

MINUTA DCPRH N°: 20 /

SANTIAGO, 08 de julio de 2022.

MAT. : Seguimiento emergencia Ambiental Estero Camisas, Región de Coquimbo.

REF. : Minuta N°3 del 30 de noviembre de 2021, Dirección Regional de Aguas de Coquimbo.
Minuta N°3 del 05 de enero 2022, DCPRH.
Minuta N°8 del 18 de febrero 2022, DCPRH.

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVO	5
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES	5
4. CONCLUSIONES	20
5. ANEXOS	22
Anexo A: Base de Datos	22
Anexo B: Normativa	22

Diego San Miguel C.
Jefatura (S) Depto Conservación
y Protección de Recursos Hídricos
DGA-MOP

Marcela Paz Astudillo Armijo
Analista de Evaluación y Fiscalización Ambiental
DGA

1. INTRODUCCIÓN

Minera Los Pelambres reportó un incidente ambiental que habría ocurrido el lunes 01 de noviembre de 2021 en el sector de Bajo Camisas, donde se detectó la presencia de un escurrimiento de aguas provenientes de la cámara de inspección de las piscinas de emergencia que se ubican en el sector. MLP, la cual señaló que el agua contenida en la piscina correspondería a agua de proceso drenada producto de los trabajos para el recambio de la tubería del Sistema de Recirculación de Aguas, en el marco del proyecto INCO (RCA N°16/18). Además, indica que la filtración quedó contenida en una superficie aproximada de 70 m² a unos 20 metros de distancia de la piscina y 70 m de distancia al estero Camisas.

A partir del reporte de incidente N°8721 y denuncias ciudadanas digitales de la SMA (ID 15676; 15687; 15697) por la filtración y escurrimiento de aguas industriales de recirculación antes descrito, localizada en el sector Camisas en la comuna de Salamanca, el Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos (DCPRH-DGA) elaboró el presente informe con la finalidad de analizar los resultados del monitoreo efectuado los días 04 y 23 de noviembre, 28 de diciembre de 2021, 25 de enero, 28 de febrero, 28 de marzo y 24 mayo de 2022, y determinar si la información presentada es técnicamente suficiente de tal forma que permita asegurar que no existirá un deterioro en la calidad de las aguas del Estero Camisas y APR El Arrayán.

En esta ocasión, la metodología de trabajo realizada por parte del DCPRH, consistió en la búsqueda, descarga y recepción de certificado de laboratorio de interés, en segundo lugar, se actualizó la base de datos elaborada para los reportes anteriores (Minuta N°3/2022 y Minuta N°18/2022, ambas elaboradas por el DCPRH) y que contiene toda la información asociada a monitoreo de calidad de aguas, tanto superficiales como subterráneas. Posteriormente, se procedió a la revisión de la información asociada a cada uno de los puntos de monitoreo y también, se analizó en su conjunto la información de calidad de aguas entre la estación DGA, los puntos de interés y la respectiva norma de referencia asociada al consumo de agua (NCh409/05).

A modo de contexto, es importante señalar que se cuenta con información de calidad de agua en 6 puntos tras el incidente ocurrido el 01-11-2021. Sin embargo, para el seguimiento del Estero Camisas es relevante continuar con el monitoreo de sólo 4, éstos son: Estero Camisas Aguas Abajo del Embalse Corrales, Estero Camisas Aguas Abajo de la Piscina de Emergencia, Pozo N°1 y Pozo N°2 ambos del APR El Arrayán – Palquial. Adicionalmente, se cuenta con registros de calidad de agua en 2 puntos cercanos al área de interés, pero en distintas fechas a la del incidente. Para más información de los puntos de monitoreo, tales como coordenadas, tipo de muestra y rango de fecha con registros, ver la Tabla 1.

Tabla 1. Puntos de Monitoreo de Calidad de Agua.

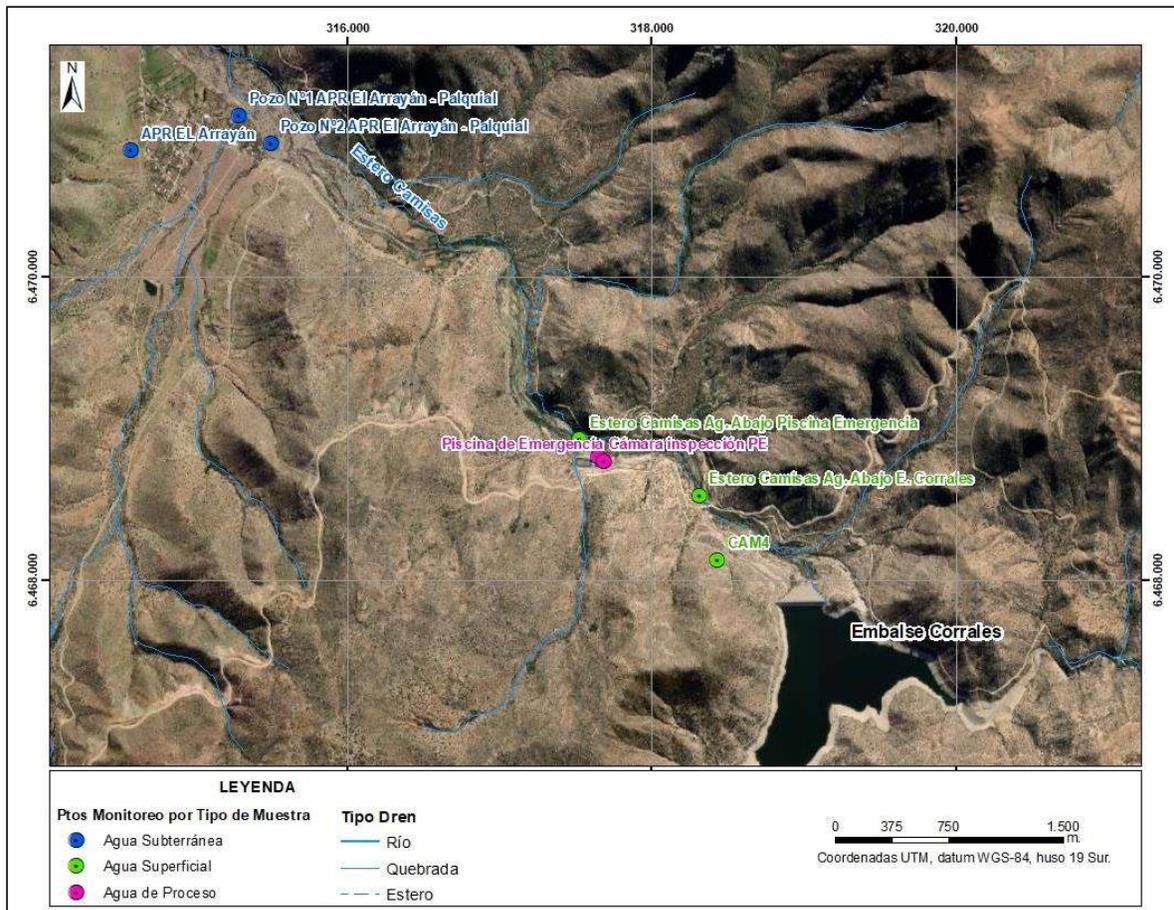
Punto de Monitoreo	Tipo de Medición	Coordenadas ⁽¹⁾		Tipo de Muestra	Fechas con Registros
		Este (m)	Norte (m)		
CAM4	PSA Embalse Corrales	318.440	6.468.135	Agua Superficial	enero 2020 a febrero 2021
APR El Arrayán	Registro Histórico	314.580	6.470.831	Agua Subterránea	octubre 2016 y agosto 2018
Estero Camisas Ag. Abajo E. Corrales	Puntual	318.318	6.468.557	Agua Superficial	04 y 23 noviembre 2021 28 diciembre 2021 25 enero 2022 28 febrero 2022 28 marzo 2022
Estero Camisas Ag. Abajo Piscina Emergencia	Puntual	317.530	6.468.927	Agua Superficial	04 y 23 noviembre 2021 28 diciembre 2021 25 enero 2022 28 febrero 2022 28 marzo 2022
Pozo N°1 APR El Arrayán - Palquial	Puntual	315.289	6.471.060	Agua Subterránea	04 y 23 noviembre 2021 28 diciembre 2021 25 enero 2022 28 febrero 2022 28 marzo 2022 24 mayo 2022
Pozo N°2 APR El Arrayán - Palquial	Puntual	315.500	6.470.876	Agua Subterránea	04 y 23 noviembre 2021 28 diciembre 2021 25 enero 2022 28 febrero 2022 28 marzo 2022 24 mayo 2022
Cámara inspección PE	Puntual	317.653	6.468.814	Agua de Proceso	01 y 04 noviembre 2021
Piscina de Emergencia	Puntual	317.693	6.468.783	Agua de Proceso	04 noviembre 2021

⁽¹⁾ Coordenadas en UTM, datum WGS-84, huso 19 Sur.

