

6 CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA.

6.1 INTRODUCCIÓN.

En esta sección del informe se analiza la calidad de aguas superficiales y subterráneas dentro del área de Mina Chinchillas. La campaña de monitoreo de los parámetros fisicoquímicos se realizó el día 14 de junio de 2020.

Los sitios de monitoreo de agua superficial se ubican en Arroyo Uquillayoc, Río Uquillayoc, Quebrada afluente a arroyo Uquillayoc, Afluente a la Laguna de los Pozuelos, Río Orosmayo, y Sector aguas arriba y abajo de Mina. En este apartado se contemplarán los análisis obtenidos en el monitoreo llevado a cabo en junio de 2020. Los cursos de agua mencionados constituyen los principales afluentes ubicados en las cercanías del área de influencia de mina Chinchillas. Adicionalmente, se tomó 1 muestra de agua subterránea, en el sector aguas abajo del Pit y Escombreras Chinchillas.

La calidad del recurso se define como la capacidad intrínseca que posee el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella, incide de manera directa en la salud tanto de los ecosistemas que habitan en la misma como en el bienestar del ser humano, de la calidad del recurso depende tanto la biodiversidad como la calidad de los alimentos, la salud humana y las actividades económicas. La calidad del agua se clasifica dependiendo del uso para el cual va a ser empleada, ya sea para uso recreativo, uso de doméstico, uso agrícola, ganadero y como hábitat para organismos acuáticos, entre otros. Sin embargo, se debe tener en cuenta que después de usar el recurso, este suele regresar al sistema hidrológico, de manera que si no se realiza el tratamiento adecuado puede acabar afectando a la fuente.

En general, se reconocen cuatro niveles de calidad del agua en función de los diferentes usos del recurso:

Uso I: Agua para consumo humano con tratamiento convencional.

Uso II: Agua para actividades recreativas con contacto directo.

Uso III: Agua para actividades agropecuarias (riego y bebida de ganado).

Uso IV: Protección de la vida acuática silvestre.

La calidad del agua se establece por la definición de índices o parámetros físicos, químicos y biológicos en una situación real en comparación con los índices o parámetros estándares admisibles o deseables legislados.

Las desviaciones por un periodo breve durante el cual se sobrepasan los valores guía no significan necesariamente que el agua no sea apta para el consumo o para el uso que se le dé. La proporción en que pueda rebasarse el valor guía y el periodo durante el cual pueda prolongarse esta situación sin que ello repercuta en la salud pública, dependen de la sustancia de que se trate.

Para la determinación de la calidad del agua se tomaron como referencia los parámetros establecidos en el Anexo V del Decreto Provincial N° 5772-P-2010, los valores de la Línea de Base Ambiental y los valores en el mismo periodo de los 2 años anteriores.

6.2 OBJETIVOS

Obtener muestras de agua superficial y subterránea para ser enviadas al laboratorio.

- Evaluar los parámetros sometidos a control de acuerdo con lo establecido por la legislación vigente.
- Comparar los resultados obtenidos con los valores de Línea de Base y con valores del mismo periodo de los 2 años anteriores.
- Realizar la caracterización hidroquímica de aguas superficiales y subterráneas.

6.3 LEGISLACIÓN

Para la determinación de la calidad del agua se tomaron como referencia los parámetros establecidos en el Anexo V del Decreto Provincial N° 5772-P-2010.

6.4 METODOLOGÍA.

La toma de muestras para ensayos fisicoquímicos de las aguas superficiales y subterráneas; fue realizada por personal de la Empresa Mina Pirquitas S, A,

Se siguieron las recomendaciones Del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

Las muestras para cada sitio fueron tomadas en los volúmenes, envases y con los preservantes que se describe a continuación:

Volumen de 250 ml con NaOH como preservante, en envase plástico, para la determinación de cianuro.

Volumen de 250 ml con HNO₃ como preservante, en envase plástico, para la determinación de metales totales.

Volumen de 100 ml sin preservantes, en envase plástico, para la determinación de salinidad.

Volumen de 1,5 l sin preservantes, en dos envases plásticos de 1 l. y 500 ml, para la determinación de pH, Oxígeno disuelto, Conductividad, Sólidos Disueltos Totales y el resto de los parámetros solicitados.

Cada set de envases fue rotulado con un código preestablecido por el laboratorio. Las muestras fueron colocadas en bolsas de plástico resistente, selladas con precintos numerados y preservadas en una conservadora a 4°C. Posteriormente fueron enviadas al laboratorio SGS (Société Générale de Surveillance), con sede en San Juan, Argentina. Los protocolos de análisis y las cadenas de custodia se adjuntan en los Anexos V y Anexo IV.

6.4.1 Medición de parámetros in situ.

En cada sitio de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas, el personal de Mina Pirquitas S.A, realizó la medición in situ de los siguientes parámetros fisicoquímicos: Temperatura (°C), Conductividad Eléctrica (μS/cm), Sólidos Totales Disueltos (ppm) y pH. Los mismos fueron registrados con una sonda multiparamétrica Ultrameter II 6PFC-e. Los cuales se pueden ver en el Cuadro 6.4.

Las hojas de campo respectivas, se encuentran el Anexo IV

6.4.2 Metodología utilizada por el Laboratorio.

La metodología utilizada por el laboratorio para la determinación de los diferentes parámetros, los límites de detección y cuantificación para cada método, se mencionan en el cuadro 5.1.

6.4.3 Metodología de análisis de los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos fueron comparados con:

- Niveles Guía de Calidad de Agua del Decreto Provincial N°5.772/10 (Anexo V).
- Mínimos y Máximos de la Línea de Base.
- Con los mismos periodos correspondientes a los dos años anteriores, en etapa de Operación.

La caracterización hidroquímica de aguas superficiales y subterráneas.

Las clasificaciones basadas en la composición fisicoquímica toman en cuenta los iones principales o mayoritarios presentes. El método más utilizado es el de Kurlov, basado en el criterio de considerar en la denominación del agua aquellos aniones y cationes que sobrepasan el 20 % de meq/l.

Según este método las aguas se clasifican de la siguiente manera (Fagundo, 1996):

Con relación a los aniones:

- Aguas bicarbonatadas: con más de 1 g/l de sustancias mineralizante, donde el ion bicarbonato (con más de 20 % meq/l) es acompañado de calcio, magnesio, sodio, cloruro y otros.
- Aguas sulfatadas: con más de 1 g/l de sustancias mineralizante, donde predomina el anión sulfato (con más de 20 % meq/l) y están influidas fuertemente en sus propiedades por otros iones como sodio, magnesio, bicarbonato y cloruro.
- Aguas cloruradas: con más de 1 g/l de sustancias mineralizante, donde el ion cloruro, en una concentración superior a 20 % meq/l suele estar acompañado de sodio en proporción semejante.

Con relación a los cationes:

- Aguas cálcicas: con más de 1 g/l de sustancia mineralizante, donde el ion calcio posee una concentración superior al 20 % meq/l.
- Aguas magnésicas: con más de 1 g/l de sustancia mineralizante, donde el ion magnesio posee una concentración superior al 20 % meq/l.
- Aguas sódicas: con más de 1 g/l de sustancia mineralizante, donde el ion sodio posee una concentración superior al 20 % meq/l.

Para este informe se realizó la caracterización de la composición de las aguas muestreadas utilizando el método de Kurlov y diagramas hidroquímicos de Piper y Stiff, empleando el Software EASY_ QUIM (versión 5.0).

El diagrama de Piper se compone de dos campos triangulares a la izquierda (catiónico) y derecha (aniónico), y de un rombo central que integra ambas composiciones. Cada lado de los triángulos lleva una escala en porcentaje (%) de meq/l de un ion determinado y los valores se ingresan paralelamente al lado opuesto al vértice que representa el 100 %. Las proporciones relativas

de cationes y aniones (mayoritarios) fijan la posición de una muestra en el campo triangular correspondiente y la intersección de la proyección de ambos puntos (trazada paralelamente al lado exterior de los triángulos), determina su ubicación en el rombo central. El diagrama Piper permite representar numerosas muestras en un mismo gráfico y clasificarlas siguiendo el criterio de los iones dominantes. El diagrama de Stiff es un polígono representativo de una muestra individual que se construye distribuyendo verticalmente, de manera equidistante, tres rectas (iones principales), que son cortadas por un eje central para definir semirrectas hacia la izquierda (lado catiónico) y derecha (lado aniónico). Por convención, la distribución vertical de los iones sigue un orden, creciente o decreciente, de solubilidad. Sobre cada semirrecta se marcan segmentos de longitud de proporcional a la concentración del ion correspondiente (meq/l), de acuerdo con una escala previamente establecida, con lo cual el tamaño del polígono refleja el total de sólidos disueltos de la muestra y los vértices más prominentes, a izquierda y derecha, corresponden al catión y anión dominante, respectivamente.

Los resultados analíticos de los monitoreos de agua superficial y subterránea efectuados durante este monitoreo, y sus correspondientes protocolos de laboratorio se encuentran adjuntos en el Anexo VI.

Los protocolos y cadenas de custodia correspondientes se adjuntan en Anexo V y Anexo IV.

La metodología utilizada por el laboratorio para la determinación de los diferentes parámetros, y los límites de detección y cuantificación para cada método, se mencionan en el cuadro 6.1.

6.5 PARÁMETROS ANALIZADOS.

Parámetro	Unidad	Metodología	Límite de Detección (LD)	Límite de Cuantificación (LC)
pH	UpH	SM 4500H.B -23rd Edition	-	-
Conductividad a 25°C	µS/ cm	SM 25108H.B - 23rd Edition	-	-
STD	µg/l	SM 25400C -23rd Edition	300	1.000
Oxígeno disuelto	µg/l	SM 4500-O -23rd Edition (Modificado)	-	-
Aluminio (Total)	µg/l	SGS. ME.321	2	10
Antimonio (Total)	µg/l	SGS. ME.321	3	10

Arsénico Total)	µg/l	SGS. ME.321	2	10
Bario (Total)	µg/l	SGS. ME.321	3	10
Berilio (Total)	µg/l	SGS. ME.321	3	10
Boro (Total)	µg/l	SGS. ME.321	30	100
Cadmio (Total)	µg/l	SGS. ME.321	2	10
Cianuro (Total)	µg/l	SGS. ME.120	1	10
Cinc (Total)	µg/l	SGS. ME.321	2	10
Cobalto (Total)	µg/l	SGS. ME.321	3	10
Cobre (Total)	µg/l	SGS. ME.321	2	10
Cromo (Total)	µg/l	SGS. ME.321	2	10
Cromo (+6)	µg/l	SM 3500Cr B 23rd Edition	2	10
Fluoruro (total)	µg/l	SM 4500 F C 23rd Edition	4	100
Manganeso (Total)	µg/l	SGS.ME.321	3	10
Mercurio (Total)	µg/l	SGS.ME.321	0,04	0,5
Molibdeno (Total)	µg/l	SGS.ME.321	3	10
Níquel (Total)	µg/l	SGS.ME.321	3	10
Nitrato	µg/l	SM 4500. NO3 B- 23rd Edition	3	2.000
Nitrito	µg/l	SM 4500. NO2 B- 23rd Edition	2	7
Paladio (Total)	µg/l	SGS.ME.321	3	10
Plata (Total)	µg/l	SGS.ME.321	2	10
Plomo (Total)	µg/l	SGS.ME.321	2	10
Selenio (Total)	µg/l	SGS.ME.321	2	10
Uranio (Total)	µg/l	SGS.ME.321	3	10
Vanadio	µg/l	SGS.ME.321	3	10
Calcio (Total)	µg/l	SGS.ME.321	30	100
Magnesio (Total)	µg/l	SGS.ME.321	6	100
Sodio (Total)	µg/l	SGS.ME.321	30	100
Potasio (Total)	µg/l	SGS.ME.321	30	100
Bicarbonatos	µg/l	SM 2320 B- 23rd Edition	300	1.000
Sulfatos	µg/l	SM 4500 SO4 A y E -23rd Edition	-	10.000
Cloruros	µg/l	SM 4500 Cl D -23rd Edition	700	2.300
Carbonatos	µg/l	SM 2320 B- 23rd Edition	300	1.000

Cuadro 6.1: Metodologías de laboratorio utilizadas.

