Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones
Tranque Ovejería
RCA 275-B/94 Modificada por Res. Exe. CE RMS N°204/2015

Informe Anual

PROGRAMA DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO

RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS

Periodo: Año 2023

CODELCO – DIVISIÓN ANDINA

Marzo de 2024

Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones
Tranque Ovejería
RCA 275-B/94 Modificada por Res. Exe. CE RMS N°204/2015

Informe Anual
PROGRAMA DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO
RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS

Periodo: Año 2023

INDICE

1. RESUMEN 1

2. INTRODUCCIÓN 2

3. OBJETIVO 9

4. MATERIALES Y MÉTODOS 10

a) Descripción del área de estudio 10
b) Puntos de muestreo 11
c) Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales 16
d) Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control y equipos utilizados 16
e) Fechas de muestreo 19

5. RESULTADOS 21

5.1 Monitoreo de seguimiento de la pluma de las aguas claras (Lista Corta). 21
5.2 Monitoreo de tendencias históricas (Lista Larga). 63
5.3 Monitoreo dedicado a pozos APRs 77
5.3.1 APR Huechún: 77
5.3.2 APR Santa Matilde: 79
5.3.3 APR Punta Peuco: 81
5.3.4 Percentiles 50% de la concentración de sulfatos de doce meses consecutivos: 83
5.4 Datos de producción – Control de Extracciones y de Inyección de aguas de buena calidad 87
5.5 Sistema de Acceso Público 90

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES 91

ANEXOS

ANEXO 1: Informe Anual Plan de Alerta Temprana Año 2023.

ANEXO 2: Informes de Resultados ETFA (Entidades de Fiscalización Ambiental).

ANEXO 3: Acreditaciones del personal de muestreo y del laboratorio de análisis hidroquímicos.

ANEXO 4: Participantes de las actividades de muestreo, análisis de laboratorio y elaboración de informe.

ANEXO 5: Representación gráfica de tendencias históricas.

ANEXO 6: Caudales medios diarios de extracción pozos de bombeo 2023.

ANEXO 7: Registros Planta de Osmosis Inversa (POI) 2023.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1 (Res. 204/2015): Parámetros Físicos y Químicos "Lista Corta"……..4
Tabla N°2 (Res. 204/2015): Parámetros Físicos y Químicos "Lista Larga"……..5
Tabla N°3 (Res. 204/2015): Pozos de Monitoreo Aguas Subterráneas……..6
Tabla 4.1: Pozos de Monitoreo Aguas Subterránea. 12
Tabla 4.2: Metodología y profundidades de muestreo 19
Tabla 4.3: Fechas de monitoreo. 20
Tabla 5.1: Resultados del monitoreo Lista Corta. Trimestre enero a marzo de 2023. 22
Tabla 5.2: Resultados del monitoreo Lista Corta. Trimestre abril a junio de 2023. 23
Tabla 5.3: Resultados del monitoreo Lista Corta. Trimestre julio a septiembre de 2023. 24
Tabla 5.4: Resultados del monitoreo Lista Corta. Trimestre octubre a diciembre de 2023. 25
Tabla 5.5: Resultados del monitoreo durante el trimestre. Lista Larga. Trimestre enero a marzo de 2023. ... 65
Tabla 5.6: Resultados del monitoreo durante el trimestre. Lista Larga. Trimestre abril a junio de 2023. 67
Tabla 5.7: Resultados del monitoreo durante el trimestre. Lista Larga. Trimestre julio a septiembre de 2023. 71
Tabla 5.8: Resultados del monitoreo durante el trimestre. Lista Larga. Trimestre octubre a diciembre de 2022. 74
Tabla 5.11: Resultados de monitoreo dedicado a pozos APR. APR Punta Peuco. 82
Tabla 5.12: Percentiles 50% de la concentración de sulfatos de doce meses consecutivos en APR. Año 2023 (P50 12 M)..... 85
Tabla 5.13: Registro de producción mensual Pozos de Bombeo de la Barrera Hidráulica. Año 2023. 87
Tabla 5.14: Registro de producción mensual de los Pozos de Robustecimiento de la Barrera Hidráulica. Año 2023. 88
Tabla 5.15: Registro de producción mensual de los Pozos de Bombeo Focalizado. Año 2023. 88
Tabla 5.16: Registro de inyección mensual de aguas de buena calidad. Año 2023. 89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1: Ubicación Tranque Ovejería. 10
Figura 4.2: Ubicación de estaciones (pozos) de monitoreo 14
Figura 5.1: Relación conductividad específica versus concentración de sulfatos y conductividad específica versus sólidos disueltos totales. Año 2023. 26
Figura 5.2: Distribución espacial de la concentración de sulfatos, mg/l. Promedio del trimestre enero a marzo de 2023. 27
Figura 5.3: Distribución espacial de la concentración de sulfatos, mg/l. Promedio del trimestre abril a junio de 2023. 28
Figura 5.4: Distribución espacial de la concentración de sulfatos, mg/l. Promedio del trimestre julio a septiembre de 2023. 29
Figura 5.5: Distribución espacial de la concentración de sulfatos, mg/l. Promedio del trimestre octubre a diciembre de 2023. 30
Figura 5.6: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo PBID-3. 35
Figura 5.7: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo PB-2. 35
Figura 5.8: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo SO-14. 36
Figura 5.9: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo G-04. 36
Figura 5.10: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo G-11. 37
Figura 5.11: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo G-12. 37
Figura 5.12: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo G-05. 38
Figura 5.13: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo PES-01. 38
Figura 5.14: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo PES-03. 39
Figura 5.15: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo PES-04. 39
Figura 5.16: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo G-02. 40
Figura 5.17: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo PES-02. 40
Figura 5.18: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo PB-3. 41
Figura 5.19: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo PB-13. 41
Figura 5.20: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo G-03. 42
Figura 5.21: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo G-06. 42
Figura 5.22: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo A1 Fundo El Chaval.. 43
Figura 5.23: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo H-19 P48B-03. 43
Figura 5.24: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo H-20 C-10 Ruta 5. 44
Figura 5.25: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo APR Huechún. 44
Figura 5.26: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo APR Santa Matilde. . 45
Figura 5.27: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo Serv. Punta Peuco.... 45
Figura 5.28: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo APR Huertos Familiares. 46
Figura 5.29: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo H-21 DAND 46
Figura 5.30: Distribución espacial de la profundidad de niveles piezométricos, m. Promedio del trimestre enero a marzo de 2023. 48
Figura 5.31: Distribución espacial de la profundidad de niveles piezométricos, m. Promedio del trimestre abril a junio de 2023. 49
Figura 5.32: Distribución espacial de la profundidad de niveles piezométricos, m. Promedio del trimestre julio a septiembre de 2023. 50
Figura 5.33: Distribución espacial de la profundidad de niveles piezométricos, m. Promedio del trimestre octubre a diciembre de 2023. 51

Figura 5.34: Evolución observada y pronosticada niveles. Pozo PBID-3. 53
Figura 5.35: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo PB-2. 53
Figura 5.36: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo G-04. 54
Figura 5.37: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo G-11. 54
Figura 5.38: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo G-12. 55
Figura 5.39: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo G-05. 55
Figura 5.40: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo PES-01. 56
Figura 5.41: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo PES-03. 56
Figura 5.42: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo PES-04. 57
Figura 5.43: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo G-02. 57
Figura 5.44: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo PES-02. 58
Figura 5.45: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo PB-3. 58
Figura 5.46: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo G-03. 59
Figura 5.47: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo G-06. 59
Figura 5.48: Evolución observada y pronosticada niveles. Pozo APR Huechún. 60
Figura 5.49: Evolución observada y pronosticada niveles. Pozo APR Santa Matilde. 60
Figura 5.50: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo H-21 DAND. 61
Figura 5.51: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo P48B-03. 61
Figura 5.52: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo PB-13. 62

1. RESUMEN

En cumplimiento de la Res. Exe. CE RMS N°204/2015 de fecha 08 de mayo de 2015, que modifica el considerando 1.9.1.2 "Recursos Hídricos Subterráneos" de la RCA 275-B/94 de fecha 04 de marzo de 1994 que resuelve sobre el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto "Sistema de Disposición de Relaves a Largo Plazo-Proyecto Embalse Ovejería"; se presenta el Informe Anual del *año 2023* considerado en los reportes que se describen en el considerando 11.2.7 de dicha Res. Exe. CE RMS N°204/2015.

Es así como se informa anualmente sobre el análisis integral de los Informes Trimestrales del año precedente, lo que permite evaluar el comportamiento del acuífero, la eficacia del funcionamiento de las medidas del Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones (PSyCI), y hacer proposiciones de mejoramiento si la eficacia observada es menor a la prevista.

Los resultados del monitoreo efectuado durante el año del Programa de Monitoreo y Seguimiento (PMS), en términos generales consideran:

- el monitoreo de seguimiento de la pluma de las aguas claras,
- el monitoreo de tendencias históricas,
- el monitoreo dedicado a pozos APRs y,
- los datos de producción – control de Extracciones.

El presente Informe Anual 2023 del Programa de Monitoreo y Seguimiento (PMS), contiene el análisis integral de los Informes Trimestrales del año 2023, lo que permite evaluar el comportamiento del acuífero, compendiando los resultados reportados a través de los Informes Trimestrales, respecto a las mediciones de los indicadores y parámetros relevantes del monitoreo efectuado, los registros de caudales diarios explotados por la barrera hidráulica, y conclusiones sobre la evolución del sistema en el periodo que se informa, de acuerdo a lo establecido en el considerando 11.2.7 de la resolución anteriormente mencionada.

Ello incluye las mediciones efectuadas en el periodo anual (año 2023) y gráficos con las evoluciones observadas (medidas) y su comparación con las pronosticadas, además de relaciones entre las distintas variables de análisis (CE vs SO4, CE vs SDT).

Se incluyen a su vez los resultados del año a informar del monitoreo de tendencias históricas, así como el análisis de tendencias de las variables consideradas en dicho monitoreo con respecto a su comportamiento histórico para aquellas que se cuenta con datos antes del inicio del monitoreo según la Res. Exe. CE RMS N°204/2015.

A su vez, se incluye en Anexo 1 el Informe Anual del Plan de Alerta Temprana correspondiente al periodo en análisis – año 2023 -; informe independiente el cual incluye los resultados del estadígrafo percentil 50% de 6 meses móviles sobre la concentración de sulfatos registrada en los pozos de seguimiento que se han incorporado en el Plan de Alerta Temprana.

2. INTRODUCCIÓN

El presente texto corresponde al Informe Anual del Programa de Monitoreo y Seguimiento (PMS), referido a la componente ambiental aguas subterráneas a través del nivel de aguas subterráneas y la calidad del agua, variables ambientales asociadas que las caracterizan y son objeto de su seguimiento. El informe corresponde al año *2023*.

Este Informe Anual PMS ha sido establecido en la Res. Ex. CE 204/2015, de fecha 08 de mayo de 2015 que resuelve el proceso de revisión de la Resolución de Calificación Ambiental N° 275-B/1994 del Proyecto "Sistema de Disposición de Relaves a Largo Plazo: Proyecto Embalse Ovejería" y que modifica el considerando 1.9.1.2 "Recursos Hídricos Subterráneos" de dicha RCA.

El monitoreo y seguimiento en los términos detallados se ha iniciado en el mes de julio del año 2015, de acuerdo con lo establecido en el considerando 11.2.9 de la Res. Exe. CE RMS N°204/2015.

El Programa de Monitoreo y Seguimiento y los correspondientes informes asociados, son establecidos en el considerando 11.2 de la Res. Ex. 204/2015, según lo siguiente:

11.2 <u>Programa de Monitoreo y Seguimiento:</u>

Contempla el establecimiento de una completa red de monitoreo, reemplazando la actual red de monitoreo establecida en la RCA 275-B.

En lo fundamental, el Programa de Monitoreo y Seguimiento de Indicadores está constituido por los siguientes elementos:

- *Área de monitoreo y seguimiento.*
- *Monitoreo de seguimiento de la pluma de aguas claras.*
- *Monitoreo de tendencias históricas.*
- *Monitoreo dedicado a pozos APRs.*

11.2.1 Área de monitoreo y Seguimiento:

Se contempla un sistema de seguimiento y alerta de los niveles y calidad de las aguas subterráneas sobre el área existente entre la ubicación de la barrera hidráulica y línea de inyección principal de agua fresca, y los pozos de agua potable rural o APR. Para esto el Titular utilizará algunos pozos pertenecientes a la actual red de monitoreo y se agregan algunos pozos complementarios. Conformando la red de monitoreo definitiva para los Recursos Hídricos subterráneos, en reemplazo del punto 1.9.1.2 de la parte resolutiva de la RCA 275-B/1994.

En definitiva, la ubicación de los pozos que conforman la red de monitoreo para el control de la pluma de aguas claras del tranque, se presenta en la Tabla N°3 de la presente resolución y

en Figura 3.3 del Anexo B[1] (Consolidado de Obligaciones del PSyCI) del Tercer Consolidado de Respuestas a Solicitud de Antecedentes PSyCI Tranque Ovejería, presentado con fecha 03 de septiembre de 2014 por Codelco División Andina, el cual forma parte integrante de la presente resolución.

Cabe señalar que, de acuerdo con lo informado por el Titular, los pozos C 28 Polpaico, C 16 Fundo Montecarlo, Ernesto Saavedra y C 23 Darío Ovalle, se encuentran en predios que no son de Codelco, por lo que el acceso y la posibilidad de monitoreo en ellos está sujeta a la disponibilidad de los dueños de dichos predios, y a la operación que puntualmente se esté realizando en ellos. A objeto de mejorar esta condición, el Titular informó que realizará las gestiones para ubicar pozos alternativos a ellos, en caminos públicos cercanos, dentro de la faja fiscal, para los que solicitarán las autorizaciones correspondientes, presentando los antecedentes al Servicio de Evaluación Ambiental de la RM.

11.2.2 Monitoreo de seguimiento de la Pluma de Aguas Claras del Tranque

Corresponde al monitoreo de la evolución de la pluma de las aguas del tranque para verificar la eficacia de las medidas que se adoptarán.

Los parámetros identificados para este monitoreo, corresponden a: Niveles de Aguas Subterráneas, pH, Conductividad Específica (CE), Sólidos Disueltos Totales (SDT), y concentración de Sulfato (SO4). Para los Efectos de los análisis posteriores se denomina al conjunto de parámetros como "Lista Corta" (Tabla N°1).

[1] Figura 4.1 del presente Informe Anual PMS.

Tabla N°1 (Res. Exe. CE RMS N°204/2015)
Parámetros Físicos y Químicos "Lista Corta"

Parámetro	*Símbolo*	*Unidad*	*Periodicidad*
pH	*-*	*-*	*Mensual*
Conductividad Específica	*CE*	*µS/cm*	*Mensual*
Sulfato	*SO4-2*	*mg/l*	*Mensual*
Nivel de Aguas Subterráneas	*-*	*m*	*Mensual*
Sólidos Disueltos Totales	*-*	*mg/l*	*Mensual*

11.2.3 Monitoreo de tendencias históricas

Para este monitoreo se considera la evaluación de un subconjunto de parámetros contenidos en las normas actualmente en vigencia para Agua Potable (Nch 409/1 Of. 2005) y para Riego (Nch 1333/Of.78 Mod. 78), en todos los pozos de la red de monitoreo.

Adicionalmente, se deberán incluir los macroelementos Bicarbonato (HCO3) u Carbonato (CO3), Sodio (NA), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), y Potasio (K). Para los efectos de análisis posteriores se denomina a este conjunto de parámetros de mayor alcance como "Lista Larga" (Tabla N°2).

Tabla N°2 (Res. Exe. CE RMS N°204/2015)
Parámetros Físicos y Químicos "Lista Larga"

Parámetro	*Símbolo*	*Unidad*	*Periodicidad*
Amoniaco	*NH3*	*mg/l*	*Trimestral*
Arsénico	*As*	*mg/l*	*Trimestral*
Bicarbonato	*HCO3*	*mg/l*	*Trimestral*
Boro	*B*	*mg/l*	*Trimestral*
Calcio	*Ca*	*mg/l*	*Trimestral*
Cadmio	*Cd*	*mg/l*	*Trimestral*
Carbonato	*CO3*	*mg/l*	*Trimestral*
Cianuro	CN^-	*mg/l*	*Trimestral*
Cloruro	Cl^-	*mg/l*	*Trimestral*
Cobre	*Cu*	*mg/l*	*Trimestral*
Color verdadero	*-*	*Unidad Pt-Co*	*Trimestral*
Olor	*-*	*-*	*Trimestral*
Sabor	*-*	*-*	*Trimestral*
Cromo	*Cr*	*mg/l*	*Trimestral*
Fluoruro	*F-*	*mg/l*	*Trimestral*
Hierro	*Fe*	*mg/l*	*Trimestral*
Magnesio	*Mg*	*mg/l*	*Trimestral*
Manganeso	*Mn*	*mg/l*	*Trimestral*
Mercurio	*Hg*	*mg/l*	*Trimestral*
Molibdeno	*Mo*	*mg/l*	*Trimestral*
Nitrato	$NO3^-$	*mg/l*	*Trimestral*
Nitrito	$NO2^-$	*mg/l*	*Trimestral*
Razón nitrito+nitrato	*-*	*-*	*Trimestral*
Plomo	*Pb*	*mg/l*	*Trimestral*
Potasio	*K*	*mg/l*	*Trimestral*
Selenio	*Se*	*mg/l*	*Trimestral*
Sodio	*Na*	*mg/l*	*Trimestral*
Zinc	*Zn*	*mg/l*	*Trimestral*

11.2.4 Monitoreo dedicado a pozos APRs.

En forma complementaria al seguimiento de la pluma de aguas claras y al monitoreo de las tendencias históricas, el titular señaló que implementará un monitoreo a nivel mensual y trimestral, según corresponda, dedicado a los APRs Santa Matilde, Huechún y Punta Peuco, de acuerdo a lo que se indica en la Tabla N° N°3, siguiente:

Tabla N°3 (Res. Exe. CE RMS N°204/2015)
Pozos de Monitoreo Aguas Subterráneas

Estación de Monitoreo	Tipo de pozo	Coordenadas UTM PSAD 56 (m)		Prof. (m)	Condición de monitoreo	Lista de muestreo o parámetro	Frecuencia
		Este	Norte				
G-04	Pozo Observación Codelco	332.439	6.340.220	63	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
PB-2	Pozo Observación Codelco	332.203	6340.160	50	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
PBID-3	Pozo Observación Codelco	332.075	6340.690	55	Con bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
SO-14	Pozo Observación Codelco	331.458	6340.155	69	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
PB-3	Pozo Observación, con bomba instalada	333.933	6.339.379	65	Con bomba y tubería cerrada	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
PB-13	Pozo Observación	333.727	6.339.238	50	Con bomba y tubería cerrada	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
G-02	Pozo Observación Codelco	333.937	6.340.167	77	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
G-03	Pozo Observación Codelco	334.340	6.339.720	72	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
G-05	Pozo Observación Codelco	332.371	6.338.221	142	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
G-06	Pozo Observación Codelco	335.158	6.339.557	85	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
G-11	Pozo Observación Codelco	331.676	6.339.604	71	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
G-12	Pozo Observación Codelco	332.323	6.339.587	100	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
PES-02 (*)	Pozo Observación Codelco	333.555	6.339.710	50	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
Ern. Saav. (***)	Pozo Particular de Riego	334.420	6.336.277	S/I	-	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
C-28 Polpaico (Chilectra) (***)	Pozo Particular de Riego	329.801	6.334.408	S/I	-	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral

Tabla N°3 (Res. Exe. CE RMS N°204/2015). Continuación.
Pozos de Monitoreo Aguas Subterráneas

Estación de Monitoreo	Tipo de pozo	Coordenadas UTM PSAD 56 (m)		Prof. (m)	Condición de monitoreo	Lista de muestreo o parámetro	Frecuencia
APR El Colorado	Pozo Agua Potable	339.818	6.339.668	S/I	Con bomba y tubería cerrada	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
APR Huertos Familiares	Pozo Agua Potable	331.227	6.332.820	90	Con bomba y línea de aire	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
APR Huechún	Pozo Agua Potable	334.805	6.339.181	60	Con bomba y tubería cerrada	Nch409 + Ca + Na + K + Mo + Nivel	Mensual
						Larga	Trimestral
APR Santa Matilde	Pozo Agua Potable	332.81	6.335.865	80	Con bomba y tubería cerrada	Nch409 + Ca + Na + K + Mo + Nivel	Mensual
						Larga	Trimestral
Serv. Punta Peuco	Pozo Agua Potable	329.927	6.334.756	80	Con bomba y tubería cerrada	Nch409 + Ca + Na + K + Mo + Nivel	Mensual
						Larga	Trimestral
A1 Fundo El Chaval	Pozo Observación Codelco	335.123	6.339.422	80	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
C-16 Fundo Montecarlo	Pozo Particular de Riego	334.278	6.336.416	S/I	Con bomba y línea de aire	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
C23 Darío Ovalle (***)	Pozo Particular de Riego	332.275	6.335.189	55	-	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
PES-01 (*)	Pozo Observación Codelco	332.550	6.337.545	50	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
PES-03 (*)	Pozo Observación Codelco	332.050	6.337.350	80	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
PES-04 (*)	Pozo Observación Codelco	332.94	6.337.545	60	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral

(*) Pozos proyectados, coordenadas preliminares y profundidades proyectadas.
(**) Pozo tapado, se incluye bajo consideración de reemplazo por pozo cercano cuyos antecedentes técnicos serán entregados a la autoridad para su consideración.
(***) Pozo seco, se incluye bajo consideración de re-perforación o remplazo por pozo cercano cuyos antecedentes técnicos deberán ser entregados a la autoridad para su consideración.

11.2.5 Frecuencia de monitoreo.

*Como se advierte de las Tablas precedentes, la frecuencia de monitoreo es **mensual para la "Lista Corta"**, cuyo objetivo principal es analizar la evolución de la pluma de aguas claras del tranque y **trimestral para la "Lista Larga"**, cuyo objetivo es un análisis de las tendencias históricas.*

11.2.6 Datos de producción – Control de Extracciones

El titular informó además que los pozos de bombeo tendrán medidores instantáneos y totalizadores de flujo. Durante todo el proceso de explotación, se mantendrá un "Registro de Producción de los Pozos de Bombeo", en el que se constará el registro mensual de cada pozo con la tasa de flujo, el volumen total extraído, el control de caudal medio diario y máximo instantáneo de cada uno de los pozos de producción, a intervalos de un mes.

11.2.7 Reportes

El análisis de los indicadores contendrá, según comprometió el Titular, en lo fundamental, las mediciones efectuadas en el período que se informe (trimestral) y gráficos con las evoluciones observadas (medidas) y su comparación con las pronosticadas, además de relaciones entre las distintas variables de análisis (por ejemplo, CE vs. SO4, CE vs SDT). Particularmente, en las gráficas con las evoluciones observadas, se incluirá el estadígrafo percentil 50% de 6 meses móviles, sobre la concentración de sulfatos registrada en los pozos de seguimiento que se incorporan al Plan de Alerta Temprana, para efectos de evaluar el chequeo de umbrales y la activación de medidas, según se detallará más adelante[2]*.*

Sin perjuicio del análisis trimestral anterior, el titular se comprometió a efectuar anualmente un análisis integral del comportamiento del acuífero, que permita evaluar la eficacia del funcionamiento de las medidas de control de infiltraciones. En este documento se incorporará información sobre las variables relevantes (niveles de aguas subterráneas, parámetros de calidad).

En consecuencia, la entrega de resultados del monitoreo de indicadores a la Superintendencia de medio Ambiente se realizará según la siguiente descripción:

- ***Informes Mensuales:*** *Corresponde a los resultados de análisis de laboratorio de las aguas claras del Tranque. Este informe será enviado a la autoridad dentro de los 15 días hábiles siguientes al mes correspondiente.*

- ***Informes Trimestrales:*** *Se informarán las mediciones de los indicadores y parámetros relevantes del monitoreo efectuado según se detalla en esta sección, registro de los caudales diarios explotados por la barrera hidráulica en su conjunto en el período, observaciones y conclusiones sobre la evolución del sistema en el período que se informa.*

  El Informe Trimestral será enviado a la autoridad 30 días hábiles después del último día hábil del tercer mes del trimestre correspondiente.

- ***Informes Anuales:*** *Anualmente se informará sobre el análisis integral de los Informes Trimestrales del año correspondiente, lo que permitirá evaluar el*

[2] Referido a considerando 11.3 Plan de Alerta Temprana, Res. 204/2015.

comportamiento del acuífero, la eficacia del funcionamiento de las medidas del PSyCI, y hacer proposiciones de mejoramiento si la eficacia observada es menor a la prevista. El Informe Anual será enviado a la autoridad 60 días hábiles después del último día hábil del año correspondiente.

11.2.8 Sistema de acceso público

En un término de 60 días contados desde la notificación de la presente resolución, el titular se comprometió a implementar un sistema web de acceso público en el que se mantendrán los registros de monitoreo sobre conductividad específica para los sistemas APR Santa Matilde, Huechún y Punta Peuco.

Sin embargo, de acuerdo a lo solicitado por la Dirección de Obras Hidráulicas RM, mediante su Oficio Ord. N° 235, de fecha 27 de febrero de 2014, se hace presente que, además del registro de conductividad, se deberán incluir en el sistema de acceso público comprometido, la totalidad de los parámetros contemplados en el programa de seguimiento consignado en el considerando 10.2 de la presente resolución.

Esta información será cargada dentro del mes siguiente al que ha sido obtenida.

11.2.9 Inicio del Plan de Monitoreo y Seguimiento

Se precisa que el monitoreo y seguimiento en los términos detallados en el presente considerando 11.2, deberá llevarse a cabo a partir del 01 julio del año 2015.

En cumplimiento del considerando 11.2 “Programa de Monitoreo y Seguimiento” de la Res. Exe. CE RMS N°204/2015 expuesto en párrafos anteriores, referido a los Informes Anuales; se presentan a continuación los resultados obtenidos en el año 2023.

El monitoreo y seguimiento en los términos detallados se ha iniciado en el mes de julio del año 2015, de acuerdo con lo establecido en el considerando 11.2.9 de la Res. Exe. CE RMS N°204/2015.