Fuente: Elaboración Propia

Cabe señalar que los puntos de interés se ubican aguas arriba y aguas abajo de la filtración de las piscinas de emergencia de MLP. Además, se observa que los APR se encuentran aguas abajo de la filtración aproximadamente a 3 km. En la Figura 1 se presenta la ubicación de los puntos de interés.

Figura 1. Ubicación de los Puntos de Monitoreo de Calidad de Agua



Fuente: Elaboración Propia

2. OBJETIVO

Actualizar y analizar los resultados del seguimiento de la calidad de las aguas del Estero Camisas y Pozos del APR el Arrayán realizados los días 25 de enero, 28 de febrero, 28 de marzo y 24 de mayo de 2022.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

El primer resultado consiste en la base de datos actualizada que contiene los siguientes campos: punto de monitoreo, parámetros de laboratorio e in situ, valor y unidad reportada en el certificado de laboratorio, valor umbral de acuerdo con la norma de referencia (NCh 409/05) e identificación de si se supera o no el límite máximo permisible de dicha norma, nombre de laboratorio que analizó la muestra, código de certificado de laboratorio y/o muestra, entre otros.

En función de la base de datos descrita anteriormente, se obtiene que cada punto tiene distinta cantidad de parámetros monitoreados en cada fecha, sin embargo, se destaca que tanto aguas arriba como aguas abajo de la filtración se analizó un set de parámetros (in situ y laboratorio) igual o superior a 40 analitos, con excepción de las últimas tres campañas (de febrero a mayo 2022) donde el set de parámetros monitoreados es de 27 analitos aproximadamente, esto se debe al cambio de laboratorio que ha analizado las muestras anteriormente, siendo la muestra de agua, en estas últimas campañas analizada, por el Laboratorio de la DGA, el cual, a la fecha, se encuentra acreditado por la Norma ISO 17.025:2017, para esos analitos. Para mayor detalle ver la Tabla 2.

Tabla 2. Recuento de Parámetros de acuerdo con cada Campaña de Monitoreo.

Punto de Monitoreo	Recuento de Parámetros por Campañas													
	Año	2016		2018		2020			2021			2022		
	Mes	oct	ago	ene	feb	dic	ene	feb	nov	dic	ene	feb	mar	may
	Día	04	08	30	26	18	28	25	04	23	28	25	28	28
APR El Arrayán	26	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAM4	-	-	47	47	49	42	42	-	-	-	-	-	-	-
Cámara Inspección PE	-	-	-	-	-	-	-	27	-	-	-	-	-	-
Estero Camisas Ag. Abajo E. Corrales	-	-	-	-	-	-	-	46	49	40	41	27	27	-
Estero Camisas Ag. Abajo Piscina Emergencia	-	-	-	-	-	-	-	47	49	40	41	27	27	-
Piscina de Emergencia	-	-	-	-	-	-	-	27	-	-	-	-	-	-
Pozo N°1 APR El Arrayán - Palquial	-	-	-	-	-	-	-	46	49	40	40	27	27	26
Pozo N°2 APR El Arrayán - Palquial	-	-	-	-	-	-	-	46	49	40	40	27	27	26

(-): sin información.

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se presentan los resultados de pH in situ, conductividad in situ y conductividad de laboratorio en los diferentes puntos de monitoreo y en las distintas campañas de muestreo, ver Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5, respectivamente.

Tabla 3. Valor Reportado pH in situ.

Punto de Monitoreo	pH in situ													
	Año	2016		2018		2020			2021			2022		
	Mes	oct	ago	ene	feb	dic	ene	feb	nov	dic	ene	feb	mar	may
	Día	04	08	30	26	18	28	25	04	23	28	25	28	28
APR El Arrayán	6,76	7,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAM4	-	-	7,29	7,50	8,19	7,73	8,06	-	-	-	-	-	-	-
Estero Camisas Ag. Abajo E. Corrales	-	-	-	-	-	-	-	8,27	8,02	8,34	7,72	7,39	8,08	*

Punto de Monitoreo	pH in situ													
	Año	2016	2018	2020			2021				2022			
	Mes	oct	ago	ene	feb	dic	ene	feb	nov	dic	ene	feb	mar	may
	Día	04	08	30	26	18	28	25	04	23	28	25	28	28
Estero Camisas Ag. Abajo Piscina Emergencia	-	-	-	-	-	-	-	8,27	8,03	8,00	7,78	7,70	7,76	*
Pozo N°1 APR El Arrayán - Palquial	-	-	-	-	-	-	-	6,87	6,98	7,45	6,97	6,78	7,37	6,75
Pozo N°2 APR El Arrayán - Palquial	-	-	-	-	-	-	-	7,08	7,16	7,18	7,15	7,08	7,14	6,99

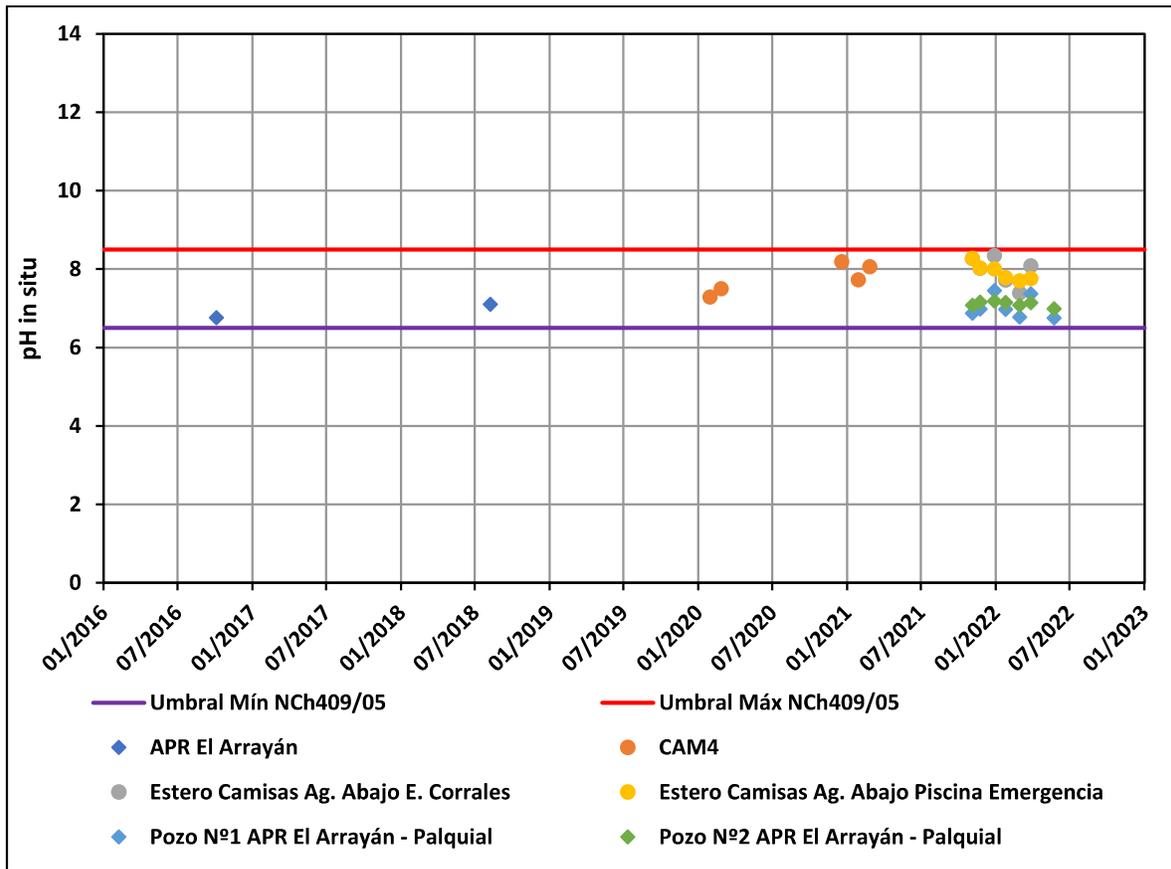
(-): sin información.

