

H.7 CALIDAD DE MANANTIALES E INFILTRACIONES

3 Calidad de manantiales y filtraciones

El objetivo del presente capítulo es caracterizar desde el punto de vista hidroquímico la calidad de las fuentes de agua presentes en el área de estudio. Para la evaluación de la calidad de las aguas, se han llevado a cabo dos programas de monitoreo durante la época seca del 2018 y la época húmeda del 2019, respectivamente. Los resultados obtenidos han permitido complementar el modelo conceptual de funcionamiento del sistema hidrogeológico asociado al área operativa de Yanacocha.

Los resultados hidroquímicos de las fuentes de agua obtenidos por WSP durante los trabajos de campo realizados en octubre 2018 y mayo 2019, y caracterizados en el presente epígrafe, corresponden a un total de 59 estaciones de control en la época seca y 60 en la época húmeda. La Tabla 3-14 y Tabla 3-15 presentan un resumen de las estaciones monitoreadas en época seca y húmeda, respectivamente. En cada fuente de agua se realizaron medidas in situ de parámetros fisicoquímicos como temperatura (°C), conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH (unidades de pH), sólidos totales disueltos (mg/L), oxígeno disuelto (mg/L), potencial óxido reducción (mV) y caudal (L/s).

La descripción detallada de cada punto se encuentra en las fichas de inventario presentes en el Apéndice B. La distribución de los puntos muestreados durante la campaña seca y húmeda se presenta en el Apéndice F, Estudios de aguas superficiales y subterráneas – Anexo F.5. Estudio Hidrogeológico - Mapa 3.8. Cabe destacar que el punto monitoreado en época húmeda (2019) y denominado como Chaquicocha corresponde a un punto de monitoreo situado en el sector El Azufre, adicional a las 59 estaciones de control que forman parte del presente estudio. El punto fue inventariado y monitoreado a petición de Minera Yanacocha.

Del conjunto de las 59 estaciones monitoreadas en campo, se seleccionaron 27 puntos de muestreo. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio ALS LS PERU S.A.C acreditado por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL) según el registro N°LE- 029. En el Apéndice C se presentan los reportes emitidos por el laboratorio con los resultados de los análisis de cada muestra para época seca (2018) y húmeda (2019). En el Apéndice C, también se encuentran las cadenas de custodia con el registro del envío de cada una de las muestras para las dos campañas y la descripción de la metodología de muestreo empleada en campo. Los procedimientos de recolección, preservación, análisis, almacenamiento y transporte de las muestras se realizaron de acuerdo a lo establecido en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua y la Guía para la Evaluación de Impactos en la Calidad del Agua Superficial para Proyectos Mineros, ambos del MINEM, y el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial, aprobado por la autoridad Nacional del Agua,

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en ambas épocas. Como parte del control de calidad, en primer lugar, se realiza una validación de los resultados analíticos mediante diversas metodologías. Posteriormente, se presenta la caracterización hidroquímica de las aguas correspondientes a los 27 manantiales seleccionados previamente y duplicados, a fin de identificar y clasificar los tipos de aguas existentes en la zona de proyecto en base a su mineralización y posibles variaciones temporales. Finalmente, se describe la calidad de las aguas a partir de parámetros seleccionados según lo establecido en el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para agua (ECA) categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM). Cabe destacar que, debido a la falta de legislación específica para agua subterránea, el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental es referencial, pero ayuda a determinar la variación de los parámetros de interés que afectan la calidad de las aguas del proyecto.

Tabla 3-1 Estaciones de monitoreo y parámetros in situ; época seca (Octubre 2018)

Estación	Tipo	WGS 84		Elevación (msnm)	Fecha	Temp (°C)	CE (µS/cm)	pH	STD (mg/L)	OD (mg/L)	Eh (mV)	Caudal (l/s)
		UTM Este	UTM Norte									
AGS	M	780362	9227386	3845	2/10/2018	10.25	53.8	4.35	34.74	4.22	123	0.20
ARCUYOC I	M	768455	9222657	3602	3/10/2018	12.11	79.4	4.11	51.7	6.47	218.1	1.04
ARCUYOC II	M	768476	9222633	3609	3/10/2018	12.66	68.7	4.12	44.9	5.74	189.3	0.31
ARCUYOC III	F	768544	9222564	3618	3/10/2018	11.58	41	4.54	35	5.6	269.3	0.02
ARCUYOC IV	M	768657	9222613	3611	3/10/2018	11.03	32	4.41	28	4.11	289.4	1.19
ARCUYOC V	M	768688	9222567	3621	3/10/2018	11.17	35	4.63	31	4.58	265.2	1.47
ARCUYOC VI	M	768716	9222548	3620	3/10/2018	12.11	32	4.73	28	5.55	280	0.66
ARCUYOC VIII	M	768776	9222429	3631	3/10/2018	11.17	11	5.8	10	4.7	211.3	1.66
ATUNLOMA I_254	M	766097	9219213	3590	6/10/2018	14.29	76.5	6.94	49.62	3.3	72.8	0.05
AZUFRE IV-570	M	780527	9227295	3804	2/10/2018	11	71.2	4.26	46.48	3.52	146.6	0.58
BO-02	F	771484	9223127	3399	4/10/2018	9.13	53	6.52	123	6.5	145.6	0.04
BO-04	M	772665	9224062	3534	5/10/2018	11.11	196	4.73	127.4	5.04	252.8	0.75
CHQS-14	M	778893	9223234	3729	4/10/2018	11.4	15.9	6.63	10.32	6.31	70.4	0.92
EL HUALTE_999	F	774229	9224427	3839	4/10/2018	9.8	238.5	4.03	155.3	6.73	349.2	0.05
ENCS-08	M	780961	9224337	3571	2/10/2018	10.7	105	3.94	93	1	48.7	4.58
FILTRACIONES II	F	777446	9223888	3951	4/10/2018	-	-	-	-	-	-	-

Estación	Tipo	WGS 84		Elevación (msnm)	Fecha	Temp (°C)	CE (µS/cm)	pH	STD (mg/L)	OD (mg/L)	Eh (mV)	Caudal (l/s)
		UTM Este	UTM Norte									
FILTRACIONES MUSGO 2	M	766850	9220082	3545	3/10/2018	11.69	70.5	4.15	45.85	6.58	175.9	1.32
FILTRACIONES PALLARUME	M	767198	9220006	3543	3/10/2018	11.27	91.1	4.12	59.22	6.77	310.3	2.32
FILTRACIONES QUINUAMAYO III	M	771699	9229705	3666	8/10/2018	9.8	96	7.05	88	5.5	72.6	0.18
GRANIZADA I	F	773975	9229926	3966	1/10/2018	-	-	-	-	-	-	-
GRANIZADA II	F	773919	9229858	3945	1/10/2018	-	-	-	-	-	-	-
LA CORTADERA 5-1059	F	778888	9223061	3713	4/10/2018	11.47	11.1	5.92	7.24	5.49	96.8	0.01
LAGUNA CHICA I_74	F	781637	9223909	3568	2/10/2018	11.8	49	6.15	42	6	98	0.17
MAJA QUILISH I	F	768131	9221727	3679	3/10/2018	12.06	46.6	7.17	34.26	7.25	96.1	0.06
Manantial El Azufre	M	776328	9230927	3854	4/10/2018	9.56	114	3.84	105	1.5	97.36	13.09
Manantial El Cince 1	M	774292	9231467	3861	8/10/2018	11.67	42.6	5.47	27.72	3.48	121.2	0.18
MANANTIAL EL CINCE V	F	777309	9223997	3971	4/10/2018	-	-	-	-	-	-	-
MANANTIAL GRANIZA HUACCHARUMY 1	M	772682	9229927	3833	1/10/2018	10.4	148.3	7.29	31.46	4.8	64.9	0.32
MANANTIAL GRANIZA HUACCHARUMY 2	M	772636	9229773	3855	1/10/2018	10.48	143.4	7.02	93.28	6.29	49.4	0.05
Manantial Pabellon IV	F	768585	9224122	3558	6/10/2018	11.5	60.2	6	40.3	5.9	124	0.06
MANANTIAL PAMPA LARGA III	M	776196	9230124	3923	4/10/2018	13.08	81	6.48	68	4.87	124.96	0.13
MANANTIAL QUINUAMAYO II	M	771985	9229708	3713	8/10/2018	9.57	208	6.17	191	6	70.81	0.45
MANANTIAL QUISHUAR I	M	772707	9230905	3767	8/10/2018	11.7	80.4	7.27	52.25	6.75	69.6	0.66

Estación	Tipo	WGS 84		Elevación (msnm)	Fecha	Temp (°C)	CE (µS/cm)	pH	STD (mg/L)	OD (mg/L)	Eh (mV)	Caudal (l/s)
		UTM Este	UTM Norte									
MAQUI MAQUI 4_614	M	767875	9221718	3678	3/10/2018	13.89	16.7	6.74	10.86	7.3	118.2	0.04
MPL-11	M	776013	9229798	3947	4/10/2018	8.97	108	3.55	101	3	371.8	0.92
MPL-8	M	776129	9230368	3900	4/10/2018	9.59	107	3.91	99	5	356	0.52
MSJ-16	M	775469	9223559	3895	4/10/2018	10.94	97.5	7.21	63.35	6.79	54.7	0.11
MSJ-17	F	775533	9223336	3873	4/10/2018	9.92	103	7.59	66.93	6.78	54.4	0.18
PA-106A	M	764495	9224734	3436	5/10/2018	11.07	82	4	73	2.4	298.5	0.62
PA-107A	M	764345	9224770	3415	5/10/2018	11.03	57	4.48	50	3.6	324.7	0.89
PA-108A	M	764272	9224728	3425	5/10/2018	11.12	78	4.1	69	4.97	350.6	0.18
PA-36	F	767133	9224786	3608	8/10/2018	11.24	74.9	6.85	57.6	7.5	153.8	0.10
PA-64A	M	765589	9223824	3661	26/06/2018	8.7	20	4.44	18.85	8	411.5	0.33
PA-110A	M	763880	9224801	3360	5/10/2018	10.43	85	3.87	77	6.5	185.6	0.07
PAMPA LAS MINAS_875	M	774259	9223745	3782	5/10/2018	9.47	102.6	4.39	66.66	3.85	398.9	0.34
PERGA I	M	768169	9222749	3595	3/10/2018	11.2	115.8	6.4	30.4	6	80.9	0.05
PERGA III	M	768201	9222728	3588	6/10/2018	13.5	98	4.2	68.9	5.98	198.9	0.01
PERGA V	F	768390	9222712	3589	6/10/2018	12.2	62	4.1	47.5	6.4	230.3	0.09
SAN JOSE III-923	F	775449	9223598	3901	4/10/2018	13.42	243.5	6.78	158.27	5.91	57.2	0.03
TOTORA II	F	779335	9226567	3914	2/10/2018	10.58	44.9	6.42	29.19	6.42	79	0.35

Estación	Tipo	WGS 84		Elevación (msnm)	Fecha	Temp (°C)	CE (µS/cm)	pH	STD (mg/L)	OD (mg/L)	Eh (mV)	Caudal (l/s)
		UTM Este	UTM Norte									
Vertiente N°2	F	773812	9224579	3729	5/10/2018	11.83	190.2	4.59	123.65	6.51	281.7	0.04
YASP02B	F	768351	9224086	3563	6/10/2018	12.9	160	6.15	129.3	3.2	30.5	0.12
YASP03A	M	767182	9224444	3623	9/10/2018	12.58	43.4	6.07	28.19	3.27	81.8	0.06
YASP04A	M	766776	9225157	3631	8/10/2018	11.18	106	6.5	94	5	170	0.04
YASP07B	M	780663	9224528	3601	2/10/2018	9.45	223	3.86	205	6.2	131.4	5.58
YASP08B	M	780639	9224516	3605	2/10/2018	9.3	252	4	242	4.3	125.6	4.29
YURAGROME II_247	M	765554	9220074	3586	6/10/2018	14.82	544.3	7.58	354.22	6.4	70	0.01
YURAGROME IV_249	F	765437	9219847	3591	6/10/2018	12.02	93.9	7.31	49.7	4.79	73.2	-
YURAGROME V_250	M	765404	9219855	3590	6/10/2018	12.79	153.7	6.85	100.11	5.83	75.3	0.09

NOTA: M: Manantial, F: Filtración, Temp: Temperatura, CE: Conductividad Eléctrica, pH: Unidades de Potencial de Hidrogeno, STD: Sólidos Totales Disueltos, OD: Oxígeno Disuelto, Eh: Potencial Óxido-Reducción, NF: No Flujo

Fuente: Elaboración propia (WSP, 2018)

Tabla 3-2 Estaciones de monitoreo y parámetros in situ; época húmeda (Mayo 2019)

Estación	Tipo	WGS 84		Elevación (msnm)	Fecha	Temp (°C)	CE (µS/cm)	pH	STD (mg/L)	OD (mg/L)	Eh (mV)	Caudal (l/s)
		UTM Este	UTM Norte									
AGS	M	780362	9227386	3845	24/05/2019	10.07	37.80	4.31	34.37	3.79	206.60	2.94
ARCUYOC I	M	768455	9222657	3602	23/05/2019	12.66	59.40	4.02	50.49	6.17	309.90	1.58
ARCUYOC II	M	768476	9222633	3609	23/05/2019	13.58	52.80	4.09	44.02	5.19	244.80	0.89
ARCUYOC III	F	768544	9222564	3618	23/05/2019	11.70	25.44	4.26	22.16	6.05	365.40	0.08
ARCUYOC IV	M	768657	9222613	3611	23/05/2019	11.86	25.10	4.27	21.69	4.69	242.00	2.04
ARCUYOC V	M	768688	9222567	3621	16/05/2019	12.20	25.60	4.24	21.99	5.48	173.50	0.96
ARCUYOC VI	M	768716	9222548	3620	23/05/2019	12.51	20.24	4.34	17.33	5.74	363.30	0.52
ARCUYOC VIII	M	768776	9222429	3631	16/05/2019	11.68	3.27	4.82	9.00	5.51	247.10	1.74
ATUNLOMA I_254	M	766097	9219213	3590	16/05/2019	13.52	50.93	6.86	40.00	3.47	198.70	0.06
AZUFRE IV-570	M	780527	9227295	3804	24/05/2019	10.60	50.60	4.15	45.36	3.49	212.30	6.42
BO-02	F	771484	9223127	3399	22/05/2019	12.84	11.82	6.95	9.96	5.97	183.6	0.15
BO-04	M	772665	9224062	3534	22/05/2019	11.65	108.60	4.85	94.51	5.03	228.10	1.03
CHQS-14	M	778893	9223234	3729	20/05/2019	11.65	9.60	5.81	8.39	6.17	121.80	5.14
EL HUALTE_999	F	774229	9224427	3839	22/05/2019	12.05	154.80	4.03	133.46	6.12	294.50	0.14
ENCS-08	M	780961	9224337	3571	20/05/2019	10.70	93.20	3.82	83.12	-0.14	-21.20	4.31

Estación	Tipo	WGS 84		Elevación (msnm)	Fecha	Temp (°C)	CE (µS/cm)	pH	STD (mg/L)	OD (mg/L)	Eh (mV)	Caudal (l/s)
		UTM Este	UTM Norte									
FILTRACIONES II	F	777446	9223888	3951	20/05/2019	-	-	-	-	-	-	-
FILTRACIONES MUSGO 2	M	766850	9220082	3545	20/05/2019	11.76	48.45	4.00	42.23	6.02	324.40	0.91
FILTRACIONES PALLARUME	M	767198	9220006	3543	20/05/2019	11.08	60.13	3.71	53.11	6.05	457.30	3.63
FILTRACIONES QUINUAMAYO III	M	771699	9229705	3666	18/05/2019	10.26	80.70	7.64	73.03	6.44	76.20	0.48
GRANIZADA I	F	773975	9229926	3966	15/05/2019	-	-	-	-	-	-	-
GRANIZADA II	F	773919	9229858	3945	15/05/2019	14.98	172.20	8.36	138.28	5.66	54.80	0.62
LA CORTADERA 5-1059	F	778888	9223061	3713	20/05/2019	12.11	7.30	5.61	6.31	4.78	139.10	0.04
LAGUNA CHICA I_74	F	781637	9223909	3568	23/05/2019	13.05	39.70	6.43	33.38	5.26	152.10	0.32
MAJA QUILISH I	F	768131	9221727	3679	21/05/2019	10.83	3.15	6.10	2.81	5.47	256.20	0.12
Manantial El Azufre	M	776328	9230927	3854	21/05/2019	9.04	97.74	3.73	91.37	0.00	26.10	14.12
Manantial El Cince 1	M	774292	9231467	3861	22/05/2019	11.22	24.91	5.34	21.97	3.28	248.60	0.30
MANANTIAL EL CINCE V	F	777309	9223997	3971	20/05/2019	10.86	21.70	6.10	19.28	4.75	110.40	0.11
MANANTIAL GRANIZA HUACCHARUMY 1	M	772682	9229927	3833	15/05/2019	10.77	34.80	6.77	30.99	5.95	96.40	0.10
MANANTIAL GRANIZA HUACCHARUMY 2	M	772636	9229773	3855	15/05/2019	9.76	78.39	7.52	70.00	6.01	202.70	0.12
Manantial Pabellon IV	F	768585	9224122	3558	16/05/2019	10.18	33.39	7.60	40.30	5.67	204.70	0.30
MANANTIAL PAMPA LARGA III	M	776196	9230124	3923	21/05/2019	9.58	45.64	6.46	42.10	5.88	147.90	0.80
MANANTIAL QUINUAMAYO II	M	771985	9229708	3713	18/05/2019	10.91	168.90	7.88	150.15	6.49	74.80	0.56