6.6 SITIOS.

6.6.1 Agua Superficial.

La calidad del agua superficial se monitorea en ocho (8) puntos correspondientes a ríos, arroyos y vegas ubicados en el área de influencia de Mina Chinchillas.

En el Mapa 3 del Anexo III - Mapas, se muestra la ubicación de estos puntos.

AGUA SUPERFICIAL			
Punto de Monitoreo	Descripción del Sitio	Coordenadas	
		X	Y
PM11	Aguas abajo de Escombreras BC	7.511.976	3.474.025
PM14	Arroyo Uquillayoc, aguas abajo de Pit y Escombrera A	7.512.164	3.474.139
PM1	Río Uquillayoc, a la salida de Mina Chinchillas	7.512.100	3.474.377
PM7	Quebrada Afluente a arroyo Uquillayoc, en la salida de Mina Chinchillas	7.512.091	3.474.660
PM12	Río Uquillayoc, a la altura de la comunidad de Santo Domingo	7.508.100	3.477.521
PM15	Desembocadura en Laguna de Pozuelos	7.517.680	3.496.221
PM 5	Río Orosmayo, aguas abajo de Liviara	7.511.618	3.464.312
PM 17	Aguas arriba de Mina Chinchillas	7.514.125	3.472.103

Cuadro 6-2: Coordenadas de los Sitios de Monitoreo de Calidad del Agua superficial-junio 2020. Sistema de Coordenadas: Gauss Krüger Faja 3/Posgar 94.

Todos los muestreos fueron llevados a cabo el día 14 de junio de 2020. Los puntos PM15 y PM17 no fueron muestreados por encontrarse secos en el momento del monitoreo.

6.7 AGUA SUBTERRÁNEA.

La calidad del agua subterránea se monitorea en un (1) punto ubicado en el área de influencia de Mina Chinchillas.

En el Mapa 3 del Anexo III - Mapas se muestra la ubicación de estos puntos.

+Punto de Monitoreo	Descripción del sitio	Coordenadas	
		X	Y
MW-03	Aguas abajo de Pit y Escombreras Chinchillas	7.512.081	3.474.287

Cuadro 6.3: Coordenadas de los Sitios de Monitoreo de Calidad del Agua subterránea—junio 2020. Sistema de Coordenadas: Gauss Krüger Faja 3/Posgar 94.

El monitoreo de agua subterránea fue llevado a cabo el día 14 de junio de 2020.

6.8 RESULTADOS.

6.8.1 Parámetros *in situ* de aguas superficiales y subterráneas

En cada sitio de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas, el personal de Mina Pirquitas S.A., realizó la medición *in situ* de los siguientes parámetros fisicoquímicos: Temperatura (°C), Conductividad Eléctrica (µS/cm), Sólidos Totales Disueltos (ppm) y pH. Los mismos fueron registrados con una sonda Ultrameter 6PFC-6.

Aguas Superficiales

En el Cuadro 6.4 se presentan los valores obtenidos para los parámetros registrados *in situ* en cada uno de los sitios muestreados de aguas superficiales. Las hojas de campo se adjuntan en Anexo IV.

Sitios	pH (UpH)	Temperatura (°C)	Conductividad (µS/cm)	Solidos Totales Disueltos (ppm)
PM11	7,43	9,1	305.9	2053
PM14	7,47	10,2	795,2	556,1
PM1	7,81	3,6	660.4	458,6
PM7	8,09	8,6	185.8	102.1
PM12	8,3	14,3	2980	197,7
PM5	7,84	7,8	566.2	388.1

Cuadro 6.4. Parámetros *in situ* de aguas superficiales.

En la Figura 6.1 y Figura 6.2 se observa el perfil de variación de los parámetros medidos *In Situ*.



Figura 6.1. Perfil de pH y Temperatura in situ en aguas superficiales.

Los resultados obtenidos en aguas superficiales mostraron valores variables para los distintos sitios, todos dentro de un rango de normalidad.

El pH tiende a la alcalinidad: el menor valor se observó en PM11 (7,43) y el mayor valor se observó en PM12 (8,3).

La Temperatura mostró un comportamiento variable, de acuerdo a la estación del año y la hora del día en que se realizó el muestreo (Figura 6.1). El menor valor se observó en PM1 (3,6°C) y el mayor en PM12 (14,3 °C).



Figura 6.2. Perfil de Conductividad y STD in situ en aguas superficiales.

La Conductividad y SDT por su parte presentaron un comportamiento similar entre ambos parámetros (Figura 6.2).

El menor valor se observó en PM7 (158,8 µS/cm, 102,1 mg/l) y en PM12 se observó el mayor valor de conductividad (2980 µS/cm), el mayor valor de STD se observó en PM11 (2053 mg/l).

Aguas Subterráneas.

En el cuadro 6.5 se presentan los valores de los parámetros registrados in situ para aguas subterráneas y en la Figura 6.3 y Figura 6.4 se observa el perfil de variación de los mismos.

Sitios	pH (UpH)	Temperatura (°C)	Conductividad (µS/cm)	Sólidos Totales Disueltos (ppm)
MW03	7,33	13,1	182,3	119,3

Cuadro 6.5. Parámetros in situ de aguas subterráneas.

En la Figura 6.3 se observa el comportamiento variable de la Temperatura respecto al parámetro anterior, al igual que en aguas superficiales.

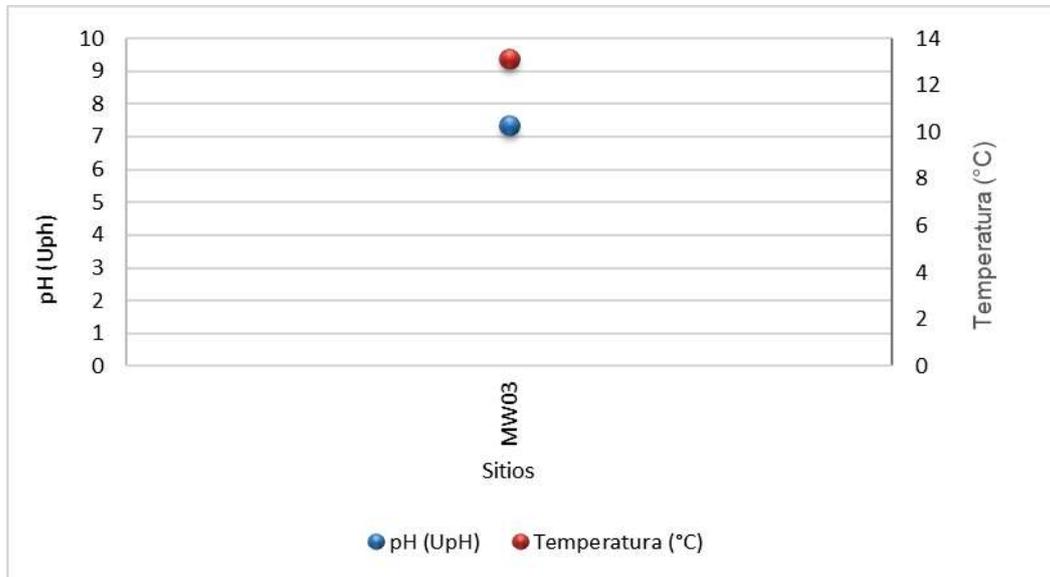


Figura 6.3 Perfil de pH y Temperatura in situ en aguas subterráneas.

El valor de pH registrados in situ indica neutralidad de aguas subterráneas (7,33).

La temperatura en el sitio MW03 es 13,1 °C.

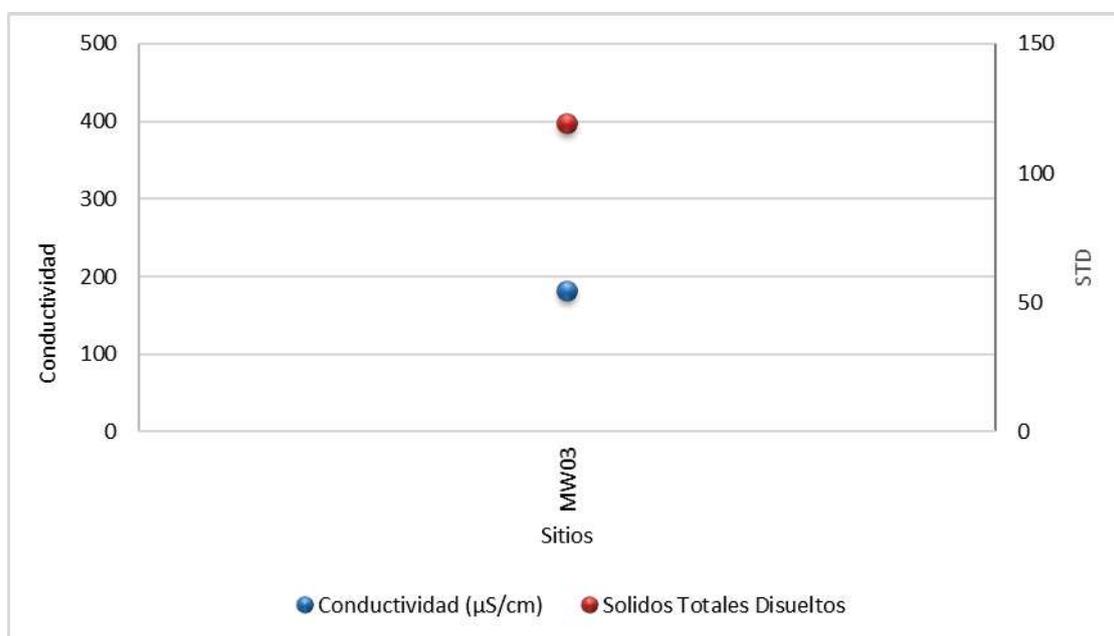


Figura 6.4. Perfil de Conductividad y STD in situ en aguas subterráneas.