3. OBJETIVO

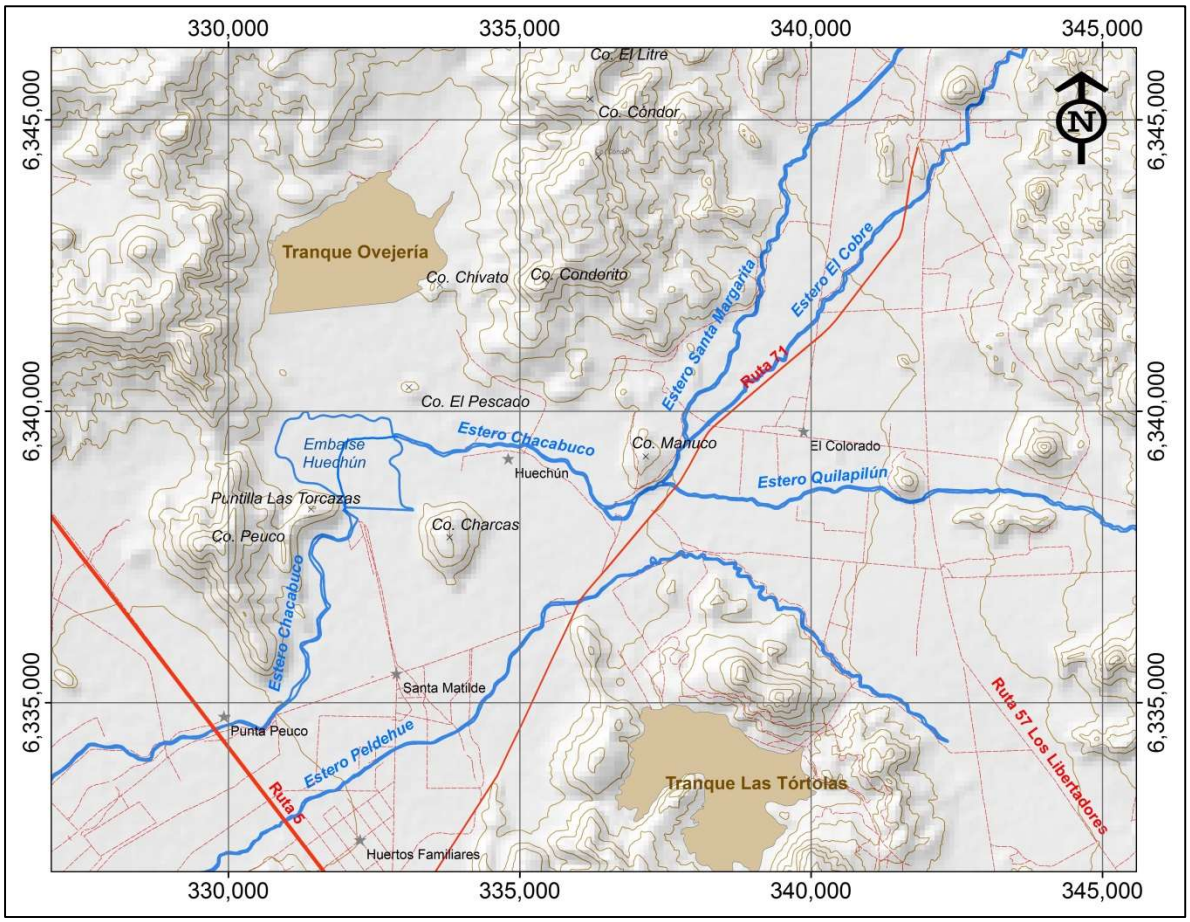
El presente Informe Anual tiene por objetivo presentar el análisis integral de los Informes Trimestrales del año 2023, lo que permitirá evaluar el comportamiento del acuífero, la eficacia del funcionamiento de las medidas del PSyCI, y hacer proposiciones de mejoramiento si la eficacia observada es menor a la prevista.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

a) Descripción del área de estudio

El Tranque de Relaves Ovejería se ubica en el extremo norte de la región Metropolitana a 45 km de la ciudad de Santiago (Figura 4.1), emplazado específicamente en la subcuenca de la Rinconada de Huechún, de no más de 70 km^2.

Figura 4.1: Ubicación Tranque Ovejería.



b) Puntos de muestreo

Los puntos de control que forman parte del Programa de Monitoreo y Seguimiento corresponden a pozos de observación de aguas subterráneas establecidos en Tabla N°3 de la Res. Exe. CE RMS 204/2015.

La Tabla 4.1 siguiente contiene los puntos de monitoreo de la Tabla N°3 de la Exe. CE RMS 204/2015, incorporando las coordenadas y profundidades definitivas de pozos proyectados y alternativos según dicha resolución de acuerdo al detalle que se indica a continuación. La ubicación de los pozos se ilustra en la Figura 4.2 del presente Informe Anual, en la cual se aprecia su posición respecto a los pozos APR Santa Matilde, Punta Peuco y Huechún.

Tabla 4.1: Pozos de Monitoreo Aguas Subterránea.

Estación de Monitoreo	Tipo de pozo	Coordenadas UTM PSAD 56 (m)		Prof. (m)	Condición de monitoreo	Lista de muestreo o parámetro	Frecuencia
		Este	Norte				
G-04	Pozo Observación Codelco	332.439	6.340.220	63	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
PB-2	Pozo Observación Codelco	332.203	6.340.160	50	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
PBID-3	Pozo Observación Codelco	332.075	6.340.690	55	Con bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
SO-14	Pozo Observación Codelco	331.458	6.340.155	69	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
PB-3	Pozo Observación, con bomba instalada	333.933	6.339.379	65	Con bomba y tubería cerrada	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
PB-13	Pozo Observación	333.727	6.339.238	50	Con bomba y tubería cerrada	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
G-02	Pozo Observación Codelco	333.937	6.340.167	77	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
G-03	Pozo Observación Codelco	334.340	6.339.720	72	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
G-05	Pozo Observación Codelco	332.371	6.338.221	142	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
G-06	Pozo Observación Codelco	335.158	6.339.557	85	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
G-11	Pozo Observación Codelco	331.676	6.339.604	71	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
G-12	Pozo Observación Codelco	332.323	6.339.587	100	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
PES-02 (i)	Pozo Observación Codelco	333.557	6.339.935	40	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
Ern. Saav. (iii)	Pozo Particular de Riego	334.420	6.336.277	S/I	-	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
APR El Colorado (iv)	Pozo Agua Potable	339.818	6.339.668	S/I	Con bomba y tubería cerrada	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral

Tabla 4.1: Pozos de Monitoreo Aguas Subterránea (Continuación).

Estación de Monitoreo	Tipo de pozo	Coordenadas UTM PSAD 56 (m)		Prof. (m)	Condición de monitoreo	Lista de muestreo o parámetro	Frecuencia
APR Huertos Familiares (iv)	Pozo Agua Potable	331.227	6.332.820	90	Con bomba y línea de aire	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
APR Huechún (iv)	Pozo Agua Potable	334.805	6.339.181	60	Con bomba y tubería cerrada	Nch409 + Ca + Na + K + Mo + Nivel	Mensual
						Larga	Trimestral
APR Santa Matilde (iv)	Pozo Agua Potable	332.810	6.335.865	80	Con bomba y tubería cerrada	Nch409 + Ca + Na + K + Mo + Nivel	Mensual
						Larga	Trimestral
Serv. Punta Peuco (iv)	Pozo Agua Potable	329.927	6.334.756	80	Con bomba y tubería cerrada	Nch409 + Ca + Na + K + Mo + Nivel	Mensual
						Larga	Trimestral
A1 Fundo El Chaval	Pozo Observación Codelco	335.123	6.339.422	80	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
C-16 Fundo Montecarlo (iii)	Pozo Particular de Riego	334.278	6.336.416	S/I	Con bomba y línea de aire	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
C23 Darío Ovalle (iii)	Pozo Particular de Riego	332.275	6.335.189	55	-	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
H-19 P48B-03 (iii)	Pozo Observación Codelco	333.204	6.335.537	120	Con bomba y línea de aire	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
H-20 C-10 Ruta 5 (ii)	Pozo Particular de Riego	329.920	6.334.510	S/I	Con bomba y tubería cerrada	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
H-21 DAND (iii)	Pozo Observación Codelco	333.943	6.336.146	110	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
PES-01 (i)	Pozo Observación Codelco	332.550	6.337.545	80	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
PES-03 (i)	Pozo Observación Codelco	332.176	6.337.463	80	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral
PES-04 (i)	Pozo Observación Codelco	332.940	6.337.545	46	Sin bomba	Corta	Mensual
						Larga	Trimestral

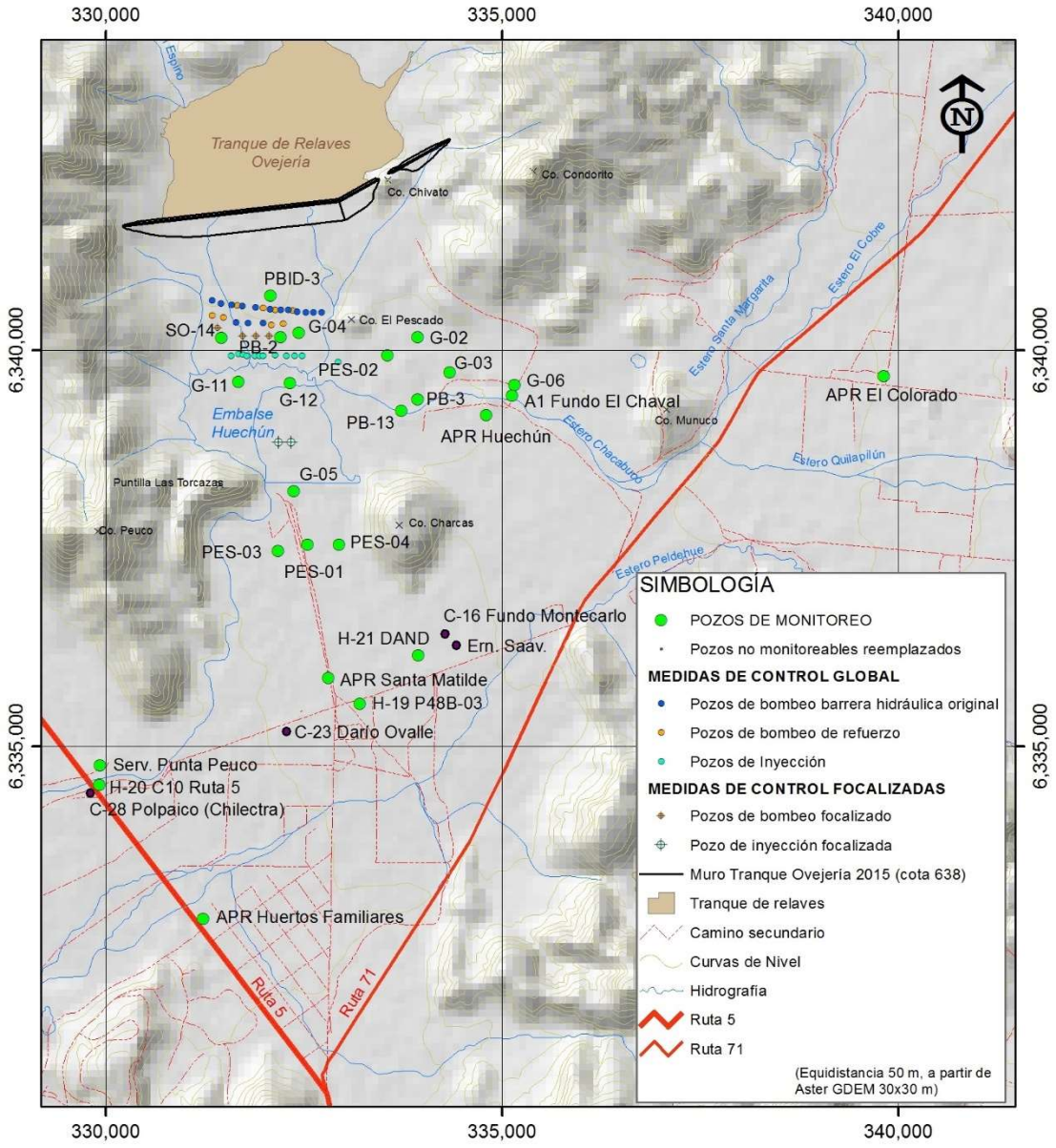
(i) Pozos PES-01, PES-02, PES-03 y PES-04: Pozo perforado, coordenadas y profundidades definitivas. Corresponde a pozo proyectado según la Tabla N°3 de la Res, Exe. CE RMS 204/2015.

(ii) Pozo H-20 C-10 Ruta 5: Pozo alternativo en reemplazo según Res. SEA RM N°60/2017, de pozo C-28 Polpaico (Chilectra) por encontrarse tapado.

(iii) Pozos H-21 DAND y H-19 P48B-03: Pozos alternativos a Ern. Saav. y C-16 Fundo Montecarlo (H-21 DAND) y C23 Darío Ovalle (H-19 P48B-03) por inaccesibilidad, propuestos para su reemplazo y condicionado a la presentación de antecedentes según Res. SEA RM N°60/2017 para poder ser utilizado como pozos de monitoreo y seguimiento.

(iv) Pozos APR El Colorado, APR Huertos Familiares, APR Huechún, APR Santa Matilde y APR Punto Peuco: pozos que no se encuentran operativos por lo que se ha utilizado pozos aledaños con la misma función de abastecimiento de los poblados respectivos.

Figura 4.2: Ubicación de estaciones (pozos) de monitoreo[3]



La Tabla 4.1 incorpora las coordenadas y profundidades definitivas de los pozos PES-01, PES-02, PES-03 y PES-04 construidos, los cuales fueron proyectados según la Tabla N°3 de la Res, Exe. CE RMS 204/2015.

Respecto a los pozos C 28 Polpaico (Chilectra), C 16 Fundo Montecarlo, Ernesto Saavedra y C 23 Darío Ovalle, identificados en la Tabla N°3; se encuentran en predios que no son de Codelco, por lo

[3] *Figura 3.3 del Anexo B Consolidado de Obligaciones del PSyCI actualizada.*

que el acceso y la posibilidad de monitoreo en ellos está sujeta a la disponibilidad de los dueños de dichos predios, y a la operación que puntualmente se esté realizando en ellos. De acuerdo con el considerando 11.2 de la Res. Exe. CE RMS N°204/2015, Codelco División Andina presentó al Servicio de Evaluación Ambiental un Informe de Recomendación Pozos de Reemplazo de Pozos de Monitoreo que considera 2 pozos existentes y 1 pozo por construir, mediante la carta conductora GSAE-16 de fecha 31 de marzo de 2016, para su consideración, la que ha sido incluida en el Informe Trimestral del periodo enero a marzo de 2016. Posteriormente, el SEA RN mediante Ord SEA RM N°0872 de junio de 2016 solicitó antecedentes de los pozos originales y de reemplazo, lo que fue respondido el 13 de Abril de 2017 con el ingreso de la carta DAND GSAE-241-2016.

Mediante Res. SEA RM N° 60/2017 de fecha 21 de Mayo de 2017, el Servicio de Evaluación Ambiental ha resuelto la solicitud de autorización de pozos alternativos autorizando el reemplazo de dichos pozos de monitoreo, de acuerdo a las condiciones establecidas en el pronunciamiento de la Dirección General de Aguas RM indicados en el Considerando N° 4 de la misma resolución, la cual indica conformidad respecto al pozo H-20 C-10 Ruta 5 pudiendo ser utilizado para monitoreo y seguimiento en lugar del pozo C-28 Polpaico (Chilectra), y condicionando los pozos H-19 P48B-03 – pozo existente, en reemplazo del pozo originalmente considerado C-23 Darío Ovalle, y H-21 Dand – pozo construido durante el primer semestre del 2018, en reemplazo de los pozos C-16 Fundo Montecarlo y Ernesto Saavedra -; a la presentación de antecedentes según se indica en dicha resolución. Los antecedentes indicados referentes al reemplazo de pozos descrito fueron presentados por medio de la carta DAND GSAE-148-19 el 19 de noviembre de 2019.

Es así como a partir de marzo de 2017, se ha reemplazado el pozo de monitoreo y seguimiento C-28 Polpaico (Chilectra) por el pozo H-20 C-10 Ruta 5.

Respecto a los pozos de reemplazo H-19 P48B-03 y H-21 Dand, se incluyen en el presente trimestre, dado que ya cuentan con información relevante para el análisis del PSyCI.

Respecto a los pozos de monitoreo de abastecimiento de agua potable, se informan las siguientes condiciones especiales:

- **Pozo APR El Colorado**: el pozo original se encuentra con panel eléctrico desconectado, razón por la cual no es posible realizar muestreo; según lo constatado por la ETFA. Actualmente el suministro de agua potable del APR se abastece de un pozo aledaño ubicado aproximadamente a 240 m de distancia en dirección noreste denominado pozo El Orégano o pozo aledaño a APR El Colorado. En atención a este impedimento de monitoreo en el pozo denominado APR el Colorado, Codelco Andina ha iniciado proactivamente el monitoreo en el pozo aledaño; si bien la ETFA encargada del monitoreo cumple con la debida constatación de imposibilidad de muestreo del pozo APR El Colorado por su condición de bomba instalada y panel desensamblado (no operativo).

- **Pozo APR Punta Peuco**: Este pozo se encuentra fuera de operación desde abril del 2022. Codelco Andina ha realizado las gestiones correspondientes y ha logrado el monitoreo de un pozo aledaño que actualmente abastece al APR. La ETFA encargada del monitoreo cumple con la debida constatación de imposibilidad de muestreo del pozo original APR Punta Peuco.

- **Pozo APR Huertos Familiares**: este pozo se ha encontrado fuera de operación en años anteriores, lo que ha sido constatado por la ETFA, sin embargo, en este período ha presentado nuevamente actividad por lo que, en atención a esta situación, Codelco Andina ha realizado el monitoreo tanto en el pozo original, como en el pozo aledaño que actualmente abastece de agua potable al poblado, ubicado a 650 m en dirección noreste.

- **Pozo APR Huechún**: se encuentra fuera de operación, habiéndose construido un nuevo pozo alternativo aledaño que actualmente cumple función de abastecimiento. Codelco División Andina ha realizado las gestiones para monitorear el pozo de abastecimiento actual.

- **Pozo APR Santa Matilde**: pozo se encuentra temporalmente fuera de operación, pozo aledaño (H-19 P48B-03), se utiliza para su abastecimiento. Se monitorea dicho pozo aledaño y la ETFA encargada del monitoreo cumple con la debida constatación de imposibilidad de muestreo del pozo original APR Huertos Familiares.

Es relevante indicar que los pozos de abastecimiento de los APR, indicados anteriormente, no están bajo el control de Codelco División Andina, razón por la cual la operación, acceso y cambio de puntos de abastecimiento, dependen exclusivamente de la administración del Servicio de Agua Potable Rural.

c) Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

Los parámetros a analizar se encuentran relacionados con el tipo de monitoreo, según lo siguiente:

- Monitoreo de seguimiento de la pluma de las aguas del tranque → Lista Corta (Tabla N°1 Res. Exe. CE RMS N°204/2015)
- Monitoreo de tendencias históricas → Lista Larga (Tabla N°2 Res. Exe. CE RMS N°204/2015)
- Monitoreo dedicado a pozos APRs → Nch409 + Ca + Na + K + Mo + Nivel

d) Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control y equipos utilizados

A partir de octubre de 2016 se contrató a Entidades de Fiscalización Ambiental (ETFA), en cumplimiento de requerimiento de la Superintendencia de la Medio Ambiente en relación a que, a partir del 1° de octubre de 2016, todas las actividades de muestreo, medición y/o análisis, que reporten los titulares de actividades o fuentes reguladas por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), deben ser ejecutadas por una o más ETFA, en el o los alcance(s) específico(s) autorizado(s).

El equipo de trabajo se indica en el Anexo 4, y se encuentra constituido por ingenieros especialistas de Codelco-División Andina encargados de la vigilancia permanente y análisis de información. Las actividades de monitoreo han sido realizadas por Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFA) autorizada por la SMA, a través de la supervisión en terreno y ejecución de sus Inspectores Ambientales (IA). Las actividades de monitoreo durante el periodo 2023 fueron supervisadas por Laboratorio SGS, al igual que los análisis de laboratorio. Todo esto en su calidad ETFA autorizados para análisis de agua.

Los documentos referidos a las acreditaciones y autorizaciones se encuentran en el Anexo 3.

Cabe señalar, que la Res. Ex. 204/2015 en el punto 11.1.4, establece que "En el área de no impacto, el titular deberá dar cumplimiento a los límites de la norma para Agua Potable NCh 409/1 Of.2005 en todo momento". En el caso del parámetro olor, la norma antes indicada establece el uso de la metodología ME-25-2007, con resultados de presencia/ausencia. SMA a través de Resolución Exenta N°574/2022 (punto 16.1, apartado 8) establece que las ETFA deberán realizar los ensayos por matriz con los métodos autorizados por ella. Así, dado que la matriz a analizar en este Programa corresponde a aguas subterráneas, el método autorizado es el SM2150. B. Threshold Odor Test, el cual no es el indicado por la NCH409, entregando resultados no comparables con los límites ahí establecidos. Por este motivo ETFA SGS ha indicado que no puede realizar análisis por método organoléptico a la matriz de agua subterránea.

Con el objeto de asegurar la representatividad de las aguas subterráneas como resultado del monitoreo desde pozos, el procedimiento que para este efecto actualmente aplica Codelco Chile - División Andina, ha sido desarrollado con asesoría de la División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente de la Universidad de Chile.

Dicho procedimiento se basa en las siguientes referencias:

- NCh-411/11. Of 98 Calidad del agua – Muestreo – Parte 11: Guía para el muestro de aguas subterráneas.

- Standard Methods for examination water and wastewater, Ed 21, 2005. Método 1060 - Preservación y toma de muestras.

- Low-Flow Groundwater Sampling: Using In-Situ, Inc. Troll 9500 Multi-Parameter Probe & Flow-

- Sense Software, David A. Wardwell – In-Situ, Inc. Groundwater Market Manager, 2009.

- Groundwater – Low-Flow Purging and Sampling, White Paper, Geotech, 2009.

- Low-Flow Purging and Sampling Guidance, New Jersey Departmental of Enviromental Protection, 2003.

El procedimiento de muestreo para pozos que cuentan con bomba dedicada se realiza a través de la bomba existente, con un tiempo de bombeo mínimo en el cual se miden los parámetros físico-químicos *in situ* hasta su estabilización. En los pozos que no cuentan con bomba dedicada, el

muestreo se realiza previo purgado de bajo caudal, de manera de asegurar el muestreo de las aguas subterráneas del acuífero, para lo cual se realiza una prueba en terreno a fin de determinar el método apropiado de purga. En los casos en los cuales no es posible efectuar la purga por presencia de sedimentos, se realiza mediante bailer.

A su vez, en el caso de los pozos que cuentan con bomba dedicada y cuyas aguas son sometidas a desinfección para ser destinada a abastecimiento de agua potable, el muestreo se realiza antes de la desinfección o cualquier tratamiento, con el fin de lograr muestras representativas del acuífero.

Las profundidades de muestreo son definidas con base en los antecedentes hidrogeológicos, en particular descripciones estratigráficas, pruebas de inyección de trazador para aquellos con que se cuenta (pruebas de pozo único realizadas por la Comisión Chilena de Energía Nuclear) y el análisis de perfiles de conductividad, los que se realizan para detectar los tramos en los cuales se presentan las mayores conductividades específicas, es decir, de mayor contenido de infiltraciones de aguas claras, las que en conjunto con los antecedentes técnicos de perforación del pozo a monitorear así como de otros aledaños, permite definir la profundidad de medición, la cual se mantiene en cada pozo con verificación en el tiempo.

La metodología aplicada para cada pozo se presenta en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2: Metodología y profundidades de muestreo

Nombre estación	Metodología	Equipo de muestreo	Profundidad de muestreo
G-04	Low-Flow Purging	Bomba grundfos	25
PB-2	Low-Flow Purging	Bomba grundfos	20
PBID-3	Mediante bomba dedicada	Bomba dedicada	-
SO-14	Low-Flow Purging	Bomba WATERRA	18
PB-3	Mediante bomba dedicada	Bomba dedicada	-
PB-13	Low-Flow Purging	Bailer por bomba fuera de funcionamiento	-
G-02	Low-Flow Purging	Bomba grundfos	25
G-03	Low-Flow Purging	Bomba grundfos	20
G-05	Low-Flow Purging	Bomba grundfos	25
G-06	Low-Flow Purging	Bomba grundfos	32
G-11	Low-Flow Purging	Bomba grundfos	25
G-12	Low-Flow Purging	Bomba grundfos	25
PES-02	Low-Flow Purging	Bomba grundfos	27
Ernesto Saavedra	Mediante bomba dedicada	Bomba dedicada	-
APR El Colorado	Mediante bomba dedicada	Bomba dedicada	-
Pozo aledaño (*)	Mediante bomba dedicada	Bomba dedicada	-
APR Huertos Familiares	Mediante bomba dedicada	Bomba dedicada	-
Pozo aledaño (*)	Mediante bomba dedicada	Bomba dedicada	-
APR Huechún	Mediante bomba dedicada	Bomba dedicada	-
APR Santa Matilde	Mediante bomba dedicada	Bomba dedicada	-
APR Punta Peuco	Mediante bomba dedicada	Bomba dedicada	-
A1 Fundo El Chaval	Low-Flow Purging	Bomba grundfos	30
C-16 R Fundo Montecarlo	Mediante bomba dedicada	Bomba dedicada	-
H-19 P48B-03	Mediante bomba dedicada	Bomba dedicada	-
H-20 C-10 Ruta 5	Mediante bomba dedicada	Bomba dedicada	-
H-21 DAND	Low-Flow Purging	Bailer por nivel piezométrico profundo	80
PES-01	Low-Flow Purging	Bomba grundfos	33
PES-03	Low-Flow Purging	Bomba grundfos	33
PES-04	Low-Flow Purging	Bomba grundfos	35

e) Fechas de muestreo

A partir del inicio del monitoreo según la Res. Exe. CE RMS N°204/2015, durante el periodo materia del presente Informe Anual 2022, se realizaron los monitoreos en las fechas que se indican en la Tabla 4.3, en la cual se indican observaciones en los casos pertinentes.

Tabla 4.3: Fechas de monitoreo.

