conducción del sistema, que tendrá una longitud de 10 km aproximadamente.

CALIDAD DEL AGUA

1. Puntos de muestreo

Se han seleccionado puntos de muestreo de agua en los sitios próximos a la captación y descarga del agua para el proyecto (ver fig.1).

2. Muestreo

Se realizó un muestreo intensivo en las fuentes de agua en los lugares previstos de captación y descarga entre los meses de julio de 1997 y febrero de 1998. En el mes de febrero se tomaron muestras de agua solamente de las quebradas Rumichaca, Condorcancha, Chumpe, del río Pucará y del embalse Pomacocha, por ser éstos los tributarios mayores. Especial atención se dio a la laguna Huascacocha, donde se realizó un muestreo intensivo durante cinco meses, por ser una laguna donde cuatro unidades mineras descargan sus relaves. Las fechas correspondientes a cada muestreo se indican en la tabla 1 [1].

- Captación de agua-Sistema Atlántico

Se tomaron muestras de agua en diez puntos que se encuentran en la cuenca del río Yauli y en tres puntos en las áreas de drenaje del río Pucará. También se tomaron muestras de agua en la quebrada Arapa, actual captación de agua para la comunidad minera Mahr Túnel.

Muestreo	Mes	Año	Fecha
1	Julio	1997	22 al 24
2	Agosto		5 al 7 y 16 al 18
3	Septiembre		6 al 8
4	Octubre		11 al 13
5	Noviembre		14 al 16
6	Febrero	1998	7 y 8

Tabla 1. Fechas de muestreo

- Descarga de agua-Sistema Pacífico

Se tomaron muestras de agua de la quebrada Pucullo, lugar próximo donde descargarán las aguas que serán derivadas del embalse Pomacocha, y en el Río Blanco, aguas arriba de la desembocadura de la quebrada Pucullo.

Adicionalmente se tomaron muestras de agua de los lugares destinados para abastecer a los campamentos.

3. Estaciones de muestreo

La ubicación de las estaciones de muestreo del agua se presenta en la tabla 2.

		Estaciones	Ubicación	Altura (msnm)
SISTEMA ATLÁNTICO	MARGEN IZQUIERDA	1	Q. Pirhuacocha	4.350
		2	Río Pucará	4.340
		3	Lag. Huascacocha	4.332
		4	Q. Batiapampa	4.321
		5	Q. Chuquipampa	4.307
		6	Q. Yanama	4.295
		7	Q. Rumichaca	4.317
	MARGEN DERECHA	8	Q. Condorcancha	4.308
		9	Q. Huallo	4.304
		10	Q. Chumpe	4.300
		11	Q. Cushuro Grande	4.200
	OBRAS DE REGULACIÓN	12	Emb. Pomacocha	4.250
		13	Emb. Huallacocha Bajo	4.300
SISTEMA PACÍFICO	DESCARGA	14	Q. Pucullo	4.300
		15	Río Blanco	4.125

Tabla 2. Ubicación de estaciones de muestreo

4. Usos del agua en el área de estudio

- Sistema del Atlántico

En los embalses Pomacocha y Huallacocha Bajo se practica la crianza de truchas y sus aguas, conjuntamente con las de la laguna Huascacocha, son utilizadas para la operación de las centrales hidroeléctricas de Pachachaca y La Oroya. Del mismo modo, las aguas del río Pucará que llegan a la laguna Hualmish son utilizadas para la operación de la central hidroeléctrica Pachachaca y en el riego agrícola en la hacienda Pucará.