Estación	Tipo	WGS 84		Elevación (msnm)	Fecha	Temp (°C)	CE (µS/cm)	pH	STD (mg/L)	OD (mg/L)	Eh (mV)	Caudal (l/s)
		UTM Este	UTM Norte									
MANANTIAL QUISHUAR I	M	772707	9230905	3767	22/05/2019	10.86	26.48	7.65	23.58	6.23	162.10	2.25
MAQUI MAQUI 4_614	M	767875	9221718	3678	21/05/2019	12.01	10.89	5.72	9.43	3.43	284.10	0.10
MPL-11	M	776013	9229798	3947	21/05/2019	10.44	100.20	3.73	89.60	3.47	420.00	1.27
MPL-8	M	776129	9230368	3900	21/05/2019	9.69	100.10	3.83	91.94	5.33	419.30	0.92
MSJ-16	M	775469	9223559	3895	21/05/2019	8.79	45.04	6.54	42.43	5.76	193.40	0.55
MSJ-17	M	775533	9223336	3873	21/05/2019	10.01	48.99	6.69	44.60	5.82	188.60	0.70
PA-106A	M	764495	9224734	3436	17/05/2019	11.87	80.00	3.92	69.35	3.12	188.40	0.72
PA-107A	M	764345	9224770	3415	17/05/2019	12.16	47.20	4.16	40.66	4.27	365.60	0.95
PA-108A	M	764272	9224728	3425	17/05/2019	12.29	60.10	4.00	51.46	6.18	210.10	1.67
PA-36	F	767133	9224786	3608	21/05/2019	12.85	59.40	6.90	50.24	6.33	97.00	0.55
PA-64A	M	765589	9223824	3661	17/05/2019	11.32	18.00	4.55	15.84	6.02	317.70	0.35
PA-110A	M	763880	9224801	3360	17/05/2019	12.66	67.40	3.96	57.27	6.49	261.90	0.36
PAMPA LAS MINAS_875	M	774259	9223745	3782	22/05/2019	10.12	57.00	4.08	51.66	3.71	346.70	0.70
PERGA I	M	768169	9222749	3595	16/05/2019	13.35	12.00	7.24	10.00	5.77	180.90	0.38
PERGA III	M	768201	9222728	3588	16/05/2019	13.44	53.10	4.03	44.33	4.28	358.50	0.01
PERGA V	F	768390	9222712	3589	16/05/2019	13.57	51.70	4.03	43.00	5.05	194.00	0.08
SAN JOSE III-923	F	775449	9223598	3901	21/05/2019	8.22	53.65	6.57	51.30	6.20	147.00	0.99

Estación	Tipo	WGS 84		Elevación (msnm)	Fecha	Temp (°C)	CE (µS/cm)	pH	STD (mg/L)	OD (mg/L)	Eh (mV)	Caudal (l/s)
		UTM Este	UTM Norte									
TOTORA II	F	779335	9226567	3914	23/05/2019	11.10	28.12	6.60	24.88	5.35	238.40	0.23
Vertiente N°2	F	773812	9224579	3729	22/05/2019	13.18	128.10	4.66	107.40	6.12	261.70	0.29
YASP02B	F	768351	9224086	3563	16/05/2019	12.82	118.41	6.81	100.00	5.09	105.00	0.56
YASP03A	M	767182	9224444	3623	18/05/2019	12.57	39.19	6.05	33.44	3.62	225.60	0.40
YASP04A	M	766776	9225157	3631	18/05/2019	13.02	46.84	6.65	39.51	5.36	93.40	0.56
YASP07B	M	780663	9224528	3601	20/05/2019	10.25	129.22	3.52	116.86	0.10	92.60	5.60
YASP08B	M	780639	9224516	3605	24/05/2019	10.42	139.60	3.54	125.69	0.47	34.50	1.10
YURAGROME II_247	M	765554	9220074	3586	16/05/2019	13.21	355.30	6.58	298.03	6.01	105.00	0.10
YURAGROME IV_249	F	765437	9219847	3591	16/05/2019	-	-	-	-	-	-	-
YURAGROME V_250	M	765404	9219855	3590	16/05/2019	13.06	108.80	5.81	91.35	3.18	121.20	0.27
CHAQUICOCHA	M	780961	9224337	3571	23/05/2019	11.32	101.10	3.75	88.88	2.41	35.70	4.57

NOTA: M: Manantial, F: Filtración, Temp: Temperatura, CE: Conductividad Eléctrica, pH: Unidades de Potencial de Hidrogeno, STD: Sólidos Totales Disueltos, OD: Oxígeno Disuelto, Eh: Potencial Óxido-Reducción, NF: No Flujo

Fuente: Elaboración propia (WSP, 2019)

3.1 Control de calidad de los resultados para las muestras tomadas en campaña seca (2018) y húmeda (2019)

Como parte del control de calidad se realizó una validación de los resultados analíticos mediante tres (03) métodos:

- Error del balance iónico de las muestras.
- Concentración de metales totales vs disueltos
- Análisis de muestras duplicadas

3.2 Error de balance iónico (EBI) de las muestras analizadas

En un análisis químico completo la suma de aniones en miliequivalentes debe ser aproximadamente igual a la suma de cationes. Esto se debe a que el agua es eléctricamente neutra, a menos que existan fenómenos que distorsionen esta propiedad. De esta forma, el cálculo de error de balance iónico (EBI) se utiliza como herramienta para verificar la calidad analítica de los ensayos de laboratorio, sumando los componentes aniónicos y catiónicos de cada muestra. El porcentaje de EBI se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Error de balance Iónico EBI (\%)} = \frac{\sum \text{cationes (meq/L)} - \sum \text{aniones (meq/L)}}{\sum \text{cationes (meq/L)} + \sum \text{aniones (meq/L)}} * 100$$

En términos generales se considera un EBI de $\pm 10\%$ como un rango de error aceptable para muestras con valores de conductividad eléctrica de $200 \mu\text{S/cm}$. Sin embargo, algunas de las aguas del proyecto presentan conductividades inferiores a $50 \mu\text{S/cm}$, lo que amplía el margen de error hasta un 30% . En este sentido se considera que las muestras con conductividades eléctricas comprendidas entre 50 y $200 \mu\text{S/cm}$ presentan un % de error admisible del 20% (Custodio y LLamas, 2001). Los equilibrios iónicos se calcularon para todas las muestras usando Al, Sb, As, Ba, Ca, Cu, Co, Cd, Sr, P, Fe, Li, Mg, Mn, Ni, K, Na, Pb, Tl, U, V y Zn como cationes y Alcalinidad Total, Cl-, F-, PO42-, NO2-, NO3- y SO42- como aniones.

Teniendo en cuenta este criterio, los resultados determinan que en época seca (2018) y en época húmeda (2019) ninguna muestra analizada presenta errores que excedan los rangos de error admisible considerados. La Tabla 3-16 y la Tabla 3-17 presentan los errores de balance iónico para cada muestra en época seca y húmeda, respectivamente.

Tabla 3-3 Cálculo de Balance Iónico; muestras época seca (Octubre 2018)

Estación	EBI (%)	Σ cationes	Σ aniones
		(meq/l)	(meq/l)
ARCUYOC I	-0.92	0.30	0.31
ARCUYOC II	2.72	0.26	0.25
ARCUYOC IV	6.90	0.10	0.09
ARCUYOC V	-1.19	0.09	0.09
ARCUYOC VIII	-7.10	0.02	0.03

Estación	EBI (%)	Σ cationes	Σ aniones
		(meq/l)	(meq/l)
Azufre IV_570	1.52	0.32	0.31
BO-04	0.56	1.59	1.57
ENCS-08	-2.13	0.58	0.61
FILTRACIONES QUINUAMAYO III	-0.23	0.99	0.99
Manantial El Azufre	0.88	0.76	0.75
Manantial El Cince 1	-0.26	0.31	0.31
MANANTIAL GRANIZA HUACCHARUMY 1	-5.84	0.48	0.54
MANANTIAL GRANIZA HUACCHARUMY 2	3.20	1.62	1.52
MANANTIAL QUINUAMAYO II	3.76	3.05	2.83
MANANTIAL QUISHUAR I	0.70	0.71	0.70
MPL-11	7.81	0.64	0.55
MPL-8	0.09	0.63	0.62
PA-64A	-5.32	0.16	0.18
PA-106A	1.54	0.42	0.40
PA-107A	-1.09	0.31	0.32
PAMPA LAS MINAS_875	-0.29	0.51	0.51
PERGA I	-3.25	0.34	0.36

Estación	EBI (%)	Σ cationes	Σ aniones
		(meq/l)	(meq/l)
YASP03A	-5.44	0.44	0.49
YASP04A	0.76	0.82	0.80
YASP07B	-5.66	0.70	0.78
YASP08B	-9.46	0.71	0.86
AGS	6.16	0.26	0.23

Fuente: Elaboración propia (WSP, 2018)

Tabla 3-4 Cálculo de Balance Iónico; muestras época húmeda (Mayo 2019)

Estación	EBI (%)	Σ cationes	Σ aniones
		(meq/l)	(meq/l)
ARCUYOC I	0.02	0.34	0.36
ARCUYOC II	0.03	0.28	0.31
ARCUYOC IV	0.00	0.12	0.12
ARCUYOC V	0.00	0.12	0.12
ARCUYOC VIII	0.05	0.01	0.06
Azufre IV_570	0.04	0.35	0.39
BO-04	0.21	1.11	1.32
ENCS-08	0.06	0.66	0.72
FILTRACIONES QUINUAMAYO III	0.07	1.13	1.19

Estación	EBI (%)	Σ cationes	Σ aniones
		(meq/l)	(meq/l)
Manantial El Azufre	0.04	0.80	0.84
Manantial El Cince 1	0.03	0.27	0.29
MANANTIAL GRANIZA HUACCHARUMY 1	0.06	0.48	0.54
MANANTIAL GRANIZA HUACCHARUMY 2	0.07	1.16	1.23
MANANTIAL QUINUAMAYO II	0.09	2.38	2.47
MANANTIAL QUISHUAR I	0.16	0.40	0.56
MPL-11	0.10	0.58	0.68
MPL-8	0.09	0.66	0.75
PA-64A	0.00	0.15	0.16
PA-106A	0.06	0.51	0.57
PA-107A	0.02	0.32	0.34
PAMPA LAS MINAS_875	0.00	0.46	0.46
PERGA I	0.02	0.31	0.33
YASP03A	0.02	0.42	0.44
YASP04A	0.04	0.51	0.55
YASP07B	0.11	0.94	1.05
YASP08B	0.11	1.01	1.12

Estación	EBI (%)	Σ cationes	Σ aniones
		(meq/l)	(meq/l)
AGS	0.18	0.22	0.40

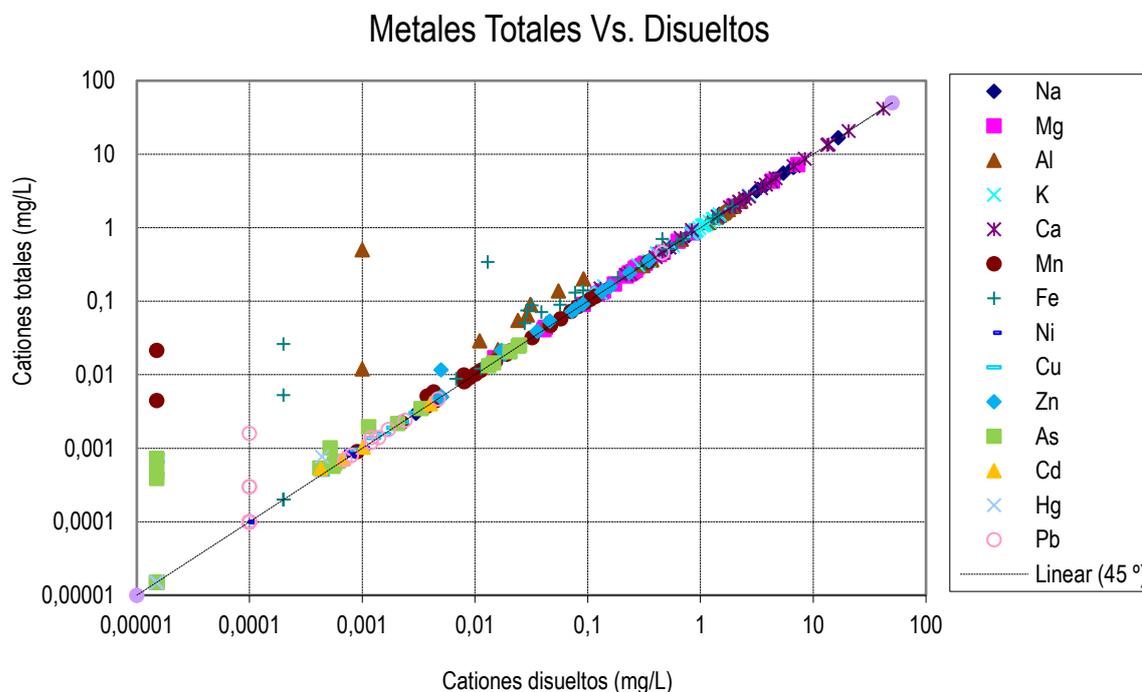
Fuente: Elaboración propia (WSP, 2019)

3.3 Concentración de metales totales vs disueltos

La comparación de las concentraciones de metales totales y disueltos, a partir de las concentraciones de muestras no filtradas respecto a la fracción disuelta de los mismos elementos de muestras filtradas, constituye otra herramienta que permite determinar la bondad de los resultados de los análisis de laboratorio. Por definición, la fracción total de un metal en agua considera la fracción disuelta, por lo tanto, las concentraciones totales deben ser siempre superiores o iguales a la fracción disuelta.

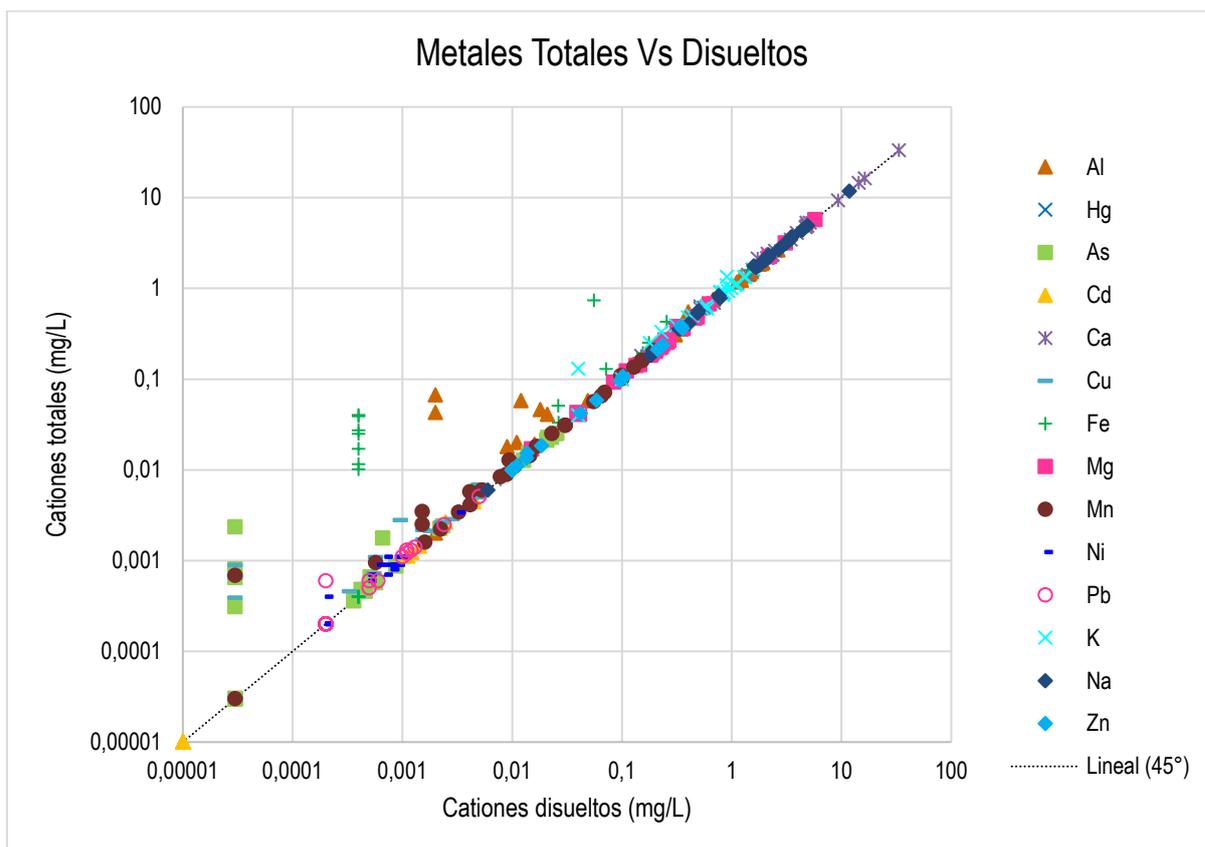
En el Gráfico 3-14 y Gráfico 3-15 se muestran los resultados de la comparación de las concentraciones disueltas frente a las concentraciones totales para las distintas campañas de muestreo. Se observa que en todos los análisis las concentraciones totales son superiores o iguales a las concentraciones disueltas, lo que confirma la validez de los resultados de laboratorio, así como el correcto procedimiento del muestreo.