(*): seco.

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 2 se presenta la evolución temporal de pH in situ, diferenciando las aguas superficiales con un círculo y las aguas subterráneas con un rombo. Se aprecia que la tendencia de acuerdo con la fuente se comporta de manera similar entre la información existente previo al incidente y la información obtenida tras el incidente.

Figura 2. Evolución Temporal pH in situ



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4. Valor Reportado Conductividad in situ.

Punto de Monitoreo	Conductividad in situ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)													
	Año	2016	2018	2020			2021				2022			
	Mes	oct	ago	ene	feb	dic	ene	feb	nov	dic	ene	feb	mar	may
	Día	04	08	30	26	18	28	25	04	23	28	25	28	28
APR El Arrayán	307	346	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Estero Camisas Ag. Abajo E. Corrales	-	-	-	-	-	-	-	393	398	420	403	411	382	*
Estero Camisas Ag. Abajo Piscina Emergencia	-	-	-	-	-	-	-	418	425	444	430	439	393	*
Pozo N°1 APR El Arrayán - Palquial	-	-	-	-	-	-	-	433	446	471	430	433	376	375
Pozo N°2 APR El Arrayán - Palquial	-	-	-	-	-	-	-	420	468	502	486	446	387	375

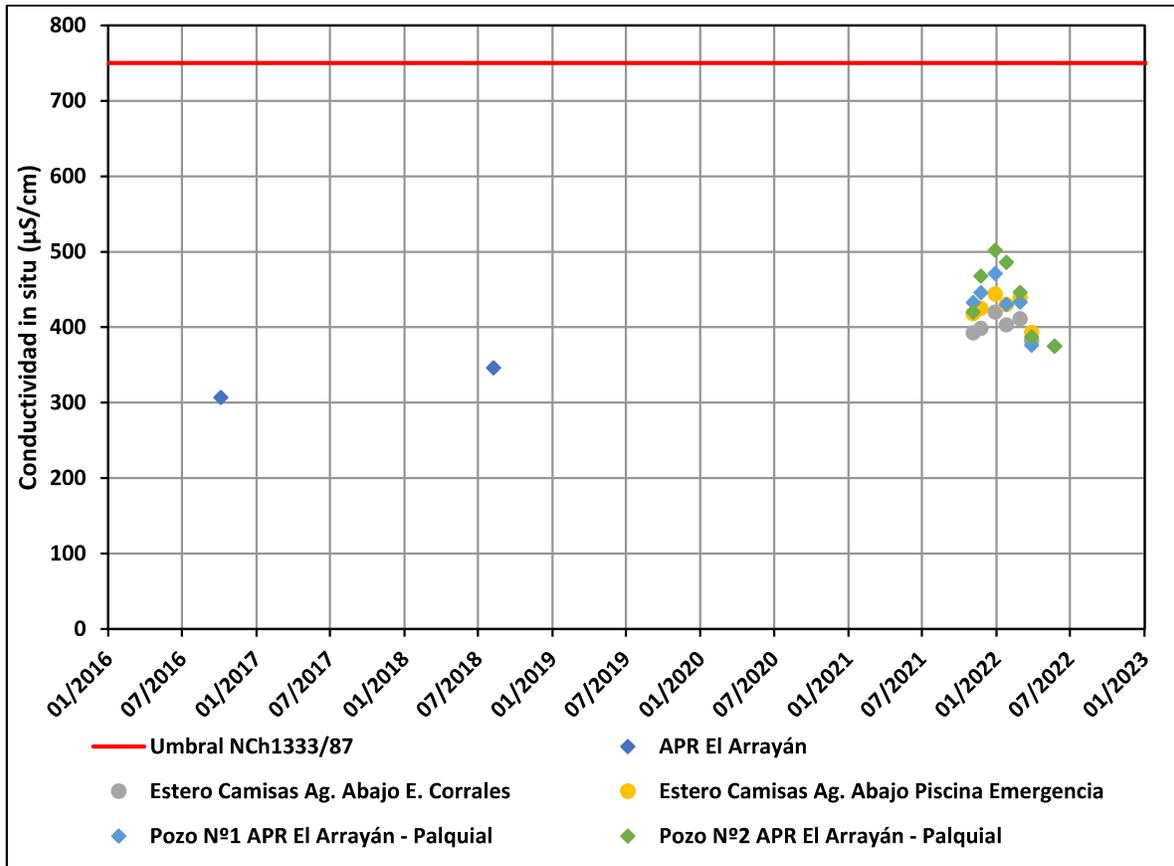
(-): sin información.

(*): seco.

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 3 se presenta la evolución temporal de la Conductividad medida en terreno, dada la escasa información histórica es impreciso determinar una tendencia del parámetro. Sin embargo, se observa una diferencia aproximada de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ entre los valores medidos en el agua subterránea tras el incidente y los valores reportados por el APR El Arrayán (mediciones previas al incidente), dicha diferencia no se considera significativa para el parámetro en cuestión. Además, al considerar como referencia el umbral de 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ según la norma NCh1333/87, todos los valores de conductividad medidos en terreno cumplen con lo normado, categorizándose como agua con la que, generalmente, no se observan efectos perjudiciales según la tabla 2 de la norma de riego antes mencionada.

Figura 3. Evolución Temporal Conductividad in situ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5. Valor Reportado Conductividad de Laboratorio

Punto de Monitoreo	Conductividad Laboratorio ($\mu\text{S}/\text{cm}$)										
	Año	2016	2018	2020			2021			2022	
Mes	oct	ago	ene	feb	dic	ene	feb	nov	dic	ene	
Día	04	08	30	26	18	28	25	04	23	28	25
CAM4*	-	-	323	341	396	328	327	-	-	-	-
Estero Camisas Ag. Abajo E. Corrales	-	-	-	-	-	-	-	432	406	398	412
Estero Camisas Ag. Abajo Piscina Emergencia	-	-	-	-	-	-	-	448	426	419	430
Pozo N°1 APR El Arrayán - Palquial	-	-	-	-	-	-	-	432	478	453	442
Pozo N°2 APR El Arrayán - Palquial	-	-	-	-	-	-	-	409	457	488	470

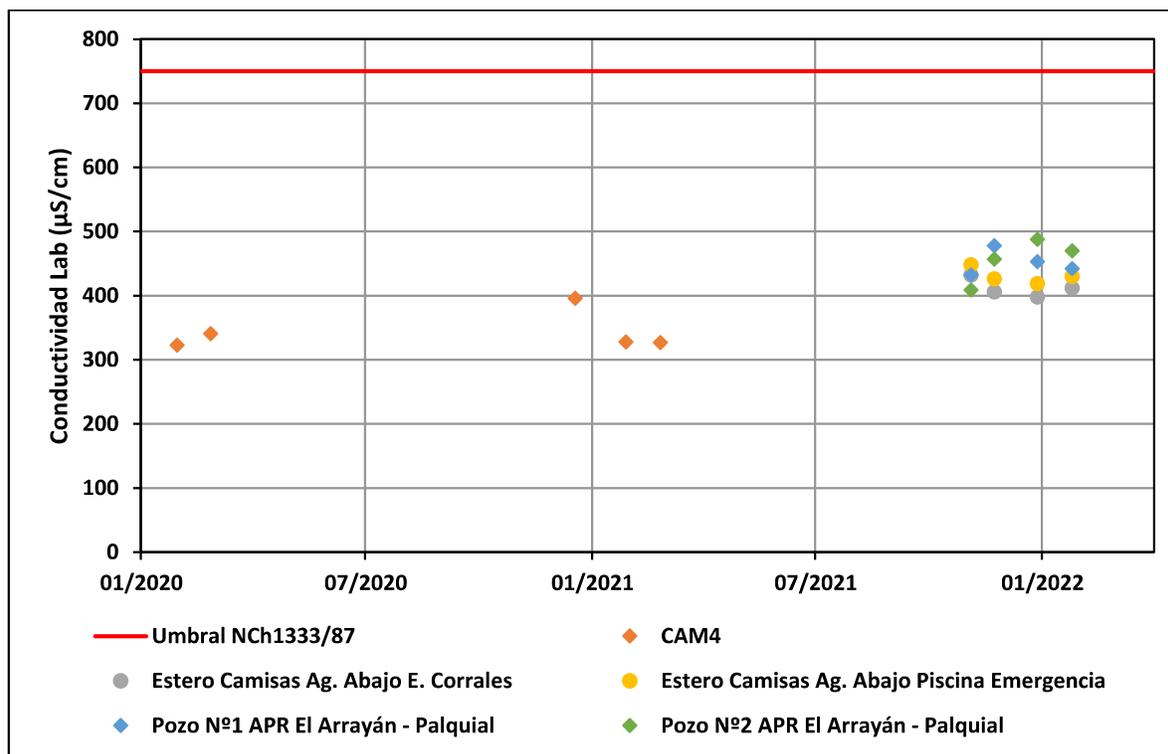
(-): sin información.