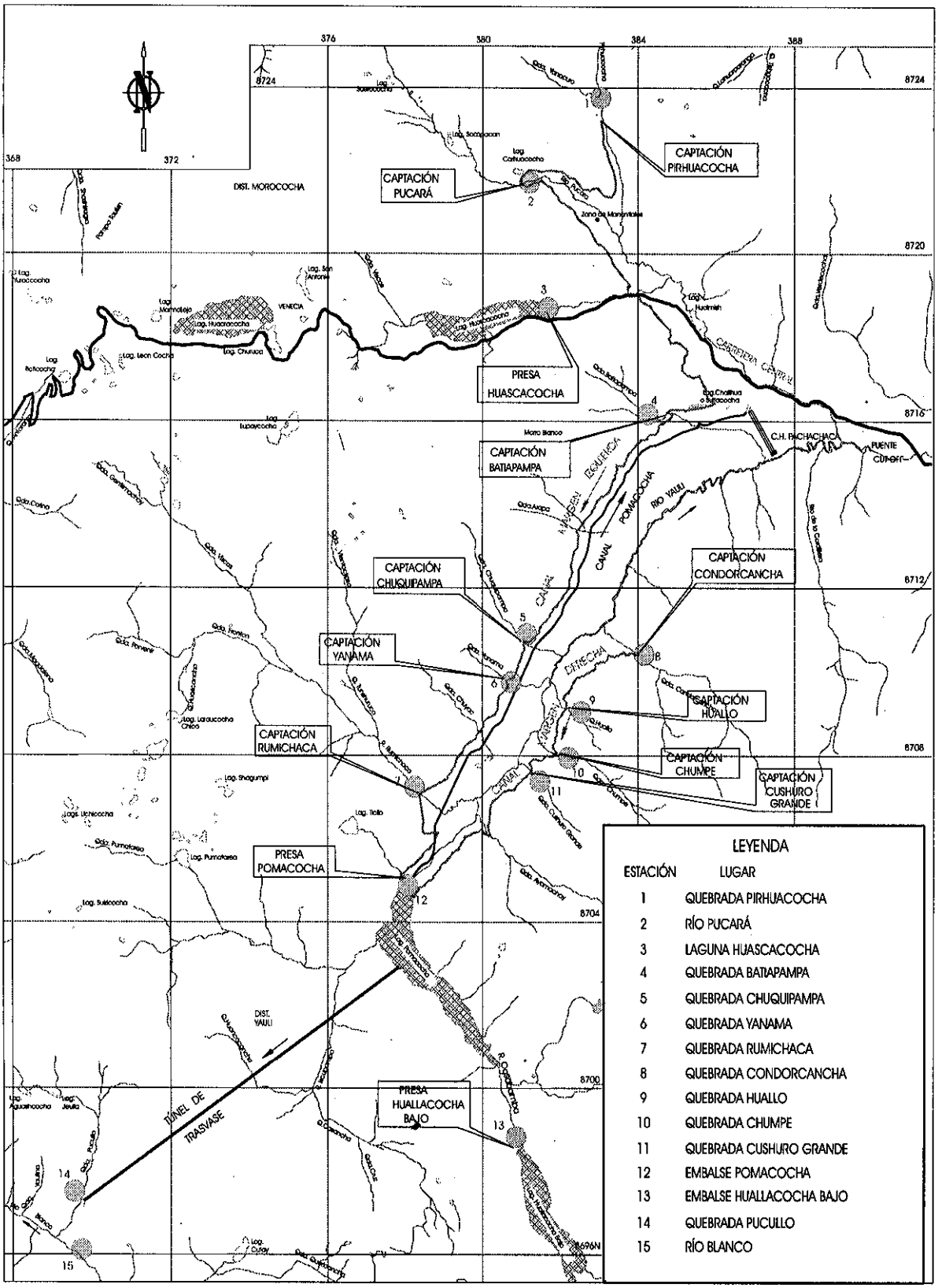


Fig. 1. Ubicación de las estaciones de muestreo

Las aguas de la quebrada Chuquipampa son la fuente de abastecimiento del poblado de Yauli, y las de la quebrada Arapa, de la concentradora y del campamento Centromín/Mahr Túnel.

La laguna Huascacocha se utiliza como depósito de relave de las empresas mineras Centromín-Unidad Morococha, Austria Duvaz, Volcán-Unidad Ticlio (Centraminas) y Santa Rita, que se encuentran en la zona de Morococha.

En la cuenca del río Yauli operan dos empresas mineras: Volcán-Unidad La Victoria y Centromín-San Cristóbal/Mahr Túnel.