Gráfico 3-1 Comparación de metales totales vs metales disueltos; época seca (2018)



Fuente: Elaboración propia (WSP, 2018)

Gráfico 3-2 Comparación de metales totales vs metales disueltos; época húmeda (2019)



Fuente: Elaboración propia (WSP, 2019)

3.4 Análisis de muestras duplicadas

Los resultados del análisis de las muestras duplicadas sirven para proveer un indicador de la varianza para cada parámetro, asociado con la combinación de: (i) error de muestreo y (ii) error instrumental.

Tal y como se indica en la Guía para la evaluación de impactos en la calidad de las aguas superficiales por actividades minero metalúrgicas de la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros Sub – Sector Minería, la Diferencia Porcentual Relativa (% DPR) es un control para establecer los márgenes de error entre muestras originales y duplicadas. Esta metodología se aplica a los parámetros que superan 5 veces el límite de detección, ya que en caso contrario los valores de DPR que se obtienen son demasiado elevados. Se calcula con la siguiente expresión:

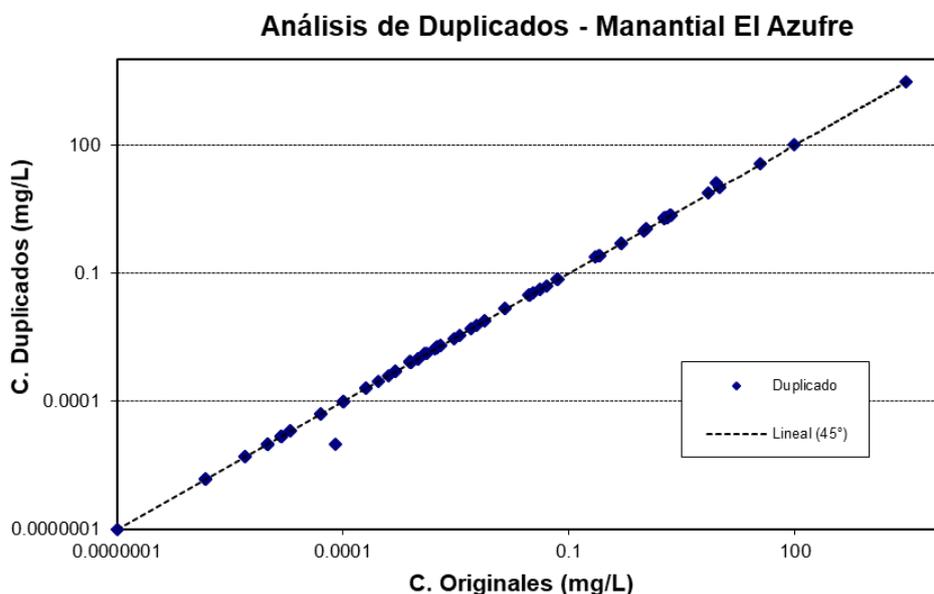
$$\% \text{ DPR} = \frac{(M_1 - M_2)}{\left(\frac{M_1 + M_2}{2}\right)} * 100$$

Donde, M1 corresponde a la concentración de la muestra original y M2 corresponde a la concentración de la muestra duplicada.

Durante la campaña de muestreo, correspondiente a la época seca del año 2018, se tomaron dos muestras duplicadas en los puntos Manantial El Azufre y Manantial Quinamayo II, mientras que, durante la campaña húmeda del año 2019, los duplicados se tomaron en los puntos MPL-11 y YASP-08B. Cabe mencionar que los cuatro (04) puntos están clasificados como agua subterránea (manantiales). En el Gráfico 3-16 y Gráfico 3-17 se muestra la comparación de la concentración de la muestra original con respecto a la muestra duplicada en temporada seca (2018) para el Manantial El Azufre y Manantial Quinamayo II, respectivamente. Se observa que en ninguno de los casos en los que este control es aplicable se supera el límite de $\pm 20\%$, excepto para el Berilio Total en las muestras procedente del Manantial El Azufre, donde la diferencia entre la muestra original y el duplicado es de - 0.00006 mg/L, equivalente a un valor de DPR de -30.00% y, Cobre disuelto y Coliformes fecales en las muestras tomadas en el Manantial Quinamayo II, con diferencias de 0.0004 y 46 mg/L, equivalentes a valores de DPR de 43.48% y 20.54%, respectivamente. Estos valores, son elevados debido a que, en ambos casos, la

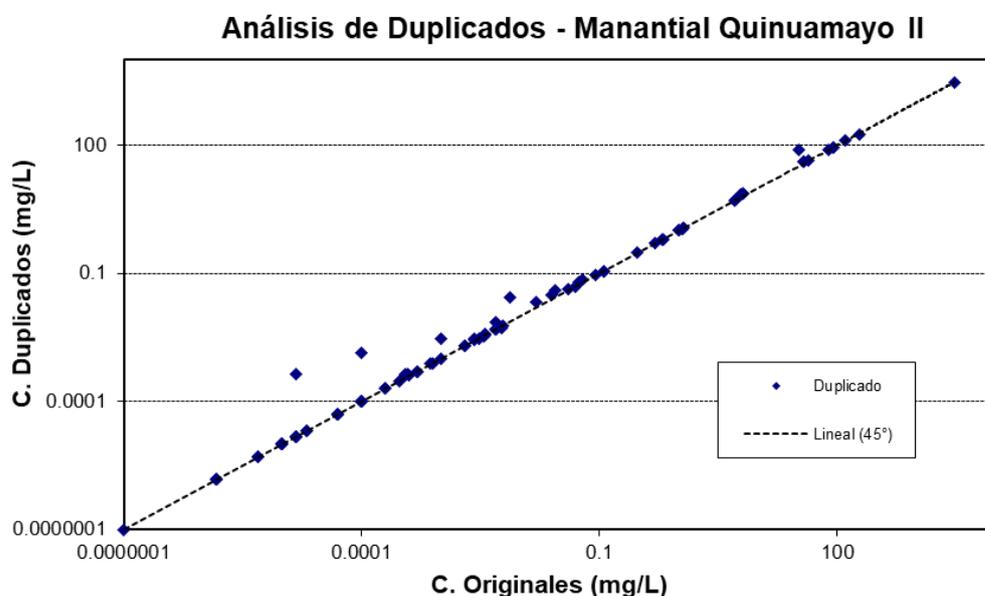
concentración en una de las muestras a comparar corresponde al límite de detección, por lo que, en sentido estricto, estos parámetros no deberían ser considerados en la comparación. Para el resto de variables, los valores obtenidos se encuentran entre un máximo de 9.10%, equivalente a una diferencia de 4 mg/L en el caso de la Demanda Química de Oxígeno, y un mínimo de 0.00%, equivalente a una diferencia de 0.00 mg/L en el caso de los Fluoruros, para la muestra Manantial El Azufre, y entre un máximo de 14.29%, equivalente a una diferencia de 0.012 mg/L en el caso del Fósforo disuelto, y un mínimo de -3.05%, equivalente a -0.00067 mg/L en el caso del Manganeseo total, para la muestra Manantial Quinamayo II.

Gráfico 3-3 Evaluación del DPR en la muestra Manantial El Azufre



Fuente: Elaboración propia (WSP, 2019)

Gráfico 3-4 Evaluación del DPR en la muestra Manantial Quinamayo II



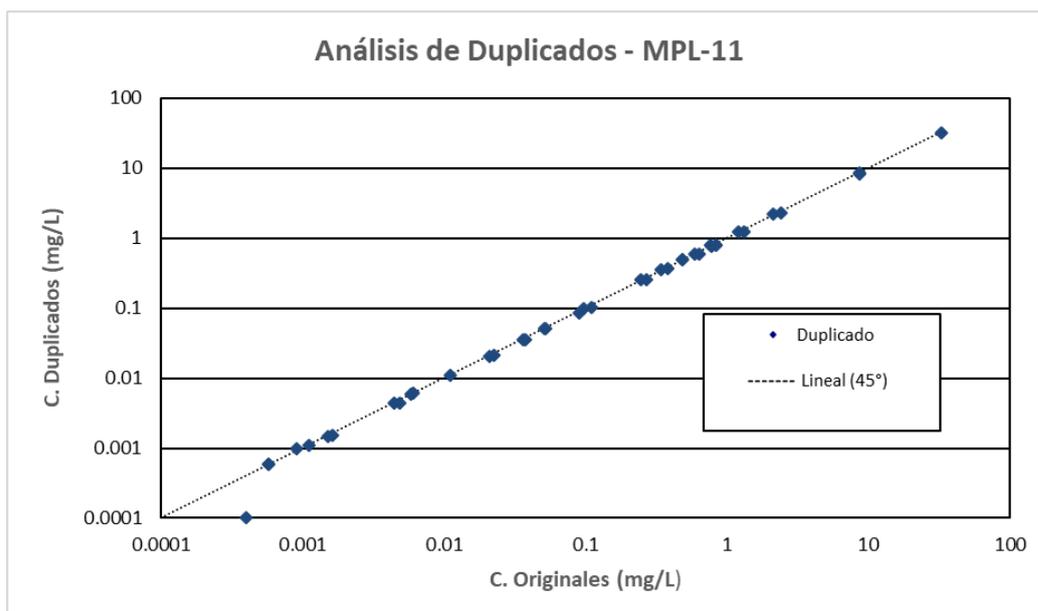
Elaboración propia (WSP, 2019)

Fuente:

En el Gráfico 3-18 y Gráfico 3-19 se muestra la comparación de la concentración de la muestra original con respecto a la muestra duplicada en temporada húmeda (2019) para las muestras MPL-11 y YASP08B, respectivamente. Se observa que en ninguno de los casos en los que este control es aplicable se supera el límite de $\pm 20\%$, excepto para el Vanadio Total en las muestras procedente del punto MPL-11, con un valor de DPR de 30.00%, equivalente a una diferencia de 0.0003 mg/L, y Litio disuelto y Litio Total en las muestras tomadas en el manantial YASP-08B, con un valor de DPR de 40.91%, equivalente a una diferencia de 0.0009 mg/L. En ambos casos, las diferencias salen tan altas debido a que las concentraciones son equivalentes a los límites de detección.

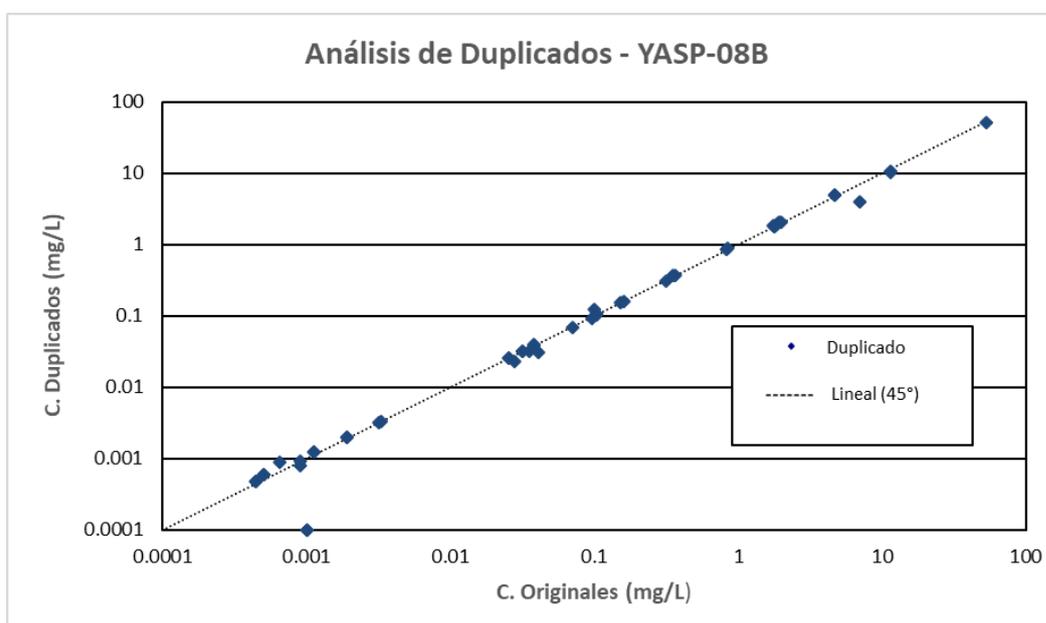
En general, los valores obtenidos se encuentran entre un máximo de 2.15%, equivalente a una diferencia de 0.0004 mg/L para el Cadmio total, y un mínimo de -2.3%, equivalente a una diferencia de -0.0001 mg/L para el Níquel disuelto, en la muestra MPL-11, y entre un máximo de 13.64%, equivalente a una diferencia de 3.00 mg/L para la Demanda Química de Oxígeno, y un mínimo de -7.79%, equivalente a una diferencia de -0.00024 mg/L para el Cobre total, en la muestra YASP-08B.

Gráfico 3-5 Evaluación del DPR en la muestra MPL-11



Fuente: Elaboración propia (WSP, 2019)

Gráfico 3-6 Evaluación del DPR en la muestra YASP-08B



Fuente: Elaboración propia (WSP, 2019)

De esta forma se verifica que el procedimiento para la toma de muestras, así como el procedimiento de análisis del laboratorio ha sido correcto en ambas épocas.

3.5 Calidad de las aguas de filtraciones y manantiales

En esta sección se describen en detalle los parámetros fisicoquímicos, los grupos o tipos de aguas, así como los iones minoritarios y mayoritarios presentes en las aguas de los manantiales y filtraciones distribuidos por los distintos sectores que conforman la zona de proyecto.

3.6 Parametros físico-químicos

- Sector Amacocha - Chaquicocha

Se trata de la zona este del proyecto. Dentro de este sector se diferencian tres (03) zonas principales:

1. En la cabecera del río Azufre, aguas abajo del depósito de suelo orgánico en la zona de Maqui-Maqui se encuentran los manantiales AGS y Azufre IV-570, así como la filtración Totorá II.

En época seca (2018) los manantiales presentan valores de pH ácidos (4.35 y 4.26), conductividad eléctrica (CE) de 53.8 y 71.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 34.74 y 46.48 mg/L, Temperatura del agua de 10.25 y 11.00 $^{\circ}\text{C}$, Oxígeno disuelto 4.22 y 3.52 mg/L, y valores de ORP (Eh) de 123.00 y 146.6 mV. También se registraron valores de caudal durante el muestreo, con valores de 0.20 y 0.58 L/s, respectivamente. Por el contrario, la filtración, presenta un valor de pH 6.42, conductividad eléctrica (CE) de 44.90 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 29.19 mg/L, Temperatura del agua de 10.58 $^{\circ}\text{C}$, Oxígeno disuelto 6.42 mg/L, así como un valor de ORP (Eh) de 79.00 mV. El caudal obtenido como resultado del aforo de la filtración es de 0.35 L/s.

En época húmeda (2019) los manantiales presentan valores de pH de 4.31 y 4.15, conductividad eléctrica (CE) de 37.80 y 50.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 34.37 y 45.36 mg/L, Temperatura del agua de 10.07 y 10.60 $^{\circ}\text{C}$, Oxígeno disuelto 3.79 y 3.49 mg/L y valores de ORP (Eh) de 206.60 y 212.30 mV, respectivamente. Los caudales registrados durante el muestreo fueron de 2.94 y 6.42 L/s, respectivamente. En el caso de la filtración se registra un valor de pH 6.60, conductividad eléctrica (CE) de 28.12 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 24.88 mg/L, Temperatura del agua de 11.10 $^{\circ}\text{C}$, Oxígeno disuelto 5.35 mg/L, un valor de ORP (Eh) de 238.40 mV y un caudal de 0.23 L/s.