En cuanto a la Conductividad y STD en aguas subterráneas, estos parámetros fueron 182,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 119,3 mg/l), respectivamente.

6.8.2 Ensayos de laboratorio para aguas superficiales y subterráneas.

Comparación con Niveles Guía de Calidad de Agua para distintos Usos.

En los resultados analíticos se observa que algunos parámetros analizados presentan valores por encima del límite de detección (LD), pero por debajo del límite de cuantificación (LC) de los métodos utilizados por el laboratorio para su determinación. Es decir que, si bien el elemento se encuentra presente en la muestra analizada (es detectado por el método), el laboratorio no puede informar la concentración exacta del mismo, por lo tanto, no puede asegurarse que las concentraciones de estos parámetros se encuentren por debajo de los valores guías de la normativa establecidos para algunos usos. Por ejemplo, en el caso del Cadmio, en que el LD del método utilizado es de 2 $\mu\text{g/l}$ y el LC de 10 $\mu\text{g/l}$, la muestra de agua del sitio SW-2a arrojó un valor menor a esa cifra (<10 $\mu\text{g/l}$) pero no se asegura que ese valor sea menor a 5 $\mu\text{g/l}$, límite establecido por la normativa de comparación para bebida humana. Los parámetros en esta situación, para alguno de los usos de agua analizados, son: Cadmio, Cianuro, Cobre, Cromo y Mercurio.

Aguas Superficiales

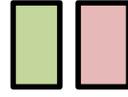
En el Cuadros 6.6, se presentan los resultados analíticos para los sitios de aguas superficiales ordenados por grupos.

Se analizan en cada muestra 30 parámetros y se los compara con los Niveles Guía del Decreto Provincial N°5.772/10. La comparación se efectúa para cuatro usos de agua: Tabla 1: Fuentes de agua para bebida humana, Tabla 2: Para Protección de Vida Acuática en Agua Dulce Superficial, Tabla 5: Para irrigación y Tabla 6: Para Bebida de Ganado. No se compara con las Tablas 3 y 4 porque son para agua salada y salobre.

Niveles Guía de Calidad de Agua (Dec. N° 5.772/10)

Parámetro	Unidad	Bebida humana	Protección de vida acuática en agua dulce	Irrigación	Bebida de ganado	Límite de Detección (LD)	PM1	PM5	PM7	PM11	PM12	PM14
pH	UpH	6,5-8,5	6,5-9,0	6,5-8,5	6,5-8,5	-	7.8	8.1	8	7.5	8.2	7.8
STD	µg/l	1 * 10 ⁶	1 * 10 ⁶	1 * 10 ⁶	1 * 10 ⁶	300	1.100.000	300.000	1.300.000	500.000	700.000	400.000
Oxígeno Disuelto	µg/l O ₂	5.000	5.000	5.000	5.000	-	8.590	8.560	8.650	8.060	8.080	7.700
Aluminio (Total)	µg/l	200	NE	5.000	5.000	2	87	505	<10	157	14	19
Antimonio (Total)	µg/l	10	16	NE	NE	3	<10	98	87	126	124	88
Arsénico (Total)	µg/l	50	50	100	500	2	<10	13	<10	12	<10	<10
Bario (Total)	µg/l	1.000	NE	NE	NE	3	23	33	12	30	17	49
Berilio (Total)	µg/l	0.039	NE	NE	100	3	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Boro (Total)	µg/l	NE	750	500	5.000	30	2190	6210	430	690	1560	2990
Cadmio (Total)	µg/l	5	0.2	10	20	2	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Cianuro (Total)	µg/l	100	5	NE	NE	1	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Cinc (Total)	µg/l	5.000	30	2.000	50	2	1.667	129	<10	210	10	1.227
Cobalto (Total)	µg/l	NE	NE	50	1.000	3	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Cobre (Total)	µg/l	1.000	2	200	1.000	2	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Cromo (Total)	µg/l	50	2	100	1.000	2	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Cromo (+6)	µg/l	50	NE	NE	NE	NE	2	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Flúor (Total)	µg/l	NE	NE	1.000	NE	1.000	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fluoruro (Total)	µg/l	1.500	NE	NE	NE	NE	4	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Manganeso (Total)	µg/l	NE	100	NE	NE	NE	3	1.213	23	144	<10	<10	<10	<10	<10	2.094	<10
Mercurio (Total)	µg/l	1	0.1	2	2	2	0,04	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Molibdeno (Total)	µg/l	NE	NE	10	500	500	3	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Níquel (Total)	µg/l	25	25	200	1.000	1.000	3	21	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	16
Nitrato	µg/l	10.000	NE	NE	NE	NE	3	10	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	4
Nitrito	µg/l	1.000	NE	NE	NE	NE	2	290	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	18
Paladio (Total)	µg/l	NE	NE	5.000	NE	5.000	3	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Plata (Total)	µg/l	50	0,1	NE	NE	NE	2	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Plomo (Total)	µg/l	50	1	200	100	100	2	0,019	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Selenio (Total)	µg/l	10	NE	20	50	50	2	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Uranio (Total)	µg/l	100	20	1	200	200	3	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Vanadio	µg/l	NE	100	100	100	100	3	15	60	21	<10	<10	<10	<10	<10	<10	13



Nivel Guía superado por alguna/s muestra/s

ND: No determinado NE: No establecido

Valor de muestra que supera el Nivel Guía establecido para algún/os uso/s

Cuadro 6.6. Valores de laboratorio para aguas superficiales.

STD: en PM1 (1.100.000 µg/l) y en PM7 (1.300.000 µg/l) supera el límite para los usos definidos (1 x 106 µg/l).

Aluminio: en PM5 (505 µg/l) excede el límite para bebida humana (200 µg/l).

Antimonio: en PM5 (98 µg/l), PM7 (87µg/l), PM11 (126 µg/l), PM12 (124 µg/l) y PM14 (88 µg/l); excede el límite para bebida humana (10 µg/l) y protección de vida acuática en agua dulce (16 µg/l).

Berilio: en la totalidad de las muestras (<10 µg/l con LD=3 µg/l) excede el límite para bebida humana (0,039 µg/l).

Boro: en PM1 (2190 µg/l), PM5 (6210 µg/l), PM12 (1560 µg/l) y PM14 (2990 µg/l); excede el límite para bebida humana, irrigación y protección de vida acuática en agua dulce. En PM11 (690 µg/l), excede el límite para irrigación y para bebida de ganado.

Cadmio: en todas las muestras (<10 µg/l con LD=2 µg/l) excede el límite para protección de vida acuática en agua dulce (0,2 µg/l).

Cinc: en PM1 (1667 µg/l), PM5 (129 µg/l), PM11 (210 µg/l) y PM14 (1227 µg/l); excede el límite para protección de vida acuática en agua dulce (30 µg/l) y bebida de ganado (50 µg/l).

Manganeso: en PM1 (1213 µg/l), PM11 (144 µg/l) y PM14 (2094 µg/l); excede el límite para protección de vida acuática en agua dulce (100 µg/l).

Plata: en todas las muestras (<10 µg/l con LD=2 µg/l) excede el límite para protección de vida acuática en agua dulce (0,1 µg/l).

Plomo: en todas las muestras (<10 µg/l con LD=2 µg/l) excede el límite para protección de vida acuática en agua dulce (1 µg/l).

Aguas Subterráneas.

En el **Cuadro 6.7** se presentan los resultados analíticos para los sitios de aguas subterráneas obtenidos del laboratorio mencionado y su comparación con los Niveles Guía del Decreto Provincial N°5.772/10. No se realiza la comparación con la tabla N°2: Protección de vida acuática en agua dulce superficial.

Niveles Guía de Calidad de Agua (Dec. N° 5.772/10) Agua subterránea						
Parámetro	Unidad	Bebida humana	Irrigación	Bebida de ganado	Límite de Detección (LD)	MW03
pH	UpH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	-	6.7
STD	µg/l	1*10 ⁶	1*10 ⁶	1*10 ⁶	300	600.000
Oxígeno Disuelto	µg/l O ₂	5.000	5.000	5.000	-	5.550
Aluminio (Total)	µg/l	200	5.000	5.000	2	138
Antimonio (Total)	µg/l	10	NE	NE	3	151
Arsénico (Total)	µg/l	50	100	500	2	<10
Bario (Total)	µg/l	1.000	NE	NE	3	13
Berilio (Total)	µg/l	0.039	NE	100	3	<10
Boro (Total)	µg/l	NE	500	5.000	30	280
Cadmio (Total)	µg/l	5	10	20	2	<10
Cianuro (Total)	µg/l	100	NE	NE	1	<10
Cinc (Total)	µg/l	5.000	2.000	50	2	381
Cobalto (Total)	µg/l	NE	50	1.000	3	10
Cobre (Total)	µg/l	1.000	200	1.000	2	<10
Cromo (Total)	µg/l	50	100	1.000	2	<10
Cromo (+6)	µg/l	50	NE	NE	2	<10
Flúor (Total)	µg/l	NE	1.000	1.000	ND	ND
Fluoruro (Total)	µg/l	1.500	NE	NE	4	<100
Manganeso (Total)	µg/l	NE	NE	NE	3	2.866
Mercurio (Total)	µg/l	1	2	2	0,04	<0.5
Molibdeno (Total)	µg/l	NE	10	500	3	<10
Níquel (Total)	µg/l	25	200	1.000	3	21
Nitrato	µg/l	10.000	NE	NE	3	<2.000
Nitrito	µg/l	1.000	NE	NE	2	<7
Paladio (Total)	µg/l	NE	5.000	NE	3	<10
Plata (Total)	µg/l	50	NE	NE	2	<10
Plomo (Total)	µg/l	50	200	100	2	18
Selenio (Total)	µg/l	10	20	50	2	<10
Uranio (Total)	µg/l	100	1	200	3	<10
Vanadio	µg/l	NE	100	100	3	11

Cuadro 6.7. Valores de laboratorio para aguas subterráneas.

Los sitios de monitoreo de aguas subterráneas, al igual que en aguas superficiales, presentaron algunos de los 30 parámetros analizados por encima de los límites establecidos para los tres usos de agua evaluados (Bebida humana, Irrigación y Bebida de ganado). Dichos parámetros, para cada sitio, se detallan a continuación. -

Antimonio: en MW03 (151 µg/l) supera el límite para bebida humana (10 µg/l).

Berilio: en MW03 (<10 µg/l con LD=3 µg/l) excede el límite para bebida humana (0,039 µg/l).

Cinc: en MW03 (381µg/l) excede el límite para bebida de ganado (50 µg/l).

Uranio: en MW03 (<10 µg/l con LD=3 µg/l) excede el límite para irrigación (1 µg/l).