Punto de control	ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22	jun-22	jul-22	ago-22	sept-22	oct-22	nov-22	dic-22	Observación
G-04	11-01-2023	02-02-2023	08-03-2023	11-04-2023	02-05-2023	01-06-2023	04-07-2023	02-08-2023	01-09-2023	05-10-2023	01-11-2023	13-12-2023	
PB-2	11-01-2023	02-02-2023	08-03-2023	11-04-2023	02-05-2023	01-06-2023	04-07-2023	02-08-2023	01-09-2023	05-10-2023	01-11-2023	13-12-2023	
PBID-3	05-01-2023	02-02-2023	02-03-2023	26-04-2023	04-05-2023	01-06-2023	06-07-2023	03-08-2023	07-09-2023	05-10-2023	02-11-2023	s/d	
SO-14	13-01-2023	06-02-2023	07-03-2023	14-04-2023	05-05-2023	09-06-2023	11-07-2023	18-08-2023	12-09-2023	24-10-2023	02-11-2023	22-12-2023	
PB-3	05-01-2023	02-02-2023	02-03-2023	06-04-2023	04-05-2023	01-06-2023	06-07-2023	03-08-2023	07-09-2023	05-10-2023	02-11-2023	07-12-2023	
PB-13	03-01-2023	01-02-2023	01-03-2023	04-04-2023	02-05-2023	02-06-2023	s/d	s/d	26-09-2023	05-10-2023	02-11-2023	19-12-2023	Pozo fuera de servicio mes de julio y agosto por intervención de terceros
G-02	11-01-2023	02-02-2023	08-03-2023	12-04-2023	03-05-2023	01-06-2023	04-07-2023	02-08-2023	14-09-2023	06-10-2023	01-11-2023	13-12-2023	
G-03	11-01-2023	07-02-2023	08-03-2023	12-04-2023	03-05-2023	02-06-2023	05-07-2023	02-08-2023	12-09-2023	06-10-2023	07-11-2023	13-12-2023	
G-05	12-01-2023	07-02-2023	15-03-2023	13-04-2023	03-05-2023	02-06-2023	11-07-2023	08-08-2023	13-09-2023	10-10-2023	08-11-2023	21-12-2023	
G-06	12-01-2023	10-02-2023	14-03-2023	12-04-2023	03-05-2023	06-06-2023	05-07-2023	04-08-2023	12-09-2023	10-10-2023	07-11-2023	19-12-2023	
G-11	11-01-2023	01-02-2023	08-03-2023	11-04-2023	02-05-2023	01-06-2023	04-07-2023	02-08-2023	01-09-2023	03-10-2023	01-11-2023	13-12-2023	
G-12	11-01-2023	28-02-2023	24-03-2023	18-04-2023	09-05-2023	06-06-2023	04-07-2023	02-08-2023	01-09-2023	03-10-2023	01-11-2023	13-12-2023	
PES-02	12-01-2023	02-02-2023	14-03-2023	20-04-2023	02-05-2023	01-06-2023	05-07-2023	02-08-2023	01-09-2023	06-10-2023	01-11-2023	13-12-2023	
H-20 C-10 Ruta 5	10-01-2023	08-02-2023	09-03-2023	05-04-2023	26-05-2023	07-06-2023	11-07-2023	09-08-2023	13-09-2023	18-10-2023	16-11-2023	06-12-2023	
APR El Colorado	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo fuera de servicio. APR abastecido por pozo aledaño. No se mide Nivel Freático.
(pozo aledaño)	s/d	08-02-2023	09-03-2023	05-04-2023	03-05-2023	07-06-2023	05-07-2023	02-08-2023	06-09-2023	04-10-2023	08-11-2023	06-12-2023	Se muestrea pozo aledaño de abastecimiento actual. Pozo El Orégano.
APR Huertos Familiares	12-01-2023	08-02-2023	09-03-2023	s/d	03-05-2023	07-06-2023	05-07-2023	02-08-2023	12-09-2023	04-10-2023	08-11-2023	06-12-2023	Pozo APR reactivado, presenta intermitencia en su disponibilidad.
(pozo aledaño)	12-01-2023	08-02-2023	09-03-2023	05-04-2023	05-05-2023	07-06-2023	05-07-2023	02-08-2023	s/d	04-10-2023	08-11-2023	06-12-2023	Se muestrea pozo aledaño de abastecimiento actual. Pozo N°7
APR Huechún	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	APR abastecido por pozo aledaño.
(pozo aledaño)	10-01-2023	08-02-2023	09-03-2023	05-04-2023	03-05-2023	07-06-2023	06-07-2023	02-08-2023	12-09-2023	04-10-2023	08-11-2023	22-12-2023	Se muestrea pozo aledaño de abastecimiento.
APR Santa Matilde	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo desmantelado y traslado de APR a nueva ubicación.
(pozo aledaño)	31-01-2023	08-02-2023	09-03-2023	05-04-2023	03-05-2023	07-06-2023	05-07-2023	02-08-2023	06-09-2023	04-10-2023	08-11-2023	21-12-2023	Se muestrea pozo aledaño de abastecimiento, P48B-03.
APR Punta Peuco	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo desmantelado en abril 2022.
(Pozo aledaño)	10-01-2023	17-02-2023	09-03-2023	05-04-2023	03-05-2023	07-06-2023	05-07-2023	02-08-2023	12-09-2023	04-10-2023	08-11-2023	14-12-2023	Se muestrea pozo aledaño de abastecimiento.
A1 Nuevo Fundo El Chaval	12-01-2023	10-02-2023	14-03-2023	12-04-2023	03-05-2023	06-06-2023	05-07-2023	04-08-2023	12-09-2023	06-10-2023	07-11-2023	19-12-2023	
H-19 P48B-03	31-01-2023	08-02-2023	09-03-2023	05-04-2023	03-05-2023	07-06-2023	05-07-2023	02-08-2023	06-09-2023	04-10-2023	08-11-2023	21-12-2023	
H-21 DAND	31-01-2023	24-02-2023	09-03-2023	25-04-2023	11-05-2023	19-06-2023	11-07-2023	31-08-2023	13-09-2023	18-10-2023	07-11-2023	22-12-2023	
PES-01(*)	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	11-07-2023	04-08-2023	13-09-2023	10-10-2023	07-11-2023	19-12-2023	Pozo obstruido desde enero a junio.
PES-03	12-01-2023	02-02-2023	16-03-2023	13-04-2023	03-05-2023	02-06-2023	26-07-2023	08-08-2023	15-09-2023	19-10-2023	08-11-2023	21-12-2023	
PES-04	12-01-2023	07-02-2023	15-03-2023	12-04-2023	03-05-2023	02-06-2023	05-07-2023	04-08-2023	12-09-2023	10-10-2023	07-11-2023	19-12-2023	

(*) Pozo PES-01 se encuentra obstruido desde octubre 2022, por lo cual no es posible efectuar el monitoreo. En el año 2023 se realiza perforación de pozo gemelo de PES-01

5. RESULTADOS

5.1 Monitoreo de seguimiento de la pluma de las aguas claras (Lista Corta).

En las Tablas 5.1 a 5.4 se presentan los resultados de la Lista Corta de los monitoreos efectuados para cada trimestre durante el periodo correspondiente al presente Informe Anual PMS, para el seguimiento de la presencia de aguas provenientes de infiltraciones de aguas claras del tranque de relaves.

A su vez, en la Figura 5.1 se ilustran las relaciones obtenidas entre la concentración de sulfatos (SO4) y la conductividad específica (CE), y entre la conductividad específica (CE) y el contenido de sólidos disueltos totales (SDT) durante el año 2023. Ello por cuanto se ha determinado que existe una relación entre las aguas del tipo sulfatado cálcica con la conductividad específica, definida por la marca química dada por la concentración de sulfatos. Por otra parte, conceptualmente la conductividad específica se encuentra condicionada por la presencia de sólidos disueltos. Es así como las interrelaciones entre estos parámetros permiten validar los datos obtenidos o detectar anomalías que muestren datos que no han de ser considerados.

La concentración de sulfatos como indicador principal de la presencia de aguas provenientes del tranque de relaves. Se ilustra en las Figuras 5.2 a 5.5 la distribución espacial de su contenido en las muestras de aguas subterráneas obtenidas en los 4 trimestres del año 2023, expresado como promedios trimestrales.

Con el objeto de apoyar en el análisis, los pozos se han agrupado tanto en las Tablas 5.1 a 5.4 como en las Figuras 5.2 a 5.5 en 4 grupos, según su ubicación: pozos cercanos a la barrera hidráulica y aguas arriba de la barrera de inyección de aguas de buena calidad (pozos PBID-03, , PB-2, SO-14 y G-04); pozos ubicados hacia aguas abajo de la barrera de inyección al sur (pozos G-11, G-12, G-05, , PES-01, PES-03 y PES-04), y hacia el sureste (pozos G-02, PES-02, PB-3, PB-13, G-03 y G-06) y, finalmente pozos ubicados en el valle de Chacabuco Polpaico (pozos A1 Fundo El Chaval, HH-19 P48B-03, H-20 C-10 Ruta 5, H-21 DAND, APR El Colorado, APR Huertos Familiares, APR Huechún, APR Santa Matilde y APR Punta Peuco).

Tabla 5.1: Resultados del monitoreo Lista Corta. Trimestre enero a marzo de 2023.

Punto de control	ene-23					feb-23					mar-23					Promedio trimestral				
	Nivel	pH	SO4	CE	SDT	Nivel	pH	SO4	CE	SDT	Nivel	pH	SO4	CE	SDT	Nivel	pH	SO4	CE	SDT
	m	UpH	mg/l	uS/cm	mg/l	m	UpH	mg/l	uS/cm	mg/l	m	UpH	mg/l	uS/cm	mg/l	m	UpH	mg/l	uS/cm	mg/l
PBID-3	13,09	7,9	1977	3112	2988	13,35	7,8	1772	3073	2936	13,44	7,6	1833	3109	2732	13,3	7,8	1861	3098	2885
PB-2	15,84	7,4	1675	2997	2774	15,84	7,8	1599	2952	2796	16,33	8,1	1402	2814	1900	16,0	7,8	1559	2921	2490
SO-14	16,19	7,7	1114	2281	1886	16,06	7,6	815	1793	1412	16,01	7,7	1039	2069	1680	16,1	7,7	989	2048	1659
G-04	15,51	7,4	1210	2395	2080	15,67	7,4	1085	2312	1940	16,19	7,3	1190	2361	1968	15,8	7,4	1162	2356	1996
G-11	15,18	7,8	83	454	332	15,1	7,9	82	470	326	15,15	7,8	72	438	310	15,1	7,8	79	454	323
G-12	16,84	7,7	567	1283	1016	17,19	7,7	223	804	562	17,25	7,9	159	598	362	17,1	7,8	316	895	647
G-05	22,27	7,7	168	617	458	22,38	7,5	170	597	376	22,54	7,6	150	596	384	22,4	7,6	163	603	406
PES-03	30,44	7,7	309	881	552	30,61	7,6	314	808	574	30,64	7,5	248	821	640	30,6	7,6	290	837	589
PES-01	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
PES-04	32,46	7,8	91	499	380	32,51	7,7	96	533	354	32,6	7,6	92	552	386	32,5	7,7	93	528	373
G-02	25,59	7,8	213	998	690	26,07	7,8	206	920	638	26,5	8,2	191	901	600	26,1	7,9	203	940	643
PES-02	23,97	8,0	262	1042	746	24,73	7,9	207	940	658	25,08	8,2	201	990	732	24,6	8,0	223	991	712
PB-3	31,29	8,1	142	771	584	31,36	7,9	129	774	550	32,08*	7,7	134	765	440	31,6	7,9	135	770	525
PB-13	31,46	7,8	107	699	506	31,8	8,1	115	686	474	32,05	7,7	124	683	434	31,8	7,9	115	689	471
G-03	19,85	7,5	103	636	458	20,2	7,5	89	613	424	21,8	8,2	92	601	366	20,6	7,7	95	617	416
G-06	33,54	8,1	139	689	538	33,57	8,1	151,68	737	462	33,61	7,9	119	948	462	33,6	8,0	137	791	487
A1 N	30,75	7,9	74	423	306	30,95	7,9	75	448	308	31,09	8	56	568	312	30,9	7,9	68	480	309
H-20 C-10 Ruta 5	s/d	8,1	140	656	506	s/d	8,2	111	669	392	s/d	8	120	688	440	s/d	8,1	124	671	446
H-19 P48B-03	s/d	8,1	88	625	494	83,85*	8,1	81	618	450	81,72*	8,2	82	605	406	82,8	8,1	84	616	450
H-21 DAND	76,31	7,5	119	773	536	76,5	7,8	88	621	396	76,31	7,7	74	588	492	76,4	7,7	94	661	475
APR - El Colorado	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	79,74	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
(Pozo aledaño El Oregano)	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	105,44*	8,2	74,78	593	368	s/d	8,2	79	595	360	105,4	8,2	77	594	364
APR - H. Familiares	84,62*	8,0	35,8	519	312	83,5*	8,1	32,1	542	318	94,42*	7,9	29,11	577	340	87,5	8,0	32	546	323
(Pozo aledaño) Pozo Nº7	93,63*	8,0	50	481	346	93,32*	8,2	45	493	296	93,8*	7,9	41	506	304	93,6	8,0	45	493	315
APR - Huechún	35,06	s/d	s/d	s/d	s/d	33,05	s/d	s/d	s/d	s/d	33,4	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
(Pozo aledaño)	77,65	7,9	92	607	520	s/d	7,8	93	606	386	s/d	8,1	92	619	382	77,7	7,9	92	611	429
APR. Sta Matilde	69,41*	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
(Pozo aledaño)	s/d	8,1	88	625	494	83,85*	8,1	81	618	450	81,72*	8,2	82	605	406	82,8	8,1	84	616	450
APR - Pta. Peuco	35,06	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
(Pozo aledaño)	88,33	7,9	96	572	444	89,39*	8,1	99	549	372	89,38*	8,3	92	546	342	89,0	8,1	96	556	386

*: Nivel dinámico

Tabla 5.2: Resultados del monitoreo Lista Corta. Trimestre abril a junio de 2023.

Punto de control	abr-23					may-23					jun-23					Promedio trimestral				
	Nivel	pH	SO4	CE	SDT	Nivel	pH	SO4	CE	SDT	Nivel	pH	SO4	CE	SDT	Nivel	pH	SO4	CE	SDT
	m	UpH	mg/l	uS/cm	mg/l	m	UpH	mg/l	uS/cm	mg/l	m	UpH	mg/l	uS/cm	mg/l	m	UpH	mg/l	uS/cm	mg/l
PBID-3	13,42	7,8	1776	3151	2954	13,35	7,7	1983	3188	2978	13,61	7,6	1770	3391	2932	13,46	7,7	1843	3243	2955
PB-2	16,52	7,7	1517	3056	2616	16,15	7,4	1723	2996	2802	16,49	7,6	1584	3245	2682	16,39	7,6	1608	3099	2700
SO-14	16,17	7,5	1262	2176	1516	16,09	7,6	1265	2379	2172	16,14	7,5	1305	2418	2016	16,13	7,5	1277	2324	1901
G-04	16,25	7,6	1094	2432	2058	15,80	7,4	1143	2319	2052	16,21	7,3	1074	2539	2094	16,09	7,4	1104	2430	2068
G-11	15,34	7,9	70	448	328	15,35	7,9	68	443	348	15,38	7,8	66	435	316	15,36	7,9	68	442	331
G-12	17,39	7,9	102	420	270	17,20	8	88	345	264	17,35	7,8	97	396	270	17,31	7,9	96	387	268
G-05	22,6	7,6	163	577	394	22,56	7,9	145	582	402	22,52	7,7	132	590	394	22,56	7,7	147	583	397
PES-03	30,6	7,6	272	784	618	30,50	7,7	254	771	546	30,42	7,8	236	779	544	30,51	7,7	254	778	569
PES-01	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d		s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
PES-04	32,56	7,9	84	560	378	32,53	7,9	89	543	356	32,52	7,8	83	542	388	32,54	7,9	85	548	374
G-02	26,92	7,8	192	1016	630	27,06	7,6	205	867	620	27,20	7,7	194	1034	655	27,06	7,7	197	972	635
PES-02	25,29	8	202	959	656	25,31	7,9	207	907	650	25,56	7,9	185	1061	702	25,39	7,9	198	976	669
PB-3	32,1	8,2	110	790	524	32,12	7,9	135	850	554	31,71	7,7	113	858	516	31,98	7,9	119	833	531
PB-13	32,21	7,8	119	690	406	31,92	7,9	124	664	478	31,39	8,1	119	677	470	31,84	7,9	121	677	451
G-03	21,33	7,7	91	651	410	21,60	8,2	101	509	410	21,94	7,6	96	635	422	21,62	7,8	96	598	414
G-06	33,65	8,2	121	762	456	33,68	8,4	131	690	458	33,73	8,2	139	815	480	33,69	8,3	130	756	465
A1 N	31,24	8	62	453	302	31,3	7,9	65	390	306	31,31	8,1	70	441	314	31,28	8,0	66	428	307
H-20 C-10 Ruta 5	s/d	8,1	125	660	470	s/d	8	133	691	471	s/d	8,1	130	782	451	s/d	8,1	129	711	464
H-19 P48B-03	83,72*	7,9	88	613	460	83,62*	7,9	86	611	406	82,02*	8	84	686	461	83,12	7,9	86	637	442
H-21 DAND	76,38	8	86	591	368	76,04	7,2	103	636	394	76,33	8	87	601	391	76,25	7,7	92	609	384
APR - El Colorado	79,75	s/d	s/d	s/d	s/d	79,74	s/d	s/d	s/d	s/d	79,75	s/d	s/d	s/d	s/d	79,75	s/d	s/d	s/d	s/d
(Pozo aledaño El Oregano)	104,2*	8,2	74	600	356	106,96*	8,1	81	585	430	106,83*	8,1	78	683	398	106	8,1	79	634	414
APR - H. Familiares	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	94,09*	7,8	33	539	360	87,02*	8,1	32	620	350	90,56	8,0	33	580	355
(Pozo aledaño) Pozo Nº7	93,45*	7,9	47	470	386	83,90	8,2	62	510	378	93,4*	8	43	648	338	83,90	8,0	51	543	367
APR - Huechún	33,35	s/d	s/d	s/d	s/d	33,36	s/d	s/d	s/d	s/d	33,38	s/d	s/d	s/d	s/d	33,36	s/d	s/d	s/d	s/d
(Pozo aledaño)	s/d	7,9	87,97	608	452	s/d	7,8	86	613	326	s/d	8	82	610	360	s/d	7,9	85,3	610,3	379,3
APR. Sta Matilde	69,37	s/d	s/d	s/d	s/d	69,37	s/d	s/d	s/d	s/d	69,39	s/d	s/d	s/d	s/d	69,38	s/d	s/d	s/d	s/d
(Pozo aledaño)	83,72*	7,9	88	613	460	83,62*	7,9	86	611	406	82,02*	8	84	686	461	83,12	7,9	86	637	442
APR Pta. Peuco	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
(Pozo aledaño)	89,55*	8	98	582	383	87,97*	8,1	102	612	368	87,69*	8,1	113	611	406	88,40	8,1	104	602	386

*: Nivel dinámico

Tabla 5.3: Resultados del monitoreo Lista Corta. Trimestre julio a septiembre de 2023.

Punto de control	jul-23					ago-23					sep-23					Promedio trimestral				
	Nivel	pH	SO4	CE	SDT	Nivel	pH	SO4	CE	SDT	Nivel	pH	SO4	CE	SDT	Nivel	pH	SO4	CE	SDT
	m	UpH	mg/l	uS/cm	mg/l	m	UpH	mg/l	uS/cm	mg/l	m	UpH	mg/l	uS/cm	mg/l	m	UpH	mg/l	uS/cm	mg/l
PBID-3	13,56	7,8	1802	3115	2838	13,54	7,7	1789	3323	2800	16,85*	7,7	1818	3114	2834	14,65	7,7	1803	3184	2824
PB-2	16,36	7,5	1500	3192	2716	16,29	7,4	1609	2910	2356	16,28	7,4	1480	3067	2678	16,31	7,4	1530	3056,33	2583
SO-14	16,08	7,7	1260	2517	2022	15,97	7,6	1599	2337	2036	15,93	7,9	1654	2588	2022	15,99	7,7	1504	2481	2027
G-04	16,09	7,5	1042	2387	1896	16	7,2	1123	2428	1918	16,01	7,7	1070	2354	1962	16,03	7,5	1078	2390	1925
G-11	15,4	8	69	477	324	15,3	7,8	62	432	274	15,22	8,1	70	437	324	15,31	8,0	67	449	307
G-12	17,24	8	93	392	244	17,14	7,7	99	433	278	17,12	7,9	92	378	258	17,17	7,9	95	401	260
G-05	22,38	7,6	125	609	374	22,46	7,8	157	682	474	22,36	7,6	180	584	394	22,40	7,7	154	625	414
PES-03	29,38	7,7	184	668	524	30,41	7,8	242	879	646	31,1	7,9	175	727	522	30,30	7,8	200	758	564
PES-01	28,98	7,6	369	1179	824	29,05	7,6	374	1131	742	29,16	7,6	522	1043	758	29,06	7,6	421	1118	775
PES-04	32,43	7,9	99	515	334	32,41	7,8	86	484	306	32,49	7,9	98	534	354	32,44	7,9	94	511	331
G-02	27,15	7,9	162	995	658	27,41	7,7	185	947	616	27,47	7,8	167	971	656	27,34	7,8	171	971,0	643,3
PES-02	25,61	8,1	212	923	600	25,75	7,9	175	1041	635	25,81	8,2	191	968	634	25,72	8,1	193	977	623
PB-3	31,61	8	123	706	560	31,81	7,7	135	801	524	31,77	7,8	111	1018	564	31,7	7,8	123	842	549
PB-13	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	30,89	8,2	119	612	420	30.89	8,2	119	612	420
G-03	22,3	7,7	91	590	402	22,55	7,4	84	665	408	22,84	7,7	104	613	434	22,56	7,6	93	623	415
G-06	33,8	8,1	135	696	434	33,83	7,9	117	764	440	33,9	8,2	136	724	414	33,84	8,1	129	728	429
A1 N	31,49	8,1	58	413	254	31,56	7,9	70,17	440	278	31,65	8,2	67	443	294	31,57	8,1	65,0	432	275
H-20 C-10 Ruta 5	s/d	8	148	689	458	s/d	8,2	164	692	482	s/d	8	158	680	472	s/d	8,1	157	687	471
H-19 P48B-03	82,12*	8,5	107	593	374	82,19*	7,9	98	654	386	83,1*	8,1	82	632	380	82,47	8,2	96	626	380
H-21 DAND	75,37	7,9	95	564	374	74,8	8,0	87	585	416	74,71	8,1	90	551	392	74,96	8,0	87	585	416
APR - El Colorado	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
(Pozo aledaño El	101,71*	8,3	98	594	378	103,54*	8	92	605	384	103,36*	8,1	79	632	382	102,87	8,1	90	610	381
APR - H. Familiares	87,1*	8,4	43	585	372	87,06*	8	41	551	332	73,86*	8,2	43	535	332	82,67	8,2	42	557	345
(Pozo aledaño) Pozo Nº7	83,02*	8,4	59	497	320	83,48*	7,9	55	496	318	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	83,3	8,2	57,0	496,5	319,0
APR - Huechún	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
(Pozo aledaño)	s/d	8,3	82	544	328	s/d	7,9	91	654	372	s/d	8,1	96	604	406	s/d	8,1	89	601	369
APR. Sta Matilde	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
(Pozo aledaño)	82,12*	8,5	107	593	374	82,19*	7,9	98	654	386	83,1*	8,1	82	632	380	82,47	8,2	96	626	380
APR - Pta. Peuco	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
(Pozo Aledaño)	87,71*	8,5	129	755	435	85,45*	7,9	125	637	394	83,95*	8	130	656	408	85,70	8,1	128	683	412

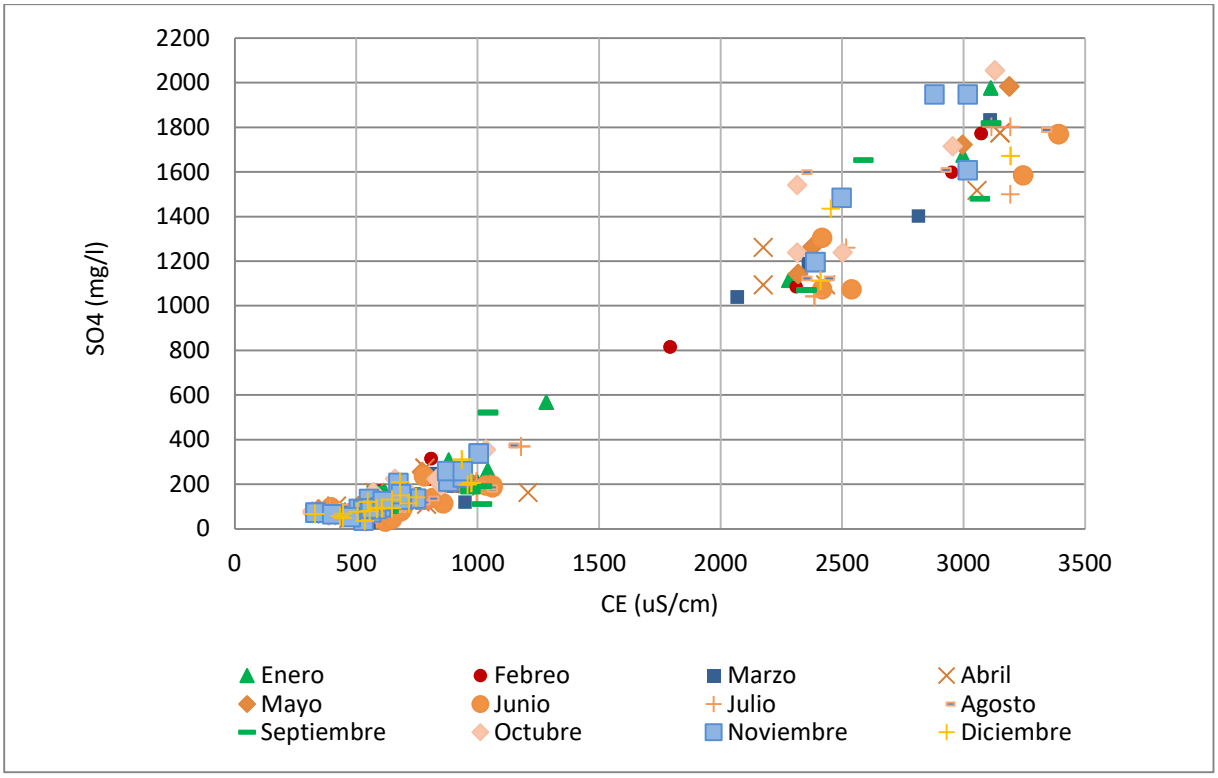
*: Nivel dinámico

Tabla 5.4: Resultados del monitoreo Lista Corta. Trimestre octubre a diciembre de 2023.