2. Aguas abajo, se encuentran los manantiales ENCS-08, YASP-07B y YASP-08B, y la filtración Laguna Chica L_74.

En estos puntos, durante la época seca (2018) se registran valores de pH entre 3.86 y 4.00, conductividad eléctrica (CE) entre 105.00 y 252.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD entre 93.00 y 242.00 mg/L, Temperatura del agua entre 9.30 y 10.70 $^{\circ}\text{C}$, Oxígeno disuelto entre 1.00 y 6.20 mg/L y ORP (Eh) entre 48.70 y 131.40 mV. Los caudales aforados varían en un rango entre 4.30 y 5.60 L/s. Por el contrario, la filtración Laguna Chica L_74 presenta un valor de pH 6.15, conductividad eléctrica (CE) de 49.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 42.00 mg/L, Temperatura del agua de 11.80 $^{\circ}\text{C}$, Oxígeno disuelto 6.00 mg/L, y un valor de ORP (Eh) de 98.00 mV. El caudal aforado en este punto es de 0.20 L/s.

En época húmeda (2019) los manantiales presentan valores de pH entre 3.52 y 3.82, conductividad eléctrica (CE) entre 93.20 y 139.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD entre 83.12 y 125.69 mg/L, Temperatura del agua entre 10.25 y 10.70 $^{\circ}\text{C}$, Oxígeno disuelto entre -0.14 y 0.47 mg/L y ORP (Eh) entre -21.20 y 92.60 mV. Los caudales aforados varían en un rango entre 1.10 y 5.60 L/s. Por el contrario, la filtración Laguna Chica L_74 presenta un valor de pH de 6.43, conductividad eléctrica (CE) de 39.70 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 33.38 mg/L, Temperatura del agua de 13.05 $^{\circ}\text{C}$, Oxígeno disuelto 5.26 mg/L, y un valor de ORP (Eh) de 152.10 mV. El caudal aforado en este punto es de 0.32 L/s.

Adicionalmente, y a solicitud de Minera Yanacocha, se monitoreo el punto denominado como Chaquicocha. Se trata de un manantial situado entre los manantiales YASP-08B y ENCS-08. Este manantial presenta un valor de pH de 3.75, conductividad eléctrica (CE) de 101.10 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 88.88 mg/L, Temperatura del agua de 11.32 $^{\circ}\text{C}$, Oxígeno disuelto 2.41 mg/L, y un valor de ORP (Eh) de 35.70 mV. El caudal aforado en este punto fue de 4.57 L/s.

3. Finalmente, en la parte más baja del sector, a lo largo de la quebrada Saccha, se encuentra el manantial CHQS-14 y las filtraciones La Cortadera 5-1059, Filtraciones II y Manantial El Cince V.

En época seca (2018) el manantial presentó un valor de pH 6.63, conductividad eléctrica (CE) de 15.90 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 10.32 mg/L, Temperatura del agua de 11.40°C, Oxígeno disuelto 6.31 mg/L, y un valor de ORP (Eh) de 70.40 mV. El caudal aforado en este punto fue de 0.92 L/s. En cuanto a las filtraciones solo La Cortadera 5-1059 se encontró activa en el momento del monitoreo. Se observa un valor de pH de 5.92, conductividad eléctrica (CE) de 11.10 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 7.24 mg/L, Temperatura del agua de 11.47 °C, Oxígeno disuelto de 5.49 mg/L, y un valor de ORP (Eh) de 96.80 mV. La filtración presentó un caudal de 0.007 L/s.

En época húmeda (2019) el manantial presentó un valor de pH 5.81, conductividad eléctrica (CE) de 9.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 8.39 mg/L, Temperatura del agua de 11.65°C, Oxígeno disuelto 6.17 mg/L, y un valor de ORP (Eh) de 121.80 mV. El caudal aforado en este punto durante la época húmeda fue de 5.14 L/s. En cuanto a las filtraciones tanto La Cortadera 5-1059 como Manantial El Cince V se encontraron activas. Se observaron valores de pH de 5.61 y 6.10, conductividad eléctrica (CE) de 7.30 y 21.70 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 6.31 y 19.28 mg/L, Temperatura del agua de 12.11 y 10.86 °C, Oxígeno disuelto de 4.78 y 4.75 mg/L, y un valor de ORP (Eh) de 139.10 y 110.40 mV, respectivamente. Las filtraciones presentaron caudales de 0.04 y 0.11 L/s, respectivamente.

Comparando las características fisicoquímicas de las fuentes se evidencia que los valores de los parámetros son similares en ambas campañas. La acidez de las aguas de los manantiales se atribuye a la interacción del agua de recarga con depósitos de origen volcánico (tobas y andesitas) afectados por alteración argílica (ver Apéndice F, Estudios de aguas superficiales y subterráneas – Anexo F.5. Estudio Hidrogeológico - Mapa 3.8). En el caso del manantial CHQS-14 parece presentar una respuesta inmediata a las precipitaciones, teniendo en cuenta el incremento del caudal que se produce entre temporada seca y húmeda.

Cabe destacar que las variaciones de OD entre temporadas no son indicativas de anomalías, ya que es un parámetro que depende directamente del punto exacto donde se toma la muestra.

- Sector Quilish

Al igual que el sector Arnacocha-Chaquicocha, en esta zona los afloramientos se distribuyen en tres (03) áreas principales;

1. Al noroeste de los componentes principales del proyecto, próximos al Pad de Lixiviación de Cerro Negro, se encuentran las filtraciones YASP-02B y el "Manantial Pabellón IV", que en época seca (2018) presentan valores de pH de 6.15 y 6.00, conductividad eléctrica (CE) de 160.00 y 60.20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 129.30 y 40.30 mg/L, Temperatura del agua de 12.90 y 11.50°C, Oxígeno disuelto de 3.20 y 5.90 mg/L y ORP (Eh) de 30.50 y 124.00 mV, respectivamente. El caudal aforado en cada caso es de 0.1 L/s.

En época húmeda (2019) se observan valores de pH de 6.81 y 7.60, conductividad eléctrica (CE) de 118.41 y 33.39 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 100.00 y 40.30 mg/L, Temperatura del agua de 12.82 y 10.18°C, Oxígeno disuelto de 5.09 y 5.67 mg/L y ORP (Eh) de 105.00 y 204.70 mV, respectivamente. Se registraron valores de caudal de 0.56 y 0.30 L/s, respectivamente.

2. Aguas abajo, se identificaron, en época seca (2018), 11 manantiales y tres (03) filtraciones. Los manantiales Arcuyoc I, Arcuyoc II, Arcuyoc IV, Arcuyoc V, Arcuyoc VI, Arcuyoc VIII, Filtraciones Musgo 2, Filtraciones Pallarume, Maqui Maqui 4_614, Perga I y Perga III presentan valores de pH entre 4.11 y 6.74, conductividad eléctrica (CE) entre 11.00 y 115.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD entre 10.00 y 68.90 mg/L, Temperatura del agua entre 11.03 y 13.89°C, Oxígeno disuelto entre 4.11 y 7.30 mg/L y ORP (Eh) entre 80.90 y 310.30 mV. Los caudales aforados varían en un rango entre 0.01 y 2.32 L/s. En el caso de las filtraciones Arcuyoc III, Maja Quilish I y Perga V presentan valores de pH entre 4.10 y 7.17, conductividad eléctrica (CE) entre 41.00 y 62.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD entre 34.26 y 47.50 mg/L, Temperatura del agua entre 11.58 y 12.20°C, Oxígeno disuelto entre 5.60 y 7.25 mg/L y ORP (Eh) entre 96.10 y 269.30 mV. Los caudales aforados varían en un rango entre 0.02 y 0.1 L/s.

En época húmeda (2019) los mismos manantiales presentan valores de pH entre 3.71 y 7.24, conductividad eléctrica (CE) entre 3.27 y 60.13 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD entre 9.00 y 53.10 mg/L, Temperatura del agua entre 11.08 y 13.58°C, Oxígeno disuelto entre 3.43 y 6.17 mg/L y ORP (Eh) entre 173.50 y 457.30 mV. Los caudales aforados varían en un rango entre 0.01 y 3.63 L/s. En el caso de las filtraciones se registran valores de pH entre 4.03 y 6.10, conductividad eléctrica (CE) entre 3.15 y 51.70 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD entre 2.81 y

43.00 mg/L, Temperatura del agua entre 10.83 y 13.57°C, Oxígeno disuelto entre 5.05 y 6.05 mg/L y ORP (Eh) entre 194.00 y 365.40 mV. Los caudales aforados varían en un rango entre 0.08 y 0.12 L/s.

3. Finalmente, en la zona más baja, conocida como Km 24, existen tres (03) manantiales y una (01) filtración.

En época seca (2018) los manantiales Atunloma I_254, Yuragrome II_247 y Yuragrome V_250 presentan valores de pH neutros (6.85 y 7.58), conductividad eléctrica (CE) entre 76.50 y 544.30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD entre 49.62 y 354.22 mg/L, Temperatura del agua entre 12.79 y 14.82°C, Oxígeno disuelto entre 3.30 y 6.40 mg/L y ORP (Eh) entre 70.00 y 75.30 mV. Los caudales aforados varían en un rango entre 0.01 y 0.10 L/s. Igualmente, la filtración Yuragrome IV_249 presenta un valor de pH 7.31, conductividad eléctrica (CE) de 93.90 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 49.70 mg/L, Temperatura del agua de 12.02°C, Oxígeno disuelto 4.79 mg/L, así como un valor de ORP (Eh) de 73.20 mV. Cabe destacar que los parámetros de esta filtración son referenciales, ya que se trataba de agua empozada.

En época húmeda (2019) los manantiales Atunloma I_254, Yuragrome II_247 y Yuragrome V_250 presentan valores de pH entre 5.81 y 6.86, conductividad eléctrica (CE) entre 50.93 y 355.30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD entre 40.00 y 298.03 mg/L, Temperatura del agua entre 13.06 y 13.52°C, Oxígeno disuelto entre 3.18 y 6.01 mg/L y ORP (Eh) entre 105.00 y 198.70 mV. Los caudales aforados varían en un rango entre 0.10 y 0.27 L/s. Durante esta campaña no se llevó a cabo el monitoreo de la filtración Yuragrome IV_249 por encontrarse empozada y con bastante materia orgánica en descomposición.

La principal diferencia entre las aguas subterráneas y subsuperficiales que discurren por el sector en ambas épocas viene representada por los valores de pH. Se observa que, en general, en la parte alta y baja del sector las aguas son entre ligeramente ácidas a neutras (5.00-7.00) mientras las aguas de la parte central, donde se localizan los manantiales denominados como "Arcuyoc", a excepción de los manantiales Arcuyoc VIII, Maqui Maqui 4_614 y Perga I, y de la filtración Maja Quilish I, son ácidas (pH <5). Este hecho puede atribuirse a la litología que atraviesan las aguas hasta los puntos de surgencia. En todos los casos, las aguas neutras proceden de litologías volcánicas (andesitas, tobas y brechas hidrotermales) cuya composición mineralógica (feldespatos y otros silicatos) no es generadora de acidez y posiblemente afectada por un tipo de alteración de grado bajo (propilítica). Los valores de pH más ácidos son indicativos de niveles volcánicos afectados por la alteración argílica. Adicionalmente, a partir de los valores de CE y STD, se determina que las aguas del sector tienen tiempos de residencia cortos. Los valores de OD no son indicativos del tipo de flujo (subterráneo o subsuperficial), ya que algunas de las fuentes no pudieron ser monitoreadas en el punto exacto de surgencia.

- Sector La Quinua

En este sector, aguas abajo de los tajos de La Quinua, en la zona conocida como Encajón, se encuentran el manantial BO-04 y las filtraciones El Hualte _999, Vertiente N°2 y BO-02.

En época seca (2018) el manantial presenta un valor de pH 4.73, conductividad eléctrica (CE) de 196.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 127.40 mg/L, Temperatura del agua de 11.11°C, Oxígeno disuelto 5.04 mg/L, y un valor de ORP (Eh) de 252.80 mV. El caudal aforado en el manantial fue de 0.75. En cuanto a las filtraciones se observan valores de pH de 4.03, 4.59 y 6.52, conductividad eléctrica (CE) de 238.50, 190.20 y 53.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 155.30, 123.65 y 123.00 mg/L, Temperatura del agua de 9.80°C, 11.83°C y 9.13°C, Oxígeno disuelto de 6.73, 6.51 y 6.50 mg/L, y valores de ORP (Eh) de 349.20, 281.70 y 145.60 mV, respectivamente. Se registraron caudales de 0.05 y 0.04 L/s, respectivamente.

En época húmeda (2019) el manantial presenta un valor de pH 4.85, conductividad eléctrica (CE) de 108.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 94.51 mg/L, Temperatura del agua de 11.65°C, Oxígeno disuelto 5.03 mg/L, y un valor de ORP (Eh) de 228.10 mV. El caudal aforado en el manantial durante esta época fue de 1.03. En cuanto a las filtraciones se observan valores de pH de 4.03, 4.66 y 6.95, conductividad eléctrica (CE) de 154.80, 128.10 y 11.82 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 133.46, 107.40 y 9.96 mg/L, Temperatura del agua de 12.05, 13.18 y 12.84°C, Oxígeno disuelto de 6.12 mg/L en los dos primeros casos y de 5.97 mg/L en la filtración BO-02, y valores de ORP (Eh) de 294.50, 261.70 y 183.60 mV, respectivamente. Los caudales registrados en cada caso fueron de 0.14, 0.29 y 0.15 L/s.

Comparando los resultados obtenidos se observa que las características fisicoquímicas tanto del manantial como de las filtraciones son similares en ambas épocas. Sin embargo, se observa una clara diferencia entre las características fisicoquímicas de las aguas del manantial BO-04 y de las filtraciones El Hualte _999 y Vertiente N°2 respecto a las de la filtración BO-02.

De acuerdo con lo descrito en el ítem 3.2.5 y como parte de la descripción del subsistema de Sedimentos La Quinua, la geología de este sector se caracteriza por presentar depósitos fluvioglaciares con un nivel de goethita y hematitas, del cual se alimentan los manantiales presentes en la Quebrada Encajón. Este nivel puede justificar la presencia de pH ácidos y valores de CE elevados en el manantial y las dos primeras filtraciones. Por el contrario, el agua de la filtración BO-02 procede de los niveles compuestos netamente por gravas, limos, arcillas y cantos rodados.

Adicionalmente, aguas abajo del depósito de desmonte "Rosita", en la zona conocida como San José, se encuentran dos (02) manantiales y dos (02) filtraciones.

En época seca (2018) los manantiales identificados como MSJ-16 y Pampa Las Minas_875 presentan valores de pH de 7.21 y 4.39, conductividad eléctrica (CE) de 97.50 y 102.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 63.35 y 66.66 mg/L, Temperatura del agua entre 10.94 y 9.47°C, Oxígeno disuelto entre 6.79 y 3.85 mg/L y ORP (Eh) entre 54.70 y 398.90 mV, respectivamente. El caudal aforado en cada caso es de 0.11 y 0.35 L/s. Por el contrario, las filtraciones identificadas como MSJ-17 y San José III-923 presentan valores de pH de 7.59 y 6.78, conductividad eléctrica (CE) de 103.00 y 243.50 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 66.93 y 158.27 mg/L, Temperatura del agua de 9.92 y 13.42°C, Oxígeno disuelto de 6.78 y 5.91 mg/L y ORP (Eh) de 54.40 y 57.20 mV. El caudal aforado en cada caso es de 0.20 y 0.03 L/s.

En época húmeda (2019) los manantiales presentan valores de pH de 6.54 y 4.08, conductividad eléctrica (CE) de 45.04 y 57.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 42.43 y 51.66 mg/L, Temperatura del agua de 8.79 y 10.12°C, Oxígeno disuelto de 5.76 y 3.71 mg/L y ORP (Eh) de 193.40 y 346.70 mV, respectivamente. El caudal aforado en cada caso es de 0.55 y 0.70 L/s. Por el contrario, las filtraciones presentan valores de pH de 6.69 y 6.57, conductividad eléctrica (CE) de 48.99 y 53.65 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 44.60 y 51.30 mg/L, Temperatura del agua de 10.01 y 8.22°C, Oxígeno disuelto de 5.82 y 6.20 mg/L y ORP (Eh) de 188.60 y 147.00 mV. El caudal aforado en cada caso es de 0.70 y 0.99 L/s.