6.9 COMPARACIÓN CON VALORES HISTÓRICOS DE LA ETAPA DE OPERACIÓN

6.9.1 Aguas Superficiales

En los Cuadros 6.8 al 6.13, se presenta la comparación de los parámetros para la determinación de calidad de agua de los sitios monitoreados de agua superficial del presente monitoreo con los correspondientes a la misma época del año de los 2 años anteriores y con los máximos y mínimos de la Línea de Base Ambiental (2011- febrero 2018).

Los monitoreos realizados de manera previa y hasta febrero 2018 se consideran como parámetros de Línea de Base Ambiental ya que fueron tomados de manera previa al inicio de la etapa constructiva del Proyecto Chinchillas.

PMI:

Parámetro	Límite de cuantificación	Unidad	Línea de Base		jun-18	jun-19	jun-20
			Mín.	Máx.			
Acidez	-	µg/l	0	0	<10.000	<10.000	<10.000
Alcalinidad	1	µg/l	0	0	0	72.000	81.000
Aluminio Total	0,01	µg/l	56	4.300	1.360	314	87
Antimonio Total	0,01	µg/l	2	18	4	<10	<10

Arsénico Total	0,01	µg/l	10	10	<10	<10	<10
Bario Total	0,01	µg/l	9	264	25	25	23
Berilio Total	0,01	µg/l	0	0	<1	<10	<10
Bicarbonatos	1	mg/l	31.1	89.4	64.1	60	81
Boro Total	0,1	µg/l	419	4.380	1.360	1.570	2.190
Cadmio Total	0,01	µg/l	0.4	2.3	1	<10	<10
Calcio Total	0,1	µg/l	12.500	21800	14900	22.170	20.680
Carbonatos	10	µg/l	0	0	<1000	12000	<1000
Cianuro Total	0,01	µg/l	0	0	<20	<10	<10
Cianuro Wad	0,01	µg/l	0	0	<20	<10	<10
Cloruros	2,3	µg/l	9.200	36.400	23.300	46.000	95.500
Cobalto Total	0,01	µg/l	2	2	1	<10	<10
Cobre Total	0,01	µg/l	0	0	<10	<10	<10
Conductividad a 25°C	-	µS/cm	208.1	453	305	471	730
Cromo Total	0,01	µg/l	0	0	<3	<10	<10
Cromo VI	0,01	µg/l	5	5	10	10	<10
Estaño Total	0,01	µg/l	26	26	20	<10	<10
Fluoruros	0,1	µg/l	130	130	210	200	<100
Hierro Total	0,1	µg/l	110	4380	1980	740	310
Magnesio Total	0,1	µg/l	6.200	12.700	8.800	20.760	27.280
Manganeso Total	0,01	µg/l	6	1.055	197	847	1.213
Mercurio total	0,0005	µg/l	0	0	<0,5	<0,5	<0.5
Molibdeno Total	0,01	µg/l	1	1	<1	<10	<10
Níquel Total	0,01	µg/l	50	50	270	<10	21
Nitratos	2	µg/l	220	3.490	3.000	<2.000	10.000
Nitritos	0,007	µg/l	2	8	5	<10	29
Oxígeno Disuelto		mg O2/l	7.420	7.420	9.220	7.410	8.590
Paladio Total	0,01	mg/l.	0	0	<1	<10	<10
pH a 25°C	-	UpH.	5.6	8.2	7.7	8.1	7.8
Plata Total	0,01	µg/l	0	0	<1	<10	<10
Plomo Total	0,01	µg/l	2	30	40	13	19
Potasio Total	0,1	µg/l	3.200	7.100	4.000	7.110	8.930
Salinidad	0,1	ppt	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4

Selenio Total	0,01	µg/l	0	0	10	<10	<10
Sodio Total	0,1	µg/l	10.400	48.600	21.700	30.330	128.120
Solidos Totales Disueltos	10	mg/l	115	290	200	2.002	1.100
Sulfatos	10	µg/l	45.000	105.000	47000	67.000	114.000
Uranio Total	0,01	µg/l	1	1	1	<10	<10
Vanadio Total	0,01	µg/l	212	212	69	21	15
Cinc Total	0,01	µg/l	90	1.321	681	1.066	1.667



Valor por encima del medido en periodos anteriores.



Valor por debajo del medido en periodos anteriores.

Cuadro 6.8. Comparación de calidad de agua superficial de los 2 años anteriores con máx. y mín. de la Línea de Base y el monitoreo actual. Sitio PMI.

Comparando con los monitoreos de los mismos periodos de los 2 anteriores y los máximos y mínimos de la línea de base ambiental, se observa:

Antimonio, Arsénico, Bicarbonatos, Boro, Estaño, Hierro, Níquel, pH, Plomo y Vanadio se encuentran dentro del rango establecido por los valores mínimos y máximos de la línea de base ambiental.

Acidez, Antimonio, Berilio, Cadmio, Calcio, Carbonatos Cianuro, Cobalto, Cobre, Cromo total, Mercurio, Molibdeno, Oxígeno Disuelto, Paladio, Plata, Plomo, Selenio, STD y Uranio se encuentran con valores similares a los obtenidos los mismos periodos de los 2 años anteriores.

La concentración de Aluminio, Bario, Cromo VI, Fluoruros y Vanadio disminuyó en comparación con la Línea de Base y con respecto a los monitoreos anteriores.

La concentración de Alcalinidad, Cloruros, Conductividad, Magnesio, Manganeso, Nitrato, Nitrito, Potasio, Salinidad, Solio, Sulfatos y Cinc aumentaron en comparación con la Línea de Base ambiental y con respecto a los monitoreos anteriores, pero en un rango de normalidad para la matriz analizada.

PM5:

Parámetro	Unidades	Línea de Base		jun-18	jun-19	jun-20
		Mín.	Máx.			
Acidez	µg CaCO ₃ /l	<20.000	39.100	<10.000	<10.000	<10.000
Alcalinidad Total	µg CaCO ₃ /l	<20.000	156.000	77.600	76.000	81.000

Aluminio	µg/l	<100	6.820	120	608	505
Antimonio	µg/l	<3	7	304	<10	98
Arsénico Total	µg/l	<10	30	<10	15	13
Bario	µg/l	<100	57	29	39	33
Berilio	µg/l	<0,5	0,6	<50	<10	<10
Bicarbonato	mg CaCO3/l	<20	190	77.6	76	81
Boro	µg/l	3.300	22.300	8.230	9.010	6.210
Cadmio	µg/l	<0,2	29	4	<10	<10
Calcio	µg/l	26.900	83.500	34.300	34.090	27.750
Carbonato	µg CaCO3/l	<1.000	<20.000	<1.000	<1.000	<1.000
Cianuro Total	µg/l	<10	<20	<20	<10	<10
Cianuro WAD	µg/l	<10	<10	<20	<10	<10
Cloruro	µg/l	27.100	360.000	<2.000	113.000	95.400
Cobalto	µg/l	<3	6	<1	<10	<10
Cobre	µg/l	<2	30	<10	<10	<10
Conductividad	µS/cm	449	1.684	673	724	638
Cromo Hexavalente	µg/l	<3	<10	<3	<10	<10
Cromo Total	µg/l	<2	8	<10	10	<10
Estaño	µg/l	<100	11	5	<10	<10
Fluoruro	µg/l	<500	900	190	240	<100
Hierro	µg/l	<100	5.910	260	1.000	750
Magnesio	µg/l	7.200	18.500	8.100	7.800	5.860
Manganeso	µg/l	<50	950	16	29	23
Mercurio	µg/l	<0.5	<1	<0.5	<0.5	<0.5
Molibdeno	µg/l	1	<3	6	<10	<10
N NO2	µg/l	<5	30	<10	<7	<10
N NO3	µg/l	<1.000	3.980	<2.000	2.000	<2.000
Níquel	µg/l	<1	21	4	<10	<7
Oxígeno Disuelto	µg/l	7.370	7.370	8.480	7.870	8.560
Paladio	µg/l	<20	<20	<1	<10	<10
pH lab	UpH	6.7	8.2	8	8.1	8.1
Plata	µg/l	<1	1	<1	<10	<10
Plomo	µg/l	<1	10	<10	<10	<10
Potasio	µg/l	6.900	25.000	7.900	11.140	6.980

Salinidad	ppt	0,2	1,2	0,3	0,4	0,3
Selenio	µg/l	<3	9	<10	<10	<10
Sodio	µg/l	29.500	236.000	81.100	108.020	68.750
Sólidos Disueltos Totales	µg/l	316	1.120	364	412	300
Sulfato	µg/l	53.000	175.000	67.000	63.000	120.000
Uranio	µg/l	1	<20	1	<10	<10
Vanadio	µg/l	<50	264	14	101	60
Cinc	µg/l	<20	4.013	307	267	129



Valor por encima del medido en periodos anteriores.



Valor por debajo del medido en periodos anteriores.

Cuadro 6.9. Comparación de calidad de agua superficial de los 2 años anteriores con máx. y mín. de la Línea de Base y el monitoreo actual. Sitio PM5.

Comparando con los monitoreos de los mismos periodos de los 2 anteriores y los máximos y mínimos de la línea de base ambiental, se observa:

Alcalinidad, Aluminio, Arsénico, Bicarbonatos, Boro, Cadmio, Calcio, Carbonato, Cianuro, Cloruro, Cobre, Conductividad, Cromo VI, Fluoruro, Hierro, Mercurio, Nitrato, Nitrito, Níquel, pH, Plomo, Potasio, Salinidad, Sulfato, Uranio, Vanadio y Cinc se encuentran dentro del rango establecido por los valores mínimos y máximos de la línea de base ambiental.

Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Calcio, Carbonatos, Cloruro, Cobalto, Cobre, Cromo VI, Cromo total, Estaño, Hierro, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Nitrato, Nitrito, Níquel, Oxígeno Disuelto, Paladio, pH, Plata, Plomo, Salinidad Selenio y Uranio se encuentran con valores similares a los obtenidos los mismos periodos de los 2 años anteriores.

La concentración de Acidez, Fluoruros, Magnesio, Sodio y STD; disminuyó en comparación con la Línea de Base y con respecto a los monitoreos anteriores.