Punto de control	oct-23					nov-23					dic-23					Promedio trimestral				
	Nivel	pH	SO4	CE	SDT	Nivel	pH	SO4	CE	SDT	Nivel	pH	SO4	CE	SDT	Nivel	pH	SO4	CE	SDT
	m	UpH	mg/l	uS/cm	mg/l	m	UpH	mg/l	uS/cm	mg/l	m	UpH	mg/l	uS/cm	mg/l	m	UpH	mg/l	uS/cm	mg/l
PBID-3	12,93	7,6	2055	3130	2968	13,13	7,8	1948	2880	2654	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	13,0	7,7	2001	3005	2011
PB-2	15,8	7,2	1715	2956	2256	15,95	7,5	1607	3018	2588	17,6	7,6	1672	3194	2620	16,5	7,4	1664	3056	2488
SO-14	15,89	7,8	1542	2315	1720	15,79	7,8	1484	2498	2038	16,68	7,8	1435	2453	2260	16,1	7,8	1487	2422	2006
G-04	15,4	7,5	1239	2503	2066	15,69	7,6	1196	2391	1950	16,4	7,6	1112	2412	1824	15,8	7,6	1182	2435	1947
G-11	15,18	7,9	70	431	298	15,12	7,9	73	562	440	16,02	8	67	446	290	15,4	7,9	70	480	343
G-12	17,05	7,6	79	320	290	16,95	7,8	73	333	267	17,64	7,9	67	330	202	17,2	7,8	73	328	253
G-05	22,42	7,6	164	570	393	22,46	7,5	134	553	402	22,5	7,7	121	547	322	22,5	7,6	140	557	372
PES-03	31,42	7,5	225	660	428	31,45	7,6	206	674	568	31,51	7,7	209	681	442	31,5	7,6	213	672	479
PES-01	29,32	7,6	355	1034	728	30,24	7,5	338	1004	810	29,38	7,7	311	935	706	29,6	7,6	335	991	748
PES-04	32,59	7,8	97	533	324	33,74	7,7	90	511	320	32,71	7,9	76	505	282	33,0	7,8	88	516	309
G-02	27,21	7,6	194	850	624	27,25	8	211	880	476	27,96	8,1	199	958	608	27,5	7,9	338	643	369
PES-02	25,43	7,7	212	843	616	27,26	8,1	230	939	612	26,66	8,3	206	974	588	26,5	8,0	216	919	605
PB-3	31,28	7,8	222	831	636	31,13	8	258	874	600	31,86	7,9	141	746	653	31,4	7,9	207	817	630
PB-13	30,76	7,9	129	556	416	30,71	8,1	136	747	423	30,74	8	131	648	442	30,7	8,0	132	650	427
G-03	23,76	7,3	90	547	420	22	7,5	97	601	406	20,82	7,8	94	648	396	22,2	7,5	94	599	407
G-06	33,95	8	133	711	438	33,96	8	132	688	450	33,98	8,1	113	717	358	34,0	8,0	126	705	415
A1 N	31,69	7,7	58	387	278	31,25	7,8	65	402	320	31,12	8	58	433	254	31,4	7,8	60	432	275
H-20 C-10 Ruta 5	s/d	8,1	175	705	484	s/d	7,2	155	684	466	s/d	7,9	150	682	482	s/d	7,7	160	690	477
H-19 P48B-03	83,12*	8	99	594	378	---	7,9	91	561	372	---	8	94	606	360	27,7	8,0	95	587	370
H-21 DAND	74,75	8	86	545	374	74,49	8	84	529	334	75,17	8,1	79	555	372	74,8	8,0	83	543	360
APR - El Colorado	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
(Pozo aledaño El	104,7*	8	94	595	328	104,09*	8	88	583	390	105,6*	7,9	90	586	440	104,8	8,0	90	588	386
APR - H. Familiares	---	8	49	538	306	85,26*	7,9	36	531	268	85,32*	7,8	35	536	386	56,9	7,9	40	535	320
(Pozo aledaño) Pozo Nº7	83,36*	8	66	487	309	82,67*	7,9	52	478	336	82,69*	7,9	50	445	362	82,9	7,9	56	470	336
APR - Huechún	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
(Pozo aledaño)	---	8	108	559	334	---	7,9	91	557	390	---	8,2	94	584	352	s/d	8,0	98	567	359
APR. Sta Matilde	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
(Pozo aledaño)	83,12*	8	99	594	378	---	7,9	91	561	372	83,32*	8	94	606	360	55,5	8,0	s/d	s/d	s/d
APR - Pta. Peuco	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
(Pozo Aledaño)	83,9*	8	136	662	390	86,6*	7,9	123	609	434	89,09*	8,1	105	660	502	86,5	8,0	121	644	442

*: Nivel dinámico

Figura 5.1: Relación conductividad específica versus concentración de sulfatos y conductividad específica versus sólidos disueltos totales. Año 2023.



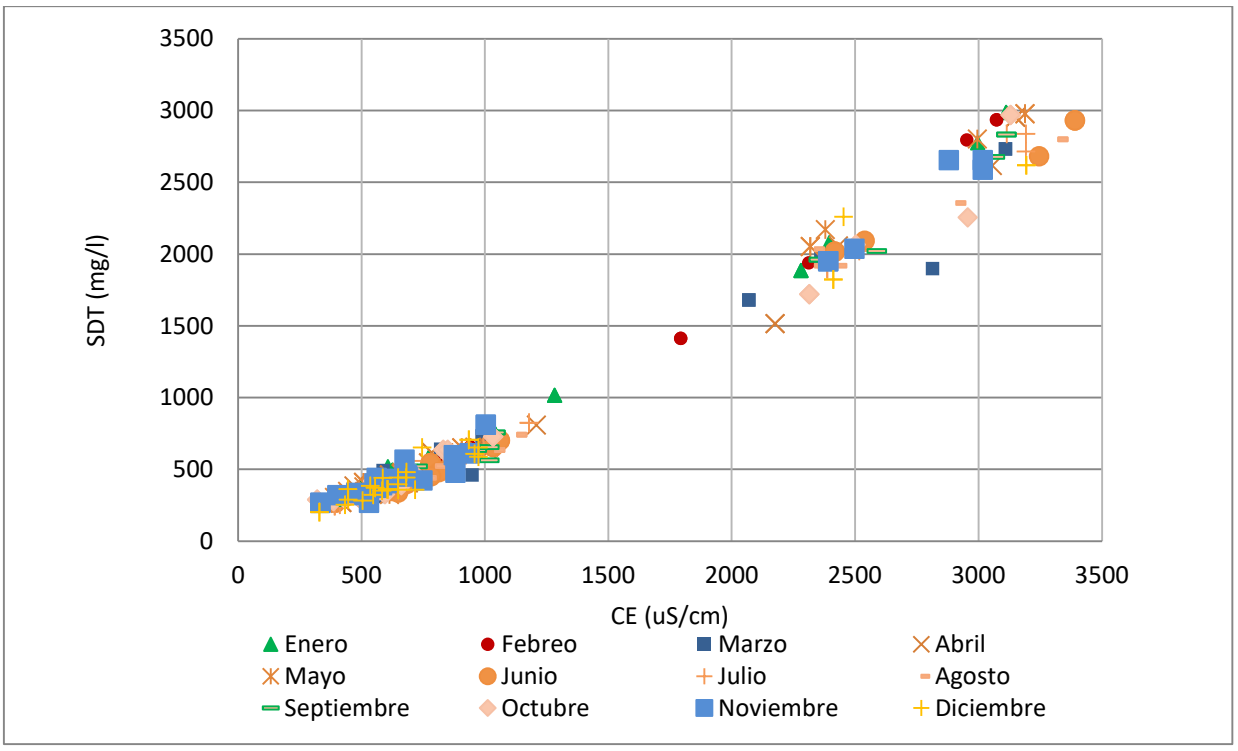


Figura 5.2: Distribución espacial de la concentración de sulfatos, mg/l. Promedio del trimestre enero a marzo de 2023.

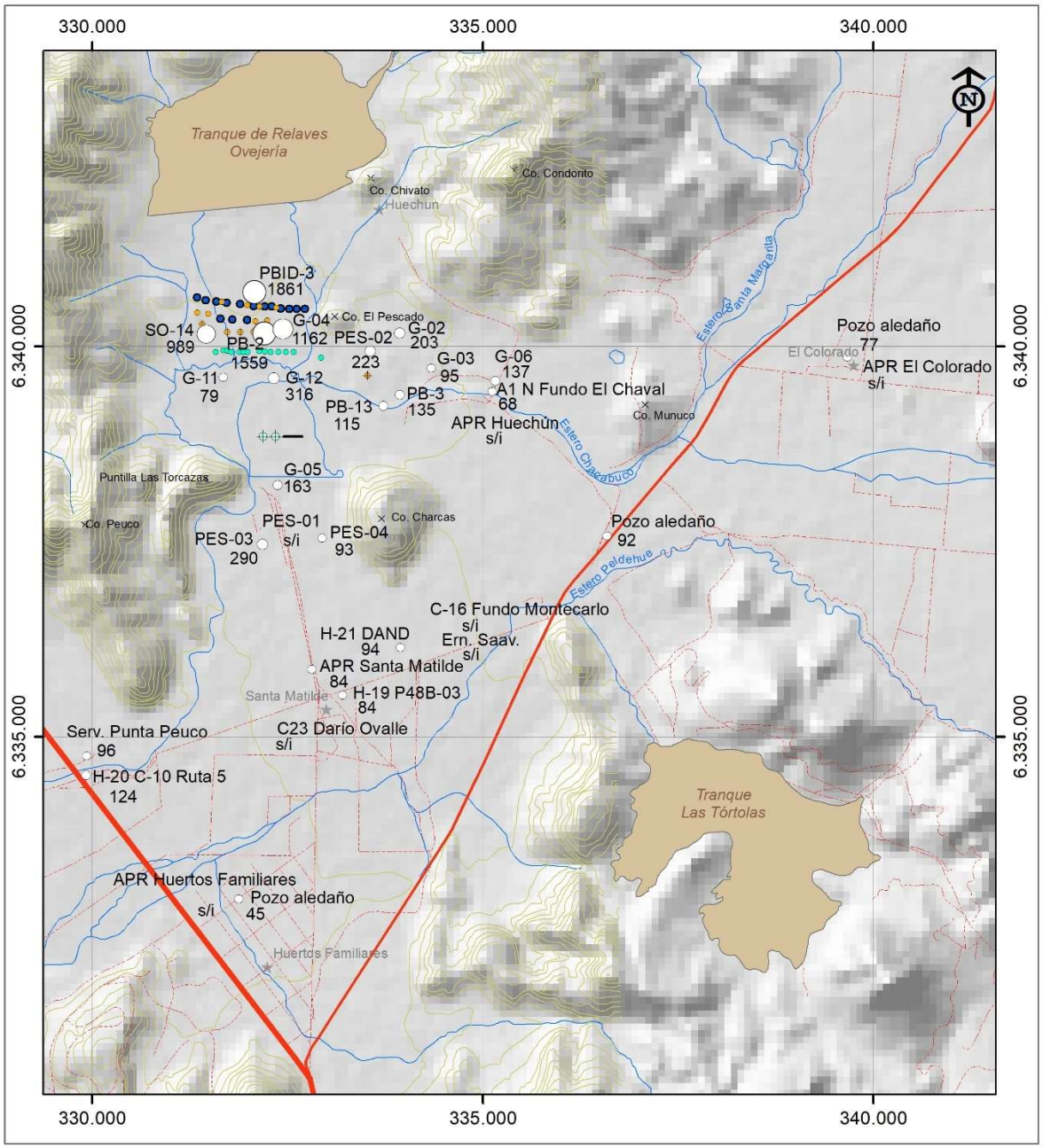


Figura 5.3: Distribución espacial de la concentración de sulfatos, mg/l. Promedio del trimestre abril a junio de 2023.

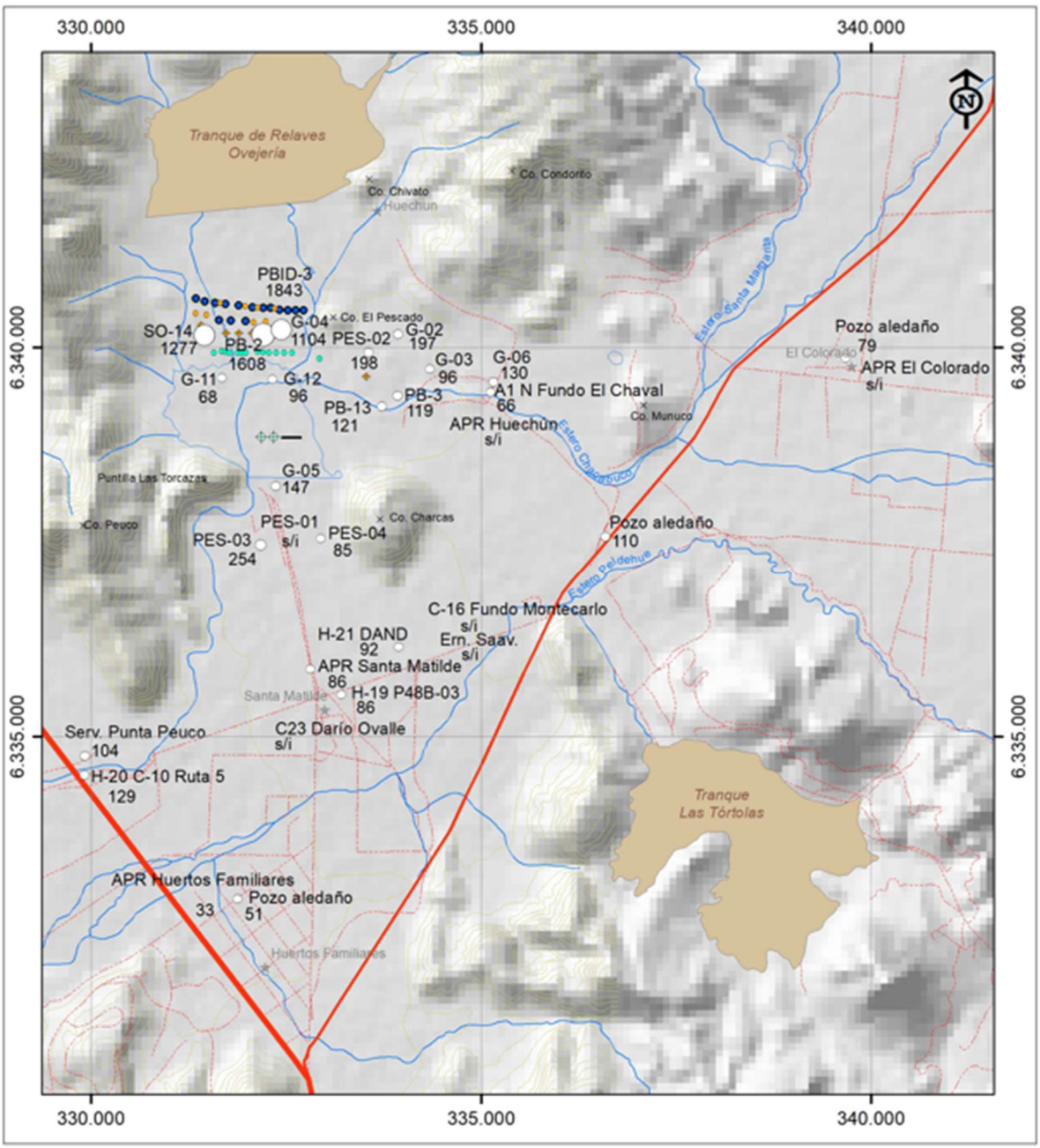


Figura 5.4: Distribución espacial de la concentración de sulfatos, mg/l. Promedio del trimestre julio a septiembre de 2023.

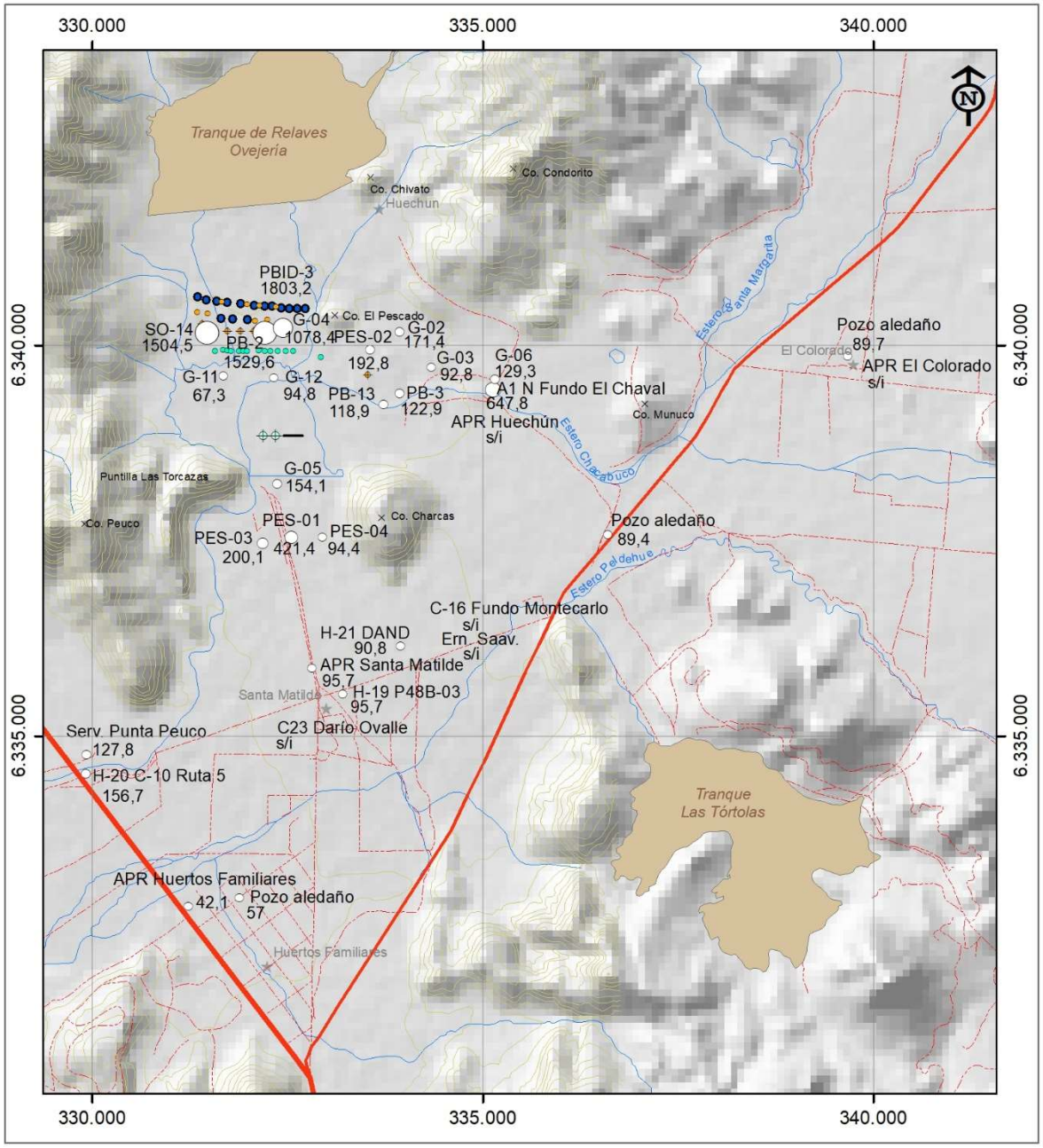
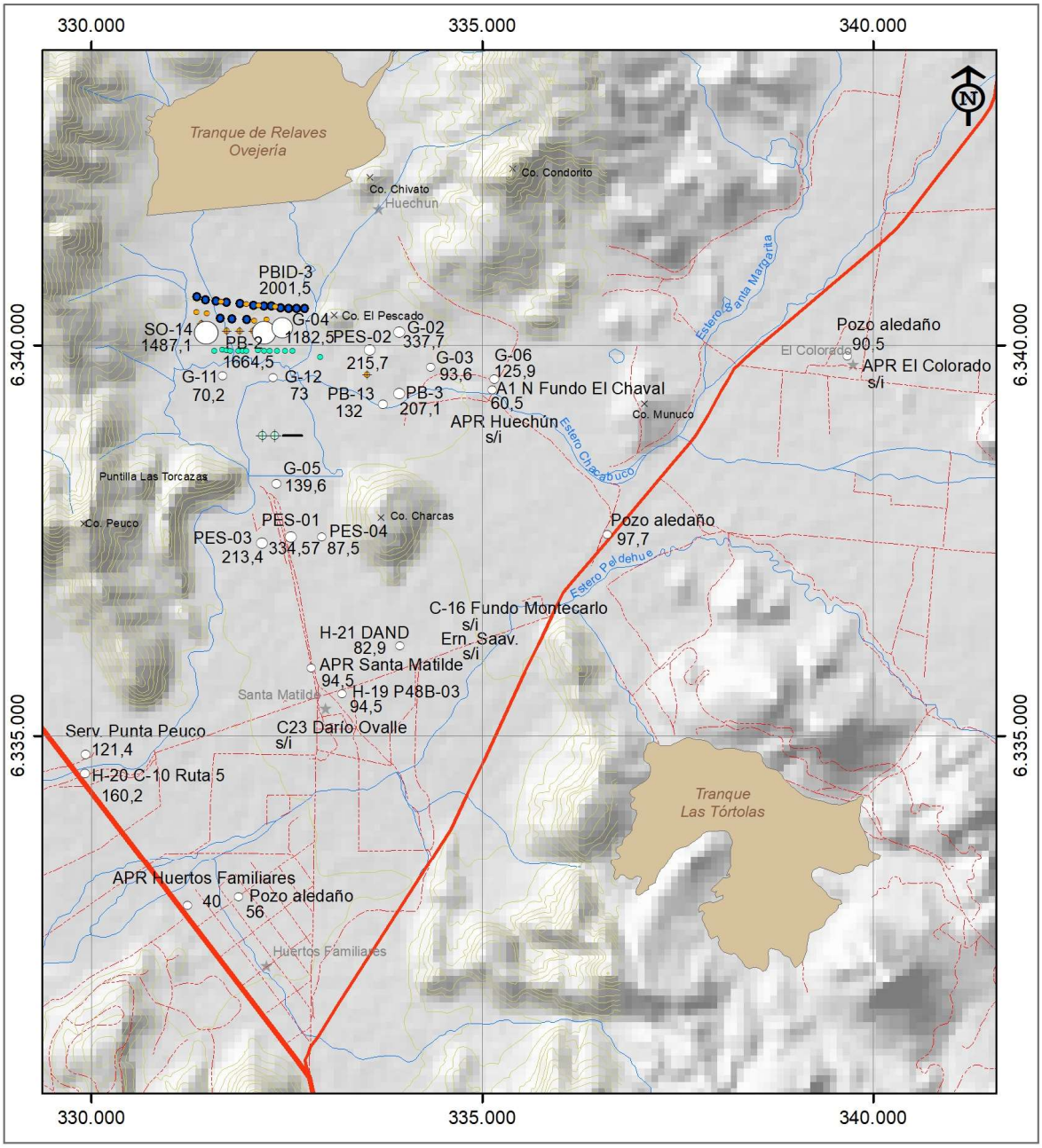


Figura 5.5: Distribución espacial de la concentración de sulfatos, mg/l. Promedio del trimestre octubre a diciembre de 2023.



Los resultados obtenidos muestran que:

- **pH:**

  En los pozos de monitoreo, tanto en aquellos ubicados lejanos como cercanos al tranque Ovejería, durante todo el año 2023 se obtuvieron valores de pH entre 7,2 upH y 8,5 upH; valores dentro de los rangos establecidos por las normas chilenas de requisitos para agua potable NCh 409/1 Of. 2005, la que establece un rango entre 6,5 y 8,5 upH; y de requisitos para diferentes usos la NCh 1.333/Of. 78 Modif. 87 en su apartado de uso para riego el cual establece un rango entre 5,5 y 9,0 upH.

- **Conductividad Específica y Sólidos Disueltos Totales:**

  Ambos parámetros se encuentran directamente relacionados con la concentración de sulfatos y su concordancia permite validar los resultados obtenidos.

  Es así como en la Figura 5.1 se ha ilustrado la relación entre la conductividad específica y el contenido de sulfatos, así como entre la conductividad específica y el contenido de sólidos disueltos totales. Se aprecia que, en general, los datos obtenidos durante el año 2023 se encuentran en la relación, lo que los valida.

  En los pozos cercanos a la barrera hidráulica y aguas arriba de la barrera de inyección de aguas de buena calidad (pozos PBID-03, SO-14, PB-2 y G-04), se registraron conductividades específicas en el rango entre 1.793 µS/cm (pozo SO-14) y 3.391 µS/cm (pozo PBID-3) y sólidos disueltos totales entre 1.412 mg/l (pozo SO-14) y 2.988 mg/l (Pozo PBID-3); con promedios trimestrales entre 2.003 µS/cm (PBID-3) y 3.243 µS/cm (PBID-3) CE y entre 1.659 mg/l (SO-14) y 2.955 mg/l SDT (PBID-3).

  En los pozos ubicados hacia el sur (pozos G-11, G-12, G-05, PES-03, PES-01 y PES-04), se registraron conductividades específicas entre 320 µS/cm (pozo G-12) y 1.283 µS/cm (pozo G-12) y sólidos disueltos totales entre 202 mg/l (pozo G-12) y 1.016 mg/l (pozo G-12); con promedios trimestrales entre 328 µS/cm y 1.118 µS/cm CE y entre 253 mg/l y 755 mg/l de sólidos disueltos totales.

  En los pozos hacia el sureste (pozos G-02, PES-02, PB-3, PB-13, G-03 y G-06), se registraron conductividades específicas entre 509 µS/cm (pozo G-03) y 1.061 µS/cm (pozo PES-02) y sólidos disueltos totales entre 358 mg/l (pozo G-06) y 746 mg/l (pozo PES-02), con promedios trimestrales entre 598 µS/cm y 991 µS/cm CE y entre 396 mg/l y 712 mg/l de sólidos disueltos totales.

  En los pozos ubicados en el valle de Chacabuco Polpaico se registraron conductividades específicas entre 387 µS/cm (Pozo A1N) y 1.208 µS/cm (Pozo Aledaño APR Huechún), y sólidos disueltos totales entre 254 mg/l (Pozo A1N) y 808 mg/l (Pozo Aledaño APR Huechún); con promedios trimestrales entre 428 µS/cm y 810 µ/cm CE y entre 275 mg/l y 498 mg/l de Sólidos Disueltos Totales.

- **Concentración de Sulfatos:**

  En las Figuras 5.2 a 5.5 se ilustra la distribución espacial del contenido de sulfatos representado por los promedios trimestrales obtenidos para el año 2023 para cada punto de muestreo.