La acidez de las aguas del manantial Pampa Las Minas_875 en ambas épocas está asociada a su ubicación. Mientras el manantial MSJ-16 y las filtraciones se localizan en la parte del sector caracterizada según el modelo de bloques por depósitos de La Quinua (fluvioglaciares), el manantial Pampa Las Minas_875 se ubica en la zona correspondiente con la alteración argílica (ver Apéndice F, Estudios de aguas superficiales y subterráneas – Anexo F.5. Estudio Hidrogeológico - Mapa 3.8).

- Sector Yanacocha

El sector está conformado por 10 manantiales (Manantial Quinamayo II, Filtraciones Quinamayo III, Manantial El Azufre, Manantial El Cince I, Manantial Graniza Huaccharumy 1 y 2, Manantial Pampa Larga III, Manantial Quishuar I, MPL-11 y MPL-8) y dos (02) filtraciones (Granizada I y II) situadas aguas abajo de los componentes (Pila de Lixiviación, Planta Yanacocha Norte, etc.) que le dan nombre a la zona.

Las características fisicoquímicas de las aguas de la zona en época seca (2018) quedan representadas únicamente por las aguas de los manantiales, los cuales presentan valores de pH entre 3.55 y 7.29, conductividad eléctrica (CE) entre 42.60 y 208.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD entre 27.72 y 191.00 mg/L, Temperatura del agua entre 8.97 y 13.08°C, Oxígeno disuelto entre 1.50 y 6.29 mg/L y ORP (Eh) entre 49.40 y 371.80 mV. Los caudales aforados varían en un rango entre 0.1 y 13.1 L/s. En el caso de las filtraciones Granizada I y II, ninguna se encontró activa en el momento del monitoreo.

En época húmeda (2019) los manantiales presentan valores de pH entre 3.73 y 7.88, conductividad eléctrica (CE) entre 24.91 y 168.90 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD entre 21.97 y 150.15 mg/L, Temperatura del agua entre 9.04 y 11.22°C, Oxígeno disuelto entre 0.00 y 6.49 mg/L y ORP (Eh) entre 26.10 y 420.00 mV. Los caudales aforados varían en un rango entre 0.10 y 14.12 L/s. En el caso de las filtraciones Granizada II se encontró activa con un caudal de 0.62 L/s, un valor de pH de 8.36, conductividad eléctrica (CE) de 172.20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 138.28 mg/L, Temperatura del agua de 14.98°C, Oxígeno disuelto 5.66 mg/L, y un valor de ORP (Eh) de 54.80 mV.

La principal diferencia en ambas épocas entre las aguas de los 10 manantiales es el valor de pH. Se observa que los manantiales MPL-11, MPL-8 y Manantial El Azufre, todos dispuestos a lo largo de la quebrada Pampa Larga presentan aguas ácidas (pH <4). Por el contrario, el Manantial Pampa Larga III, situado en la misma quebrada, presenta aguas circun-neutras (6.5). Este hecho está asociado a la litología sobre la que afloran los diferentes manantiales. Así, es posible que los manantiales MPL-11, MPL-8 y Manantial El Azufre sean la descarga de aguas en contacto con materiales volcánicos afectado por diversos grados de alteración hidrotermal, mientras el Manantial Pampa Larga III puede estar captando

las aguas de la unidad hidrogeológica definida como "Sedimentos de La Quinua" (ver Apéndice F, Estudios de aguas superficiales y subterráneas – Anexo F.5. Estudio Hidrogeológico - Mapa 3.8).

- Sector Cerro Negro

En este sector se encuentran los manantiales PA-64A, PA-106A, PA-107A, PA-108A, PA-110A, YASP-03A y YASP-04A, que presentan en época seca (2018) valores de pH entre 3.87 y 6.50, conductividad eléctrica (CE) entre 20.00 y 106.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD entre 18.85 y 94.00 mg/L, Temperatura del agua entre 8.70 y 12.58°C, Oxígeno disuelto entre 2.40 y 8.00 mg/L y ORP (Eh) entre 81.80 y 411.50 mV. Los caudales aforados varían en un rango entre 0.04 y 0.89 L/s. Adicionalmente, se encuentra la filtración PA-36 con un valor de pH de 6.85, conductividad eléctrica (CE) de 74.90 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 57.60 mg/L, Temperatura del agua de 11.24°C, Oxígeno disuelto de 7.50 mg/L y ORP (Eh) de 153.80 mV. El caudal aforado en este punto es de 0.10 L/s.

En época húmeda (2019) los mismos manantiales presentan valores de pH entre 3.92 y 6.65, conductividad eléctrica (CE) entre 18.00 y 80.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD entre 15.84 y 69.35 mg/L, Temperatura del agua entre 11.32 y 13.02°C, Oxígeno disuelto entre 3.12 y 6.49 mg/L y ORP (Eh) entre 93.40 y 365.60 mV. Los caudales aforados varían en un rango entre 0.35 y 1.67 L/s. En cuanto a la filtración se registra un valor de pH de 6.90, conductividad eléctrica (CE) de 59.40 $\mu\text{S}/\text{cm}$, STD de 50.24 mg/L, Temperatura del agua de 12.85°C, Oxígeno disuelto de 6.33 mg/L y ORP (Eh) de 97.00 mV. El caudal aforado en este punto es de 0.55 L/s.

Se observa que todas las aguas del sector en ambas épocas presentan características ácidas excepto las de los manantiales YASP-03A y YASP-04A, y a la de la filtración PA-36. De acuerdo con lo descrito en los ítems de 3.2 y 3.3, este hecho puede deberse a que las tres fuentes mencionadas se disponen sobre materiales afectados por la alteración propilítica o sobre las arcillas (alteración tipo Clay), que rodean todo el cuerpo silíceo que conforma el sector (ver Apéndice F, Estudios de aguas superficiales y subterráneas – Anexo F.5. Estudio Hidrogeológico - Mapa 3.8).

En resumen, del análisis de los parámetros fisicoquímicos de los manantiales y filtraciones se obtienen las siguientes conclusiones:

- Los manantiales presentan valores de conductividad por encima de 40 hasta 544 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Los manantiales asociados a la descarga de los cuerpos de sílice de Maqui Maqui, Carachugo y Chaquicocha en el sector este de la operación y de Quilish, La Quinoa y Yanacocha en el sector oeste, presentan valores de pH ácidos, mientras que la mayor parte de los manantiales asociados al cuerpo de sílice de Cerro Negro y los manantiales localizados en el km-24 presentan valores de pH básicos.
- Tanto los valores de Eh como de oxígeno disuelto, indican que las muestras han sufrido procesos de oxigenación, los cuales tienen lugar, seguramente, en las proximidades de la surgencia a superficie del agua del manantial.
- Los caudales registrados para los manantiales en época seca varían entre 0,01 y 13,09 L/s y entre 0,01 y 14,12 L/s para la época húmeda.
- Las filtraciones presentan valores de pH entre 4 y 6 y valores de conductividad eléctrica inferiores a 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Igualmente, presentan valores más elevados de oxígeno disuelto y de Eh, debido a su mayor exposición con la atmosfera.
- Los caudales registrados para las filtraciones en época seca varían entre 0,01 y 1,66 L/s y entre 0,04 y 3,14 L/s para la época húmeda, lo que pone de manifiesto que las variaciones de caudal entre época húmeda y época seca de los manantiales es mucho más acusada que en el caso de las escorrentías subsuperficiales.

3.7 Caracterización de tipos de aguas por sectores

Durante las campañas de muestreo llevadas a cabo en temporada seca (2018) y húmeda (2019) se tomaron muestras en 27 manantiales de un total de 59 fuentes de agua monitoreadas (60 en época húmeda). A continuación, se describen las facies hidroquímicas de los puntos de agua analizados:

En el Apéndice F, Estudios de aguas superficiales y subterráneas – Anexo F.5. Estudio Hidrogeológico - Figura 3.27 se observa que en época seca (2018) las aguas de los manantiales del proyecto se dividen en dos grupos controlados principalmente por la variación del ion sulfato.

De manera general, las aguas de los sectores Arnacocha-Chaquicocha, Encajón, El Azufre y San José, donde se encuentran los manantiales AGS, Azufre IV_570, BO-04, ENCS-08, YASP-07B, YASP-08B y Pampa

Las Minas_875, respectivamente, son aguas netamente sulfatadas. Por el contrario, las aguas de los manantiales situados en los sectores de Quilish, Cerro Negro, Yanacocha y La Quinoa varían entre sulfatadas y bicarbonatadas.

En detalle, se identifican cuatro (04) tipos de agua:

1. Sulfatadas Sódicas: representadas por los manantiales AGS, Arcuyoc I, PA-106A, PA-64A, Manantial El Azufre, Manantial El Cince 1, MPL-8, BO-04 y Pampa Las Minas_875.
2. Sulfatadas Cálcidas: representadas por los manantiales Azufre IV_570, Arcuyoc II, Arcuyoc IV, Arcuyoc V, PA-107A, YASP-04A, Manantial Quishuar I, MPL-11, ENCS-08, YASP-07B y YASP-08B.
3. Bicarbonatadas Sódicas: representadas por los manantiales PERGA I y YASP-03A.
4. Bicarbonatadas Cálcidas: representadas por los manantiales Filtraciones Quinuamayo III, Manantial Graniza Huaccharumy 1, Manantial Graniza Huaccharumy 2 y Manantial Quinuamayo II. En este último caso, la proporción de carbonatos y bicarbonatos en aproximadamente equivalente (50%) expresada en meqv, sin embargo, de acuerdo a las concentraciones en mg/L se puede clasificar dentro de este grupo.

En el Apéndice F, Estudios de aguas superficiales y subterráneas – Anexo F.5. Estudio Hidrogeológico - Figura 3.28 se observa que en época húmeda (2019) las aguas de los manantiales están divididas igualmente en dos grupos controlados principalmente por la variación del ion sulfato.

Igual que en época seca (2018), en general los sectores Arnacocha-Chaquicocha, Encajón, El Azufre y San José son aguas netamente sulfatadas. Por el contrario, las aguas de los manantiales situados en los sectores de Quilish, Cerro Negro, Yanacocha y La Quinoa varían entre sulfatadas y bicarbonatadas.

Sin embargo, en detalle, se identifican cinco (05) tipos de agua:

1. Sulfatadas Sódicas: representadas por los manantiales AGS, Azufre IV_570 Arcuyoc I, Arcuyoc II, Arcuyoc IV, Arcuyoc V, PA-106A, Manantial El Azufre, Manantial El Cince 1, MPL-8, BO-04 y Pampa Las Minas_875.
2. Sulfatadas Cálcidas: representadas por los manantiales PA-107A, YASP-04A, PA-64A, MPL-11, ENCS-08, YASP-07B y YASP-08B.
3. Sulfatadas Magnésicas: representadas por el manantial Arcuyoc VIII.
4. Bicarbonatadas Sódicas: representadas por los manantiales PERGA I y Manantial Quishuar I.
5. Bicarbonatadas Cálcidas: representadas por los manantiales YASP-03A, Filtraciones Quinuamayo III, Manantial Graniza Huaccharumy 1, Manantial Graniza Huaccharumy 2 y Manantial Quinuamayo II.

Las principales diferencias entre época seca (2018) y época húmeda (2019) son:

- El manantial Arcuyoc VIII mantiene la misma concentración del ion magnesio y presenta un cierto contenido en sulfatos, permitiendo su representación en el diagrama de Piper.
- En los manantiales Azufre IV_570, Arcuyoc II, Arcuyoc IV y Arcuyoc V se ha incrementado la concentración de sodio, convirtiendo las facies hidroquímicas de sulfatadas cálcidas a sódicas.
- El manantial Quishuar I presenta una facie hidroquímica de tipo bicarbonatado sódico que difiere con la facie de tipo sulfatada cálcica que presenta durante la época seca (2018).
- El manantial PA-106A presenta el mismo tipo de agua en ambas épocas, pero en época húmeda (2019) se observa un incremento de la proporción de calcio y magnesio.
- Los manantiales PA-64A y YASP-03A presentan incrementos de calcio suficientes como para convertir sus facies hidroquímicas de sulfatadas y bicarbonatadas sódicas a sulfatadas y bicarbonatadas cálcidas, respectivamente.

- El manantial Filtraciones Quinuamayo III presenta una disminución de la proporción de sulfatos en temporada húmeda respecto a la época seca.
- El manantial El Cince 1 mantiene el tipo de facie hidroquímica, pero en época húmeda aumenta su concentración de sodio.
- Los manantiales YASP-07B y YASP-08B presentan incrementos de la concentración de calcio en el agua.
- El manantial Quinuamayo II presenta un incremento en la concentración de calcio y bicarbonato, así como una disminución de aproximadamente el 20% del contenido en magnesio de sus aguas.

En conclusión, se observa que los puntos asociados a las descargas de los cuerpos de sílice presentan facie sulfatada, como cabría esperar, dada la naturaleza sulfatada de los materiales que constituyen el sustrato en el área del proyecto (depósitos volcánicos afectados por diversos tipos de alteración hidrotermal; propilítica, argílica y silicificación, así como depósitos volcano-sedimentarios). Así mismo, los pH son ácidos de forma natural como consecuencia de la oxidación de los sulfuros.

En concreto, el agua de la descarga de los cuerpos de sílice presenta las siguientes características:

- Los puntos asociados a la descarga del cuerpo de sílice de Maqui- maqui/Arnacocha, representada por los puntos AGS y Azufre IV_570, presentan facies sulfatadas sódicas con pH de carácter ácido y conductividades eléctricas entre 70 y 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Los puntos asociados a la descarga del cuerpo de sílice de Chaquicocha, representada por los puntos YASP07B y YASP08B presentan facies sulfatadas cálcicas, con pH ácido, pero con conductividades eléctricas entre 200 y 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que denotan un mayor grado de mineralización.
- Los puntos asociados a la descarga del cuerpo de sílice de Cerro Negro, representada por los puntos PA-107A, YASP-04A, PA-64A y PA-106A, presentan facies sulfatadas cálcicas con pH de carácter ácido y conductividades eléctricas entre 50 y 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Finalmente, los puntos asociados a la descarga hacia el norte del cuerpo de sílice de Yanacocha, representada por los puntos manantial el Azufre y MPL-8, presentan facies sulfatadas sódicas con pH muy bajos (inferiores a 4) y conductividades eléctricas superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

3.8 Presencia de iones minoritarios y traza por sectores

Como se observa en el Apéndice F, Estudios de aguas superficiales y subterráneas – Anexo F.5. Estudio Hidrogeológico - Figura 3.29 y Figura 3.30, los iones minoritarios presentes en las aguas de algunos de los manantiales muestreados en época seca (2018) y húmeda (2019), respectivamente, son el Aluminio y el Hierro. Otros metales minoritarios y trazas como el arsénico, el cadmio, el cobalto, el cobre, el mercurio, el manganeso, el plomo y el zinc se encuentran en concentraciones inferiores a 0.5 mg/L.

Los manantiales en los que se registran concentraciones de aluminio en ambas épocas son;

- Sector Amacocha-Chaquicocha; AGS, Azufre IV_570, ENCS-08, YASP-07B y YASP-08B
- Sector Quilish; Arcuyoc I, Arcuyoc II, Arcuyoc IV y Arcuyoc V
- Sector La Quinua; Pampa Las Minas_875
- Sector Yanacocha; Manantial El Azufre, MPL-11 y MPL-8
- Sector Cerro Negro; PA-64A, PA-106A y PA-107A

El manantial BO-04, situado en la zona de Encajón, dentro del sector La Quinua, solo presenta Aluminio en época seca (2018). Además, los manantiales ENCS-08, Manantial El Azufre, MPL-11, YASP-07B y YASP-08B también presentan concentraciones de Hierro inferiores a 2 mg/L en temporada seca (2018) y en húmeda (2019).

En general, las bajas concentraciones de los dos metales minoritarios (hierro y aluminio) indican que su presencia en el medio es totalmente natural, producto de la circulación de las aguas subterráneas a través de diversas litologías (alteración argílica) donde los metales son abundantes.

3.9 Comparativa de los resultados de muestreo obtenidos durante la campaña seca (2018) y húmeda (2019) con los Estándares de calidad ambiental (ECA)

En la presente sección se describe la calidad de las aguas muestreadas en 27 manantiales para época seca (2018) y época húmeda (2019), respectivamente, con respecto a una serie de parámetros seleccionados según lo establecido en el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para el agua (ECA) categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM). Cabe mencionar que, debido a la falta de legislación específica para agua subterránea, el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental es referencial, sin embargo, sirve como herramienta para determinar la variación de los parámetros de interés que afectan la calidad de las aguas del proyecto.

La Tabla 3-18 presenta un resumen del total de parámetros analizados que se encuentran, de forma puntual, por encima o por debajo de los límites establecidos en el estándar de calidad para categoría 3 en temporada seca (2018) y húmeda (2019), respectivamente.