PM7:

Parámetros	Unidades	Línea de base		jun-18	jun-19	jun-20
		Mín.	Máx.			
Acidez	µg CaCO ₃ /l	<10.000	<20.000	<10.000	<10.000	<10.000
Alcalinidad Total	µg CaCO ₃ /l	29.500	71.950	36.900	43.000	61.000
Aluminio	µg/l	<100	220	20	24	<10

Antimonio	µg/l	<3	7	<1	<10	87
Arsénico Total	µg/l	<10	<1	<10	<10	<10
Bario	µg/l	<100	218	14	14	12
Berilio	µg/l	<0,2	<50	<1	<10	<10
Bicarbonato	mg CaCO ₃ /l	31.1	87.8	36.9	43	61
Boro	µg/l	<2	2.200	430	440	430
Cadmio	µg/l	<1	0,5	<1	<10	<10
Calcio	µg/l	8.400	16.800	12.500	14.440	12.520
Carbonato	µg CaCO ₃ /l	<2.000	<20.000	<1.000	<1.000	<1.000
Cianuro Total	µg/l	<10	<20	<20	<10	<10
Cianuro WAD	µg/l	<10	<20	<20	<10	<10
Cloruro	µg/l	4.400	29.900	7.800	5.000	6.000
Cobalto	µg/l	<3	<1	<1	<10	<10
Cobre	µg/l	<10	<2	<10	<10	<10
Conductividad	µS/cm	362	1261.2	160.9	179.5	194.5
Cromo Hexavalente	µg/l	<30	<3	<3	<10	<10
Cromo Total	µg/l	<10	6	<10	<10	<10
Estaño	µg/l	<100	6	59	<10	<10
Fluoruro	µg/l	<500	<100	110	100	<100
Hierro	µg/l	<100	380	<100	<100	<100
Magnesio	µg/l	3.500	10.400	5.100	5.730	4.900
Manganeso	µg/l	<50	140	4	<10	<10
Mercurio	µg/l	<1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Molibdeno	µg/l	<3	<1	1	<10	<10
N NO₂	µg/l	<10	37	<10	<7	<10
N NO₃	µg/l	<2.000	3.750	<2.000	3.000	<2.000
Níquel	µg/l	4	<5	<1	<10	<7
Oxígeno Disuelto	µg/l	7.360	7.360	9.100	7.490	8.650
Paladio	µg/l	<20	<1	<1	<10	<10
pH lab	UpH	6.32	8.7	8.1	7.8	8
Plata	µg/l	<1	<1	<1	<10	<10
Plomo	µg/l	<25	10	<10	<10	<10
Potasio	µg/l	1.100	4.800	1.700	1.930	1.680
Salinidad	ppt	<0,1	0,1	<0,1	0,1	<0,1

Selenio	µg/l	<10	<1	<10	<10	<10
Sodio	µg/l	6.300	38.900	9.800	11.650	9.770
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	79	242	106	132	1300
Sulfato	µg/l	21.000	56.900	34.000	31.000	39.000
Uranio	µg/l	<20	1	<1	<10	<10
Vanadio	µg/l	<50	19	4	<10	<10
Cinc	µg/l	<20	240	55	17	<10



Valor por encima del medido en periodos anteriores.



Valor por debajo del medido en periodos anteriores.

Cuadro 6.10: Comparación de calidad de agua superficial de los 2 años anteriores con máx. y mín. de la Línea de Base y el monitoreo actual. Sitio PM7.

Comparando con los monitoreos de los mismos periodos de los 2 anteriores y los máximos y mínimos de la línea de base ambiental, se observa:

Acidez, Alcalinidad, Arsénico, Berilio, Bicarbonatos, Boro, Calcio, Carbonatos, Cianuro, Cloruro, Cobre, Conductividad, Cromo VI, Cromo total, Estaño, Fluoruro, Hierro, Magnesio, Níquel, Paladio, pH, Potasio, Plomo, Salinidad, Selenio, Sodio y Sulfato se encuentran dentro del rango establecido por los valores mínimos y máximos de la línea de base ambiental.

Acidez, Arsénico, Berilio, Boro, Cadmio, Calcio, Carbonatos Cianuro, Cloruro, Cobalto, Cobre, Cromo total, Cromo VI, Estaño, Hierro, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Nitrato, Nitrito, Níquel, Oxígeno Disuelto, Paladio, pH, Plata, Plomo, Salinidad, Selenio, Uranio y Vanadio se encuentran con valores similares a los obtenidos los mismos periodos de los 2 años anteriores.

La concentración de Aluminio, Bario y Cinc disminuyo en comparación con la Línea de Base y con respecto a los monitoreos anteriores.

La concentración de Antimonio y STD aumentaron en comparación con la Línea de Base ambiental y con respecto a los monitoreos anteriores, pero en un rango de normalidad para la matriz analizada.

PM 11:

Parámetro	Unidades	Línea de base	jun-18	jun-19	jun-20
-----------	----------	---------------	--------	--------	--------

		Min	Max			
Acidez	$\mu\text{g CaCO}_3/\text{l}$	<10.000	<20.000	<10000	<10.000	<10.000
Alcalinidad Total	$\mu\text{g CaCO}_3/\text{l}$	31.100	61.300	44.600	56.000	101.000
Aluminio	$\mu\text{g/l}$	<100	332	310	276	157
Antimonio	$\mu\text{g/l}$	<3	14	2	<10	126
Arsénico Total	$\mu\text{g/l}$	<1	<10	<10	<10	12
Bario	$\mu\text{g/l}$	<100	119	17	14	30
Berilio	$\mu\text{g/l}$	<0,2	<50	<1	<10	<10
Bicarbonato	$\text{mg CaCO}_3/\text{l}$	31.1	74.8	44.6	56	101
Boro	$\mu\text{g/l}$	421	2.060	510	560	690
Cadmio	$\mu\text{g/l}$	<0.2	<1	<1	<10	<10
Calcio	$\mu\text{g/l}$	9.400	17.400	12.500	15.630	29.240
Carbonato	$\mu\text{g CaCO}_3/\text{l}$	<1.000	<20.000	<1.000	<1.000	<1.000
Cianuro Total	$\mu\text{g/l}$	<10	<20	<20	<10	<10
Cianuro WAD	$\mu\text{g/l}$	<10	<20	<20	<10	<10
Cloruro	$\mu\text{g/l}$	5.700	8.700	4.900	6.000	9.300
Cobalto	$\mu\text{g/l}$	<1	<3	<1	<10	<10
Cobre	$\mu\text{g/l}$	<2	<10	<10	<10	<10
Conductividad	$\mu\text{S/cm}$	138.4	210	163,2	178	332
Cromo Hexavalente	$\mu\text{g/l}$	<3	<30	<3	<10	<10
Cromo Total	$\mu\text{g/l}$	<1	<10	<10	<10	<10
Estaño	$\mu\text{g/l}$	9	<100	90	<10	<10
Fluoruro	$\mu\text{g/l}$	120	500	140	130	<100
Hierro	$\mu\text{g/l}$	<100	160	310	540	590
Magnesio	$\mu\text{g/l}$	3.800	6.800	4.700	5.900	10.560
Manganeso	$\mu\text{g/l}$	5	<50	24	88	144
Mercurio	$\mu\text{g/l}$	<0,5	<1	<0,5	<0,5	<0,5
Molibdeno	$\mu\text{g/l}$	2	<3	3	<10	<10
N NO2	$\mu\text{g/l}$	<10	10	10	<7	<10
N NO3	$\mu\text{g/l}$	<2.000	960	3.000	3.000	<2.000
Níquel	$\mu\text{g/l}$	1	<5	1	<10	<7
Oxígeno Disuelto	$\mu\text{g/l}$	7.310	7.310	9.010	8.060	8.060
Paladio	$\mu\text{g/l}$	<1	<20	<1	<10	<10

pH lab	UpH	6.58	8.3	7.5	7.9	7.5
Plata	μg/l	<1	<1	<1	<10	<10
Plomo	μg/l	<1	<25	<10	<10	<10
Potasio	μg/l	1.900	4.700	1.900	3.380	4.200
Salinidad	ppt	<0.1	0.1	0.3	0.1	0.1
Selenio	μg/l	<1	<10	<10	<10	<10
Sodio	μg/l	7.000	16.300	8.600	11.170	13.420
Sólidos Disueltos Totales	μg/l	90	136	112	136	500
Sulfato	μg/l	20.000	33.000	27.000	19.000	56.000
Uranio	μg/l	<1	<20	<1	<10	<10
Vanadio	μg/l	21	<50	18	24	21
Cinc	μg/l	<20	212	163	49	210



Valor por encima del medido en periodos anteriores.



Valor por debajo del medido en periodos anteriores

Cuadro 6.11: Comparación de calidad de agua superficial de los 2 años anteriores con máx. y mín. de la Línea de Base y el monitoreo actual. Sitio PM11.

Comparando con los monitoreos de los mismos periodos de los 2 anteriores y los máximos y mínimos de la línea de base ambiental, se observa:

Acidez, Aluminio, Berilio, Boro, Carbonatos, Cianuro, Cobre, Cromo VI, Cromo total, Estaño, Mercurio, Nitrato, Nitrito, Oxígeno disuelto, Plomo, Potasio, Plomo, Salinidad, Selenio, Sodio, Uranio, Vanadio y Cinc se encuentran dentro del rango establecido por los valores mínimos y máximos de la línea de base ambiental.

Acidez, Berilio, Cadmio, Carbonatos, Cianuro, Cobalto, Cobre, Cromo total, Cromo VI, Estaño, Mercurio, Molibdeno, Nitrato, Nitrito, Níquel, Oxígeno Disuelto, Paladio, pH, Plata, Plomo, Potasio, Salinidad, Selenio, Uranio y Vanadio se encuentran con valores similares a los obtenidos los mismos periodos de los 2 años anteriores.

La concentración de Fluoruro disminuyo en comparación con la Línea de Base y con respecto a los monitoreos anteriores.

La concentración de Alcalinidad, Antimonio, Arsénico, Bicarbonato, Calcio, Cloruros, Conductividad, Hierro, Magnesio, Manganeso, Sulfato y STD aumentaron en comparación con la Línea de Base ambiental y con respecto a los monitoreos anteriores, pero en un rango de normalidad para la matriz analizada.

PM 12:

Parámetro	Unidades	Línea de base		jun-18	jun-19	jun-20
		Mín.	Máx.			
Acidez	µg CaCO3/l	<10.000	<20.000	<10.000	<10.000	<10.000
Alcalinidad Total	µg CaCO3/	38.800	102.000	64.100	72.000	81.000
Aluminio	µg/l	<100	1.030	440	92	14
Antimonio	µg/l	<3	9	<1	<10	124
Arsénico Total	µg/l	<1	<10	<10	<10	<10
Bario	µg/l	<100	296	18	39	17
Berilio	µg/l	<0,2	<50	<1	<10	<10
Bicarbonato	mg CaCO3/l	38,8	124	64,1	61	81
Boro	µg/l	598	2.330	1.100	1.300	1.560
Cadmio	µg/l	<0,2	<1	<1	<10	<10
Calcio	µg/l	9.200	21.300	12.100	14.170	16.950
Carbonato	µg CaCO3/l	<1	<20.000	<1.000	12.000	<1.000
Cianuro Total	µg/l	<10	<20	<20	<10	<10
Cianuro WAD	µg/l	<10	<20	<20	<10	<10
Cloruro	µg/l	10.700	22.300	11.700	12.000	21.400
Cobalto	µg/l	<1	<1	<1	<10	<10
Cobre	µg/l	<2	<10	<10	<10	<10
Conductividad	µS/cm	188.8	333	242	259	345
Cromo Hexavalente	µg/l	<3	<30	<3	<10	<10
Cromo Total	µg/l	2	<10	<10	<10	<10
Estaño	µg/l	6	<100	28	<10	<10
Fluoruro	µg/l	140	<500	180	180	<100
Hierro	µg/l	<100	800	680	190	<100
Magnesio	µg/l	4.400	8.900	5.200	6.790	7.520
Manganeso	µg/l	46	<50	29	10	10
Mercurio	µg/l	<0,5	<1	<0,5	<0,5	<0.5
Molibdeno	µg/l	1	<3	1	<10	<10
N NO2	µg/l	<2.000	2.920	3.000	<2.000	<2.000

N NO3	µg/l	<10	22	<10	17	12
Níquel	µg/l	<5	16	1	<10	<10
Oxígeno Disuelto	µg/l	7.340	7.340	8.860	8.120	8.080
Paladio	µg/l	<1	<20	<1	<10	<10
pH lab	UpH	6.67	8.5	7.7	8.8	8.2
Plata	µg/l	<1	<1	<1	<10	<10
Plomo	µg/l	5	<25	<10	<10	<10
Potasio	µg/l	1700	3.236.000	2.200	3.190	2.960
Salinidad	ppt	<0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
Selenio	µg/l	<1	<10	<10	<10	<10
Sodio	µg/l	3775.1	37.900	19.900	26.770	29.520
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	105	214	162	60	700
Sulfato	µg/l	29.000	47.600	33.000	32.000	44.000
Uranio	µg/l	<0.5	<20	<1	<10	<10
Vanadio	µg/l	39	<50	22	16	<10
Cinc	µg/l	<20	110	71	21	10



Valor por encima del medido en periodos anteriores.