Estas empresas mineras producen y concentran elementos polimetálicos, tales como zinc, plomo, cobre y plata.

- Sistema del Pacífico

La quebrada Pucullo es tributaria del Río Blanco y éste, a su vez, es tributario del Río Rímac, fuente de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Lima.

5. Determinaciones analíticas

Se han determinado los parámetros físicos y químicos siguientes: pH, oxígeno disuelto, temperatura, conductividad eléctrica, dureza total, sólidos totales disueltos, sólidos totales suspendidos, turbiedad, sulfatos, nitratos, cloruros y cianuro, además de dos parámetros bacteriológicos: coliformes totales y fecales. Además, se determinaron los metales pesados siguientes: arsénico, cadmio, hierro, plomo, mercurio, cobre y zinc. En el último muestreo, se determinó en forma total y en disolución, los elementos hierro, plomo y zinc, debido a la alta turbiedad que presentan las aguas en el período de avenidas, pero para fines del presente análisis solamente se consideraron los seis metales pesados y cianuro, que tienen un gran impacto en la salud.

Los análisis fueron realizados por el laboratorio del Instituto de Corrosión y Protección de la Pontificia Universidad Católica del Perú y el laboratorio de Consultoría & Asesoría Hídrica S. R. Ltda.

6. Aspectos legales

Se considera el impacto del trasvase de agua tanto en el Río Blanco como en la laguna Pomacocha, para lo cual se toma como referencia la clase VI de la Ley General de Aguas del Perú.

En el Río Blanco

Las características físicas y químicas que deben alcanzar las aguas que han de ser derivadas para el abastecimiento humano se encuentran definidas en el Reglamento de la Ley General de Aguas del Perú. Para fines de este estudio, se considera como referencia el agua de clase II [2], que está destinada al abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla, coagulación, sedimentación, filtración y cloración.

En la laguna Pomacocha

Debido al impacto que podría causar la derivación de las aguas en la vida acuática en el embalse Pomacocha, se ha optado por considerar la clase VI, destinada a la preservación de la fauna acuática y la pesca recreativa o comercial.

En la tabla 3 se presenta un resumen de los valores guía considerados en el estudio.

Parámetros	Unidades	LGA a) Clase II	LGA b) Clase VI
Cianuro	mg CN^-/L	0,2	0,005
Arsénico	mg As/L	0,1	0,05
Cadmio	mg Cd/L	0,01	0,05
Cobre	mg Cu/L	1	*
Mercurio	mg Hg/L	0,002	0,0002
Plomo	mg Pb/L	0,05	0,03
Zinc	mg Zn/L	5	**

Tabla 3. Valores guía de calidad de agua

a) Límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano previo tratamiento fisicoquímico.

b) Límites máximos permisibles de calidad de agua para zonas de preservación de fauna acuática.

* Pruebas de 96 horas LC_{50} multiplicadas por 0,1

** Pruebas de 96 horas LC_{50} multiplicadas por 0,02

LC_{50} dosis letal para provocar 50% de muertes o inmovilización de la especie del bioensayo.

RESULTADOS DE ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE DATOS

En la tabla 4 se presentan los valores promedio de los resultados de los análisis químicos de las muestras de agua en el área del proyecto con su respectiva desviación estándar y coeficiente de variación. A fin de tener mayor número de datos para el cálculo estadístico, se consideró también los resultados del estudio de factibilidad Derivación Pomacocha–Río Blanco (Marca II) [3].

Los datos de sustancias químicas en cuerpos de aguas naturales tienden a ser muy variables en espacio y tiempo. En general, se consideran los datos distribuidos de acuerdo con una distribución de probabilidad normal y se los analiza usando aquella distribución.

Con el fin de determinar la variabilidad de los datos y obtener la aceptación de los valores determinados se calculó el porcentaje de coeficiente de variación (CV). El CV viene a ser la división entre la desviación estándar (S) y el valor promedio multiplicado por cien. Se considera valores estadísticamente confiables cuando el CV se encuentra hasta en un 20%; el óptimo es el 5% de CV. El límite de confianza de la desviación estándar calculado ha sido de 68,26%.