En el Apéndice D (Tablas 3-19 y Tabla 3-20) se presentan los resultados de los análisis comparados con el estándar.

Tabla 3-5 Parámetros que incumplen la normativa en las estaciones de muestreo; época seca (2018) y húmeda (2019)

Ubicación (Sector)	Estación	Tipo	Parámetros que exceden ECA 3	Parámetros que exceden ECA 3
			Temporada seca (2018)	Temporada húmeda (2019)
Arnacocha	AGS	M	OD y pH	OD y pH
	AZUFRE IV-570	M	OD y pH	OD y pH
Quilish	ARCUYOC I	M	pH	pH
	ARCUYOC II	M	pH	pH
	ARCUYOC IV	M	OD y pH	OD y pH
	ARCUYOC V	M	OD y pH	pH
	ARCUYOC VIII	M	OD y pH	pH
	PERGA I	M	pH	-
	MANANTIAL QUINUAMAYO II	M	pH	-
La Quinua	MANANTIAL QUINUAMAYO II (Duplicado)	M	-	-
	BO-04	M	pH y Mn total	pH y Mn total
El Azufre	ENCS-08	M	OD y pH	OD y pH
	YASP07B	M	pH	OD y pH
	YASP08B	M	OD y pH	OD y pH
	YASP08B (Duplicado)	M	-	-

San José	PAMPA LAS MINAS_875	M	OD y pH	OD y pH
Cerro Negro	PA-106A	M	OD y pH	OD y pH
	PA-107A	M	OD y pH	OD y pH
	PA-64A	M	pH	pH
	YASP03A	M	OD y pH	OD y pH
	YASP04A	M	-	-
Yanacocha	FILTRACIONES QUINUAMAYO III	M	-	-
	Manantial El Azufre	M	OD y pH	OD y pH
	Manantial El Azufre (Duplicado)	M	-	-
	Manantial El Cince 1	M	OD y pH	OD y pH
	MANANTIAL GRANIZA HUACCHARUMY 1	M	pH	-
	MANANTIAL GRANIZA HUACCHARUMY 2	M	-	-
	MANANTIAL QUISHUAR I	M	-	-
	MPL-11	M	OD, pH y Pb total	OD, pH y Pb total
	MPL-11 (Duplicado)	M	-	Pb total
	MPL-8	M	pH	pH

NOTA: incumplimiento de normativa para valores de pH de campo.

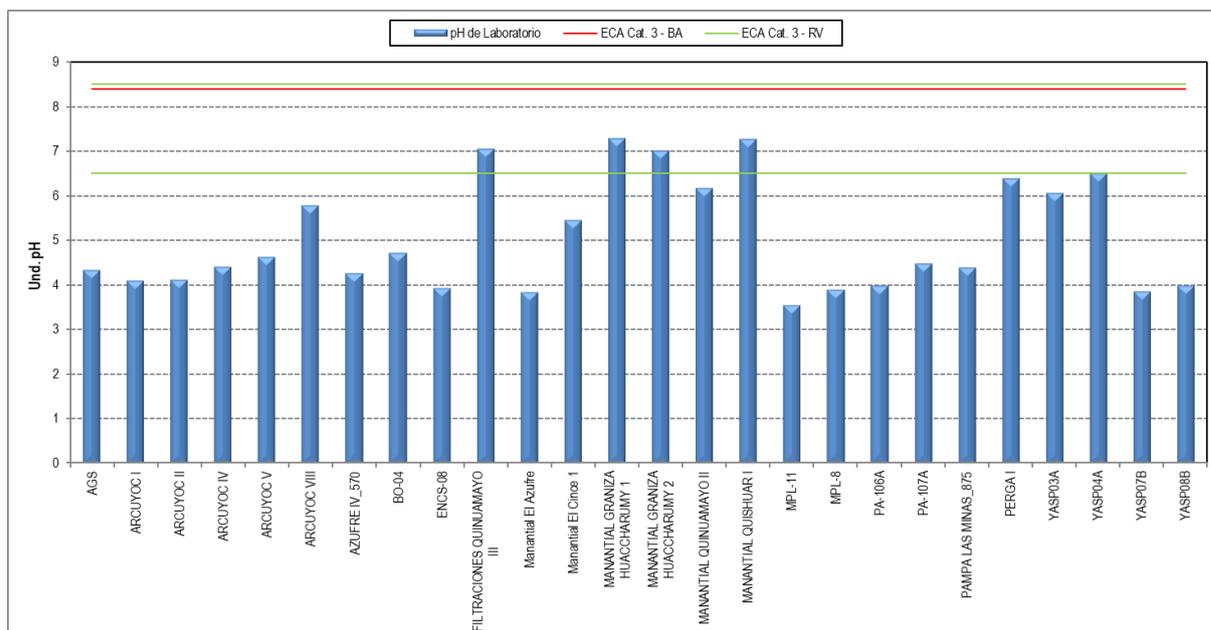
(-): ausencia de excedencia.

Estándares de calidad ambiental para agua (DS N° 004-2017-MINAM).

Del análisis de los parámetros que presentan valores superiores o inferiores a los límites establecidos según el estándar de calidad ambiental para la categoría 3 en temporada seca (2018) y/o húmeda (2019) se determina que:

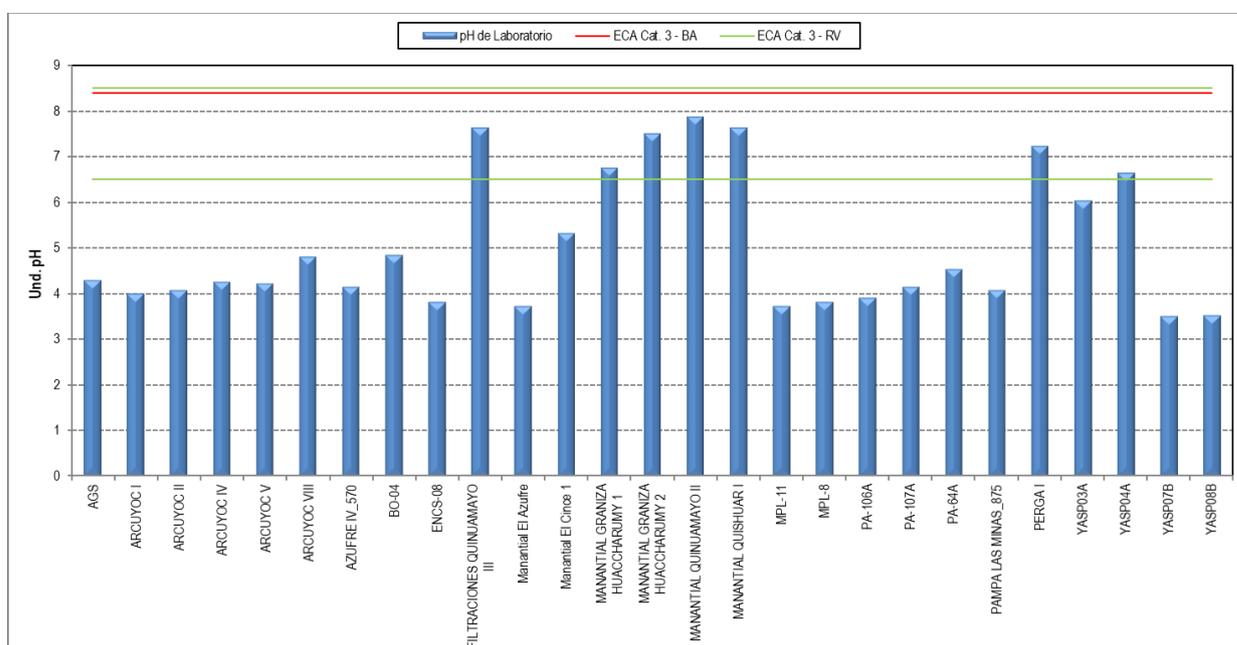
- Los manantiales del sector Arnacocha - Chaquicocha (AGS y AZUFRE IV-570), La Quinoa (PAMPA LAS MINAS_875) y Cerro Negro (PA-106A, PA-107A y YASP03A) presentan valores por encima de los límites establecidos según el estándar en OD y pH tanto para temporada seca como húmeda. Igualmente, el manantial BO-04, en el sector La Quinoa, y el manantial PA-64A del sector Cerro Negro presentan valores superiores al límite de Manganeseo total y en el parámetro de pH, respectivamente, para ambas épocas (ver Gráfico 3-20, Gráfico 3-21, Gráfico 3-22, Gráfico 3-23, Gráfico 3-24 y Gráfico 3-25)

Gráfico 3-7: Mediciones de Ph; época seca (2018)



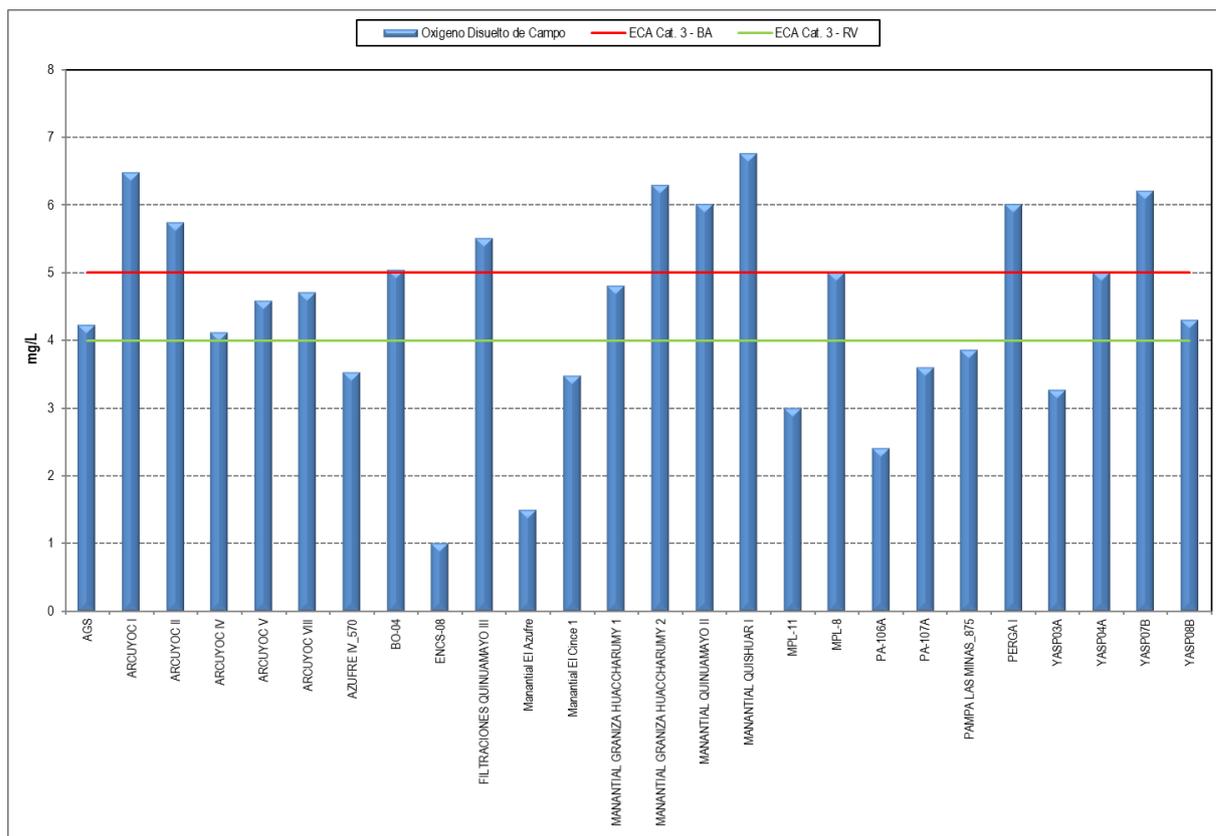
Fuente: Elaboración propia (WSP, 2019)

Gráfico 3-8: Mediciones de pH; época húmeda (2019)



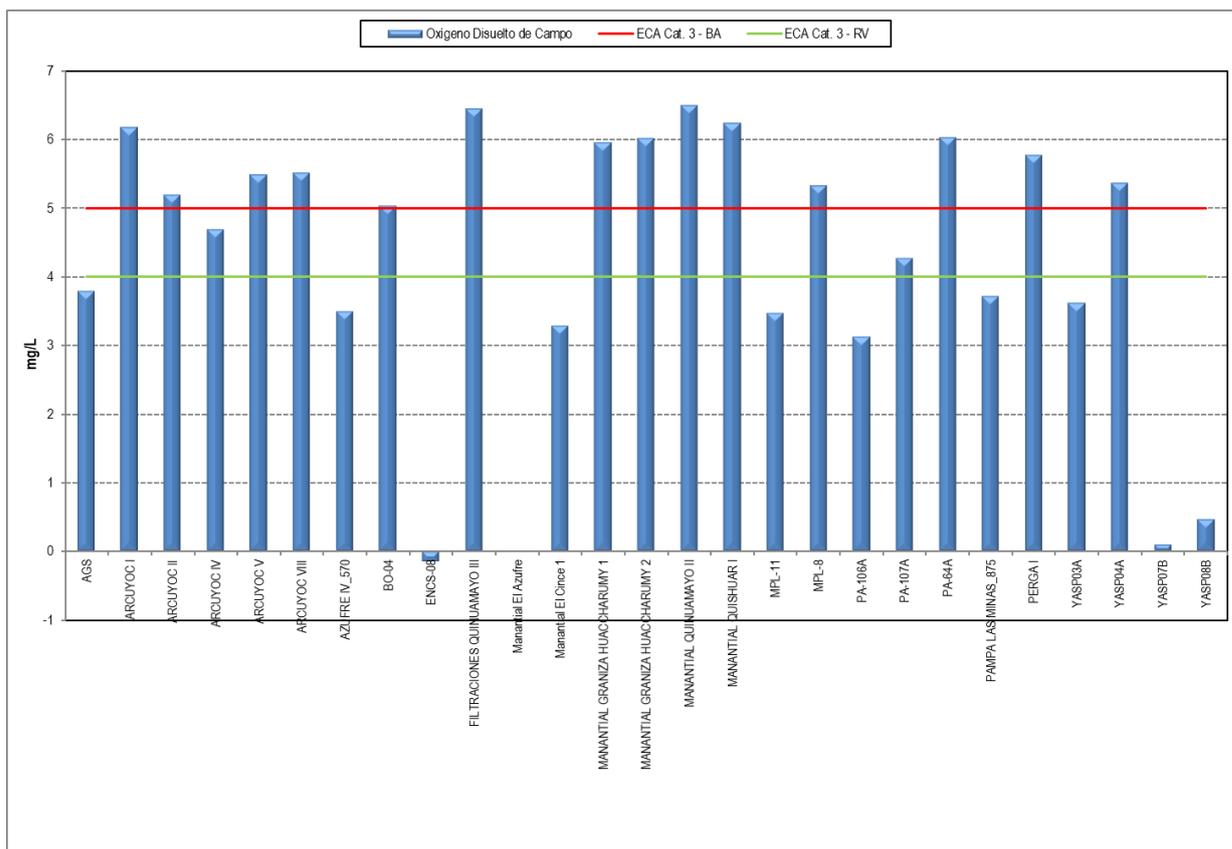
Fuente: Elaboración propia (WSP, 2019)

Gráfico 3-9: Mediciones de Oxígeno Disuelto; época seca (2018)



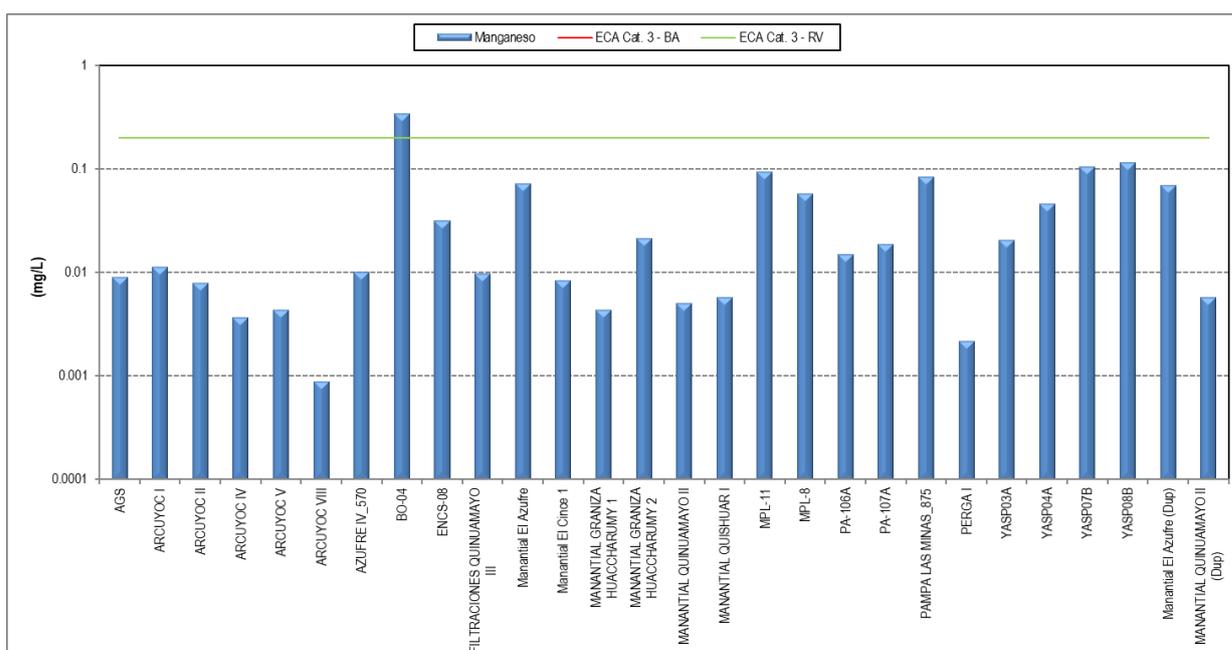
Fuente: Elaboración propia (WSP, 2019)