Valor por debajo del medido en periodos anteriores

Cuadro 6.12: Comparación de calidad de agua superficial de los 2 años anteriores con máx. y mín. de la Línea de Base y el monitoreo actual. Sitio PM12.

Comparando con los monitoreos de los mismos periodos de los 2 anteriores y los máximos y mínimos de la línea de base ambiental, se observa:

Acidez, Alcalinidad, Arsénico, Berilio, Bicarbonatos, Boro, Calcio, Carbonatos, Cianuro, Cobre, Cloruros, Cromo VI, Cromo total, Estaño, Hierro, Magnesio, Mercurio, Nitrato, Nitrito, Níquel, Oxígeno disuelto, Paladio, pH, Potasio, Plomo, Sulfato, Uranio y Vanadio se encuentran dentro del rango establecido por los valores mínimos y máximos de la línea de base ambiental.

Acidez, Arsénico, Berilio, Cadmio, Carbonatos, Cianuro, Cobalto, Cobre, Cromo total, Cromo VI, Estaño, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Nitrato, Nitrito, Níquel, Paladio, pH, Plata, Plomo, Potasio, Salinidad, Selenio y Uranio se encuentran con valores similares a los obtenidos los mismos periodos de los 2 años anteriores.

La concentración de Aluminio, Bario, Fluoruro y Cinc disminuyó en comparación con la Línea de Base y con respecto a los monitoreos anteriores.

La concentración de Antimonio, Conductividad y STD aumentaron en comparación con la Línea de Base ambiental y con respecto a los monitoreos anteriores, pero en un rango de normalidad para la matriz analizada.

PM 14:

Parámetro	Unidades	Línea de Base		jun-18	jun-19	jun-20
		Mín.	Máx.			
Acidez	µg CaCO3/l	<10.000	<20.000	<10.000	<10.000	<10.000
Alcalinidad Total	µg CaCO3/l	19.400	108.590	102.900	57.000	91.000
Aluminio	µg/l	<100	2.240	220	138	19
Antimonio	µg/l	<3	14	2	<10	88
Arsénico Total	µg/l	<1	<10	<10	<10	<10
Bario	µg/l	52	<100	15	20	49
Berilio	µg/l	<0,2	<50	<1	<10	<10
Bicarbonato	mg CaCO3/l	19.4	120	102.9	52	91
Boro	µg/l	441	4.190	2.600	1.120	2.990
Cadmio	µg/l	<0,2	7	2	<10	<10
Calcio	µg/l	14.500	25.100	15.400	18.210	38.940
Carbonato	µg CaCO3/l	<1.000	<20.000	<1.000	5.000	<1.000
Cianuro Total	µg/l	<10	<20	<20	<10	<10
Cianuro WAD	µg/l	<10	<20	<20	<10	<10
Cloruro	µg/l	11.600	48.600	50.500	31.000	129.800
Cobalto	µg/l	<3	4	1	<10	<10
Cobre	µg/l	<10	51	<10	<10	<10
Conductividad	µS/cm	340	490	481	353	851
Cromo Hexavalente	µg/l	<3	<30	<3	<10	<10
Cromo Total	µg/l	<1	<10	<10	10	<10
Estaño	µg/l	31	<100	32	10	<10
Fluoruro	µg/l	110	<500	250	160	<100
Hierro	µg/l	<100	2.400	520	320	700

Magnesio	µg/l	9.000	14.900	11.500	14.710	34.350
Manganeso	µg/l	60	2.311	385	433	2.094
Mercurio	µg/l	<0,5	<1	<0,5	<0,5	<0,5
Molibdeno	µg/l	<1	<3	<1	<0,5	<10
N NO2	µg/l	<10	30	20	<7	18
N NO3	µg/l	<1.000	5.000	3.000	<2.000	4.000
Níquel	µg/l	<5	12	4	<10	16
Oxígeno Disuelto	µg/l	7.300	7.300	8.940	7.780	7.700
Paladio	µg/l	<1	<20	<1	<10	<10
pH lab	UpH	6,35	8,6	7,7	8,2	7,8
Plata	µg/l	<1	<1	<1	<10	<10
Plomo	µg/l	<25	105	30	<10	<10
Potasio	µg/l	4.700	8.700	5.600	4.750	11.940
Salinidad	ppt	0.2	0.3	0.2	0.2	0.4
Selenio	µg/l	<1	<10	<10	<10	<10
Sodio	µg/l	14.000	63.400	57.800	21.860	63.270
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	144	357	282	52	400
Sulfato	µg/l	52400	138.000	57.000	54.000	111.000
Uranio	µg/l	<1	<20	<1	<10	<10
Vanadio	µg/l	32	<50	8	14	13
Cinc	µg/l	120	3.018	982	519	1.227



Valor por encima del medido en periodos anteriores.



Valor por debajo del medido en periodos anteriores

Cuadro 6.13: Comparación de calidad de agua superficial de los 2 años anteriores con máx. y mín. de la Línea de Base y el monitoreo actual. Sitio PM14.

Comparando con los monitoreos de los mismos periodos de los 2 anteriores y los máximos y mínimos de la línea de base ambiental, se observa:

Arsénico, Berilio, Bicarbonatos, Boro, Carbonatos, Cianuro, Cobre, Cromo VI, Cromo total, Hierro, Manganeso, Mercurio, Nitrato, Nitrito, Níquel, Paladio, pH, Plomo, Selenio, Sodio, Sulfato, Uranio y Cinc se encuentran dentro del rango establecido por los valores mínimos y máximos de la línea de base ambiental.

Acidez, Alcalinidad, Berilio, Bicarbonato, Cadmio, Carbonatos, Cianuro, Cobalto, Cobre, Cromo total, Cromo VI, Mercurio, Nitrato, Nitrito, Paladio, pH, Plata, Plomo, Selenio, Uranio y

Vanadio se encuentran con valores similares a los obtenidos los mismos periodos de los 2 años anteriores.

La concentración de Aluminio, Estaño y Fluoruro disminuyó en comparación con la Línea de Base y con respecto a los monitoreos anteriores.

La concentración de Antimonio, Calcio, Cloruros, Conductividad, Magnesio, Níquel, Potasio, Salinidad y STD aumentaron en comparación con la Línea de Base ambiental y con respecto a los monitoreos anteriores, pero en un rango de normalidad para la matriz analizada.

PM 15: Este punto no fue monitoreado, ya que el sitio no contaba con agua para extraer la muestra de agua.

PM 17: Este punto no fue monitoreado, ya que el sitio no contaba con agua para extraer la muestra de agua.

6.9.2 Aguas Subterráneas.

En el Cuadro 6.14, se presenta la comparación de los parámetros para la determinación de calidad de agua de los sitios monitoreados de agua subterránea del presente monitoreo con los correspondientes a la misma época del año de los 2 años anteriores y al Mín. y Máx. de la Línea de Base Ambiental (2011- febrero 2018).

Los monitoreos realizados de manera previa y hasta febrero 2018 se consideran como parámetros de Línea de Base Ambiental ya que fueron tomados de manera previa al inicio de la etapa constructiva del Proyecto Chinchillas.

MW: 03

Parámetro	Unidades	Línea de base		jun-18	jun-19	jun-20
		Mín.	Máx.			
Acidez	µg CaCO3/	<20.000	44.800	<10.000	<10.000	<10.000
Alcalinidad Total	µg CaCO3/	30.000	70.000	27.200	58.000	40.000
Aluminio	µg/l	<100	21.800	180	556	138
Antimonio	µg/l	<1	8	2	<10	151
Arsénico Total	µg/l	<10	25	<10	10	<10
Bario	µg/l	<100	250	9	20	13
Berilio	µg/l	<0,5	0,9	<1	<10	<10

Bicarbonato	mg CaCO ₃ /	31.1	85.4	27.2	58	40
Boro	µg/l	<200	1.000	280	330	280
Cadmio	µg/l	<0,2	40	<1	<10	<10
Calcio	µg/l	6.000	20.500	6.300	8.650	7.190
Carbonato	µg CaCO ₃ /	<20.000	<20.000	<1.000	<1.000	<1.000
Cianuro Total	µg/l	<10	<10	<20	<10	<10
Cianuro WAD	µg/l	<10	<10	<20	<10	<10
Cloruro	µg/l	2.200	5.100	3.900	7.000	4.500
Cobalto	µg/l	<1	45	8	<10	10
Cobre	µg/l	<2	110	<10	<10	<10
Conductividad	µS/cm	158	232	168.9	259	237
Cromo Hexavalente	µg/l	<10	<10	<3	<10	<10
Cromo Total	µg/l	<2	69	<10	10	<10
Estaño	µg/l	22	<100	40	<10	<10
Fluoruro	µg/l	200	<500	220	210	<100
Hierro	µg/l	2.310	67.800	6.710	5.790	7.450
Magnesio	µg/l	6.800	11200	6.800	8.520	7.290
Manganeso	µg/l	2.270	20.500	2.640	2.526	2.866
Mercurio	µg/l	<1	<1	<0,5	<0,5	<0.5
Molibdeno	µg/l	<1	2	<1	<10	<10
N NO₂	µg/l	<10	10	<10	283	7
N NO₃	µg/l	<1.000	<1.000	3.000	<2.000	<2.000
Níquel	µg/l	12	116	19	20	21
Paladio	µg/l	<20	<20	<1	<10	<10
pH lab	UpH	6.3	7.2	6.5	6.9	6.7
Plata	µg/l	<1	<1	<1	<10	<10
Plomo	µg/l	<1	296	<10	50	18
Potasio	µg/l	1.000	2.400	1.600	4.110	1.690
Salinidad	ppt	<0,1	0,1	0,2	0,5	<0.1
Selenio	µg/l	<1	<1	<10	<10	<10
Sodio	µg/l	10.100	13.469	9.500	14.360	10.170
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	90	158	114	102	600

Sulfato	µg/l	40.000	49.700	47.000	46.000	49.000
Uranio	µg/l	<20	<20	<1	<10	<10
Vanadio	µg/l	5	<50	4	48	11
Zinc	µg/l	60	5.580	451	387	381

 Valor por encima del medido en periodos anteriores.