  Con base en estas figuras y los datos contenidos en las Tablas 5.1 a 5.4 (Lista Corta); se indica lo siguiente:

  En los pozos cercanos a la barrera hidráulica (pozos PBID-03, PB-2, SO-14, G-04), se registraron concentraciones en un rango entre 815 mg/l (pozo SO-14) y 2.055 mg/l (pozo PBID-3), con promedios trimestrales entre 989 mg/l y 2.001 mg/l.

  En los pozos ubicados hacia el sur (pozos G-11, G-12, G-05, PES-03, PES-01 y PES-04), se registraron concentraciones entre 62 mg/l (pozo G-11) y 567 mg/l (PES-01), con promedios trimestrales entre 67 y 421 mg/l.

  En los pozos hacia el sureste (pozos G-02, PES-02, PB-3, PB-13, G-03 y G-06), se registraron concentraciones entre 84 mg/l (pozo G-03) y 262 mg/l (pozo PES-02), con promedios trimestrales entre 93 mg/l y 338 mg/l.

  En los pozos ubicados en el valle central Chacabuco Polpaico - pozo aledaño a APR El Colorado, A1, APR Huechún, H-21 DAND, H-19 P48B-03, APR Huertos Familiares, APR Santa Matilde, APR Punta Peuco y H-20 C-10 Ruta 5-; se registraron concentraciones entre 29 mg/l (APR Huertos Familiares) y 175 mg/l (H-20 C-10 Ruta 5), con promedios trimestrales entre 32 mg/l y 160 mg/l; todos los valores por debajo de la norma Chilena para agua potable NCh 409-101 Of.1/2005 (500 mg/l) y la norma chilena para uso en riego NCh 1.333 Of. 78 Mod. 87 (250 mg/l).

i. Gráficas de evoluciones observadas (medidas) y su comparación con las pronosticadas de concentración de sulfatos.

En relación a la evolución de las concentraciones de sulfatos observadas (medidas) y su comparación con las pronosticadas, en las figuras 5.6 a 5.29 se ilustran los datos observados históricos y los valores obtenidos de simulación numérica. Las figuras de los pozos se ordenan con el único objetivo de presentarlas según la ubicación de cada pozo, lo que se utiliza en el análisis que se realiza, y agilizar así la lectura. Se ordenan de acuerdo a: sector barrera hidráulica, hacia el sur en dirección aguas abajo de la barrera hidráulica, hacia el sureste, y en el valle central Chacabuco Polpaico el que incluye los APR.

En dichas figuras 5.3 a 5.29, se representa tanto la simulación original con medidas de control en proyecto, no construidas, (Sim03) – parte de los antecedentes de la Res. Exe. CE RMS N°204/2015 - y con medidas de control construidas y en operación (Sim05).

De acuerdo con lo solicitado en el considerando 11.2.7 de la Res. Exe. CE RMS N°204/2015, se incluye en las gráficas de las evoluciones observadas, el estadígrafo percentil 50% de 6 meses móviles (P50 6M), sobre la concentración de sulfatos registrada en los pozos de seguimiento que se incorporan en el Plan de Alerta Temprana (PAT), para efectos de evaluar el chequeo de umbrales y la activación de medidas. Lo anterior, si bien dicho chequeo y descripción de activación de medidas ha sido descrito en el Informe Anual del Plan de Alerta Temprana que se incluye en el Anexo 1 como parte del presente informe.

Se aprecia en el sector de la barrera hidráulica (pozos PBID-3, PB-2, SO-14 y G-04), que las concentraciones de sulfatos medidas en el presente trimestre se encuentran en torno a las concentraciones proyectadas por Sim03, pero por sobre las concentraciones proyectadas actualizadas Sim05. Durante el trimestre SO-14 mantuvo concentraciones sobre proyección Sim05. Sólo el pozo G-04 ha mantenido concentraciones bajo ambas proyecciones.

Hacia el sur en dirección aguas abajo de los pozos de la barrera hidráulica, en el pozo G-11 las concentraciones medidas en el presente trimestre se encuentran bajo ambas concentraciones proyectadas. En cuanto al pozo G-12, entre el segundo trimestre 2020 y el tercer trimestre de 2021, éste presentó un pulso con aumento en la concentración de sulfatos lo que activó medidas PAT, y posteriormente se ha mantenido bajo o en el entorno de las concentraciones modeladas hasta el actual período.

Aguas abajo del muro del Embalse Huechún, en el pozo G-05 se aprecia para el presente trimestre concentraciones de sulfatos en torno a los valores de la proyección actualizada (Sim05) y bajo la proyección original (Sim03). Aguas abajo en dirección sur, en los pozos PES-03 y PES-04, en el presente trimestre las concentraciones de sulfatos se encuentran en torno o bajo los valores proyectados en Sim05. En el caso del PES-03, si bien desde su construcción y hasta el año 2016 se registraron valores medidos superiores a los proyectados, se aprecia claramente en la Figura 5.10 una tendencia de disminución de la concentración de sulfatos mejorando la condición hasta alcanzar valores bajo la proyección a partir de inicios del año 2017, condición que se ha mantenido con valores en torno a la proyección original (Sim03) para el presente trimestre. En el caso del pozo PES-01, se observa una oscilación por sobre la proyección, si bien a la fecha mantiene tendencia general cercana a lo proyectado en Sim 03.

En el sector sureste (pozos G-02, PES-02, PB-3, PB-13, G-03, G-06), durante el presente trimestre las concentraciones medidas se encuentran cercanas o bajo a las proyectadas. En el pozo G-02 se detectó un pulso con aumento en la concentración de sulfatos en el segundo semestre del año 2016 disminuyendo el semestre siguiente (primer semestre de 2017), hasta valores estables bajo 250 mg/l a partir del segundo semestre de 2017, condición que se ha mantenido en el presente trimestre, con valores bajo la proyección Sim05.

En el valle central Chacabuco-Polpaico, (pozos A1 Fundo El Chaval, H-19 P48B-03, APR Huechún, APR Huertos Familiares y APR Santa Matilde), las concentraciones observadas registraron valores en torno o bajo los valores proyectados. En dirección suroeste (APR Serv. Punta Peuco y H-20 Ruta 5), las concentraciones observadas del pozo APR Serv. Punta Peuco, en el trimestre registra valores en torno a la proyección Sim05, pero bajo la proyección original (Sim03).

Figura 5.6: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo PBID-3.

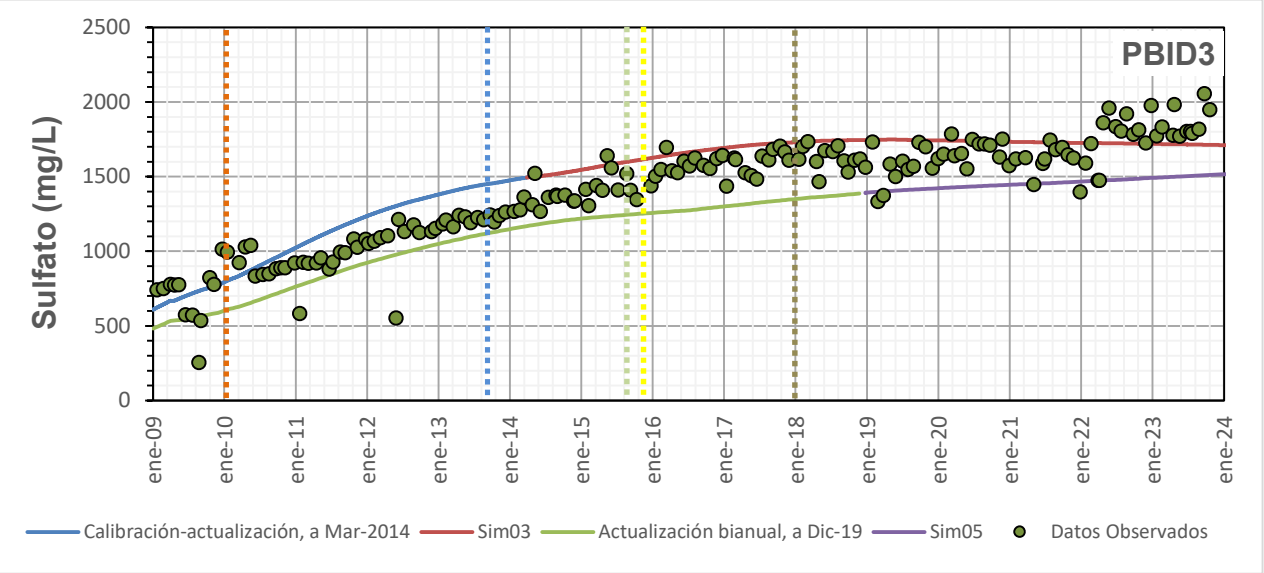


Figura 5.7: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo PB-2.

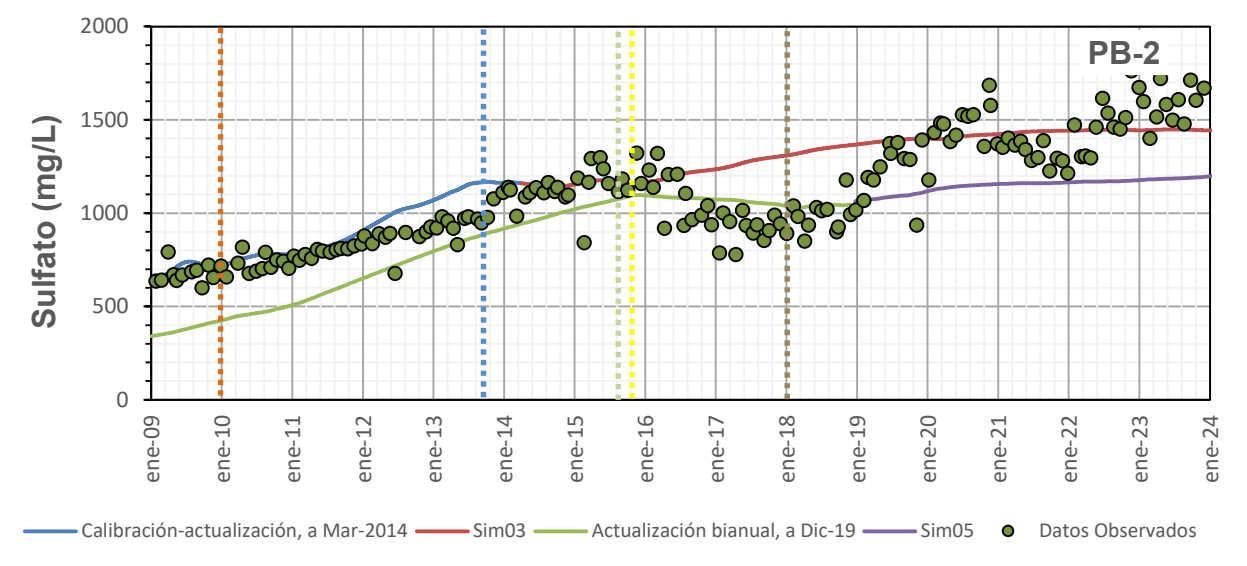


Figura 5.8: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo SO-14.

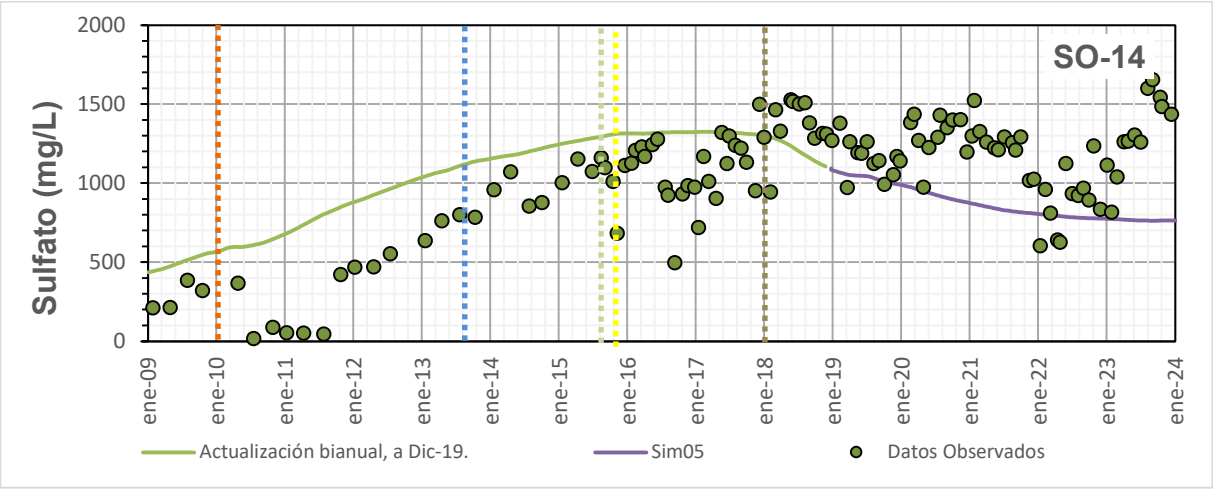


Figura 5.9: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo G-04.

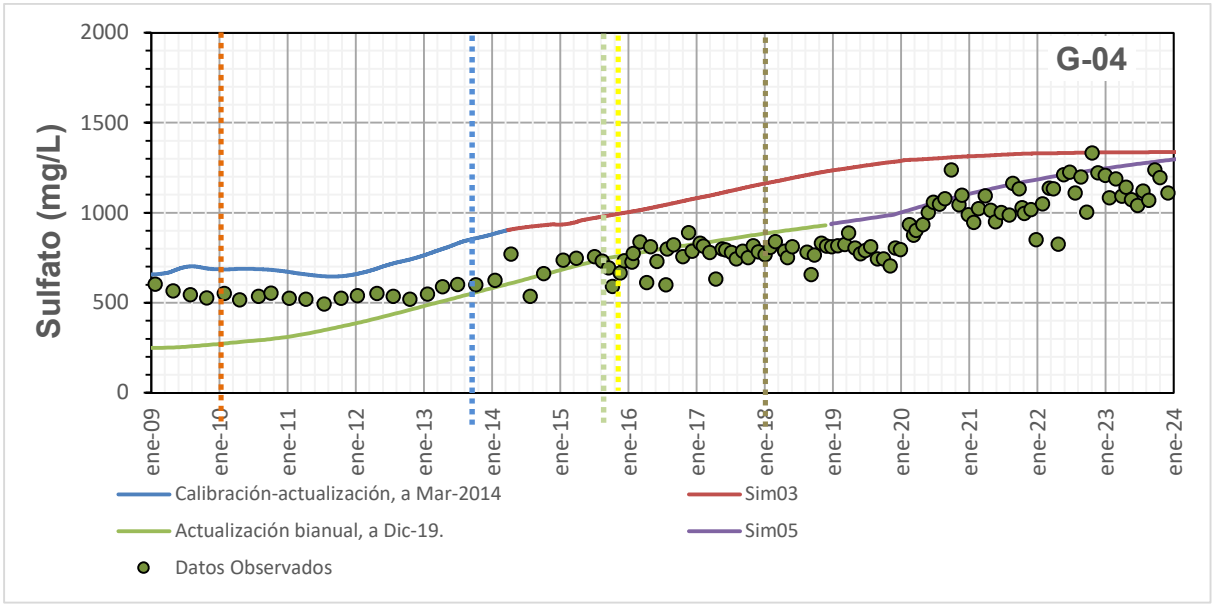


Figura 5.10: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo G-11.

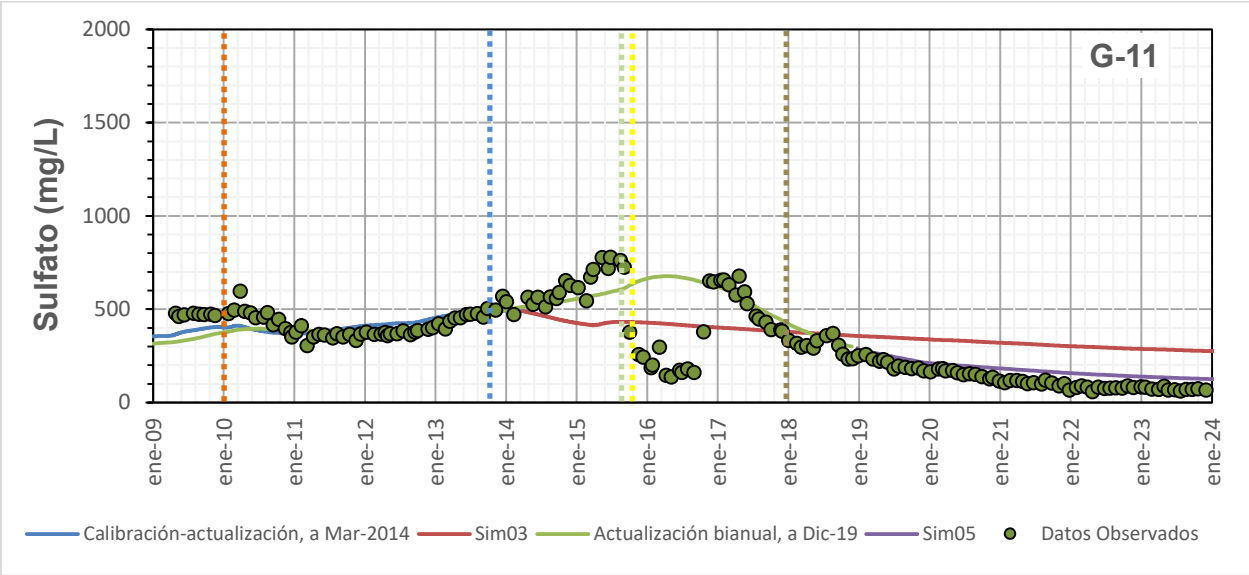


Figura 5.11: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo G-12.

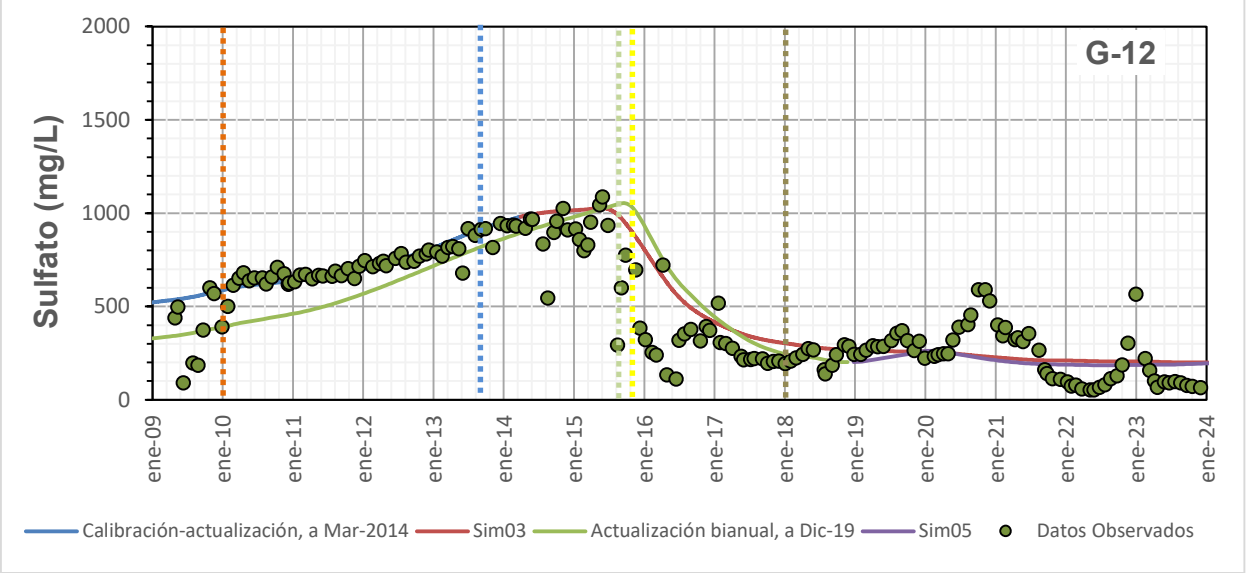


Figura 5.12: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo G-05.

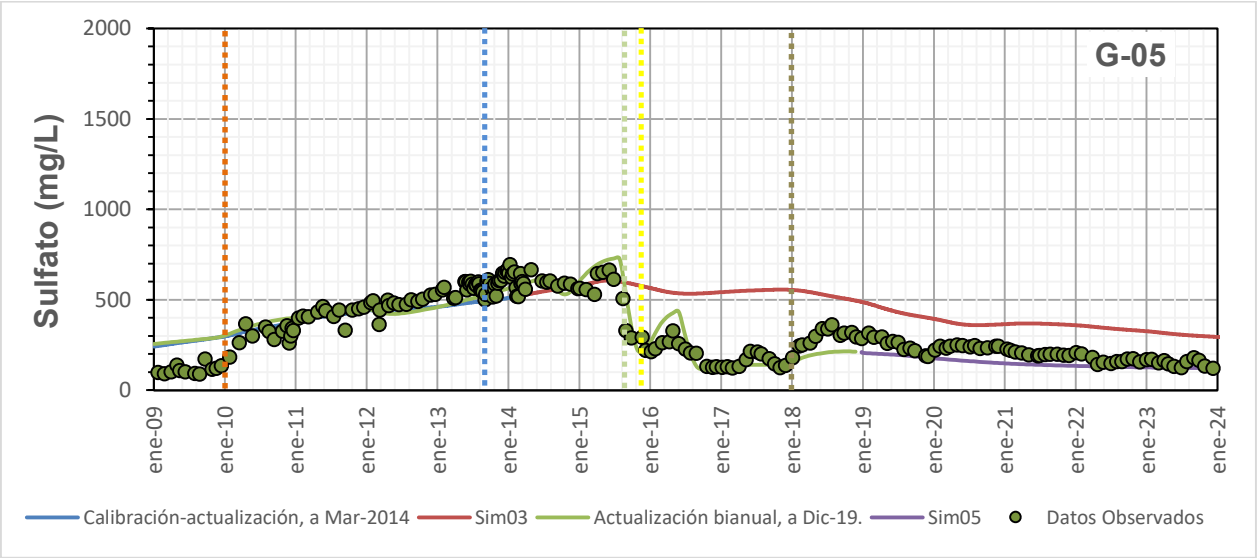


Figura 5.13: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo PES-01.

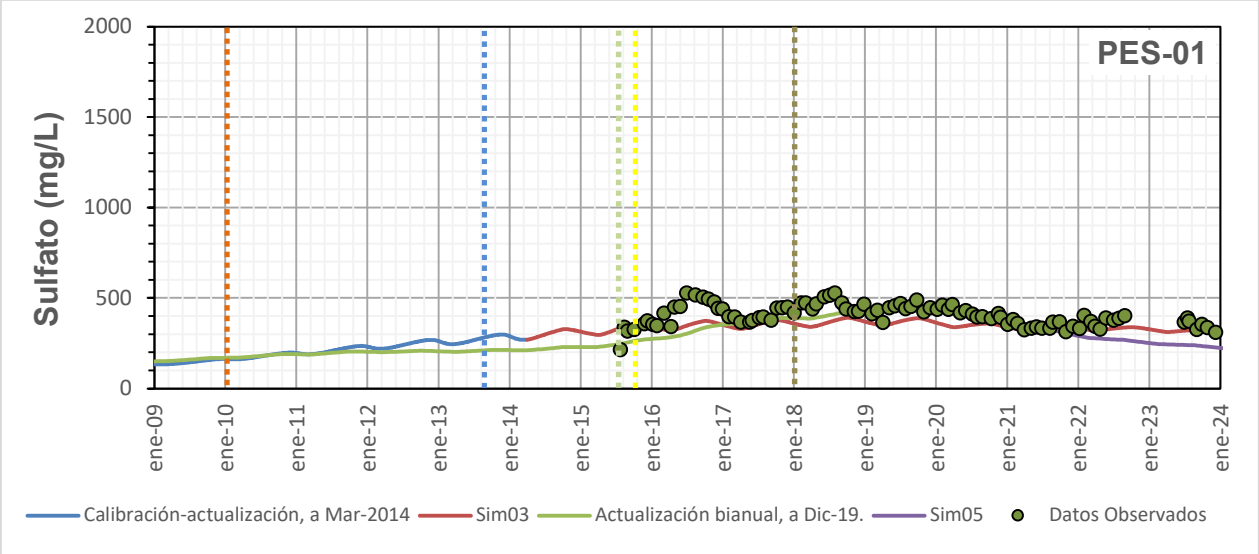


Figura 5.14: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo PES-03.

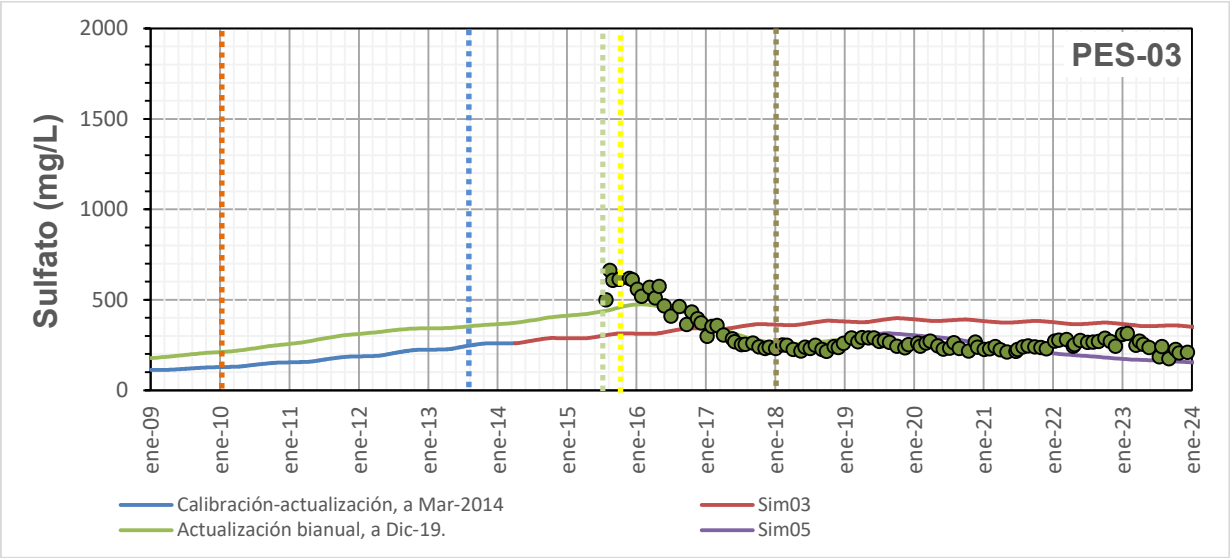


Figura 5.15: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo PES-04.