(*): certificado de laboratorio no indica si se refiere a conductividad de laboratorio o in situ.

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 4 se muestra la evolución temporal de la conductividad medida en el laboratorio e informada en el respectivo informe de laboratorio. El análisis de su comportamiento es similar al de la conductividad in situ, es decir, la conductividad medida cumple con el umbral de la tabla 2 de la NCh1333/87 igual a 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Figura 4. Evolución Temporal Conductividad de Laboratorio ($\mu\text{S}/\text{cm}$)



Fuente: Elaboración Propia

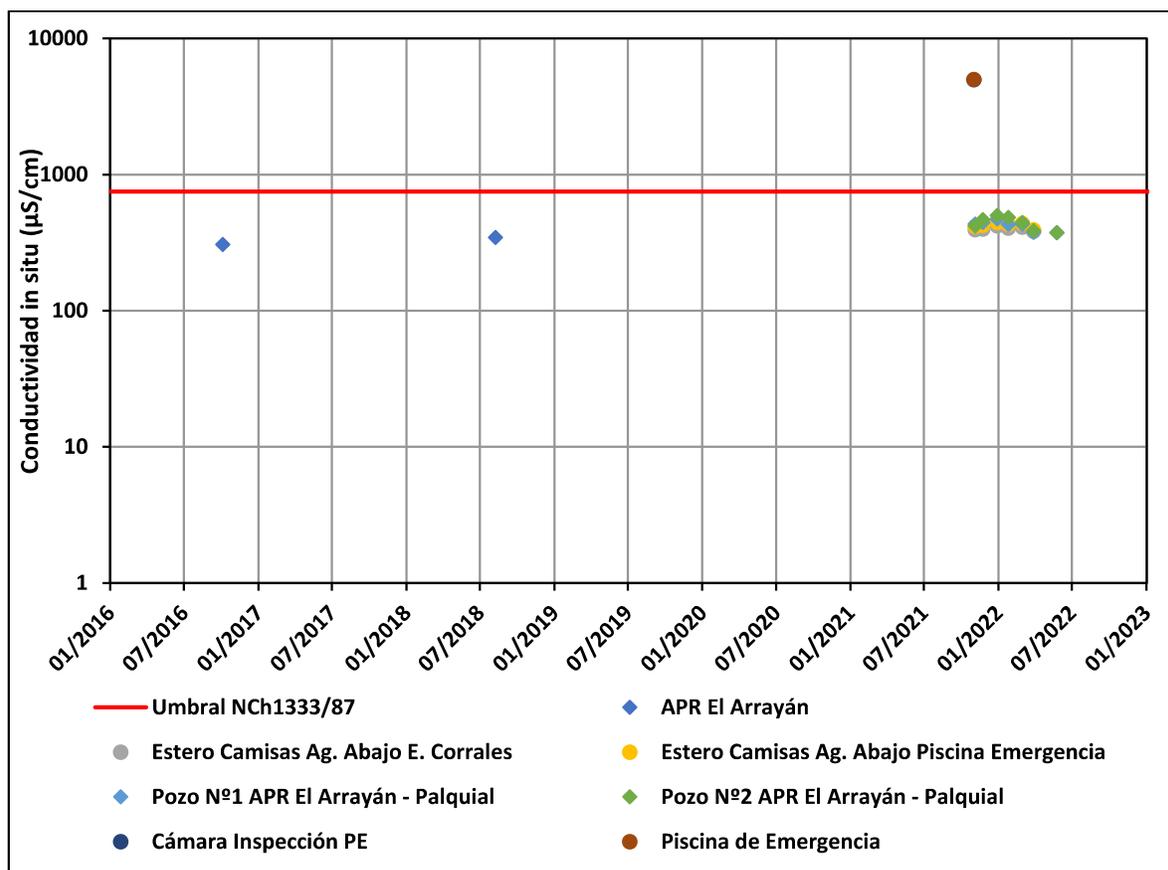
A partir de la información presentada en la tabla N°1 de la Resolución Exenta de la SMA N°2395 de fecha de 05 de noviembre de 2021, la cual contiene los resultados de la medición in situ de pH y conductividad tanto de la piscina como de la filtración en la cámara de inspección, es posible dimensionar el orden de magnitud de dichos parámetros, los que se muestran en la Tabla 6 y se representan en escala logarítmica en base 10 en la Figura 5 respecto de los valores reportados para la conductividad in situ en las mediciones realizadas en los puntos de aguas superficiales y subterráneas de la Tabla 4.

Tabla 6. Conductividad y pH in situ Cámara de Inspección y Piscina de Emergencia MLP

Punto de Monitoreo	pH	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Piscina Emergencia	10,42	5.009
Cámara de Inspección	9,02	4.963

Fuente: Elaboración propia extraído de la Tabla N°1 Res Ex.SMA N°2395/2021.

Figura 5. Evolución Temporal Conductividad in situ considerando el Agua de Proceso derramada



Fuente: Elaboración Propia

Sumado a lo anterior, se realizó la toma de muestra tanto de la cámara de inspección como de la piscina de emergencia el día 04 de noviembre de 2021, las cuales fueron analizadas por el laboratorio ETFA Hidrolab con un set idéntico de 27 parámetros (tal como se describió en la Tabla 2 del presente documento). Los parámetros considerados en el análisis corresponden a: Aluminio Disuelto, Aluminio Total, Arsénico Total, Boro Total, Cadmio Total, Calcio Total, Cobalto Total, Cobre Disuelto, Cobre Total, Cromo Total, Hierro Total, Magnesio Total, Manganeso Disuelto, Manganeso Total, Mercurio Total, Molibdeno Disuelto, Molibdeno Total, Níquel Disuelto, Níquel Total, Plata Total, Plomo Disuelto, Plomo Total, Potasio Total, Selenio Total, Sodio Total, Zinc Disuelto, Zinc Total.

Es relevante mencionar que, los parámetros anteriormente expuestos (metales y metaloides) no evidencian concentraciones por sobre la norma de referencia de consumo de agua, por lo que, en caso de alcanzar al recurso hídrico, ya sea superficial o subterráneo, es muy probable que sus concentraciones continúen por debajo de los límites máximos permisibles asociados a la norma de referencia NCh409/05, debido, principalmente, a fenómenos de transporte y fisicoquímicos, tales como filtración y/o dilución según sea el caso.

Adicionalmente, es necesario enfatizar que la fiscalización de la NCh 409/05 se realiza en la llave salida del servicio de agua potable, por lo que no es competencia de la DGA sino de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) para empresas concesionadas y del Servicio de Salud en el caso de APR o Servicios Sanitarios Rurales (SSR).

Por otra parte, cabe señalar que aquellas concentraciones en que el certificado de laboratorio reporta como "menor que (<)", dicho valor fue considerado como la concentración del analito, ocasionando en algunos parámetros que ésta sea mayor que el valor umbral normado (en este caso, el de la NCh409/05).