BALANCE DE MASA

Sistema Atlántico

Se realizó un balance de masa con el objetivo de determinar el impacto que tendrán las aguas derivadas en el embalse Pomacocha. El balance de masa se realizó con los valores de la concentración de los metales pesados y cianuro más altos encontrados durante el presente estudio.

El volumen promedio de agua del embalse Pomacocha durante los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril, meses en que se llenará el embalse, es de 24,7 millones de metros cúbicos (MMC). Este volumen se incrementará después de la derivación de 24,7 a 84 MMC.

El cálculo del balance de masa se realizó de la siguiente manera (ver tabla 5): primero se calculó la masa de los metales pesados y cianuro del volumen total de agua que se va a derivar (24,7 MMC). Luego se calculó la concentración del volumen de agua que será almacenado en uno, dos, tres, cuatro y cinco meses (84 MMC).

La concentración que tendrá el agua mezclada del embalse Pomacocha con las aguas derivadas se determina considerando la presencia de mezcla completa.

La concentración de la mezcla de agua se calculó de la siguiente manera:

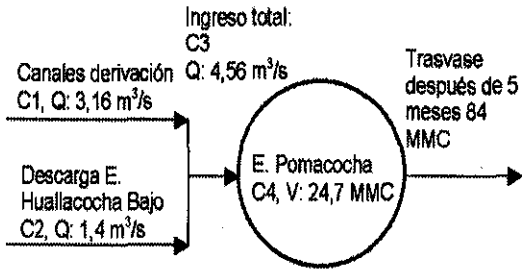
$$V1 \times C'1 + V2 \times C'2 + ... + V10 \times C'10 = V_{mezcla} \times C_{mezcla}$$

Donde:

V1: Volumen de agua por derivar de la fuente 1.

C'1: Concentración de la fuente 1.

Despejando C_{mezcla} de la ecuación, se obtiene el valor de la concentración de la mezcla de agua por derivarse. El mismo criterio se emplea para el cálculo de la nueva concentración que alcanzará el embalse Pomacocha después de la derivación.



Para el balance de masa, no se consideraron las aguas de la laguna de Huascacocha debido a la presencia de metales tóxicos en los sedimentos que incrementan el riesgo del uso de esta agua [1].

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el análisis de los resultados, se consideró el valor de medición más frecuente de los cuatro muestreos y el resultado del balance de masa, que se realizó con los datos medidos más altos, pues representan las condiciones más desfavorables. No se consideró el valor promedio, debido a que el porcentaje del coeficiente de variación de la mayoría de los valores se encuentra por encima del 20%.

Ríos, quebradas y embalses–Sistema Atlántico

De los resultados del balance de masa, los valores de la concentración de metales pesados después de la mezcla están por debajo de los límites máximos permisibles de la Ley General de Aguas del Perú para aguas de clase VI; esto es debido al gran volumen de agua que tiene el embalse Pomacocha (ver fig. 2). Es necesario mencionar que el cuerpo de agua donde se descargan las aguas en el largo plazo tendrá las características de las aguas que se descargan, pero en el caso del proyecto estudiado las aguas serán depositadas en la laguna en un tiempo limitado.

Tabla 4: Valores promedio con su respectiva variación con el tiempo de muestra de agua en el área del estudio