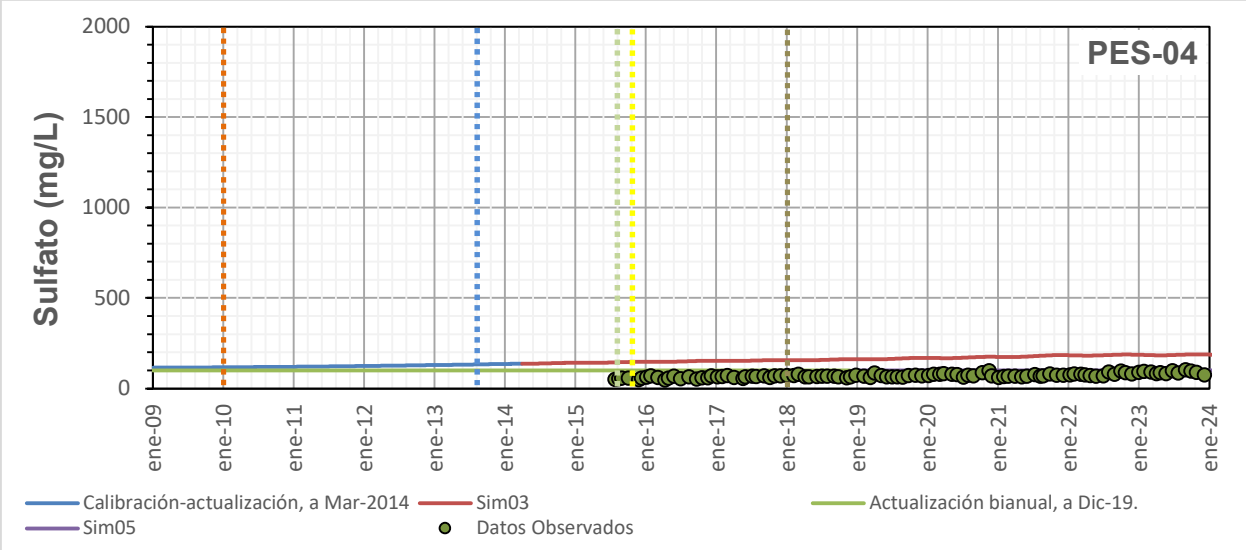


Figura 5.16: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo G-02.

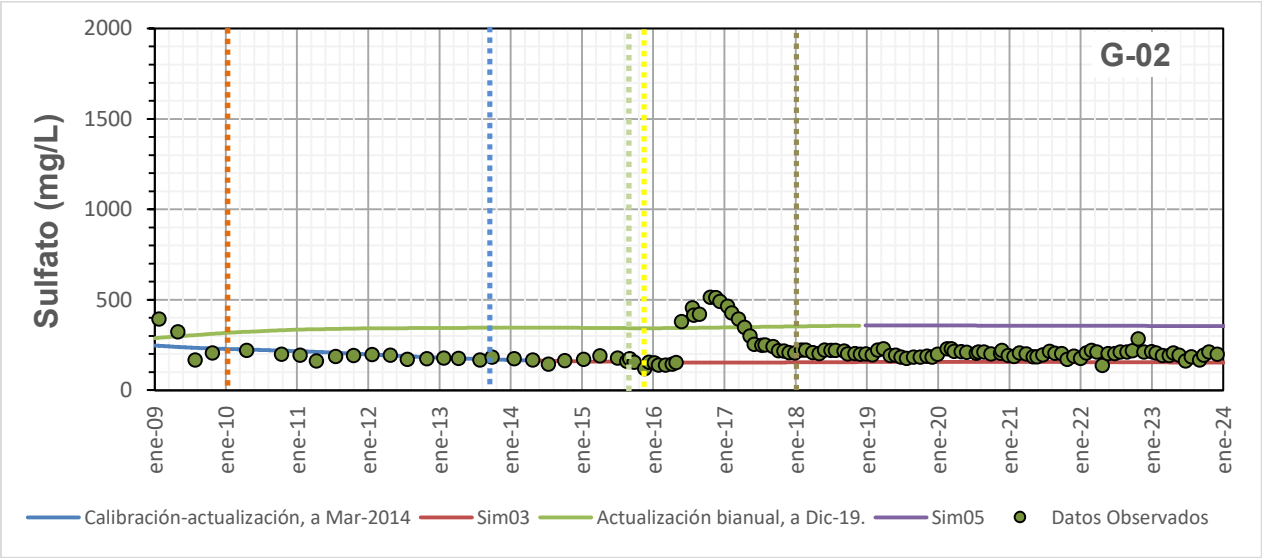


Figura 5.17: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo PES-02.

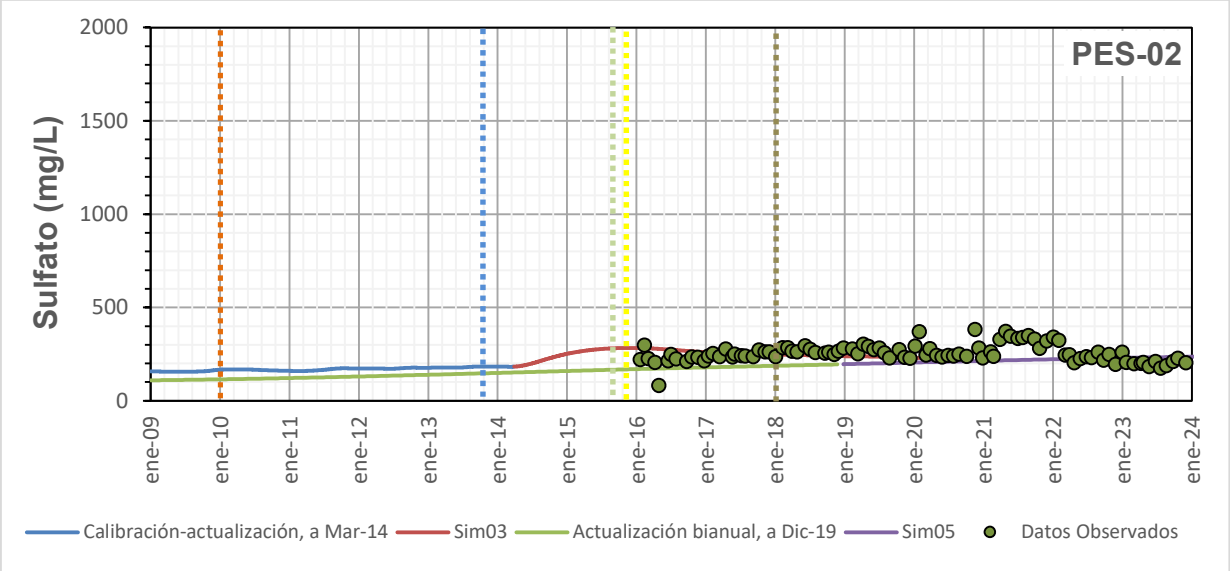


Figura 5.18: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo PB-3.

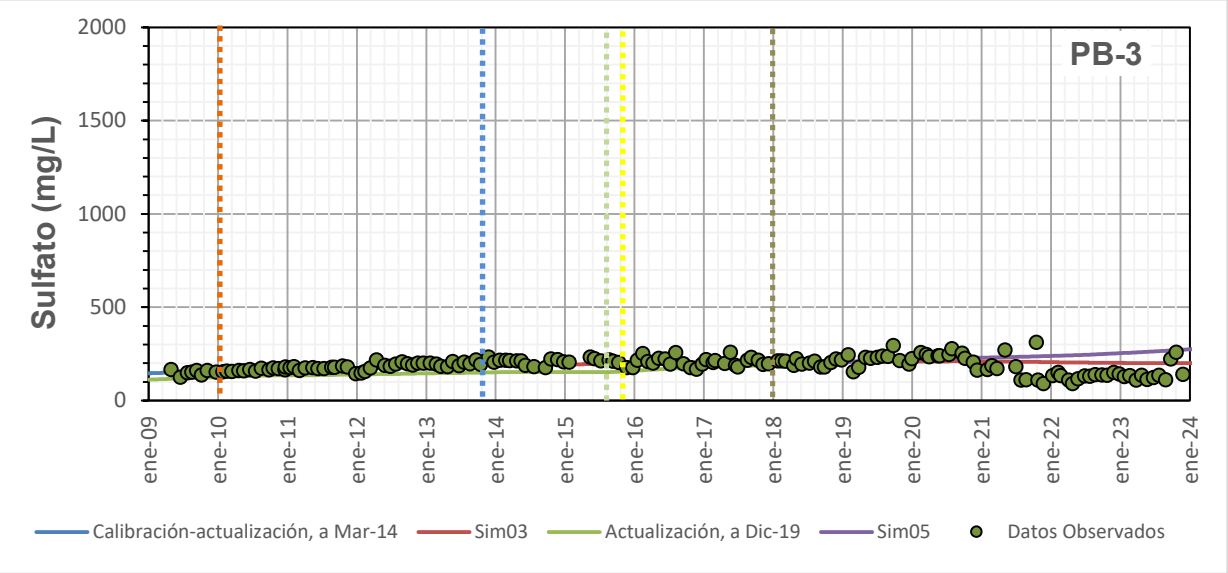


Figura 5.19: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo PB-13.

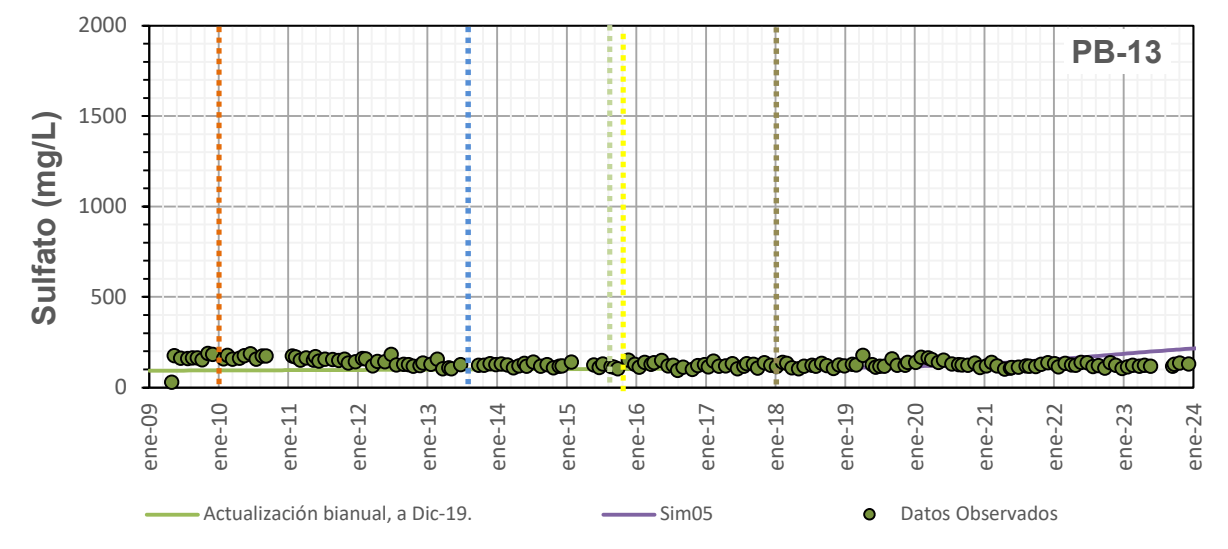


Figura 5.20: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo G-03.

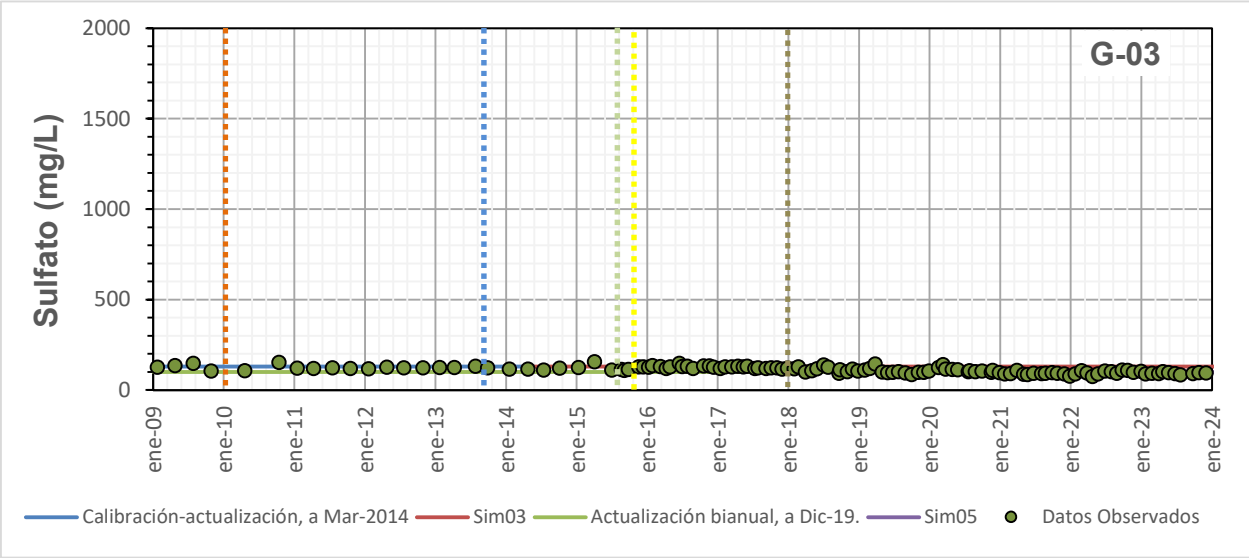


Figura 5.21: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo G-06.

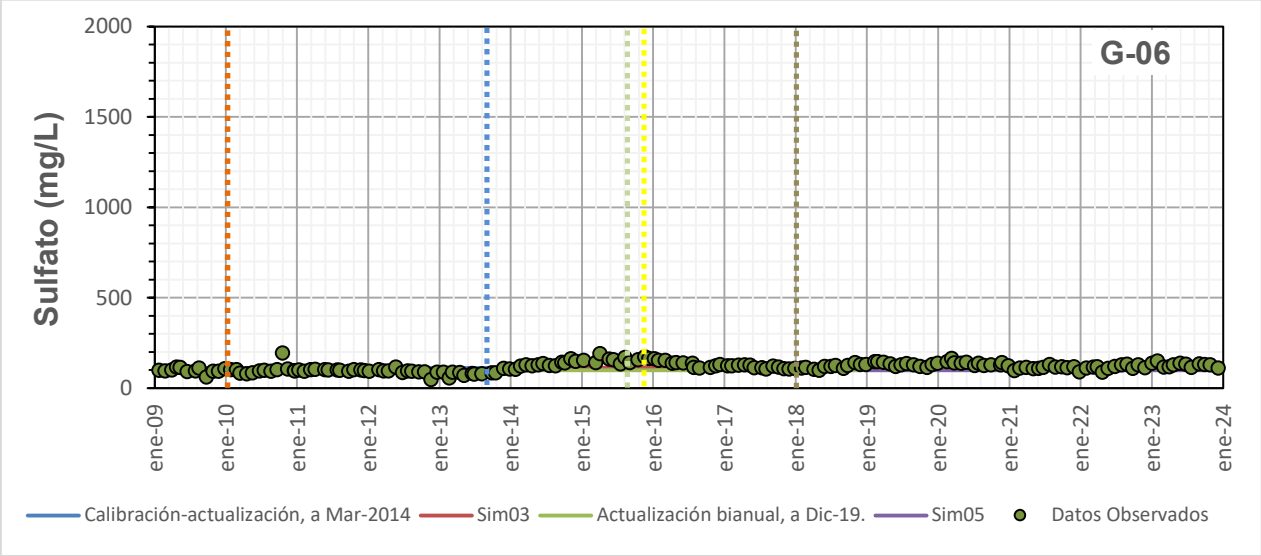


Figura 5.22: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo A1 Fundo El Chaval.

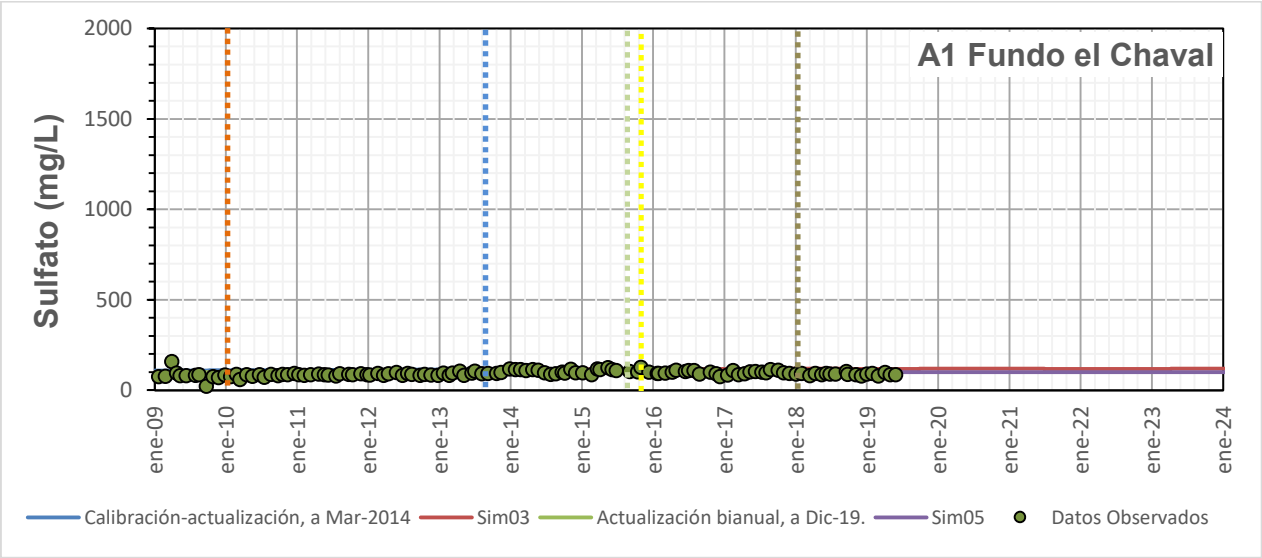


Figura 5.23: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo H-19 P48B-03.

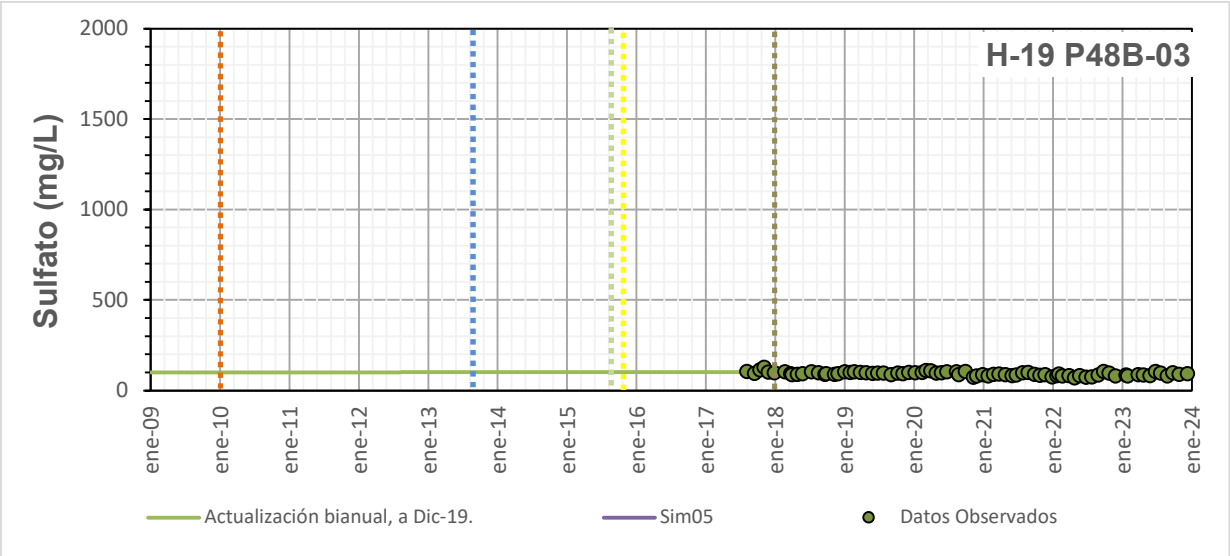


Figura 5.24: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo H-20 C-10 Ruta 5.

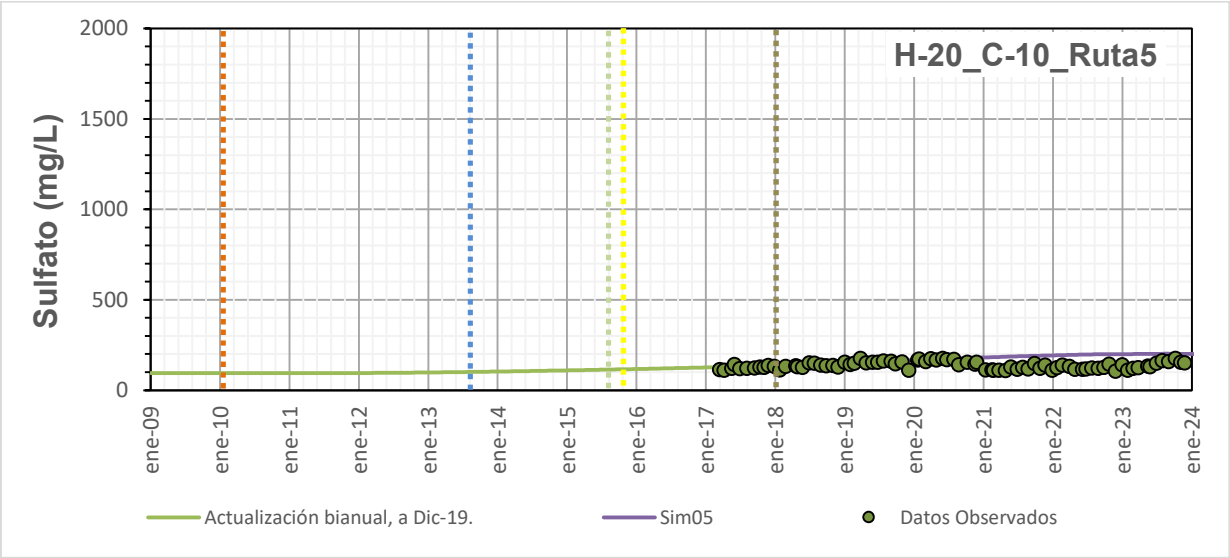
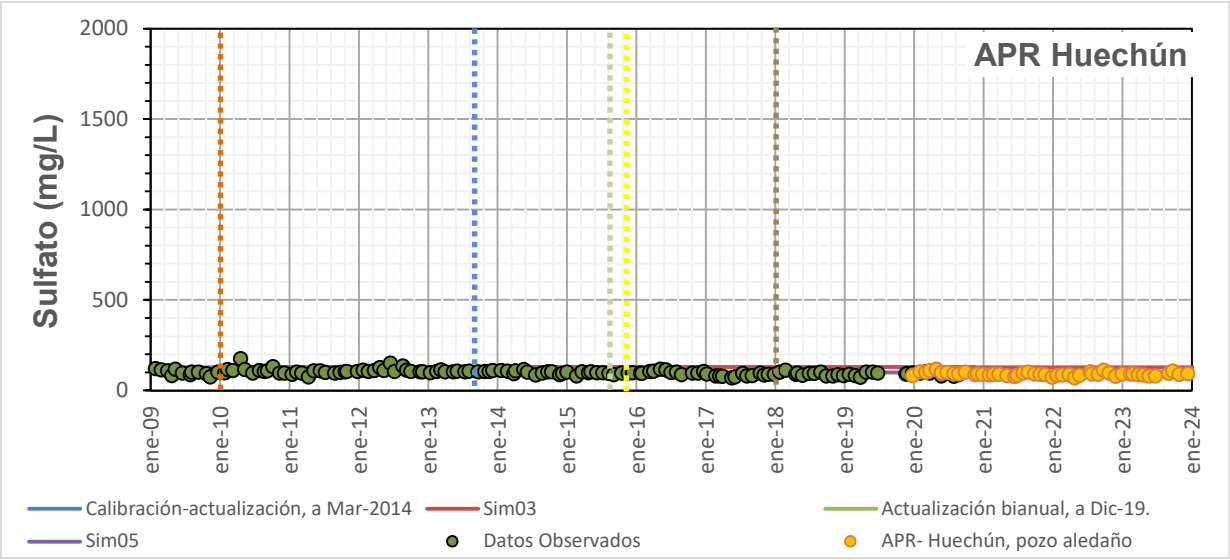
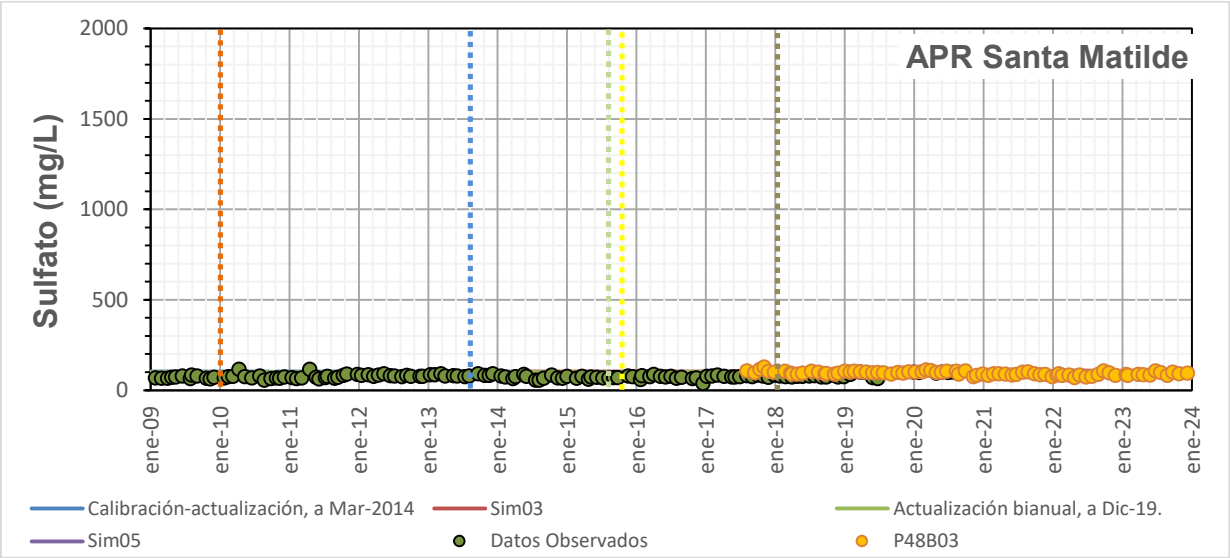


Figura 5.25: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo APR Huechún.