Gráfico 3-10: Mediciones de Oxígeno Disuelto; época húmeda (2019)



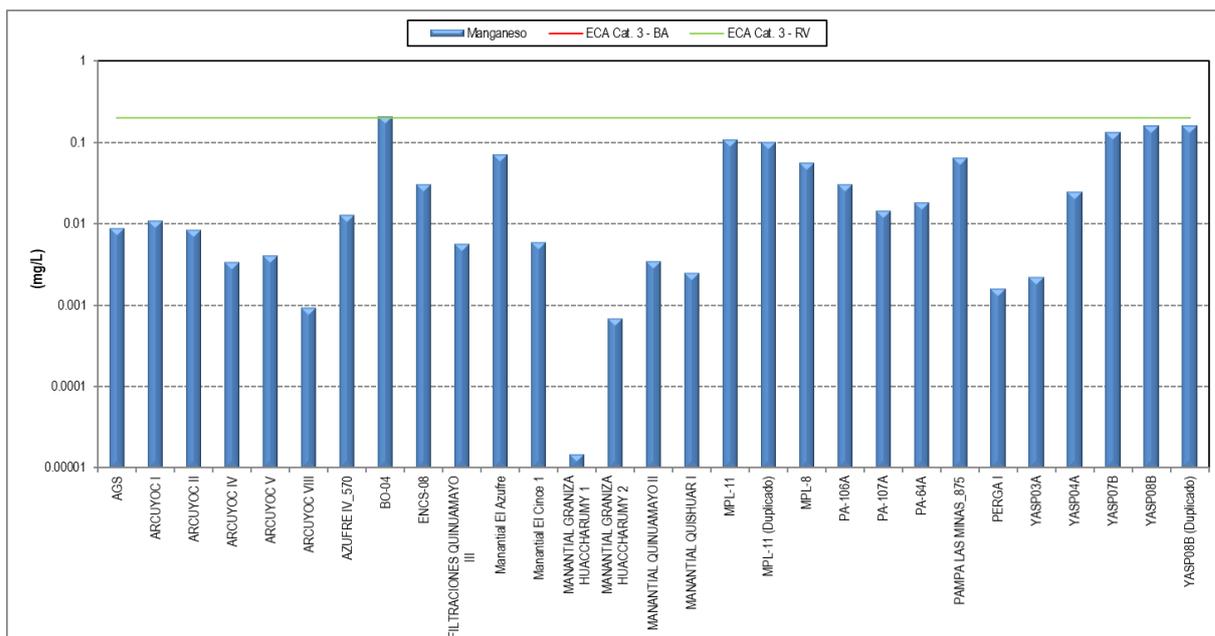
Fuente: Elaboración propia (WSP, 2019)

Gráfico 3-11: Mediciones de Manganeso total; época seca (2018)



Fuente: Elaboración propia (WSP, 2019)

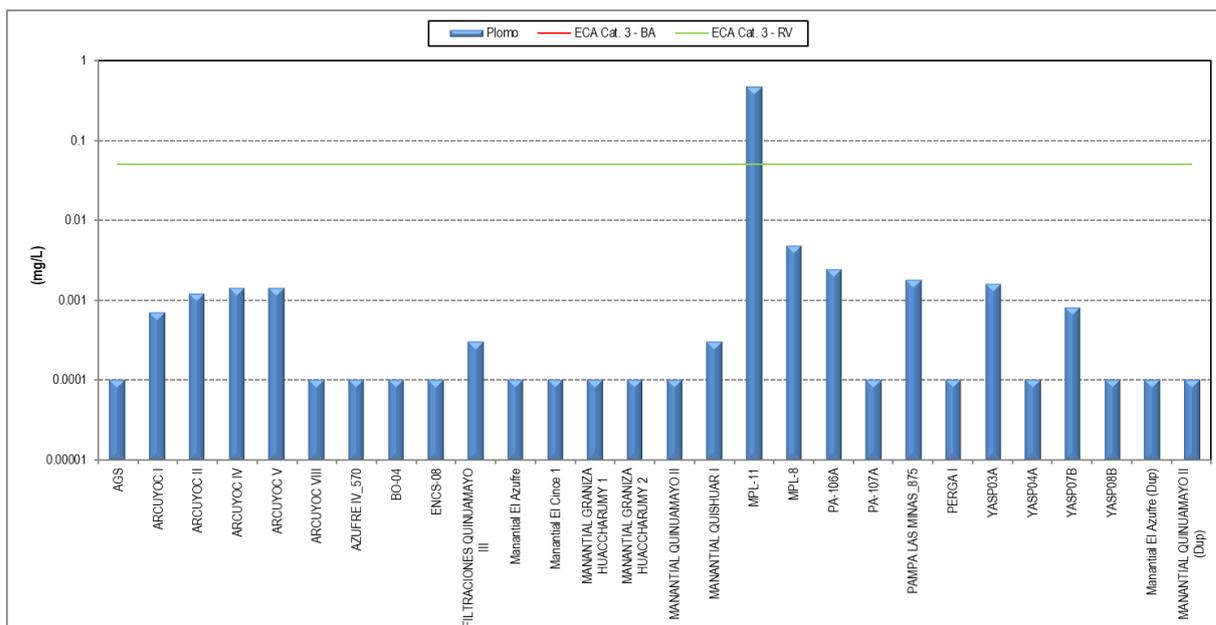
Gráfico 3-12: Mediciones de Manganeso total; época húmeda (2019)



Fuente: Elaboración propia (WSP, 2019)

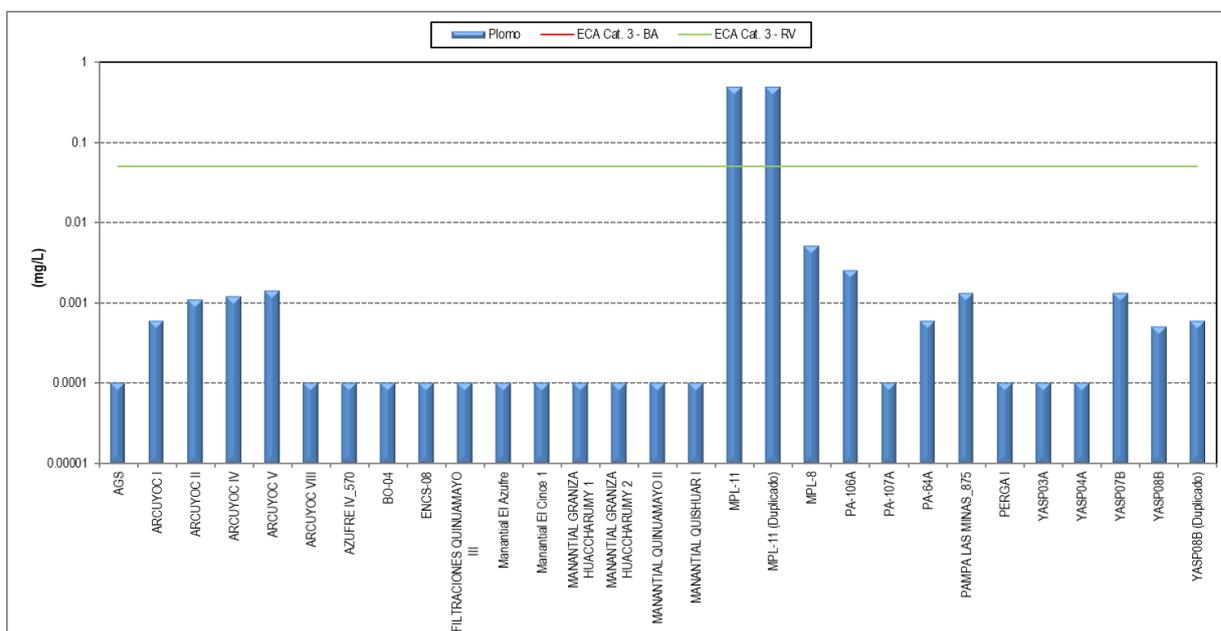
- Los manantiales del sector Quilish conocidos como Arcuyoc I, Arcuyoc II y Arcuyoc IV presentan valores superiores a los límites establecidos para los parámetros de pH y OD+pH, respectivamente, tanto en temporada seca (2018) como húmeda (2019). Sin embargo, los manantiales Arcuyoc V, Arcuyoc VIII presentan valores por debajo de los límites del estándar en OD y pH en temporada seca (2018) mientras que en temporada húmeda (2019) solo superan los límites en el parámetro de pH. Igual ocurre con el manantial Perga I, que presenta valores de pH por debajo del límite del estándar para el parámetro de pH en temporada seca (2018), mientras que en temporada húmeda (2019) se encuentra por debajo del límite (ver Gráfico 3-20, Gráfico 3-21, Gráfico 3-22 y Gráfico 3-23).
- El manantial Quinuamayo II ubicado en el sector Yanacocha solo supera el límite en el parámetro de pH durante la época seca (2018) (ver Gráfico 3-20).
- En el sector Arnacocha-Chaquicocha, los manantiales ENCS-08 y YASP-08B presentan valores por debajo del límite del estándar en los mismos parámetros (OD y pH) tanto en época seca (2018) como en húmeda (2019), sin embargo, el manantial YASP-07B supera el límite para los mismos parámetros en temporada húmeda (2019), mientras en época seca (2018) solo presenta valores por debajo del estándar para el pH (ver Gráfico 3-20 y Gráfico 3-21).
- Los manantiales El Azufre, El Cince 1, MPL-11 y MPL-8 ubicados en el sector Yanacocha superan los límites establecidos según la normativa para los parámetros de OD y pH en ambas épocas. Por el contrario, el manantial Graniza Huaccharumy 1 supera el límite para el parámetro de pH sólo en temporada seca (2018) (ver Gráfico 3-20, Gráfico 3-21, Gráfico 3-22 y Gráfico 3-23). En cuanto al duplicado del punto MPL-11 supera el límite del parámetro de plomo total en temporada húmeda (2019) (ver Gráfico 3-26 y Gráfico 3-27).

Gráfico 3-13: Mediciones de Plomo total; época seca (2018)



Fuente: Elaboración propia (WSP, 2019)

Gráfico 3-14: Mediciones de Plomo total; época húmeda (2019)



Fuente: Elaboración propia (WSP, 2019)

3.10 Comparativa de los parámetros fisicoquímicos medidos en manantiales y filtraciones de proyecto durante la campaña seca (2018) y la húmeda (2019) con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

Adicionalmente, se han comparado de manera referencial los parámetros fisicoquímicos obtenidos durante los monitoreos, llevados a cabo en época seca (2018) y húmeda (2019), en las 32 fuentes de agua (filtraciones y manantiales) restantes, que no fueron muestreadas, con los límites establecidos en el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para el agua (ECA) categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM) para los parámetros de conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y pH. Cabe destacar que en época seca (2018) cuatro (04) de estas fuentes (Filtraciones II, Granizada I, Granizada II y Manantial El Cinco V) no se encontraron activas. En el caso de la época húmeda tres (03) de las fuentes (Filtraciones II, Granizada I y Yuragrome IV_249) no contaban con flujo para su monitoreo.

La Tabla 3-21 presenta un resumen de los parámetros analizados que se encuentran de forma puntual por encima o por debajo de los límites establecidos en el estándar de calidad para categoría 3 en temporada seca (2018) y húmeda (2019), respectivamente.

En el Apéndice D (Tabla 3-22 y Tabla 3-23) se presentan los resultados de los análisis comparados con el estándar.

Tabla 3-21 Parámetros que incumplen la normativa en las estaciones de monitoreo; época seca (2018) y húmeda (2019)

Ubicación (Sector)	Estación	Tipo	Parámetros que exceden ECA 3 Temporada seca (2018)	Parámetros que exceden ECA 3 Temporada húmeda (2019)
Chaquicocha	TOTORA II	F	pH	–
Quilish	FILTRACIONES MUSGO 2	M	pH	pH
	FILTRACIONES PALLARUME	M	pH	pH
	Maqui Maqui 4_614	M	–	OD y pH
	PERGA III	M	pH	pH
	ARCUYOC III	F	pH	pH
	ARCUYOC VI	M	pH	pH
	MAJA QUILISH I	F	–	pH
	PERGA V	F	pH	pH
	Quilish/Canal Tual	YASP02B	F	OD y pH
Manantial Pabellón IV		F	pH	–
Km 24	ATUNLOMA I_254	M	OD	OD
	YURAGROME II_247	M	–	–

Ubicación (Sector)	Estación	Tipo	Parámetros que exceden ECA 3	Parámetros que exceden ECA 3
			Temporada seca (2018)	Temporada húmeda (2019)
	YURAGROME V_250	M	–	pH
	YURAGROME IV_249	F	OD	Sin flujo
La Quinoa	BO-02	F	–	–
Encajón	EL HUALTE_999	F	pH	pH
	Vertiente N°2	F	pH	pH
La Shacsha	CHQS-14	M	–	pH
	LA CORTADERA 5_1059	F	pH	OD y pH
	FILTRACIONES II	F	Sin flujo	Sin flujo
	MANANTIAL EL CINCE V	F	Sin flujo	OD y pH
El Azufre	LAGUNA CHICA I_74	F	pH	pH
	CHAQUICOCHA	M	Sin inventariar	OD y pH
San José	MSJ-16	M	–	–
	MSJ-17	F	–	–
	San José III_923	F	–	–

Ubicación (Sector)	Estación	Tipo	Parámetros que exceden ECA 3 Temporada seca (2018)	Parámetros que exceden ECA 3 Temporada húmeda (2019)
Cerro Negro	PA-108A	M	OD y pH	pH
	PA_110A	M	pH	pH
	PA_36	F	-	-
Yanacocha	MANANTIAL PAMPA LARGA III	M	OD y pH	pH
	GRANIZADA I	F	Sin flujo	Sin flujo
	GRANIZADA II	F	Sin flujo	-

Del análisis de los parámetros que presentan valores inferiores a los límites establecidos según el estándar de calidad ambiental para la categoría 3 en temporada seca (2018) y/o húmeda (2019) se determina que:

- En el sector Arnacocha - Chaquicocha la filtración Titora II situada presenta valores de pH por debajo del límite establecido por la normativa sólo en época seca (2018) (ver Gráfico 3-28).

El manantial CHQS-14, situado sobre la quebrada Shaccha, presenta valores por encima del límite establecido para el parámetro de pH durante la época húmeda (2019). Igualmente, en época húmeda la filtración Manantial El Cince V presenta valores por encima del límite establecido para los parámetros de OD y pH. En cuanto a la filtración La Cortadera 5_1059 presenta valores por encima del límite para el parámetro de pH en ambas épocas, además en temporada húmeda (2019) supera el límite del estándar para el parámetro de OD (ver Gráfico 3-28, Gráfico 3-29 y Gráfico 3-31).

La filtración Laguna Chica I_74 presenta valores por debajo del límite del estándar en el parámetro de pH, tanto en época seca (2018), como en húmeda (2019). El punto Chaquicocha presenta valores por debajo de los límites para OD y pH solo en época húmeda (2019), ya que en época seca (2018) no se encontraba inventariado y, por tanto, no contaba con registro de parámetros fisicoquímicos (ver Gráfico 3-28, Gráfico 3-29 y Gráfico 3-31).

- En el sector Quilish los manantiales Filtraciones Musgo 2, Filtraciones Pallarume Perga III y Arcuyoc VI, así como las filtraciones Arcuyoc III y Perga V presentan valores por encima del límite en el parámetro de pH tanto en temporada seca (2018) como húmeda (2019). Sin embargo, el manantial Maqui Maqui 4_614 y la filtración Maja Quilish presentan valores por debajo de los límites del estándar en OD+pH y pH, respectivamente, sólo en temporada húmeda (2019) (ver Gráfico 3-28, Gráfico 3-29 y Gráfico 3-30).