Dicho lo anterior, se observan dos parámetros en que la concentración equivalente al límite de detección supera al umbral normado, estos son: mercurio total y fenol; en los puntos de monitoreo APR El Arrayán, Estero Camisas Aguas Abajo Embalse Corrales, Estero Camisas Aguas Abajo Piscina de Emergencia, Pozo N°1 y Pozo N°2 APR El Arrayán - Palquial. Para mayor detalle ver la Tabla 7.

De la Tabla 7 se destaca que la concentración de fenol con un límite de detección superior al umbral normado es más recurrente que para el caso del mercurio total. También se observa que, para la concentración de fenol en todos los casos el valor reportado corresponde a <0,1 mg/l, equivalente a su respectivo límite de detección según la metodología de análisis del laboratorio Hidrolab. Cabe señalar que, en la norma de referencia la concentración de fenoles corresponde a 0,002 mg/l. Para efectos del presente análisis se considera que la concentración de fenol es igual a la del límite de detección (0,1 mg/l), sin embargo, se reitera que se desconoce con exactitud si realmente supera a la norma de referencia o no, esto debido a que dicho límite de detección es mayor que el valor umbral normado.

Tabla 7. Parámetros con Concentración Equivalente al Límite de Detección y que Superan el LMP de la Norma de Referencia (NCh409)

Punto de Monitoreo	Fecha de Muestreo	Parámetros	Unidad	Valor Reportado	Valor Umbral NCh 409	LD	Nombre Laboratorio
APR El Arrayán	04/10/2016	Mercurio Total	mg/l	<0,002	0,001	0,001	LABDGA
Estero Camisas Ag. Abajo E. Corrales	04/11/2021	Fenol	mg/l	<0,1	0,002	<0,1	Hidrolab
Estero Camisas Ag. Abajo E. Corrales	23/11/2021	Fenol	mg/l	<0,1	0,002	<0,1	Hidrolab
Estero Camisas Ag. Abajo Piscina Emergencia	04/11/2021	Fenol	mg/l	<0,1	0,002	<0,1	Hidrolab
Estero Camisas Ag. Abajo Piscina Emergencia	23/11/2021	Fenol	mg/l	<0,1	0,002	<0,1	Hidrolab
Pozo N°1 APR El Arrayán - Palquial	04/11/2021	Fenol	mg/l	<0,1	0,002	<0,1	Hidrolab
Pozo N°1 APR El Arrayán - Palquial	23/11/2021	Fenol	mg/l	<0,1	0,002	<0,1	Hidrolab
Pozo N°2 APR El Arrayán - Palquial	04/11/2021	Fenol	mg/l	<0,1	0,002	<0,1	Hidrolab
Pozo N°2 APR El Arrayán - Palquial	23/11/2021	Fenol	mg/l	<0,1	0,002	<0,1	Hidrolab

LMP: Límite Máximo o Mínimo Permisible según la norma de referencia.

LD: Límite de Detección.

(-): sin información.

Fuente: Elaboración Propia

Respecto a los parámetros en que su concentración supera al límite máximo permisible de la NCh409, se identifican tres parámetros, estos son: coliformes fecales, hierro y manganeso totales; en distintas campañas de monitoreo y puntos de muestreo. Para mayor detalle ver la Tabla 8.

Profundizando en lo anterior, para el caso de Coliformes Fecales se observa que en tres puntos de monitoreo se supera el límite máximo permisible de la norma de referencia, éstos son: CAM4, Estero Camisas Aguas Abajo Embalse Corrales y Estero Camisas Aguas Abajo Piscina Emergencia. Tomando en cuenta los dos últimos puntos mencionados recientemente (correspondiente a los puntos monitoreados con ocasión de la emergencia ambiental), se destaca que la superación de la norma de referencia corresponde a una misma campaña, la cual se efectuó el 23 de noviembre de 2021, los valores reportados son 330 y 11 NMP/100 ml, respectivamente. Cabe señalar que, la norma de referencia tiene un valor umbral de 5 NMP/100 ml.

En la Tabla 8 también se destaca que, el hierro total supera la concentración establecido en la norma de referencia (igual a 0,3 mg/l), en cuatro puntos de monitoreo: APR El Arrayán, Estero Camisas Aguas Abajo Embalse Corrales y Pozo N°1 y N°2 APR El Arrayán – Palquial. Es relevante mencionar que, en el caso del Estero Camisas Aguas Abajo Embalse Corrales y Pozo N°2 APR El Arrayán – Palquial de todas las campañas realizadas desde noviembre 2021 a mayo 2022 sólo en tres de ella ha superado la norma de referencia. Respecto al Pozo N°1 APR El Arrayán – Palquial, sólo en una campaña (enero de 2022) ha superado la concentración de hierro total establecida en la norma NCh409.

En cuanto al manganeso total, se observa que ha superado la norma (NCh 409) en los puntos de monitoreo: CAM4, Estero Camisas Aguas Abajo Embalse Corrales y Estero Camisas Aguas Abajo Piscina Emergencia. En distintas campañas de monitoreo, en el caso de CAM4 el parámetro fue superado entre enero de 2020 a enero de 2021 (previo al incidente), en el caso de Estero Camisas Aguas Abajo Embalse Corrales el manganeso total fue separado en dos campañas (febrero y marzo 2022), y por último, en el caso de Estero Camisas Aguas Abajo Piscina Emergencia se ha superado la concentración del parámetro de interés en una campaña de monitoreo efectuada en marzo de 2022, siendo una concentración menor a la registrada en el punto aguas arriba, correspondiente al punto Estero Camisas Aguas Abajo Embalse Corrales.

Tabla 8. Parámetros que superan el LMP de la Norma de Referencia (NCh409)

Punto de Monitoreo	Fecha de Muestreo	Parámetros	Unidad	Valor Reportado	Valor Umbral NCh 409	LD	Nombre Laboratorio
APR El Arrayán	04/10/2016	Hierro Total	mg/l	5	0,3	-	LABDGA
CAM4	30/01/2020	Coliformes Fecales	NMP/100ml	23	5	-	U.La Serena
CAM4	30/01/2020	Manganeso Total	mg/l	0,204	0,1	-	U.La Serena
CAM4	18/12/2020	Manganeso Total	mg/l	0,569	0,1	-	U.La Serena
CAM4	28/01/2021	Manganeso Total	mg/l	0,674	0,1	-	U.La Serena
Estero Camisas Ag. Abajo E. Corrales	23/11/2021	Coliformes Fecales	NMP/100ml	330	5	<1,8	Hidrolab
Estero Camisas Ag. Abajo Piscina Emergencia	23/11/2021	Coliformes Fecales	NMP/100ml	11	5	<1,8	Hidrolab
Pozo N°2 APR El Arrayán - Palquial	28/12/2021	Hierro Total	mg/l	0,3571	0,3	<0,0005	Hidrolab
Pozo N°2 APR El Arrayán - Palquial	25/01/2022	Hierro Total	mg/l	0,92	0,3	<0,0005	Hidrolab
Estero Camisas Ag. Abajo E. Corrales	25/01/2022	Hierro Total	mg/l	0,3929	0,3	<0,0005	Hidrolab
Pozo N°1 APR El Arrayán - Palquial	25/01/2022	Hierro Total	mg/l	0,6839	0,3	<0,0005	Hidrolab
Estero Camisas Ag. Abajo E. Corrales	28/02/2022	Hierro Total	mg/l	0,31	0,3	0,02	LADGA
Pozo N°2 APR El Arrayán - Palquial	28/02/2022	Hierro Total	mg/l	1,17	0,3	0,02	LADGA

Punto de Monitoreo	Fecha de Muestreo	Parámetros	Unidad	Valor Reportado	Valor Umbral NCh 409	LD	Nombre Laboratorio
Estero Camisas Ag. Abajo E. Corrales	28/02/2022	Manganeso Total	mg/l	0,14	0,1	0,01	LADGA
Estero Camisas Ag. Abajo E. Corrales	28/03/2022	Hierro Total	mg/l	1,5	0,3	0,02	LADGA
Estero Camisas Ag. Abajo E. Corrales	28/03/2022	Manganeso Total	mg/l	1,10	0,1	0,01	LADGA
Estero Camisas Ag. Abajo Piscina Emergencia	28/03/2022	Manganeso Total	mg/l	0,13	0,1	0,01	LADGA

LMP: Límite Máximo o Mínimo Permissible según la norma de referencia.