Parámetros	Unidades	ESTACIONES DE MUESTREO																			
		1				2				3				4				5			
		Prom.	±	S	%CV	Prom.	±	S	%CV	Prom.	±	S	%CV	Prom.	±	S	%CV	Prom.	±	S	%CV
Cianuro	mg CN^-/L	0,016	±	0,015	94	0,009	±	0,008	89	0,019	±	0,015	80	0,006	±	0,005	83	0,004	±	0,003	71
Arsénico	mg As/L	0,015	±	0,016	106	0,018	±	0,014	76	0,039	±	0,033	87	0,032	±	0,014	44	0,015	±	0,012	81
Cadmio	mg Cd/L	0,001	±	0,001	128	0,002	±	0,002	85	0,011	±	0,006	51	0,004	±	0,003	97	0,004	±	0,004	95
Cobre	mg Cu/L	0,177	±	0,189	107	0,048	±	0,058	122	0,060	±	0,025	41	0,081	±	0,080	99	0,114	±	0,146	129
Mercurio	mg Hg/L	0,00005	±	0,00004	81	0,00011	±	0,00007	63	0,00025	±	0,00030	118	0,00011	±	0,00009	82	0,00005	±	0,00004	71
Plomo	mg Pb/L	0,045	±	0,053	120	0,05	±	0,04	80	0,06	±	0,03	47	0,01	±	0,01	83	0,03	±	0,04	127
Zinc	mg Zn/L	0,227	±	0,196	87	0,15	±	0,22	150	0,39	±	0,50	130	0,23	±	0,23	100	0,29	±	0,27	94

Parámetros	Unidades	ESTACIONES DE MUESTREO																			
		6				7				8				9				10			
		Prom.	±	S	%CV	Prom.	±	S	%CV	Prom.	±	S	%CV	Prom.	±	S	%CV	Prom.	±	S	%CV
Cianuro	mg CN^-/L	0,004	±	0,003	71	0,005	±	0,004	78	0,005	±	0,004	78	0,00	±	0,00	75	0,01	±	0,00	67
Arsénico	mg As/L	0,007	±	0,006	93	0,014	±	0,013	89	0,018	±	0,013	75	0,017	±	0,017	100	0,010	±	0,01	137
Cadmio	mg Cd/L	0,003	±	0,002	96	0,003	±	0,003	96	0,002	±	0,002	133	0,0005	±	0,0005	111	0,003	±	0,003	106
Cobre	mg Cu/L	0,096	±	0,095	99	0,070	±	0,085	123	0,007	±	0,004	67	0,01	±	0,01	91	0,02	±	0,02	77
Mercurio	mg Hg/L	0,00005	±	0,00003	64	0,00019	±	0,00015	78	0,00005	±	0,00004	71	0,00006	±	0,00003	58	0,00021	±	0,00021	99
Plomo	mg Pb/L	0,04	±	0,04	98	0,03	±	0,03	97	0,02	±	0,01	65	0,01	±	0,01	93	0,02	±	0,01	50
Zinc	mg Zn/L	0,24	±	0,24	100	0,24	±	0,22	92	0,18	±	0,18	103	0,15	±	0,21	141	1,78	±	1,89	106

Parámetros	Unidades	ESTACIONES DE MUESTREO																			
		11 **				12				13				14				15			
		Prom.	±	S	%CV	Prom.	±	S	%CV	Prom.	±	S	%CV	Prom.	±	S	%CV	Prom.	±	S	%CV
Cianuro	mg CN^-/L	0,001	±	0,000	0	0,01	±	0,01	86	0,02	±	0,01	93	0,01	±	0,01	89	0,01	±	0,01	70
Arsénico	mg As/L	0,027	±	0,000	0	0,021	±	0,02	77	0,017	±	0,014	81	0,016	±	0,015	98	0,015	±	0,016	110
Cadmio	mg Cd/L	0,0001	±	0,0000	0	0,002	±	0,001	71	0,003	±	0,002	70	0,015	±	0,018	118	0,002	±	0,002	133
Cobre	mg Cu/L	0,001	±	0,00	0	0,01	±	0,01	66	0,01	±	0,01	84	0,02	±	0,01	71	0,01	±	0,01	65
Mercurio	mg Hg/L	0,00030	±	0,00000	0	0,00012	±	0,00006	53	0,00005	±	0,00003	64	0,00005	±	0,00004	71	0,00005	±	0,00003	64
Plomo	mg Pb/L	0,001	±	0,00	0	0,01	±	0,01	64	0,00	±	0,00	119	0,00	±	0,00	122	0,02	±	0,03	137
Zinc	mg Zn/L	0,001	±	0,00	0	0,13	±	0,18	136	0,17	±	0,22	129	0,19	±	0,21	107	0,12	±	0,14	123