 Valor por debajo del medido en periodos anteriores

Cuadro 6.14: Comparación de calidad de agua subterránea de los 2 años anteriores con máx. y mín. de la Línea de Base y el monitoreo actual. Sitio MW03.

Comparando con los monitoreos de los mismos periodos de los 2 anteriores y los máximos y mínimos de la línea de base ambiental, se observa:

Acidez, Alcalinidad, Aluminio, Arsénico, Bicarbonatos, Boro, Cadmio, Calcio, Cianuro, Cloruro, Cobalto, Cobre, Cromo VI, Cromo total, Hierro, Magnesio, Manganeso, Níquel, Plomo, Potasio, Salinidad, Sodio, Sulfato, Vanadio y Zinc se encuentran dentro del rango establecido por los valores mínimos y máximos de la línea de base ambiental.

Acidez, Alcalinidad, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Calcio, Carbonatos, Cloruro, Cianuro, Cobre, Conductividad, Cromo total, Cromo VI, Estaño, Magnesio, Mercurio, Molibdeno, Nitrito, Paladio, pH, Plata, Plomo, Potasio, Salinidad, Selenio, Sodio, Uranio, Vanadio y Zinc se encuentran con valores similares a los obtenidos los mismos periodos de los 2 años anteriores.

La concentración de Nitrato y Fluoruro disminuyó en comparación con la Línea de Base y con respecto a los monitoreos anteriores.

La concentración de Antimonio y STD aumentaron en comparación con la Línea de Base ambiental y con respecto a los monitoreos anteriores, pero en un rango de normalidad para la matriz analizada.

6.10 CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

6.10.1 Aguas superficiales

En el Cuadro 6.15 se presentan iones mayoritarios y su concentración en meq/l para cada muestra de aguas superficiales.

Sitios	Unidad	Cationes			Aniones		
		Mg ⁺²	Ca ⁺²	Na ⁺ + K ⁺	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻ + CO ⁻²	Cl ⁻
PM1	meq/l	2.25	1.03	5.8	2.38	1.35	2.69
PM5	meq/l	0.48	1.39	3.17	2.50	1.35	2.69
PM7	meq/l	0.40	0.63	0.46	0.81	1.02	0.17
PM11	meq/l	0.87	1.46	1.57	1.17	1.68	0.26
PM12	meq/l	0.62	0.85	1.36	0.92	1.35	0.60
PM14	meq/l	2.84	1.95	3.06	2.31	1.51	3.66

Cuadro 6.15. Iones presentes en cada muestra (aguas superficiales).

En la siguiente figura se presentan los diagramas de Stiff obtenidos para cada sitio muestreado.

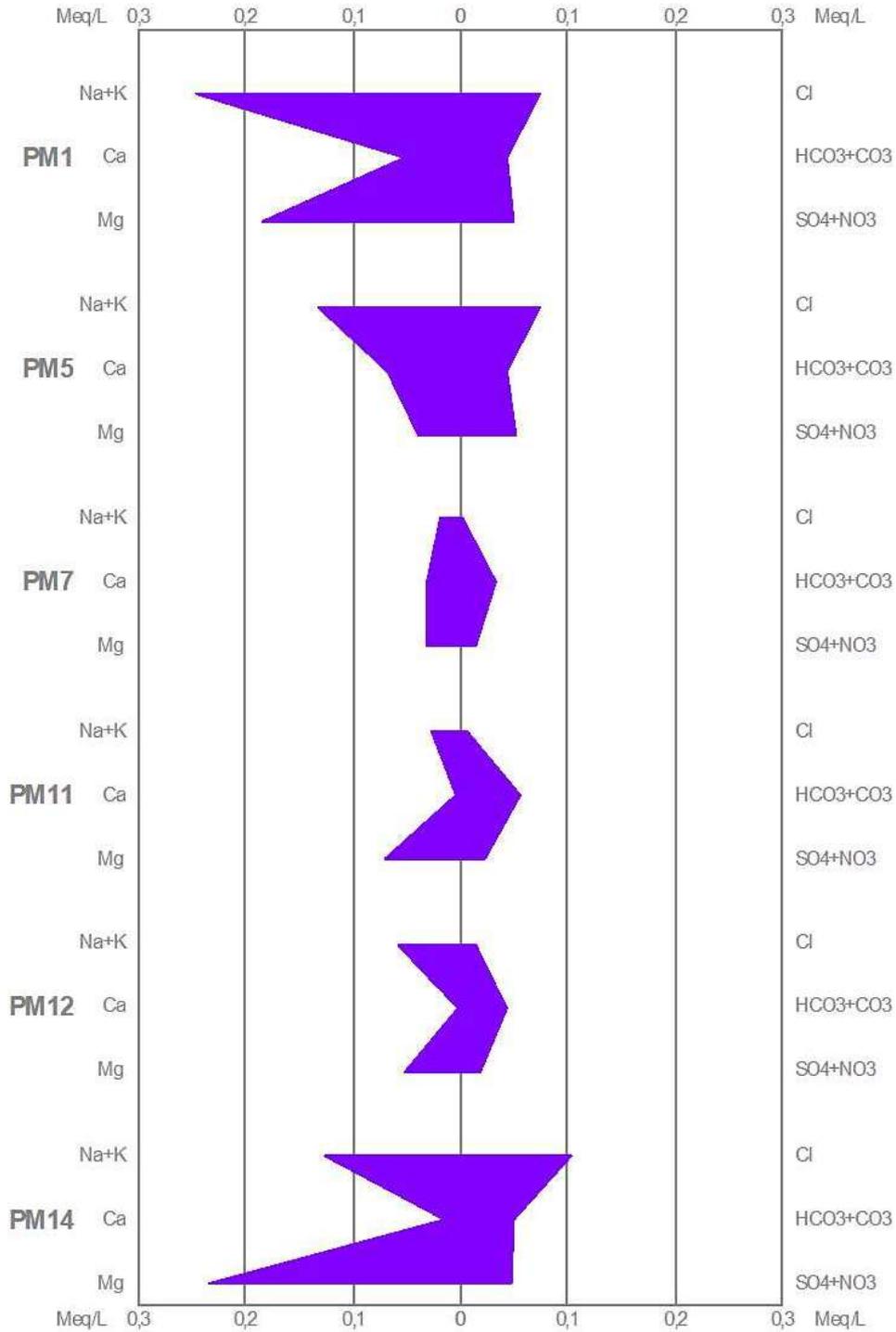


Figura 6.5: Diagrama de Stiff para aguas superficiales.

La muestra PM1 presenta una hidroquímica similar a PM14 y diferente al resto de las muestras donde predomina los iones Na+K/Cl sobre el resto. El diagrama representado es el típico para aguas cloruradas sódicas.

Como se observa, PM5 presenta concentraciones similares en la relación Na+K/Cl y Mg/SO₄-2 +NO₃.

La calidad de agua para el sitio PM7, básicamente presenta concentraciones iónicas muy bajas, sin la predominancia de uno sobre otro.

La calidad de agua para el sitio PM11, básicamente presenta concentraciones iónicas muy bajas y alrededor de 0.1 meq/l, con una escasa predominancia del catión Mg.

La calidad de agua para el sitio PM12, básicamente presenta concentraciones iónicas muy bajas y alrededor de 0.1 meq/l, con una escasa predominancia del catión Na+K.

La muestra PM14 presenta una hidroquímica similar a PM1 y diferente al resto de las muestras donde predomina los iones Na+K/Cl sobre el resto. El diagrama representado es el típico para aguas sulfatadas magnésicas

A partir de los diagramas de Piper, para las muestras de aguas superficiales se determinaron cinco tipos de aguas (Cuadro 6.16): Bicarbonatadas cálcicas, Sulfatadas sódicas, Sulfatadas cálcicas, Sulfatadas magnésicas o Cloruradas sódicas.

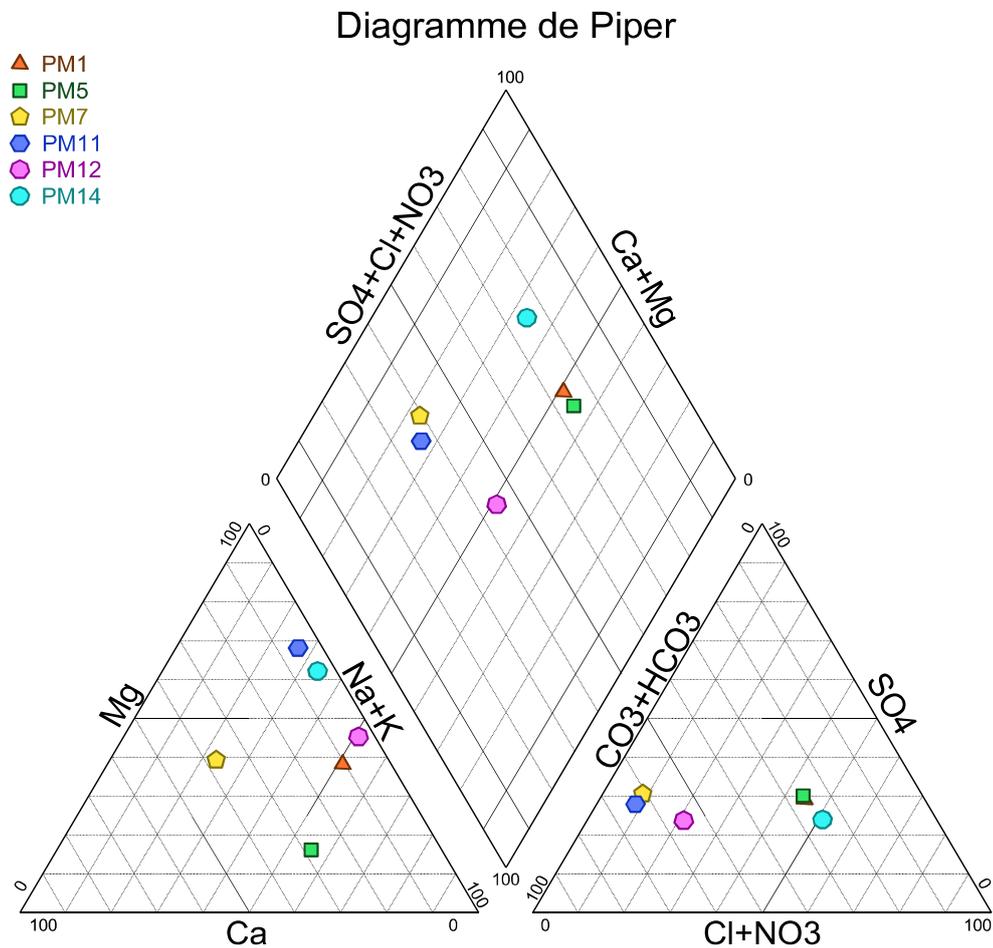


Figura 6.6: Diagrama de Piper para aguas superficiales.