LD: Límite de Detección.

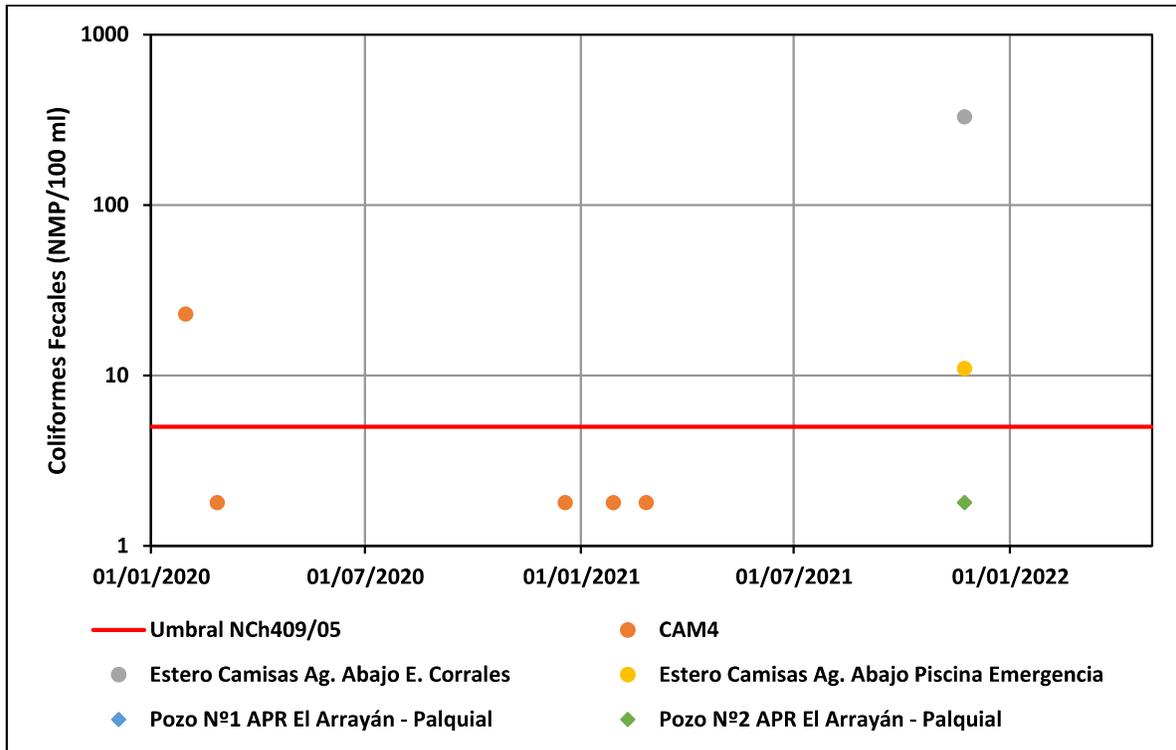
(-): sin información.

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se presentan gráficos con la evolución temporal de aquellos parámetros que se identificaron como que superaban la norma de referencia NCh409/05. Diferenciando entre aguas superficiales y subterráneas asignándoles la simbología de círculos y rombos, respectivamente.

En la Figura 6 se presentan, en escala logarítmica en base 10, los resultados de los análisis de coliformes fecales, se observan tres mediciones por sobre la norma (5 NMP/100 ml) y puntuales dado que ocurre en distintos puntos y fechas de monitoreo.

Figura 6. Evolución Temporal Coliformes Fecales (NMP/100 ml)



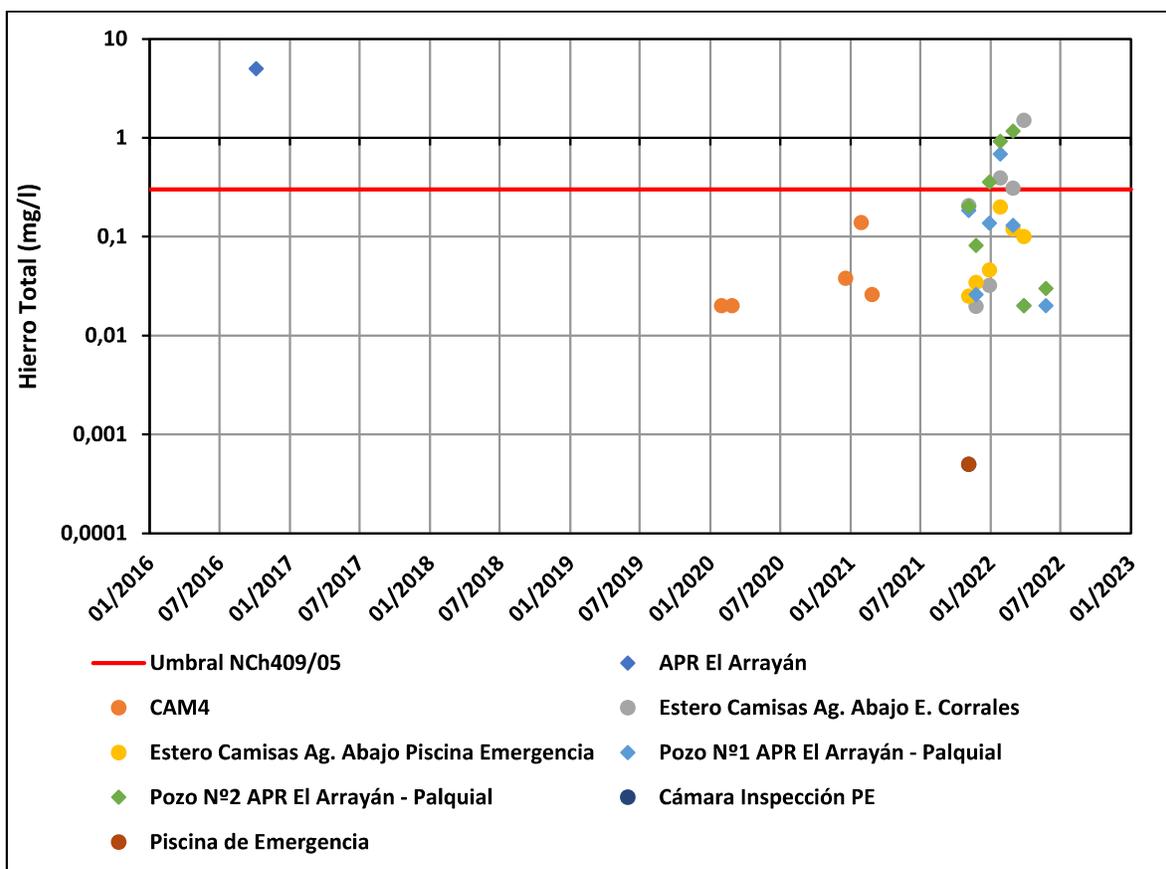
Fuente: Elaboración Propia

En la

Figura 7, se representa en escala logarítmica en base 10 la evolución temporal del hierro total. Se observa que el hierro total se supera en ocho ocasiones a la norma de interés (0,3 mg/l), siendo una de ellas en octubre de 2016 (previo al incidente) correspondiente al máximo de los valores registrados. Además, se observa una superación puntual y no una tendencia o constante a superar la norma. Hubo una leve tendencia al aumento de la concentración de hierro total en Estero Camisas Aguas Abajo Embalse Corrales y en el Pozo N°2 APR El Arrayán – Palquial. Sin embargo, se destaca en el Pozo N°2 APR El Arrayán – Palquial que el último monitoreo efectuado la concentración se registró por debajo del límite máximo permisible de la NCh 409 igual a 0,03 mg/l.

En cuanto al monitoreo de la campaña del 24 de mayo 2022, el monitoreo no se efectuó en los puntos Estero Camisas Aguas Abajo Embalse Corrales y Estero Camisas Aguas Abajo Piscina de Emergencia ya que el estero se encontraba seco.