Nota: Simulaciones sobre pozos original.

Figura 5.26: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo APR Santa Matilde.



Nota: Simulaciones sobre pozos original.

Figura 5.27: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo Serv. Punta Peuco.

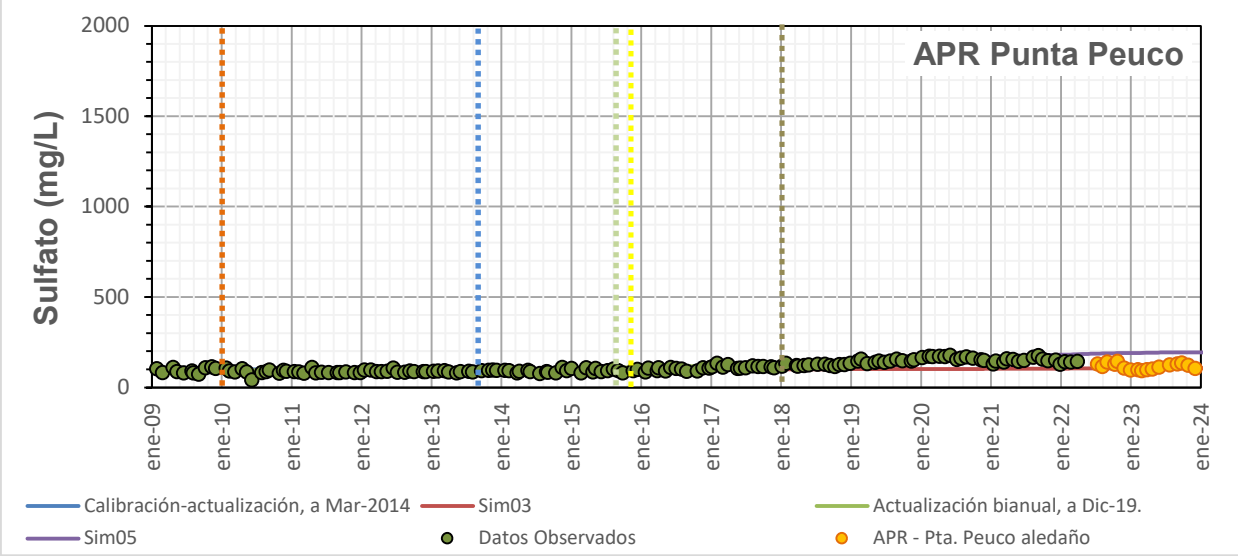
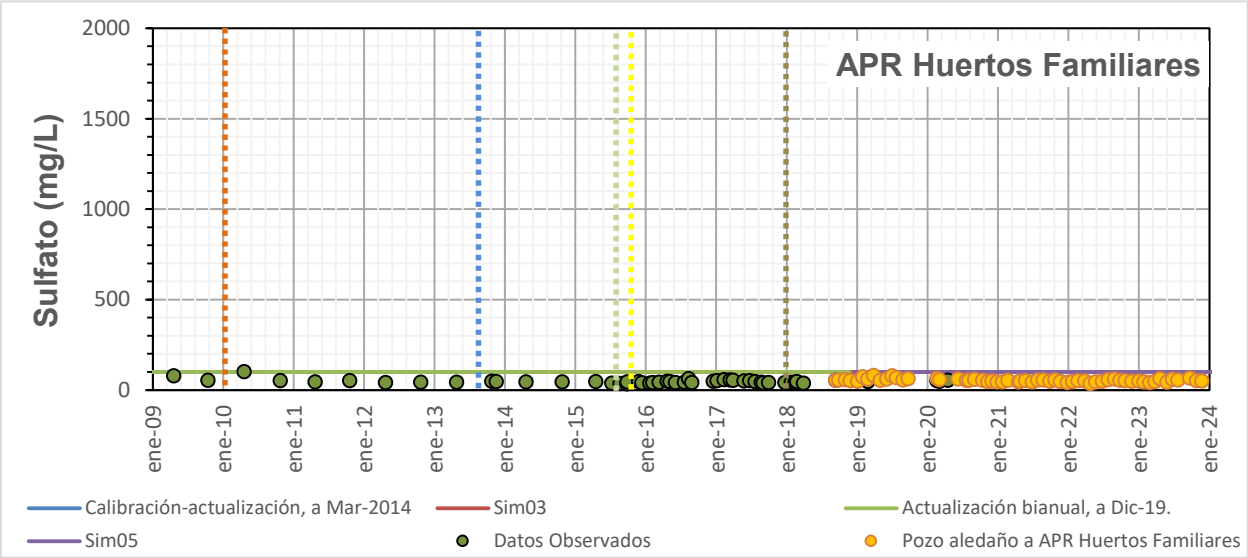
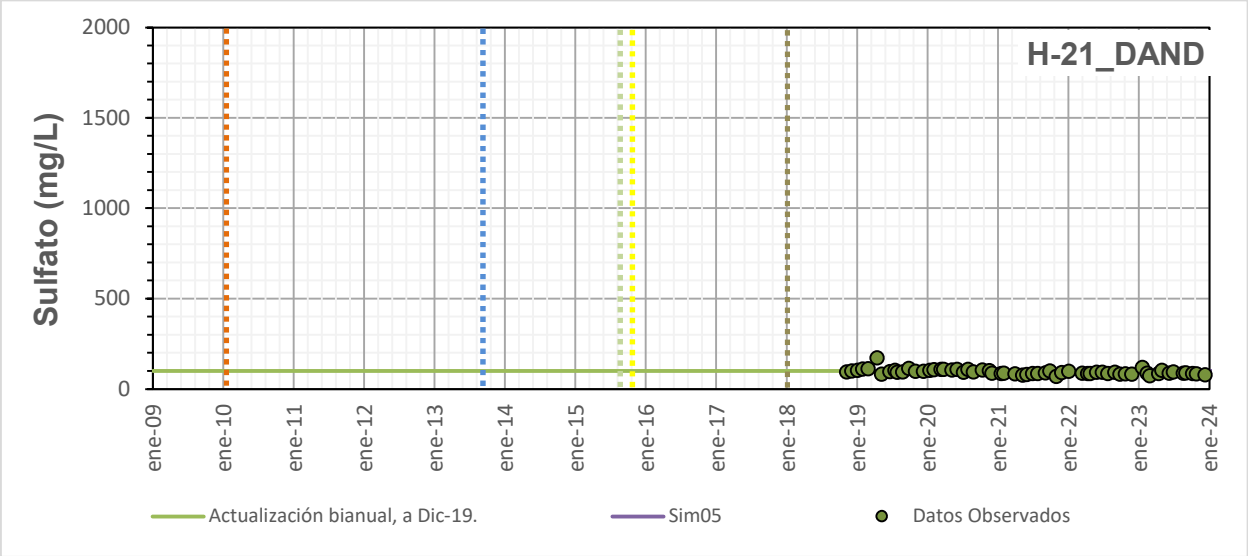


Figura 5.28: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo APR Huertos Familiares.



Nota: Simulaciones sobre pozos original.

Figura 5.29: Evolución observada y pronosticada de concentración de sulfatos. Pozo H-21 DAND



ii. Monitoreo de niveles.

- Distribución espacial de profundidad del nivel de aguas subterráneas.

En las Figuras 5.30 a 5.33 se ilustra la distribución espacial de la profundidad de los niveles piezométricos como promedios trimestrales para el año 2023.

Para el año 2023, se aprecia que aguas arriba de la barrera hidráulica, la profundidad del nivel se encuentra entre 12,9 m y 17,6 m (pozo PB-2), aumentando en dirección sur con profundidades en torno a 20,0 m a 28,0 m aguas abajo en dirección sur en los pozos G-02, G-03, G05 y PES-02. Aguas abajo el muro del Embalse Huechún se presentó valores entre 29,0 m y 33,7 m en los pozos PES-01, PES-03 Y PES-04. Hacia el sureste, en el pozo G-02 mantiene un nivel estable entre 24,4 m y 25,7 m; mientras en el sector de los pozos PB-3, PB-13 y G-06 se encuentra entre 30,8 y 33,9 m.

En los pozos de la red de monitoreo en la zona central del Valle Chacabuco Polpaico, los promedios trimestrales de niveles se encuentran entre 33,1 m y 105,6 m (pozo aledaño a APR Huertos Familiares, pozo Nº7); si bien ha de tenerse en cuenta que se trata de pozos de abastecimiento de propiedad de terceros, por cuanto, si bien se solicitan detenciones de al menos 2 horas, los niveles pueden verse influenciados por dichos bombeos.

Figura 5.30: Distribución espacial de la profundidad de niveles piezométricos, m. Promedio del trimestre enero a marzo de 2023.

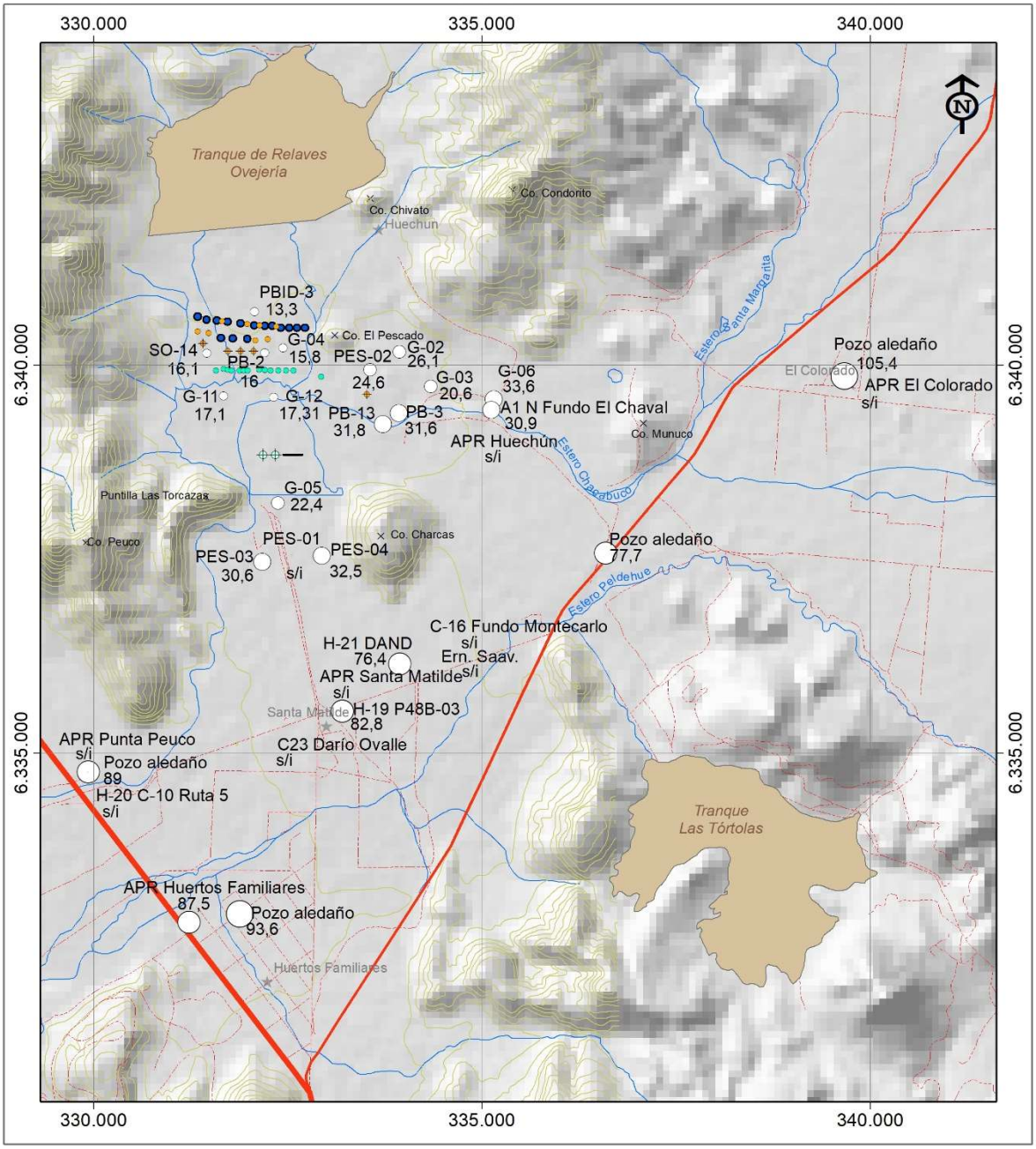


Figura 5.31: Distribución espacial de la profundidad de niveles piezométricos, m. Promedio del trimestre abril a junio de 2023.

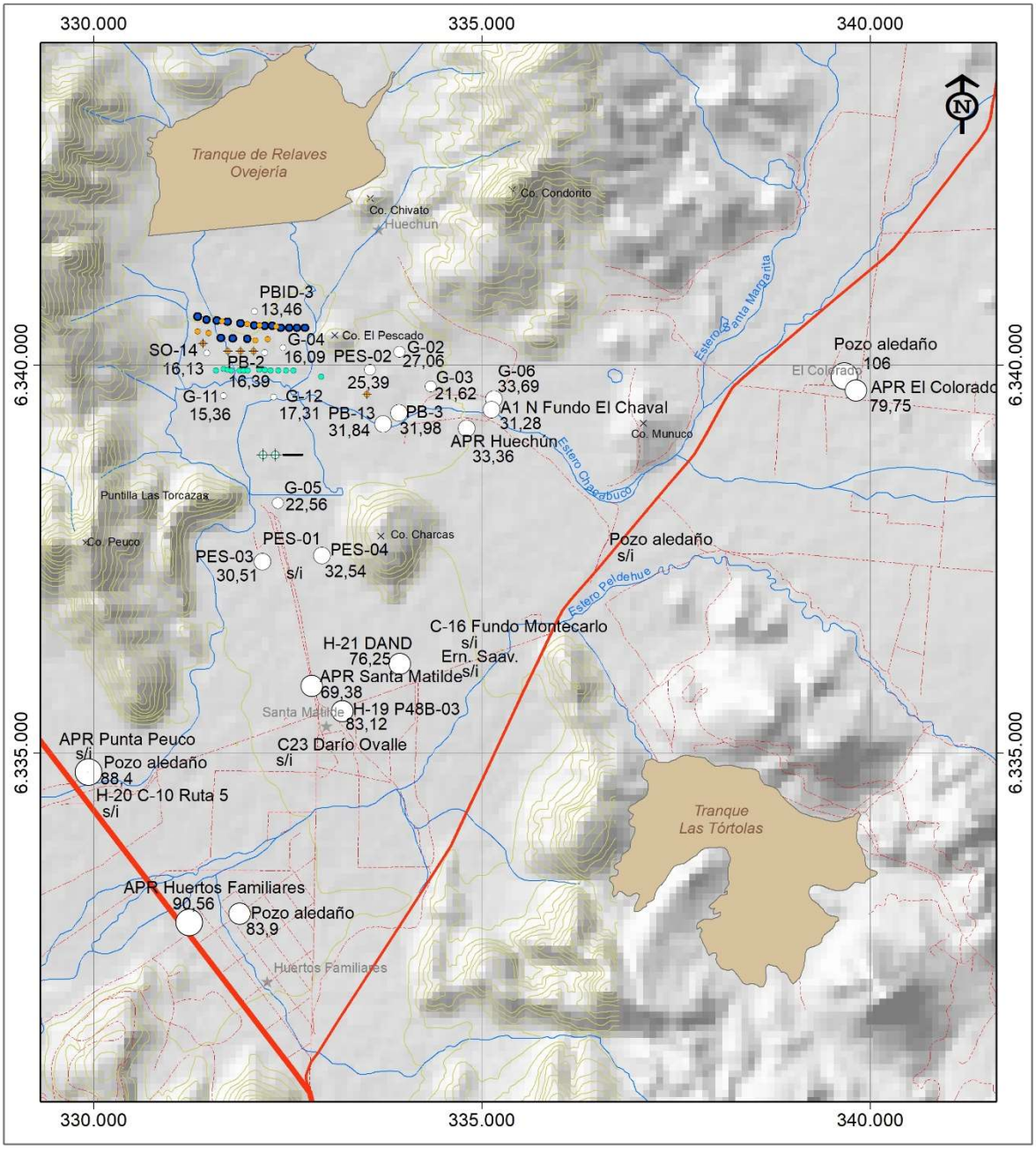


Figura 5.32: Distribución espacial de la profundidad de niveles piezométricos, m. Promedio del trimestre julio a septiembre de 2023.

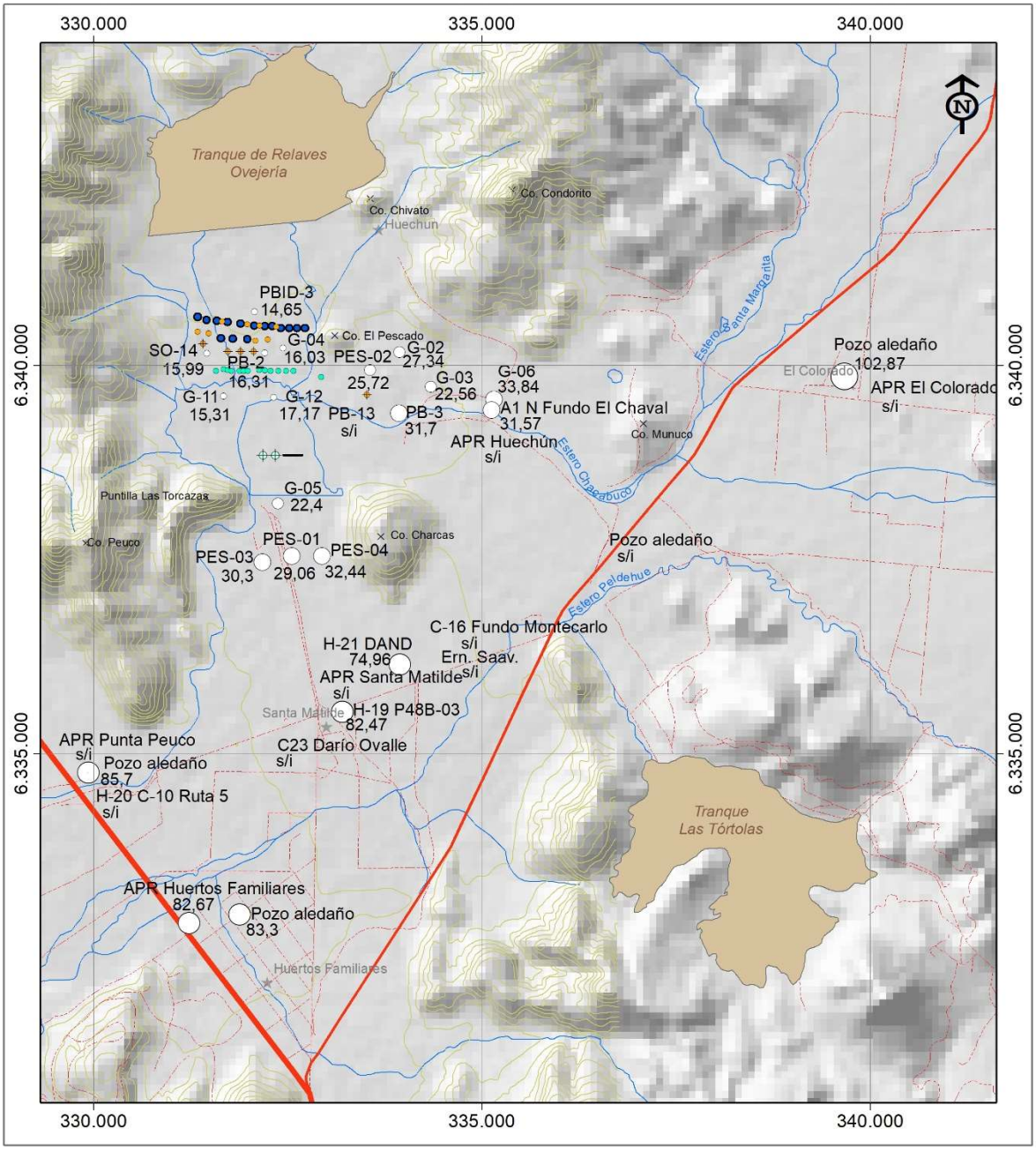
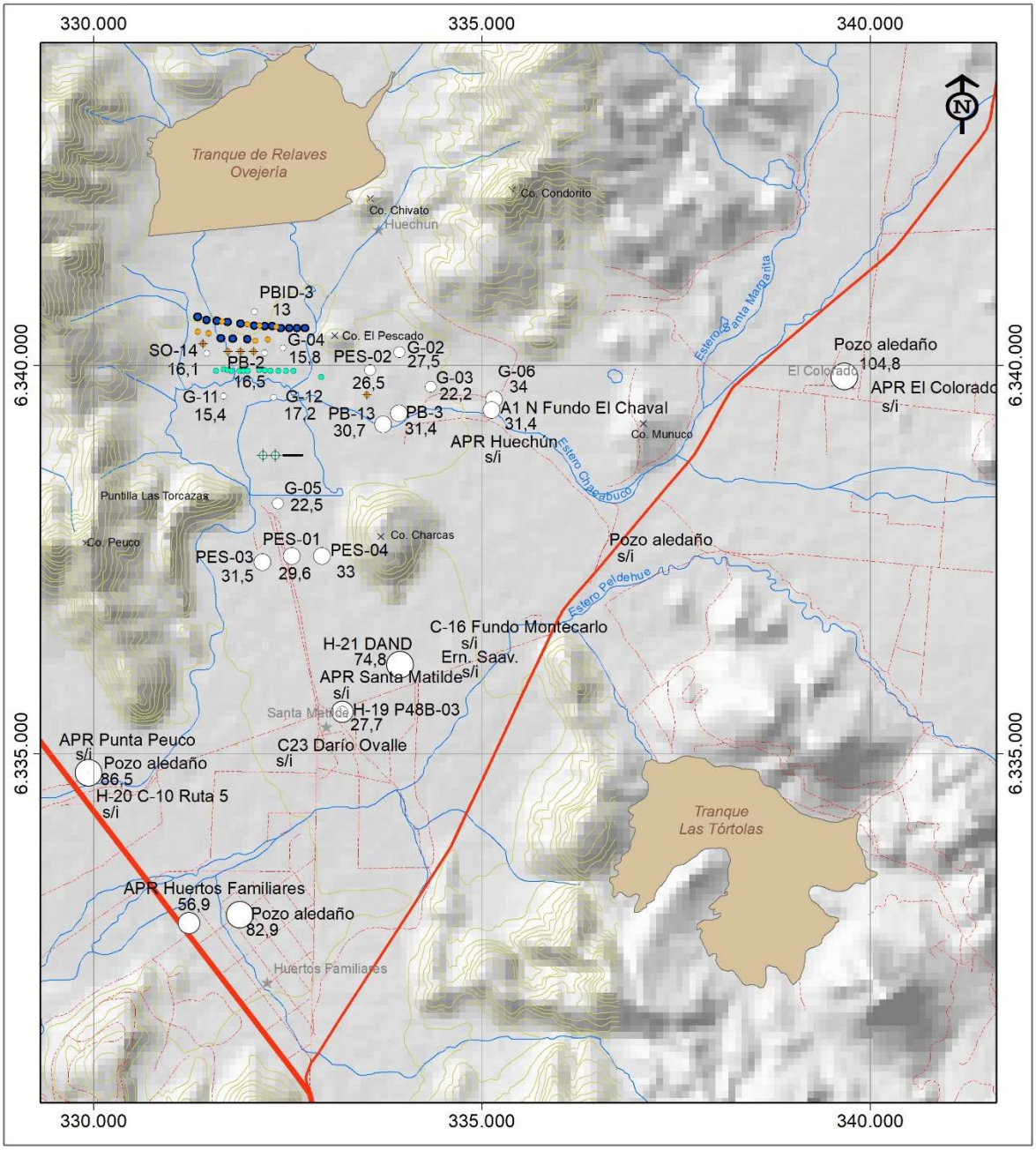


Figura 5.33: Distribución espacial de la profundidad de niveles piezométricos, m. Promedio del trimestre octubre a diciembre de 2023.



- Gráficas de evoluciones observadas (medidas) y su comparación con las pronosticadas de niveles.

En relación a la evolución de los niveles piezométricos observados (medidos), así como a su comparación con las pronosticadas, en las figuras 5.34 a 5.52 se ilustran los datos observados históricos y los valores obtenidos de simulación numérica calibrada entre diciembre de 1999 y marzo de 2014, y proyectada a partir de abril de 2014 (Sim03).

En dichas Figuras 5.34 a 5.52, se representa tanto la simulación original con medidas de control en proyecto, no construidas, (Sim03) – parte de los antecedentes de la Res. Exe. CE RMS N°204/2015 - y con medidas de control construidas y en operación (Sim05).

Se observa un descenso general de los niveles de aguas subterráneas, tendencia que habría cambiado durante el segundo semestre del año 2015 a partir de la operación de las medidas de control del PSyCI en conjunto con eventos pluviales significativos ocurridos durante los años 2015 y 2016; produciéndose un ascenso de niveles como efecto y en los años 2017 y 2018 tendencia a estabilización con oscilaciones propias de estacionalidad.

Es así como aguas arriba de la barrera hidráulica (pozo PBID-3), en la zona entre los pozos de bombeo y de inyección de aguas de buena calidad (pozos PB-2, G-04), y aguas abajo de la barrera hidráulica en dirección sur (pozos G-11, G-12 y G-05); se mantienen niveles estables durante el año 2023.

Hacia aguas abajo del muro del embalse Huechún, en los pozos PES-01, PES-04 y PES-03 se observa una tendencia al equilibrio.

Respecto a su comparación con los datos pronosticados, si bien las tendencias generales logran ser simuladas a través de las proyecciones actualizadas (Sim5), se aprecia en los gráficos que el modelo original (Sim03) sobrestima dichos efectos.

Figura 5.34: Evolución observada y pronosticada niveles. Pozo PBID-3.