**Se realizó una sola medición.

1 Quebrada Pirhuacocha
2 Río Pucará
3 Laguna Huascacocha
4 Quebrada Batiapampa
5 Quebrada Chuquipampa
6 Quebrada Yanama
7 Quebrada Rumichaca
8 Quebrada Condorcancha
9 Quebrada Huallo
10 Quebrada Chumpe
11 Quebrada Cushuro Grande
12 Embalse Pomacocha
13 Embalse Huallacocha Bajo
14 Quebrada Pucullo
15 Río Blanco

Prom. : Promedio
S : Desviación standard
CV: Coeficiente de variación

Fig. 2: Balance de masa

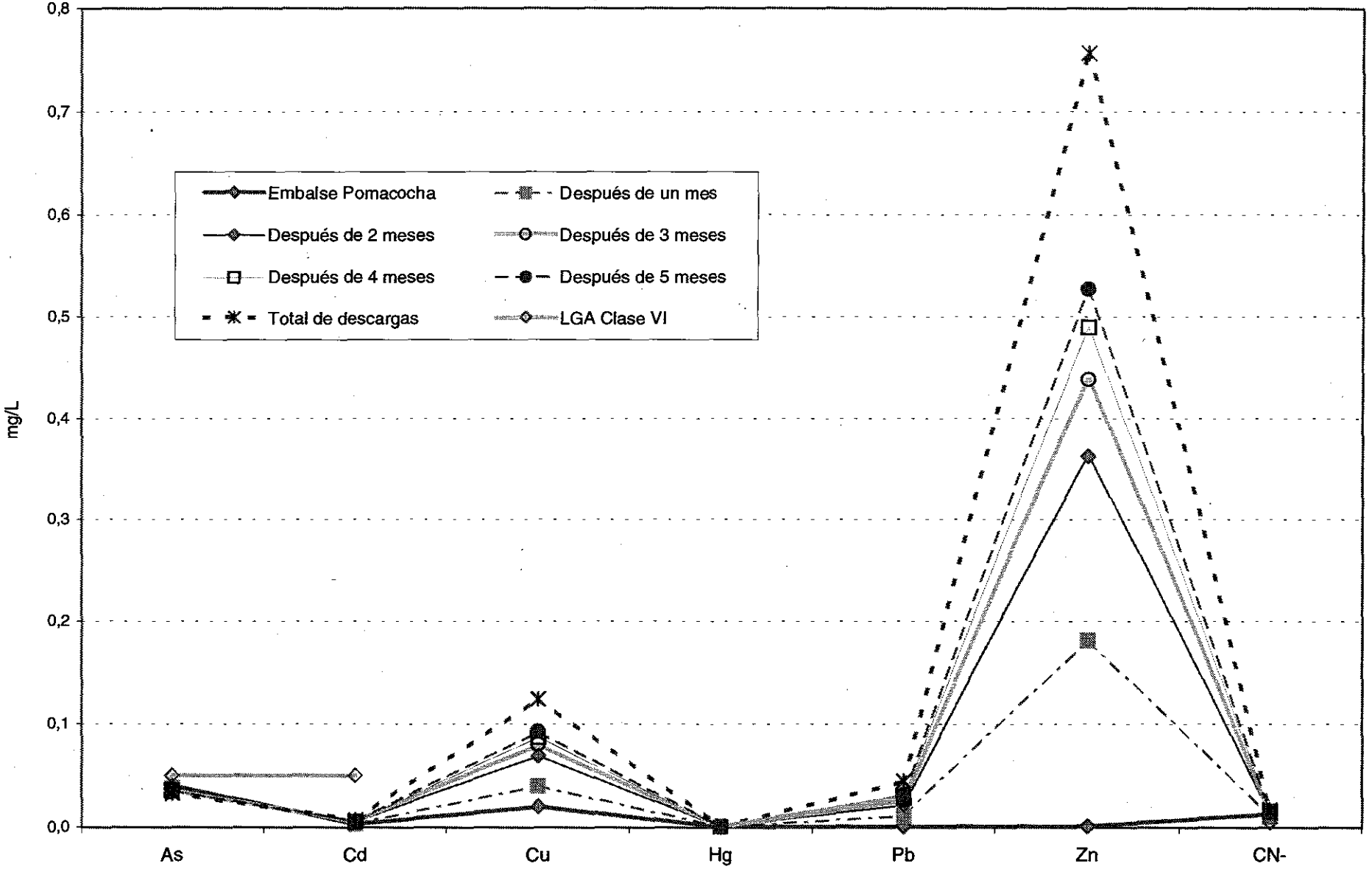


Tabla 5: Balance de masa-Sistema Atlántico

	Componentes del sistema	Caudal	Vol	Concentración máxima probable de metales pesados y cianuro														
				mg/L							kg/d							
		m^3/s	MMC	As	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn	CN^-	As	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn	CN^-
DERIVACION	Quebrada Pirhuacocha C'1	0,25		0,038	0,003	0,440	0,00002	0,120	0,480	0,031	0,804	0,064	9,314	0,0004	2,540	10,161	0,656
	Río Pucará C'2	0,67		0,033	0,005	0,130	0,00020	0,120	0,530	0,017	1,910	0,289	7,525	0,0116	6,947	30,681	0,984
	Quebrada Batiapampa C'3	0,1		0,046	0,007	0,160	0,00020	0,013	0,460	0,011	0,397	0,060	1,382	0,0017	0,112	3,974	0,095
	Quebrada Chuquipampa C'4	0,25		0,030	0,010	0,320	0,00002	0,080	0,650	0,006	0,648	0,216	6,912	0,0004	1,728	14,040	0,130
	Quebrada Yanama C'5	0,03		0,005	0,005	0,005	0,00002	0,081	0,480	0,006	0,013	0,013	0,013	0,0001	0,210	1,244	0,016
	Quebrada Rumichaca C'6	1,2		0,031	0,007	0,190	0,00040	0,036	0,570	0,008	3,214	0,726	19,699	0,0415	3,732	59,098	0,829