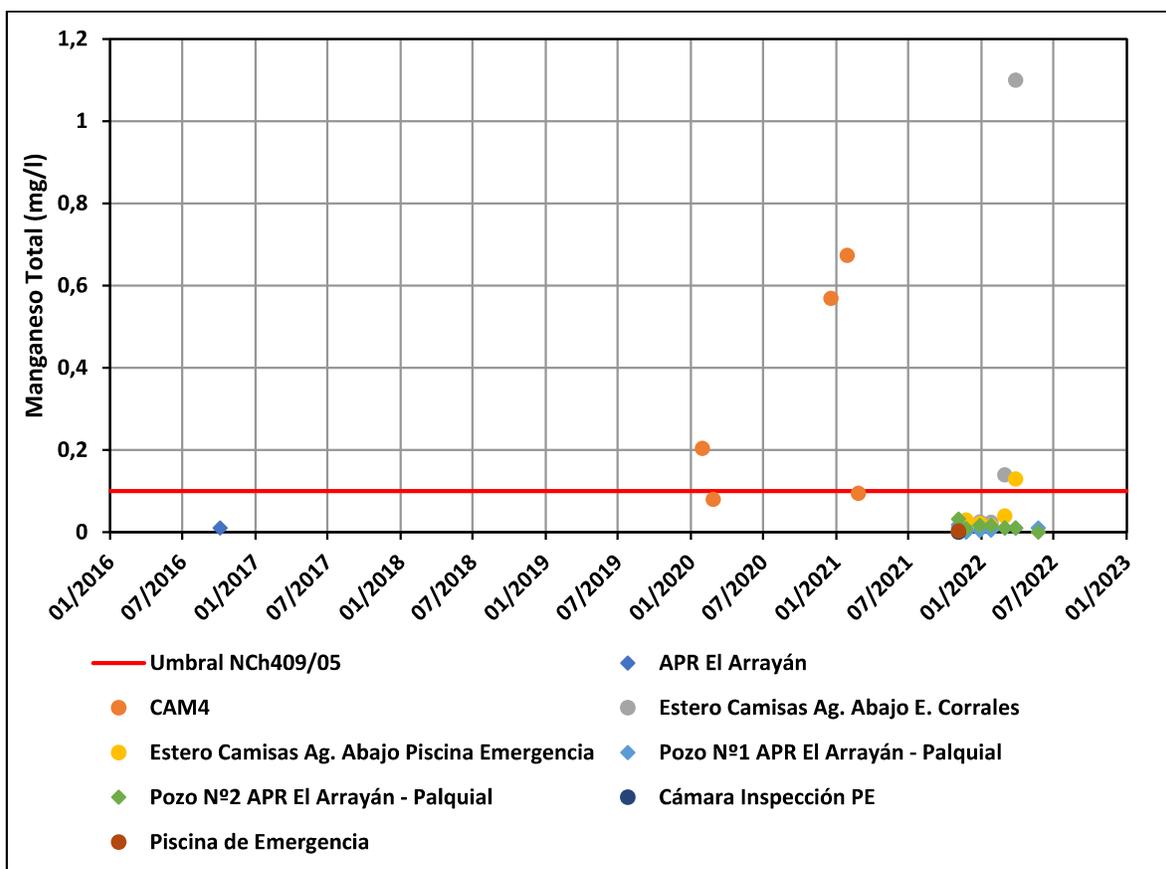
Figura 7. Evolución Temporal Hierro Total (mg/l)



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 8 se presenta la evolución temporal del manganeso total, destaca la superación del límite máximo permisible de 0,1 mg/l según la NCh409/05 en el punto de monitoreo CAM4, esto durante las campañas efectuadas entre enero 2020 y enero 2021, período anterior al incidente de derrame de MLP (ocurrido el 01 de noviembre de 2021). Por otro lado, se observa que los monitoreos realizados posterior a dicho incidente hasta febrero de 2022, no superan el umbral asociado a los requisitos para el consumo de agua potable. Es preciso mencionar que, el punto de monitoreo Estero Camisas Aguas Abajo Embalse Corrales tuvo una tendencia al aumento de la concentración de manganeso en las campañas de febrero y marzo de 2022, siendo igual a 0,14 y 1,1 mg/l, respectivamente, superando el LMP de la norma de referencia. Respecto, a la superación del límite máximo permisible de la NCh409 en el punto de monitoreo Estero Camisas Aguas Abajo Piscina Emergencia ocurre en una sola campaña en marzo 2022 con una concentración igual a 0,13 mg/l. Cabe hacer mención que, durante la campaña del 24 de mayo de 2022 no se pudo efectuar el monitoreo en Estero Camisas dado que se encontraba seco.

Figura 8. Evolución Temporal Manganeseo Total



Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, a partir de la información antes presentada del incidente de filtración desde la cámara de inspección y de la piscina de emergencia de MLP del 01 de noviembre del 2021, se obtuvo en la campaña del 04 y 23 de noviembre de 2021 que se supera la norma de referencia para el parámetro Coliformes Fecales en los puntos ubicados tanto aguas arriba como aguas abajo del incidente. Luego, a partir de la campaña del 28 de diciembre de 2021 en adelante, se determina que se supera la norma de referencia para el parámetro Hierro Total en los puntos ubicado aguas abajo del incidente (Pozo N°1 y N°2 APR El Arrayán – Palquial) y aguas arriba del incidente (Estero Camisas Aguas Abajo Embalse Corrales). En la campaña de febrero y marzo de 2022 se supera la concentración de Manganeseo Total en dos puntos ubicados aguas arriba y aguas abajo del incidente.

4. CONCLUSIONES

A partir de la información presentada en los ítems anteriores, se concluye que:

- La calidad del agua de la piscina de emergencia como de la cámara de inspección se caracterizan por poseer pH básicos (entre 9 y 10) y altas conductividades (del orden de 5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Además, el agua contenida en la piscina de emergencia y en la cámara de inspección en cuanto a metales y metaloides, no superan la norma de referencia para el consumo de agua potable.
- Respecto al pH monitoreado en los puntos Estero Camisas Aguas Abajo Embalse Corrales y Estero Camisas Aguas Abajo Piscina de Emergencia, se observa que, en ambos casos, el pH in situ es de aproximadamente 8,0. Por tanto, el pH de estos puntos de monitoreo se encuentra a 1 unidad de pH del que caracteriza al agua vinculada al derrame de MLP igual a 9,0. Cabe mencionar que, en el caso de las aguas superficiales y subterráneas el pH se mantiene sin variaciones significativas, permaneciendo estable.
- Respecto a la conductividad in situ y de laboratorio monitoreada tanto aguas arriba como aguas abajo del incidente en el Estero Camisas (considerando la fuente superficial y subterránea), se concluye que no presenta variaciones con ocasión del derrame de MLP, esto debido a que se encuentra, en ambos casos, alrededor de 375 y 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y alejadas del orden de magnitud que caracteriza el agua contenida en la piscina y cámara (5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Al considerar sólo los resultados de la conductividad in situ se observa que en los cuatro puntos de monitoreo posterior al incidente presentan una leve tendencia al ascenso y a partir de marzo 2022 una leve tendencia al descenso. En términos generales, la conductividad se mantiene estable.
- Para el caso de los puntos de monitoreo: APR El Arrayán, Estero Camisas Aguas Abajo Embalse Corrales, Estero Camisas Aguas abajo Piscina de Emergencia, Pozo N°1 y N°2 APR El Arrayán – Palquial, se tiene que tanto para la concentración de fenol como para la concentración de mercurio total, corresponden a valores reportados en el certificado de laboratorio equivalentes al límite de detección, lo que conlleva a concluir que se desconoce con exactitud si realmente supera a la norma de referencia o no, dado que dicho límite de detección es mayor que el valor umbral normado en la NCh409/05.
- En el caso de los parámetros como hierro y manganeso ambos expresados en su fracción total, superan la norma de referencia asociado al consumo de agua en campañas de monitoreo previas al incidente denunciado (2016, 2020 y 2021), en los puntos denominados APR El Arrayán y CAM4. En campañas posteriores al incidente, se reportó la superación del manganeso total en Estero Camisas tanto aguas abajo embalse corrales como aguas abajo piscina emergencia, no se evidencia una tendencia o constante en la superación del límite máximo permisible, sino más bien corresponde a una superación puntual de la concentración.