Según la representación gráfica de las muestras de agua superficial PM1, PM7, PM12 y PM14 se corresponderían con el tipo de agua clorurada sulfatada cálcica y magnésica. Por otro lado, la muestra PM5 se puede clasificar como clorurada sódica y la muestra PM11 se correspondería con un tipo de agua bicarbonatada cálcica.

En general, las muestras presentan una distribución aniónica diferente entre sí, tanto en su contenido químico como en la concentración de aniones.

Como puede observarse en los diagramas de Stiff, el agua de la muestra PM14 es la que mayor concentración de iones posee, principalmente el anión Cl⁻ y catión Mg⁺. Las muestras PM1 y PM14 son las únicas dos muestras que presentan una distribución aniónica similar.

En general las muestras presentan una baja disolución de los compuestos iónicos que no

superan los 2 meq/l, exceptuando el agua de la muestra PM1 y PM14 que presenta una mayor concentración de algunos iones mayoritarios.

Como se observa, el agua de la muestra PM14 presenta concentraciones similares en la relación $\text{Na}^+\text{K}/\text{Cl}$ y $\text{Mg}/\text{SO}_4\text{-2} + \text{NO}_3$ con valores cercanos a 0.1 meq/l. La muestra PM14 del agua superficial, presenta una distribución iónica similar a la muestra de agua superficial PM1 que fueron tomadas desde el mismo cauce (PM1 “aguas abajo”).

6.10.2 Aguas Subterráneas

En el cuadro 6.16, se presentan los iones mayoritarios y sus concentraciones en meq/l, para cada muestra de aguas subterráneas.

Sitios	Unidad	Cationes			Aniones		
		Mg^{+2}	Ca^{+2}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	SO_4^{-2}	$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}$	Cl^-
MW03	meq/l	0.60	0.36	0.48	1.02	0.68	0.13

Cuadro 6.16. Iones presentes en cada muestra (aguas subterráneas).

El agua correspondiente a la muestra MW03 se clasifica como sulfatada cálcica y magnésica, donde no presenta cationes dominantes.

Con el diagrama de Stiff y de Piper que se presentan a continuación se observa la distribución de los iones de la muestra de agua subterránea MW03.

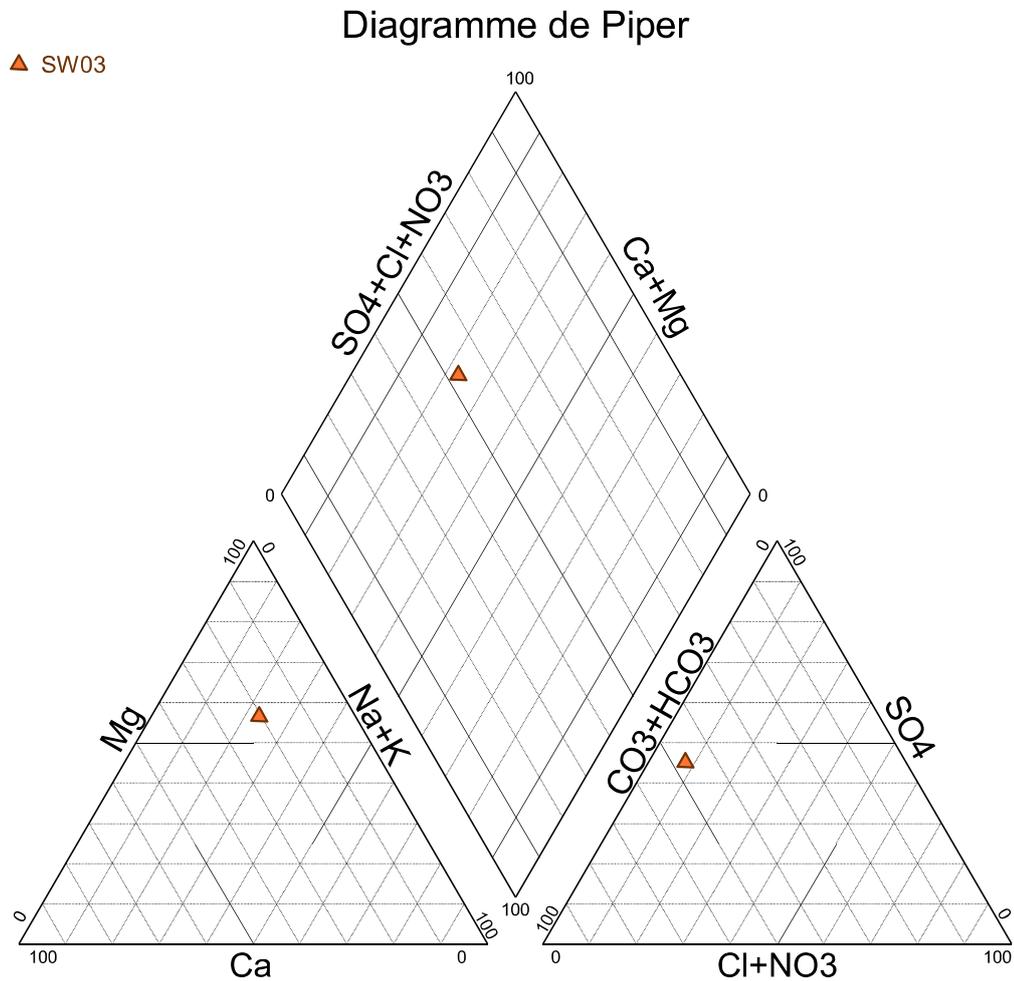
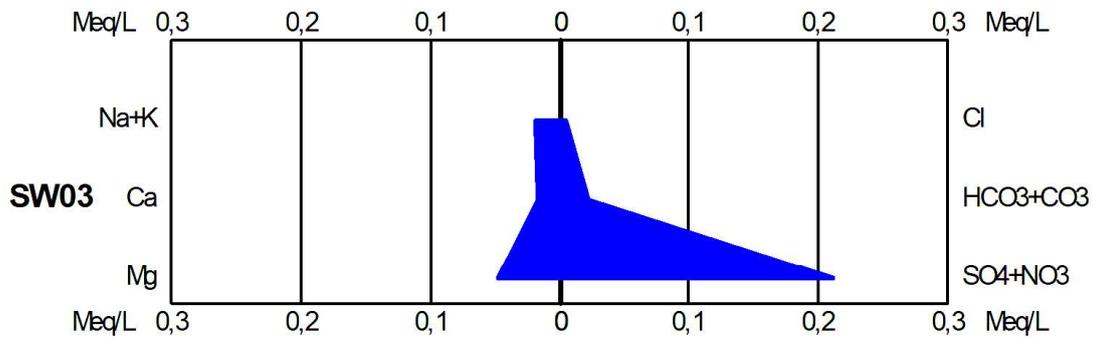


Figura 6.7: Diagrama de Piper para aguas superficiales.

El agua correspondiente a la muestra MW03 se clasifica como sulfatada magnésica, donde no presenta cationes dominantes.

Con el diagrama de Stiff que se presentan a continuación se observa la distribución de los iones de la muestra de agua subterránea MW03.



Como se observa en el gráfico anterior, el agua del pozo MW03 no presenta iones de Na+Ca dominantes, y los cationes más destacados son el SO₄-2 y el NO₃-. La concentración de los iones individuales no supera 0.1 meq/l.

6.11 CONCLUSIONES

Para los sitios muestreados de aguas superficiales y subterráneas, se presentan las conclusiones de cada uno de los análisis realizados a continuación.

De los parámetros in situ:

En aguas superficiales y subterráneas, se registraron valores normales para este tipo de matriz, teniendo en cuenta la ubicación de los sitios muestreados y la relación entre los parámetros medidos.

Presentaron valores de pH que indican neutralidad con tendencia a la alcalinidad, los niveles de conductividad y sólidos disueltos propios de zonas bajas de cuencas de montaña.

En aguas subterráneas los parámetros registrados in situ presentan niveles correspondientes a aguas neutras.

De la comparación con Niveles Guía de Calidad de Agua para distintos Usos:

En aguas superficiales, evidencian una buena calidad en general, con valor de pH neutro a levemente alcalino y SDT en niveles permisibles, excepto en PM1 y PM7 levemente elevados. El número de parámetros fuera de la legislación para alguno de los usos evaluados, en la muestra

PM7 es de 6, siendo la de mejor calidad. La muestra PM1, presenta 8 parámetros fuera de la legislación para alguno de los usos evaluados, siendo la de menor calidad.

En aguas subterráneas, el punto MW03 evidenció buena calidad en general, con valor de pH neutro, con 4 parámetros fuera de la normativa para alguno de los usos evaluados. Los valores de pH neutros y concentraciones bajas de algunos parámetros sugieren que los acuíferos aluviales no estarían siendo afectados o recargados por las aguas superficiales.

La totalidad de los sitios muestreados de aguas superficiales y subterráneas presentan al menos un parámetro fuera de los niveles normados para alguno de los usos evaluados (Bebida humana, Protección de vida acuática en agua dulce superficial, Irrigación o Bebida de ganado), por lo que no serían aptas para ninguno de estos usos, esto es coincidente con la Línea de Base Ambiental efectuada.

De la comparación con valores históricos y monitoreos anteriores:

Para aguas superficiales; comparando con los valores obtenidos en los 2 años anterior y con el rango de mínimos y máximos de la Línea de Base Ambiental, la concentración de algunos analitos disminuyó y de otros aumentó, pero en un rango de normalidad para la matriz analizada.

El sitio de muestreo de aguas subterráneas, presentaron valores similares a los obtenidos en los 2 años anteriores, se evidenció variación dentro de un rango de normalidad para este tipo de matriz analizada.

De la caracterización Hidroquímica:

Para las muestras de aguas superficiales se determinaron cinco tipos de aguas: Bicarbonatadas cálcicas, Sulfatadas sódicas, Sulfatadas cálcicas, Sulfatadas magnésicas y Cloruradas sódicas.

En general se observa que las aguas ubicadas arriba del área de mineralización poseen predominancia de aniones SO_4^{2-} y $HCO_3^- + CO_3^{2-}$, y cationes Ca^{2+} y $Na^+ + K^+$. Los valores obtenidos se atribuyen a la mineralización natural de la zona y su interacción con los ciclos de precipitaciones.

En cuanto a las aguas subterráneas, el agua correspondiente a la muestra MW03 se clasifica como sulfatada magnésica, donde no presenta cationes dominantes.

Las concentraciones relativamente bajas de sulfatos (en comparación con las aguas sulfatadas superficiales) sugieren que los acuíferos aluviales no estarían siendo afectados por las aguas superficiales.