	Quebrada Condorcancha C'7	0,3		0,033	0,005	0,012	0,00002	0,030	0,480	0,008	0,855	0,130	0,311	0,0005	0,778	12,442	0,207
	Quebrada Huallo C'8	0,05		0,041	0,001	0,024	0,00002	0,030	0,450	0,007	0,177	0,005	0,104	0,0001	0,130	1,944	0,030
	Quebrada Chumpe C'9	0,27		0,029	0,002	0,020	0,00050	0,007	4,430	0,010	0,677	0,037	0,467	0,0117	0,163	103,343	0,233
	Quebrada C. Grande C'10	0,04		0,027	0,000	0,001	0,00030	0,001	0,820	0,001	0,093	0,000	0,003	0,0010	0,003	2,834	0,003
	Valor promedio C1	3,16		0,032	0,006	0,168	0,00025	0,060	0,880	0,012	8,789	1,541	45,731	0,0690	16,343	239,760	3,184
INGRESO	E. Huallacocha Bajo C2	1,40		0,034	0,010	0,026	0,00004	0,009	0,480	0,029	4,113	1,210	3,145	0,0048	1,089	58,061	3,508
I. TOTAL	Total C3	4,56	0,00	0,033	0,007	0,124	0,00019	0,044	0,757	0,017	12,90	2,75	48,88	0,0738	17,43	297,82	6,69
MEZCLA EN DESCARGA	E. Pomacocha C4		24,7	0,040	0,003	0,020	0,00020	0,001	0,001	0,013	0,0001	0,00003	0,00057	0,000001	0,0002	0,00345	0,00008
	En un segundo C5	1	24,7	0,040	0,003	0,020	0,00020	0,001	0,001	0,013							
	En 1 mes C6	2.592.000	36,5	0,038	0,003	0,040	0,00014	0,011	0,181	0,011							
	En 2 meses C7	5.184.000	48,3	0,036	0,005	0,069	0,00019	0,022	0,362	0,015							
	En 3 meses C8	7.776.000	60,1	0,036	0,005	0,080	0,00019	0,026	0,438	0,015							
	En 4 meses C9	10.368.000	71,9	0,035	0,006	0,087	0,00019	0,029	0,490	0,015							
	En 5 meses C10	12.960.000	83,7	0,035	0,006	0,092	0,00019	0,031	0,527	0,016							
	LGA Clase II [a)]			0,10	0,01	1	0,0020	0,05	5	0,20							
	LGA Clase VI [b)]			0,05	0,05		0,0002	0,03		0,005							