- La calidad de las aguas del Estero Camisas y Pozos del APR El Arrayán no evidencia afectación con ocasión del derrame de MLP desde la cámara de inspección y piscina de emergencia, sustentado, principalmente, porque los parámetros que superan la norma de referencia NCh 409/05 corresponden a parámetros coliformes fecales, hierro y manganeso total, todos sin ser vinculantes al agua de proceso caracterizada por pH básicos y altas conductividades, según se indicó anteriormente. Cabe señalar que, los coliformes fecales no se relacionan a la actividad minera, sino más bien a otras actividades como pastoreo y animales sin domesticar que se encuentran en la localidad y pueden deponer sus heces en las cercanías del estero. Respecto al hierro y al manganeso total, se relacionarían a causas naturales de geología presente en la cuenca, y/o a acumulación de estos parámetros en los tubos de los pozos pudiendo liberar su concentración en el proceso de abastecimiento de agua potable.
- Se sugiere que, ante otra eventualidad de emergencia ambiental vinculada a la actividad minera se monitoree y reporte el parámetro de sulfato, esto con la finalidad de analizar su tendencia y verificar con un parámetro distinto al pH y conductividad, si el agua de proceso interactúa o afecta a las aguas ubicadas aguas abajo del incidente.
- En el caso de no ocurrir nuevos eventos de emergencia. se sugiere que la frecuencia de monitoreo se efectúe cada cuatro meses, dado que los parámetros se encuentran estables sin una tendencia al alza significativa y, mayoritariamente, bajo la norma NCh409/05 y, además, se sabe que el escurrimiento del agua subterránea es lento en comparación con el movimiento de agua superficial.
- Por último, es posible concluir que los puntos de monitoreo y su distribución espacial fueron correctamente definidos, tomando muestras tanto aguas arriba como aguas abajo del incidente. Y considerando en este análisis de calidad de agua al menos siete campañas efectuadas los días 04 y 23 de noviembre y 28 de diciembre 2021; 25 de enero, 28 de febrero, 28 de marzo y 24 de mayo de 2022.

5. ANEXOS

A continuación, se presentan dos Anexos, el primero corresponde a la base de datos utilizada para el presente informe y análisis de calidad de las aguas, y el segundo corresponde a un extracto de la normativa de referencia utilizada en dichos análisis.

Anexo A: Base de Datos

Este anexo corresponde a una planilla Excel que contiene los puntos de monitoreo, parámetros de laboratorio e in situ, valor y unidad reportada en el certificado de laboratorio, valor umbral de acuerdo con la norma de referencia (NCh 409/05) e identificación de si se supera o no el límite máximo permisible de dicha norma, nombre de laboratorio que analizó la muestra, código de certificado de laboratorio y/o muestra, entre otros.

Se facilita el siguiente enlace para proceder a la descarga de la base de datos, informes de ensayo de calidad de aguas, cadenas de custodias (parámetros in situ) y antecedentes que son de interés para esta emergencia ambiental:

<https://drive.google.com/drive/folders/1mbY9OI1U2QBnXf0Q5MANHvvcpc-ncRHOB?usp=sharing>

Anexo B: Normativa

A continuación, se presenta un extracto de los límites máximos y mínimos permisibles, para el cumplimiento de los requisitos de calidad del agua potencialmente afectados en la zona de interés correspondiente al consumo agua potable rural. La norma asociada corresponde a la Norma Chilena NCh409/1 Of.2005 la cual presenta los requisitos de calidad del agua para el agua potable. Dicha norma se utilizó para el análisis de calidad de agua del presente documento.

En la Tabla A.1 se presentan los límites máximos permisibles de acuerdo con la NCh 409/05, destacando en color naranja los parámetros que, eventualmente, superaron la norma en las campañas vinculadas al incidente denunciado.

Tabla A.1. Extracto de Límites Permisibles según la NCh409

Parámetros	Máx. NCh 409	Unidad	Tipo
Amoniaco	1,5	mg/l	Organoléptica/Inorgánicos
Arsénico Total	0,01	mg/l	Químico/No Esencial
Benceno	10,00	ug/L	Químico/Orgánico
Cadmio Total	0,01	mg/l	Químico/No Esencial
Cianuro Total	0,05	mg/l	Químico/No Esencial
Cloruro	400,0	mg/l	Organoléptica/Inorgánicos
Cobre Total	2,0	mg/l	Químico/Esencial

Parámetros	Máx. NCh 409	Unidad	Tipo
Coliformes Fecales	5,0	NMP/100ml & Ausencia de E. Coli	Microbiológicos
Color	20,0	Pt-Co	Organoléptica/Físicos
Cromo Total	0,05	mg/l	Químico/Esencial
Fenol	2,0	ug/L	Organoléptica/Orgánicos
Fluoruro Total	1,5	mg/l	Químico/Esencial
Hierro Total	0,3	mg/l	Químico/Esencial
Magnesio Total	125,0	mg/l	Químico/Esencial
Manganeso Total	0,1	mg/l	Químico/Esencial
Mercurio Total	0,001	mg/l	Químico/No Esencial
Nitrato	50,0	mg/l	Químico/No Esencial
Nitrito	3,0	mg/l	Químico/No Esencial
Olor	Inodora	-	Organoléptica/Físicos
pH in situ	6.5-8.5	Adimensional	Organoléptica/Inorgánicos
Plomo Total	0,05	mg/l	Químico/No Esencial
Razón Nitrato + Nitrito	1,0	mg/l	Químico/No Esencial
Sabor	Insípida	-	Organoléptica/Físicos
Selenio Total	0,01	mg/l	Químico/Esencial
Sólidos Disueltos Totales	1500,0	mg/l	Organoléptica/Inorgánicos
Sulfato	500,0	mg/l	Organoléptica/Inorgánicos
Tetracloroetano	40,0	ug/L	Químico/Orgánico
Tolueno	700,0	ug/L	Químico/Orgánico
Turbiedad in situ	20,0	UNT & Media mensual ≤ 2	Microbiológicos
Xileno	500,0	ug/L	Químico/Orgánico
Zinc Total	3,0	mg/l	Químico/Esencial

Fuente: Elaboración Propia extraído de la norma NCh409/05.

Anexo C: Campañas y Parámetros sobre la Normativa

A continuación, se presenta en la Tabla C.1 un resumen de las campañas y puntos de monitoreo y los parámetros que superan la concentración máxima permisible de acuerdo con la normativa de referencia NCh409.

Tabla C.1. Resumen Campañas, Puntos de Monitoreo y Parámetros sobre la Norma de Referencia

Campaña de Monitoreo	APR El Arrayán	CAM4	Cámara de Inspección	Piscina de Emergencia	Estero Camisas aguas Abajo Embalse Corrales	Estero Camisas Aguas Abajo Piscina Emergencia	Pozo N°1 APR El Arrayán - Palquial	Pozo N°2 APR El Arrayán - Palquial
04/10/2016	Hierro Total Mercurio Total	-	-	-	-	-	-	-
08/08/2018	-	-	-	-	-	-	-	-
30/01/2020	-	Coliformes Fecales Manganeso Total	-	-	-	-	-	-
26/02/2020	-	-	-	-	-	-	-	-
18/12/2020	-	Manganeso Total	-	-	-	-	-	-
28/01/2021	-	Manganeso Total	-	-	-	-	-	-
25/02/2021	-	-	-	-	-	-	-	-

Campaña de Monitoreo	APR El Arrayán	CAM4	Cámara de Inspección	Piscina de Emergencia	Estero Camisas Aguas Abajo Embalse Corrales	Estero Camisas Aguas Abajo Piscina Emergencia	Pozo N°1 APR El Arrayán - Palquial	Pozo N°2 APR El Arrayán - Palquial
01/11/2021	-	-	-	-	-	-	-	-
04/11/2021	-	-	-	-	Fenol	Fenol	Fenol	Fenol
23/11/2021	-	-	-	-	Fenol	Fenol	Fenol	Fenol
28/12/2021	-	-	-	-	Coliformes Fecales	Coliformes Fecales	-	Hierro Total
25/01/2022	-	-	-	-	Hierro Total	-	Hierro Total	Hierro Total
28/02/2022	-	-	-	-	Hierro Total	-	-	Hierro Total
28/03/2022	-	-	-	-	Manganeso Total	Manganeso Total	-	-
24/05/2022	-	-	-	-	Hierro Total	Manganeso Total	-	-

Fuente: Elaboración Propia