Las filtraciones YASP-02B y Manantial Pabellón IV presentan valores por debajo de los límites considerados como mínimos por la normativa para los parámetros de OD+pH y pH, respectivamente, durante la época seca (ver Gráfico 3-28 y Gráfico 3-30).

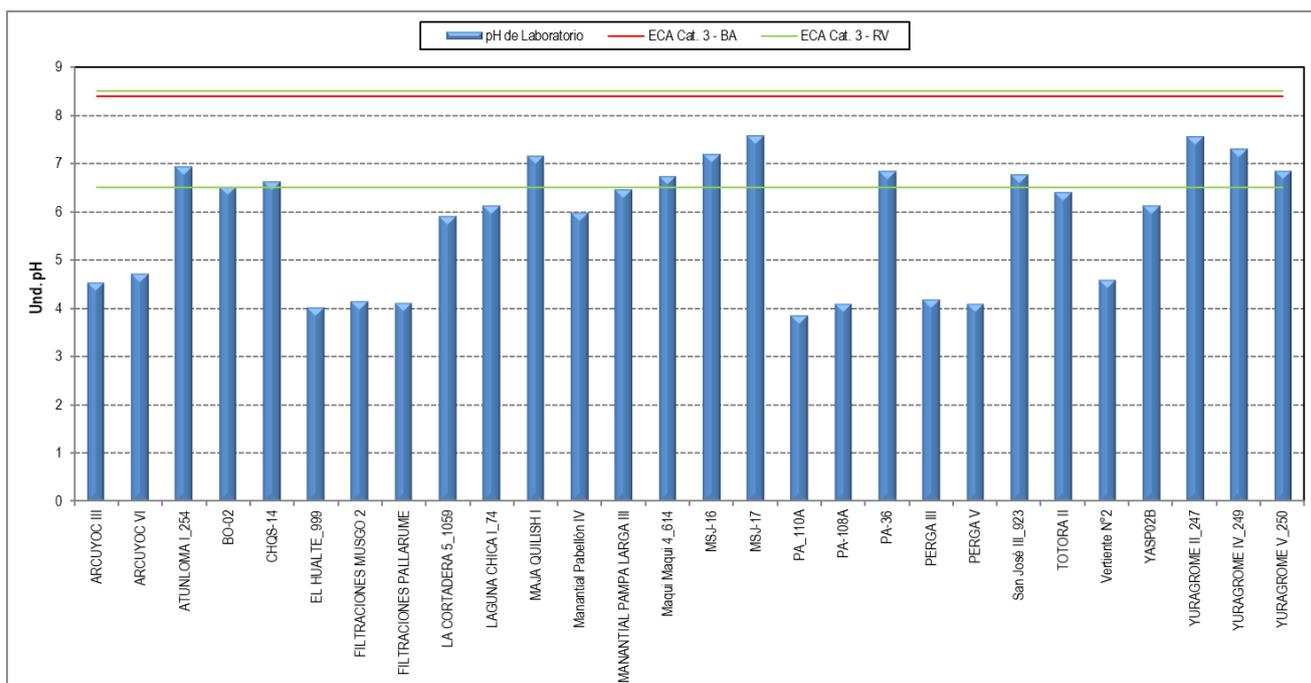
En la zona conocida como Km 24, el manantial Atunloma I_254 presenta valores por encima del límite en el parámetro de OD en ambas épocas. Por el contrario, la filtración Yuragrome IV_249 y el manantial Yuragrome V_250 presentan valores de OD y pH por debajo del estándar para temporada seca (2018) y húmeda (2019), respectivamente (ver Gráfico 3-28, Gráfico 3-29, Gráfico 3-30 y Gráfico 3-31).

- En el sector La Quinua las filtraciones El Hualte_999 y Vertiente N°2 presentan valores de pH por debajo de los límites establecidos según el estándar para el parámetro de pH en ambas épocas (ver Gráfico 3-28, Gráfico 3-29).

• El manantial Pampa Larga III situado en el sector Yanacocha supera los límites establecidos según la normativa para el parámetro de pH en ambas épocas. En época seca (2018), además, presenta valores por debajo de los límites establecidos para el parámetro de OD (ver Gráfico 3-28, Gráfico 3-29 y Gráfico 3-30).

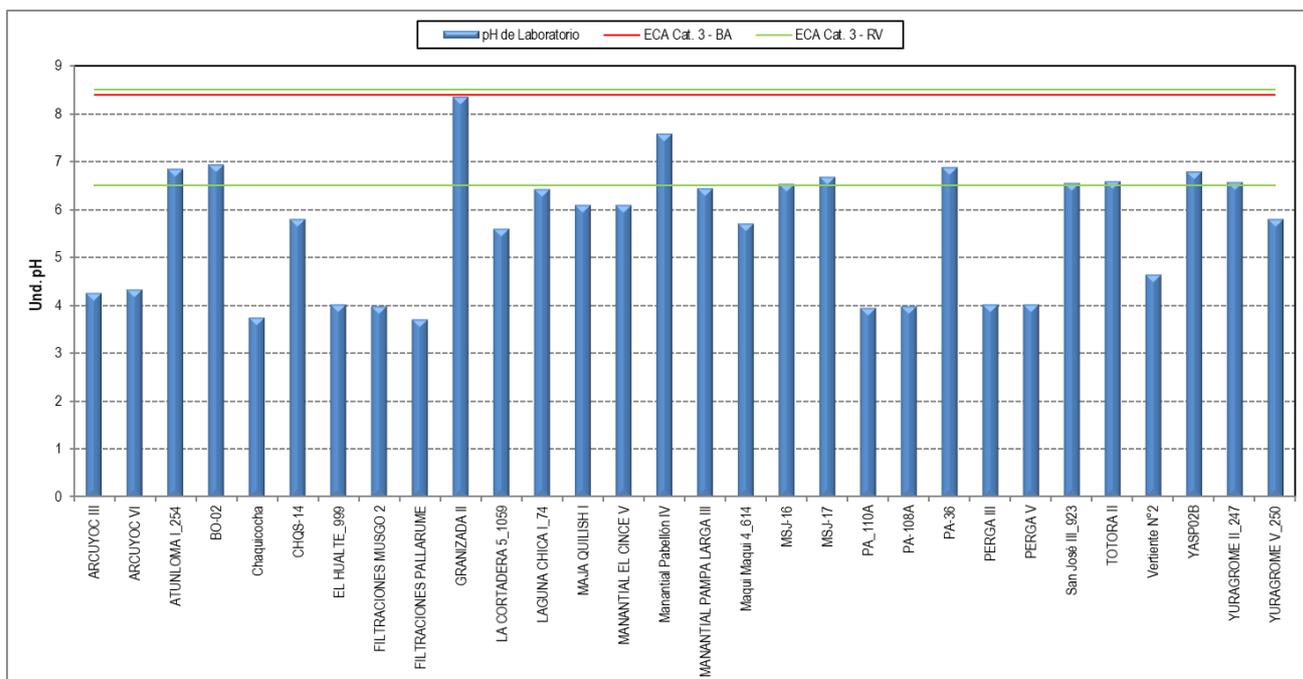
- En el sector Cerro Negro los manantiales PA-110A y PA-108A superan el límite para el parámetro de pH en ambas épocas. Además, en temporada húmeda (2019) este último, también supera los límites del estándar para el parámetro de OD (ver Gráfico 3-28, Gráfico 3-29 y Gráfico 3-31).

Gráfico 3-15: Mediciones de pH; época seca (2018)



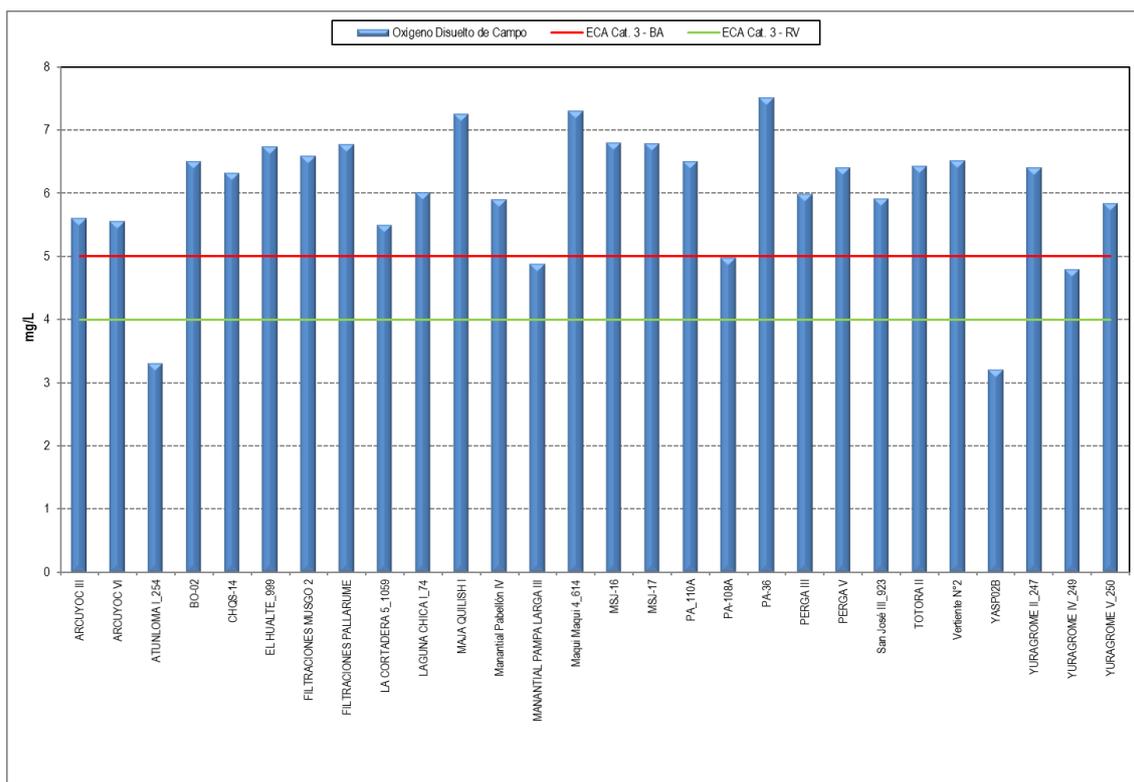
Fuente: Elaboración propia (WSP, 2019)

Gráfico 3-16: Mediciones de pH; época húmeda (2019)



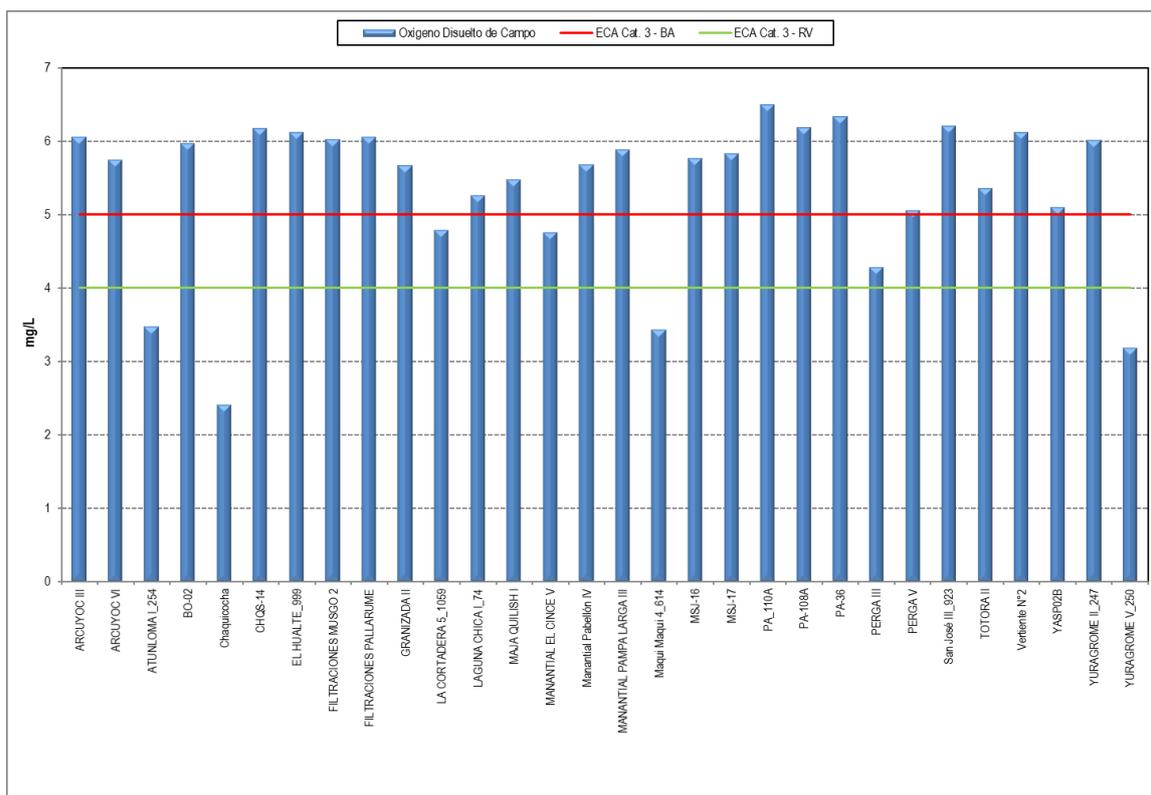
Fuente: Elaboración propia (WSP, 2019)

Gráfico 3-17: Mediciones de Oxígeno Disuelto; época seca (2018)



Fuente: Elaboración propia (WSP, 2019)

Gráfico 3-18: Mediciones de Oxígeno Disuelto; época húmeda (2019)



Fuente: Elaboración propia (WSP, 2019)

La descripción detallada de la calidad de agua de los manantiales y filtraciones presentes en el área de estudio se incluye en el epígrafe 3.8 del Anexo F.5 Estudio Hidrogeológico (Folios 012519 a 012522). En Apéndice F, Estudios de aguas superficiales y subterráneas – Anexo F.5. Estudio Hidrogeológico - Figuras 3.27 y 3.28 se presentan los diagramas de Piper correspondientes al monitoreo de la época húmeda y seca, respectivamente (Folios 012592 y 012593). Esta descripción está siendo incluida, a su vez en la sección de línea base.

Al respecto, se aclara a la Autoridad que recién como parte del plan de vigilancia ambiental aprobada en la I MEIA Yanacocha (R.D. N° 00049-2019-SENACE-PE/DEAR) de fecha 07 de marzo de 2019, se incluyó el programa de monitoreo de manantiales ubicadas en el área de influencia del Proyecto y por ende el compromiso de reportarlas de manera semestral al Ministerio de Energía y Minas.

Respecto a la comparación de los manantiales con las estaciones de vertimiento, se precisa lo siguiente:

- El capítulo 5.1 del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por R.J. N° 010-2016-ANA, establece los criterios de ubicación de los puntos de control de la calidad del cuerpo receptor respecto a un vertimiento. En ella se precisa que, en la elaboración de los Instrumentos de Gestión Ambiental, se tomarán en cuenta los criterios para la ubicación de los puntos de control en cuerpos lótico (ríos o quebradas), lénticos (lagos, lagunas y embalses) y marino costeros.
- Considerando que la ubicación del punto de monitoreo en relación a un vertimiento dependerá de las condiciones naturales del cauce del río o quebrada en lo referente a su forma, turbulencias y obstáculos, así como el lugar donde el cuerpo natural del agua presenta un cauce regular y uniforme y al considerarse los manantiales como puntos o áreas aflorantes de las aguas subterráneas (*Artículo 225º, De la definición de Agua Subterránea, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos D.S. N° 001-2010-AG*) no es dable ni representativo su comparación con los vertimientos correspondientes.
- En base a lo asumido en el programa de monitoreo de manantiales y teniendo en cuenta que estos son considerados como aguas subterráneas, la evaluación de las mismas se ha considerado de manera referencial con los nuevos ECAs para agua establecidos por el D.S. N° 004-2017- MINAM. Bajo ese contexto, la comparación de los manantiales es netamente referencial y no un referente obligatorio de cumplimiento. Esta información fue incluida en el epígrafe 3.8.4. del Anexo F.5 Estudio Hidrogeológico (Folios 012547 a 012552).

En base a las premisas anteriores, la evolución de los manantiales fue considerado de manera referencial con los ECA para agua establecido por el D.S. N° 004-2017- MINAM. Asimismo, como parte de la II MEIA Yanacocha, se indica que no se producirán abatimientos del nivel piezométrico asociados al desaguado de los tajos adicionales a los ya aprobados en la I MEIA y por tanto se ha descartado la afectación adicional dentro del área de influencia del Proyecto, por lo que no se requiere la provisión de flujos de mitigación asociados a impactos sobre los manantiales.