C3: concentración de mezcla (C1 y C2); C4: concentración inicial; C5: concentración en un segundo;C6: concentración en un mes;
C7: concentración en 2 meses; C8: concentración en tres meses; C9: concentración en 4 meses; C10: concentración en 5 meses

[a)] Límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano previo tratamiento fisicoquímico. Ley General de Aguas del Perú. D. S. 17552.1983.

[b)] Límites máximos permisibles de calidad de agua para zonas de preservación de fauna acuática. Ley General de Aguas del Perú. D. S. 17552. 1983.

MMC: Millones de metros cúbicos.

Quebradas y ríos–Sistema Pacífico

Los valores de la concentración de los metales pesados y cianuro de la quebrada Pucullo y el Río Blanco se encuentran con mayor frecuencia por debajo del límite máximo permisible de calidad de agua para abastecimiento doméstico y de zonas de preservación de fauna acuática.

Las aguas del sistema Atlántico (embalse Pomacocha), al ser trasvasadas al sistema Pacífico (quebrada Pucullo y Río Blanco), no causarían impacto negativo, puesto que la calidad de las aguas del sistema Atlántico es mejor que la de las del sistema Pacifico (ver tabla 4).

CONCLUSIONES

Los valores de los parámetros físicos y químicos analizados de las quebradas Pirhuacocha, Chuquipampa, Yanama, Rumichaca, Condorcancha, Huallo, Cushuro Grande, Chumpe, río Pucará, embalse Pomacocha y quebrada Batiapampa se encuentran con mayor frecuencia por debajo de los límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano (clase II) y de zonas de preservación de fauna acuática (clase VI).

Las concentraciones de algunos parámetros que ocasionalmente tienen algunas fuentes de agua y que están por encima de los límites permisibles no significan mayor problema, tanto por su poca frecuencia como porque se diluyen al unirse con las otras aguas derivadas de otras quebradas consideradas en el esquema, como ocurre con las aguas de las quebradas Pirhuacocha y Yanama y las del río Pucará al ingresar y mezclarse con las aguas de la laguna Pomacocha, tal como indica el balance de masa.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a SEDAPAL por la autorización para publicar el presente artículo, que forma parte del Estudio Definitivo de Trasvase Pomacocha–Río Blanco (MARCA II). Agradezco también al Dr. Ralf Meyerhof, director de CES-Salzgitter, por la revisión de este documento. Del mismo modo, agradezco al Ing. Ricardo Rojas por su asesoramiento en la elaboración del presente artículo. También mi reconocimiento al Ing. Rodolfo Rothgiesser y al Dr. Hugo Huamán por su participación en la ejecución de la evaluación de calidad del agua. Asimismo, agradezco al Dr. Manuel Mattos y al Lic. Luis Andrade por su colaboración en la edición de este documento. Finalmente a la Arq. Milagros Ortiz, al Sr. Yuri Rivera y la Srta. Miriam Sosa por su apoyo en la elaboración de este artículo.

REFERENCIAS

[1] Sedapal-Salzgitter GmbH (1998). Estudio Definitivo Trasvase Pomacocha–Río Blanco (MARCA II). Sección Impacto Ambiental.

[2] Decreto Supremo N° 087-83-SA. Modifican los Art. 81 y 82 del Reglamento de los Títulos I, II y III de la Ley General de Aguas.

[3] Sedapal-Salzgitter GmbH (1996). Estudio de factibilidad Derivación Pomacocha–Río Blanco (MARCA II). Sección Impacto Ambiental.