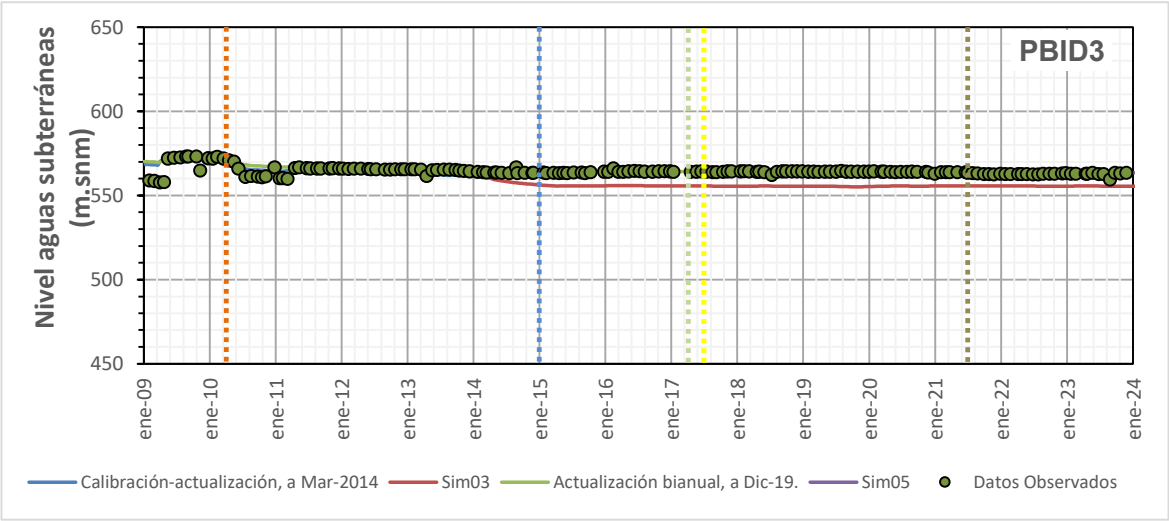


Figura 5.35: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo PB-2.

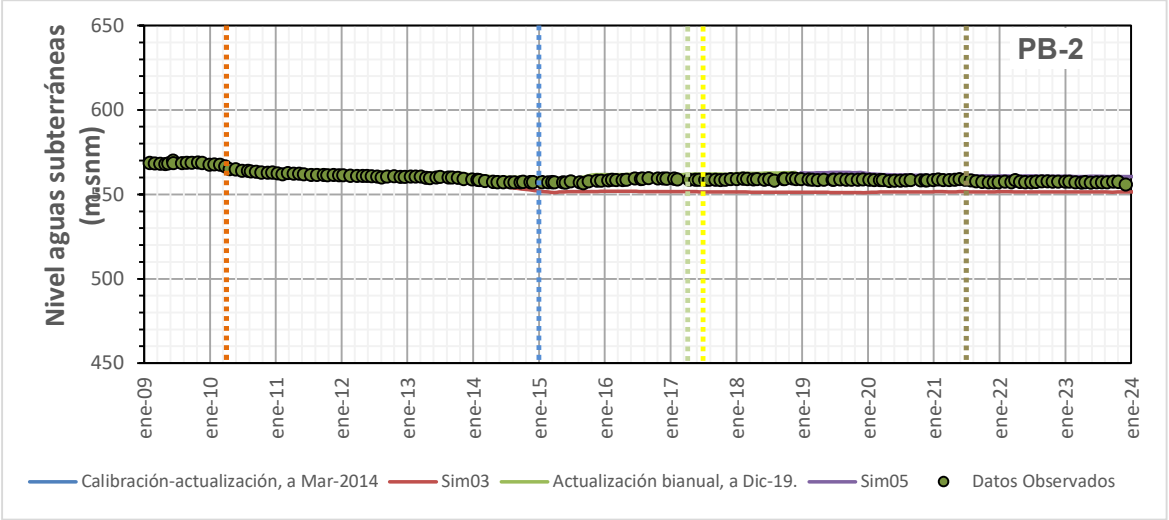


Figura 5.36: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo G-04.

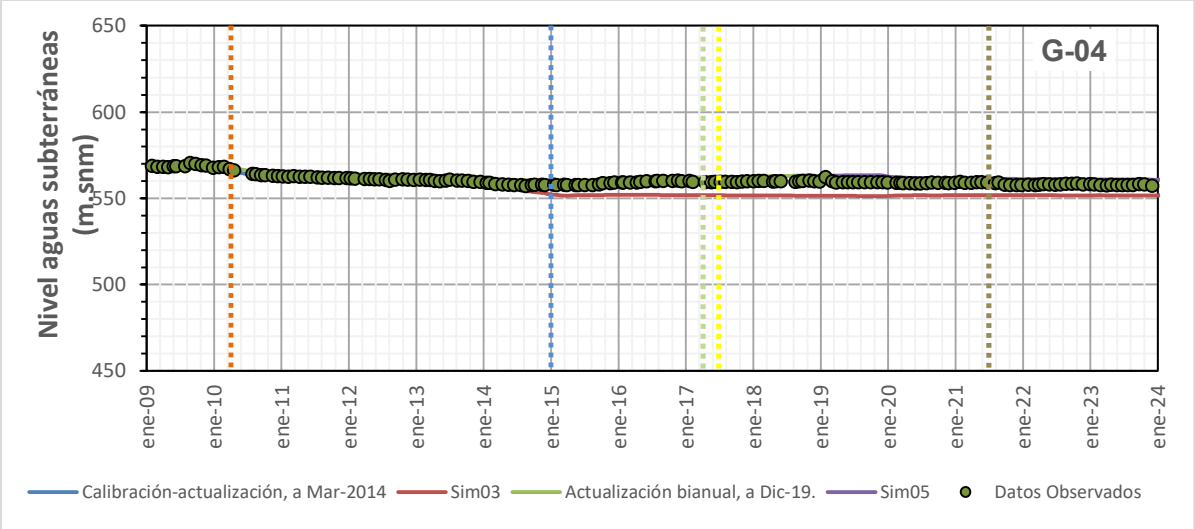


Figura 5.37: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo G-11.

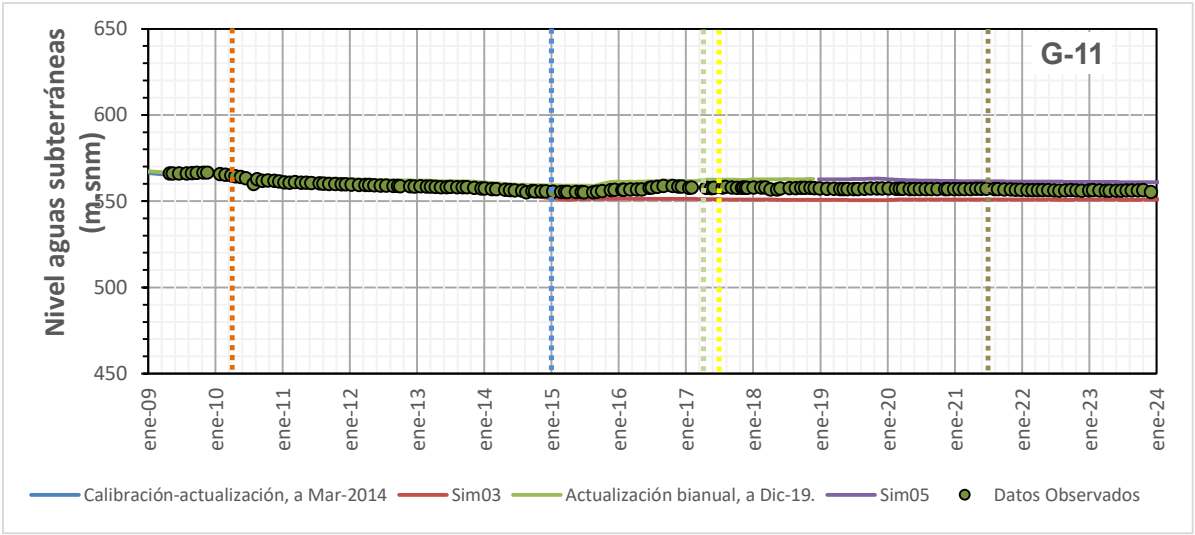


Figura 5.38: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo G-12.

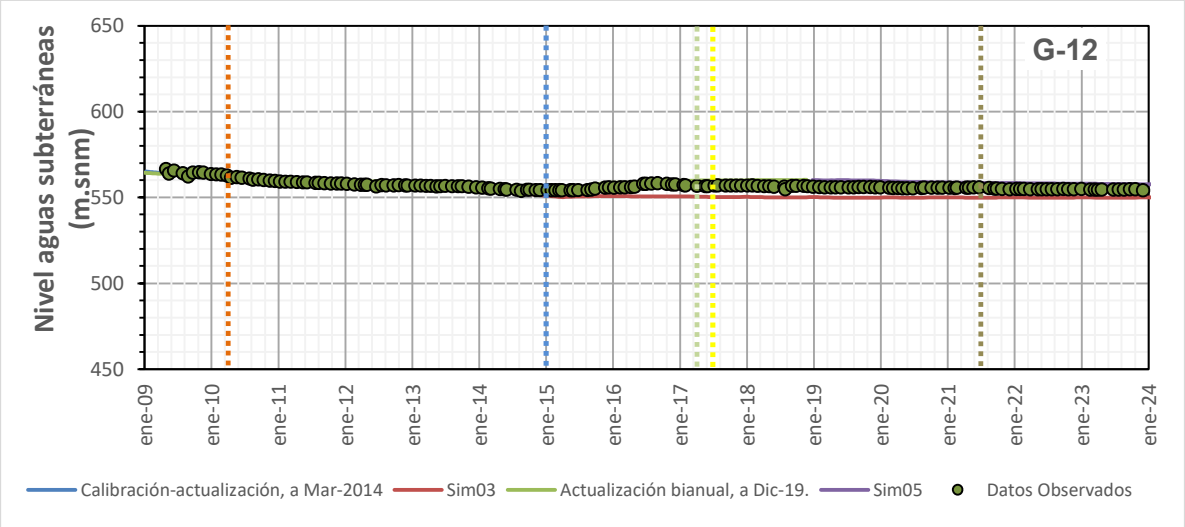


Figura 5.39: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo G-05.

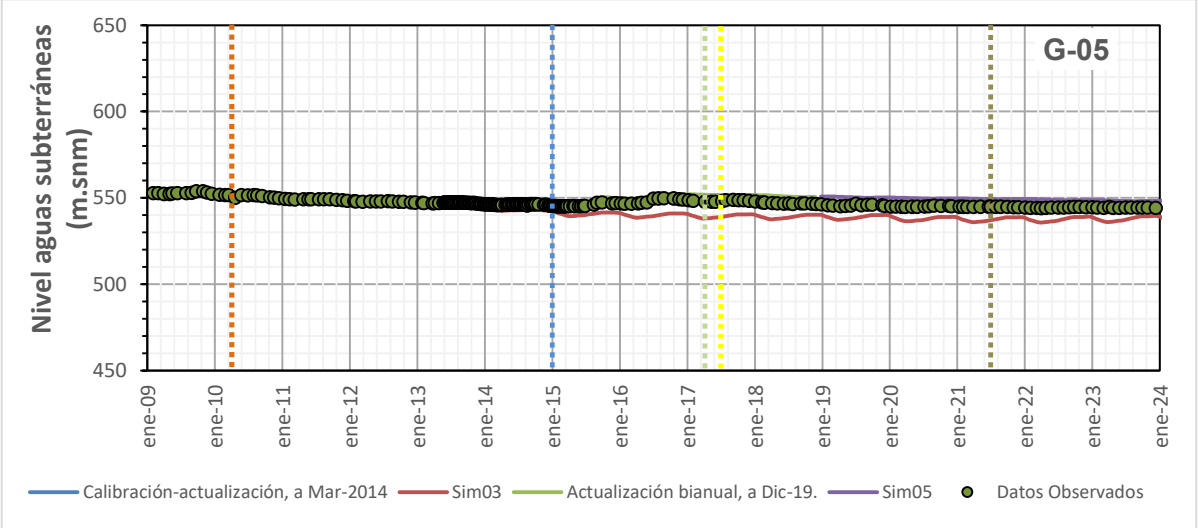


Figura 5.40: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo PES-01.

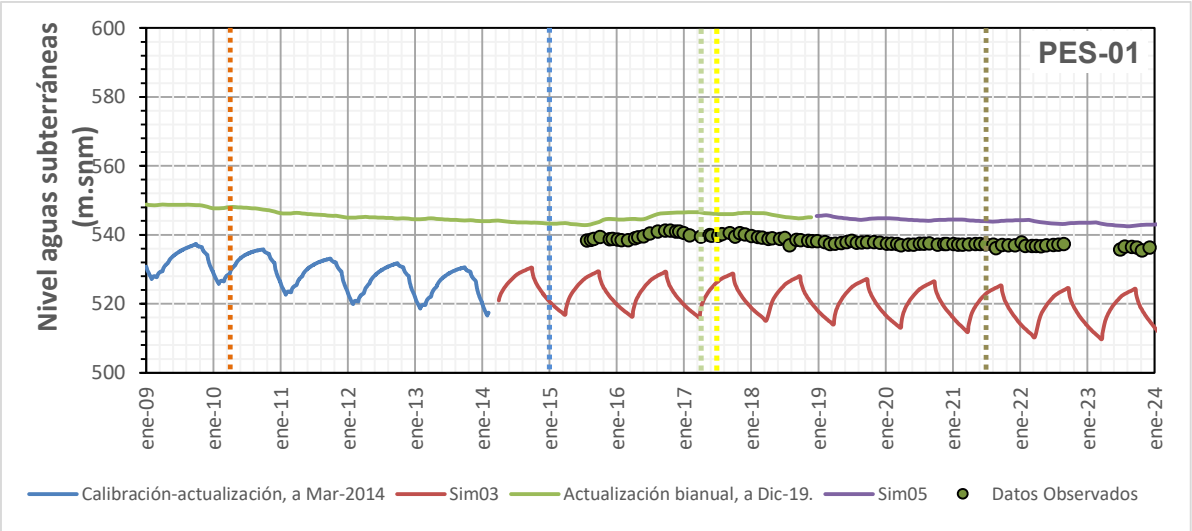


Figura 5.41: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo PES-03.

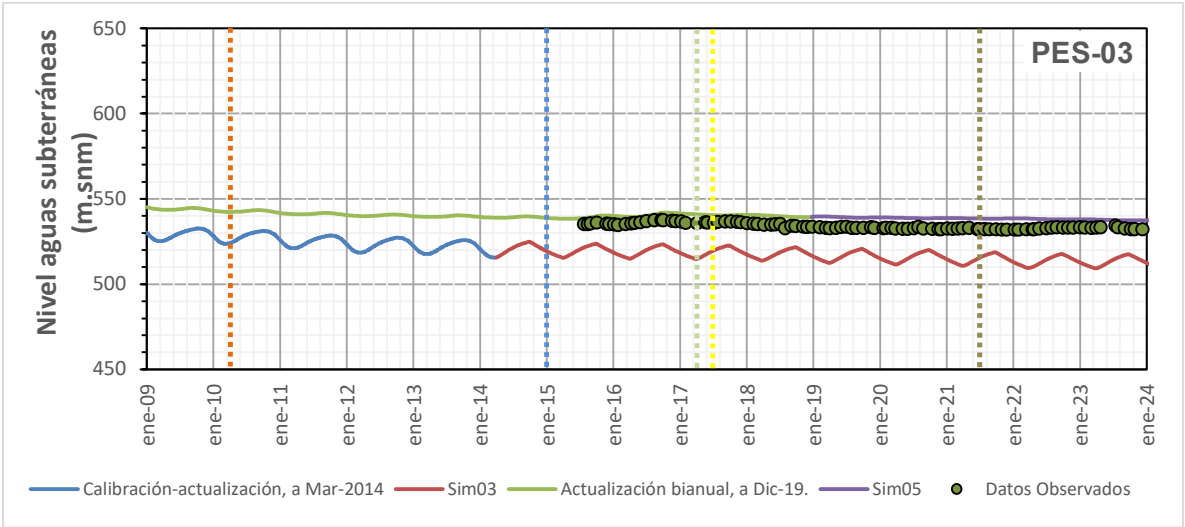


Figura 5.42: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo PES-04.

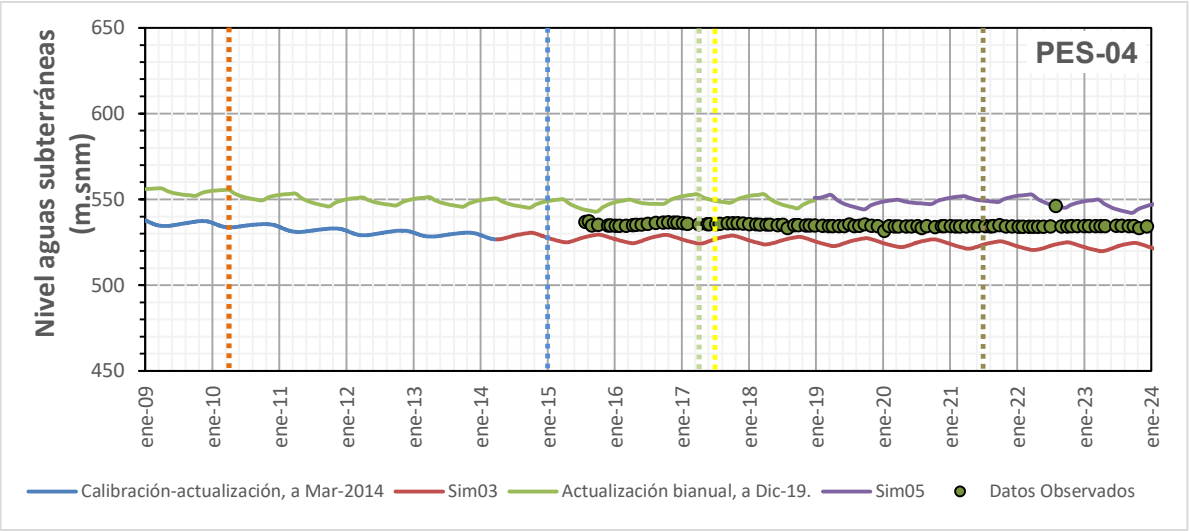


Figura 5.43: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo G-02.

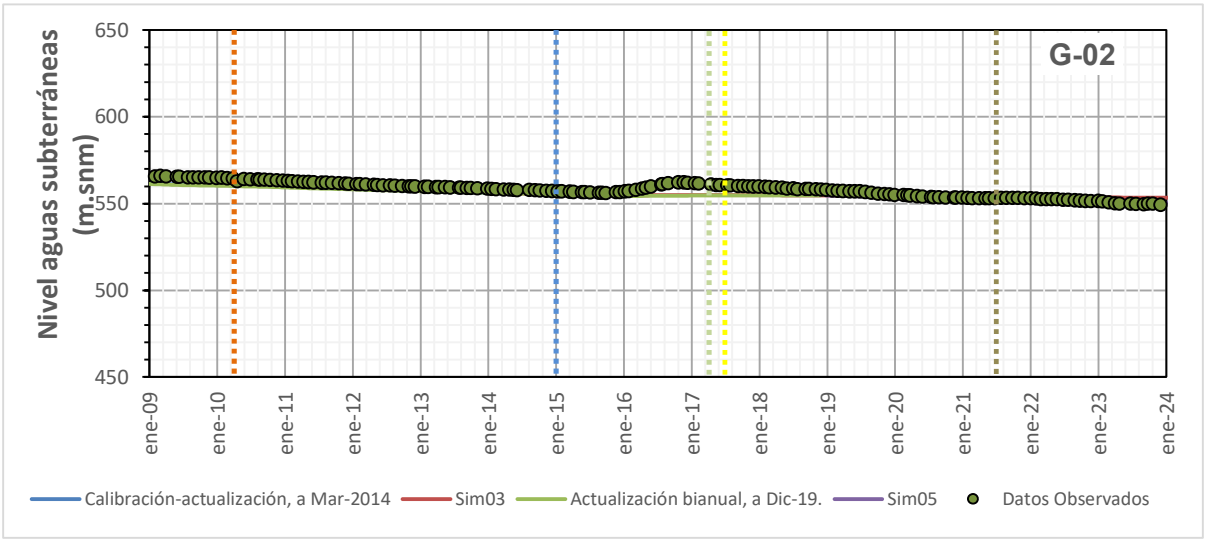


Figura 5.44: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo PES-02.

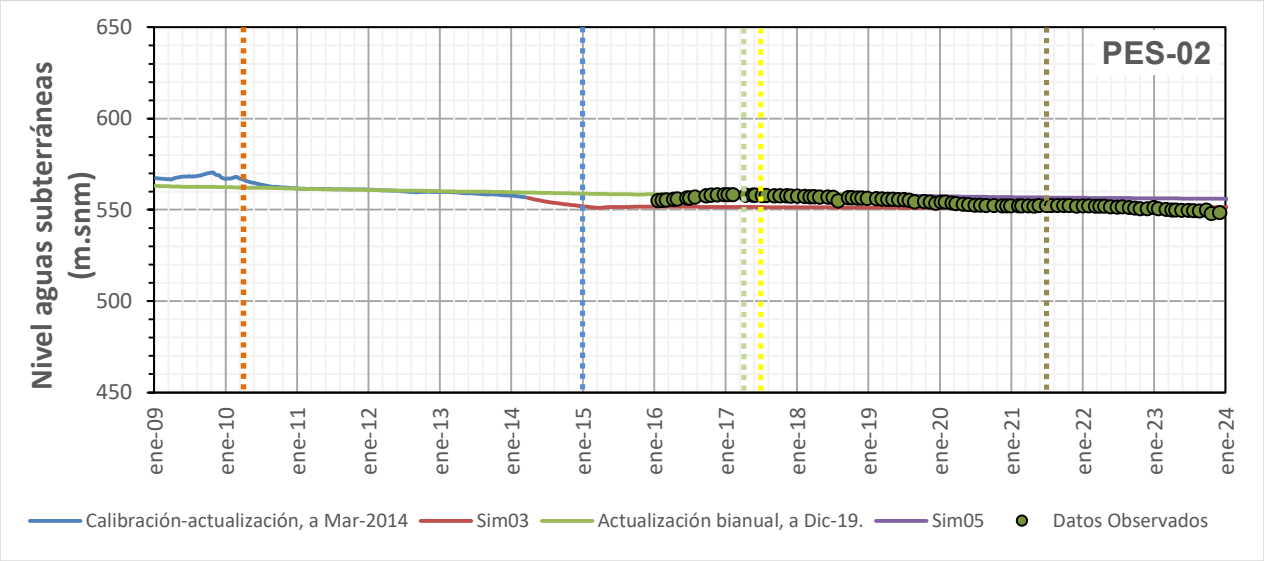


Figura 5.45: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo PB-3.

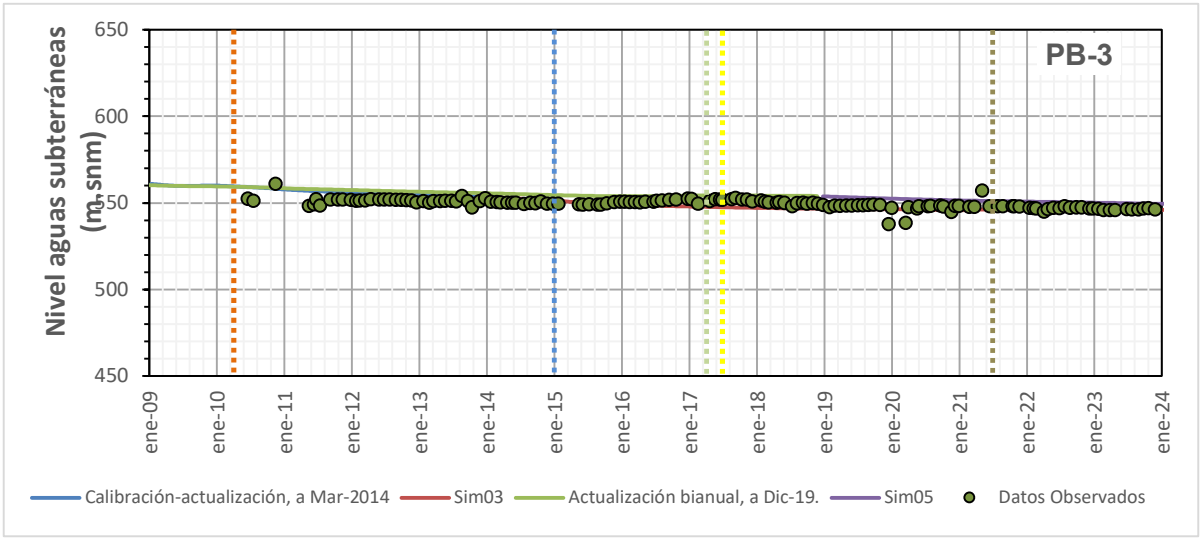


Figura 5.46: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo G-03.

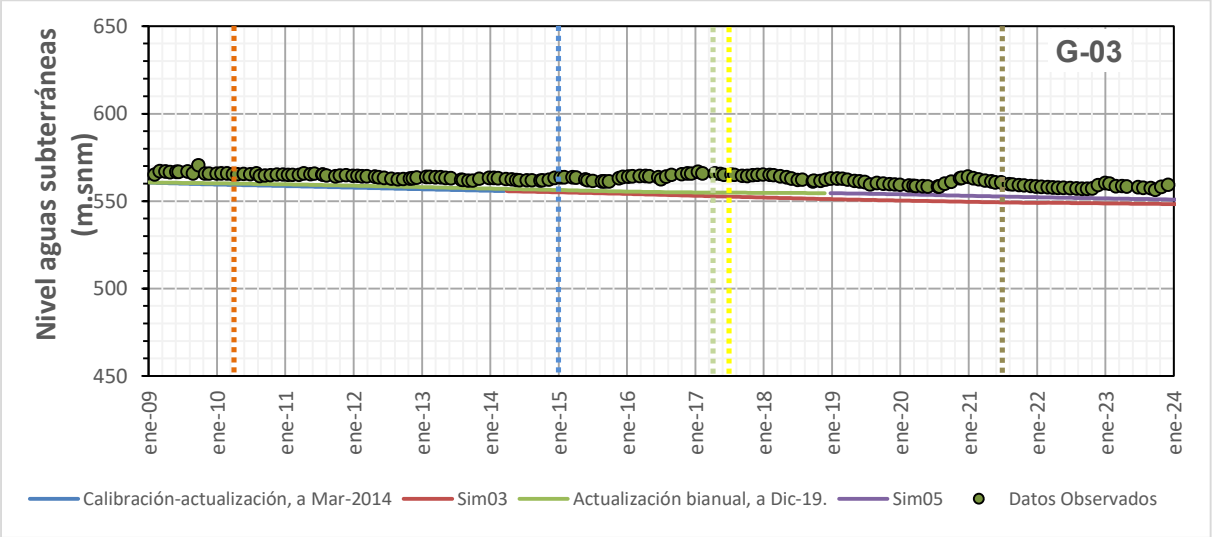


Figura 5.47: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo G-06.

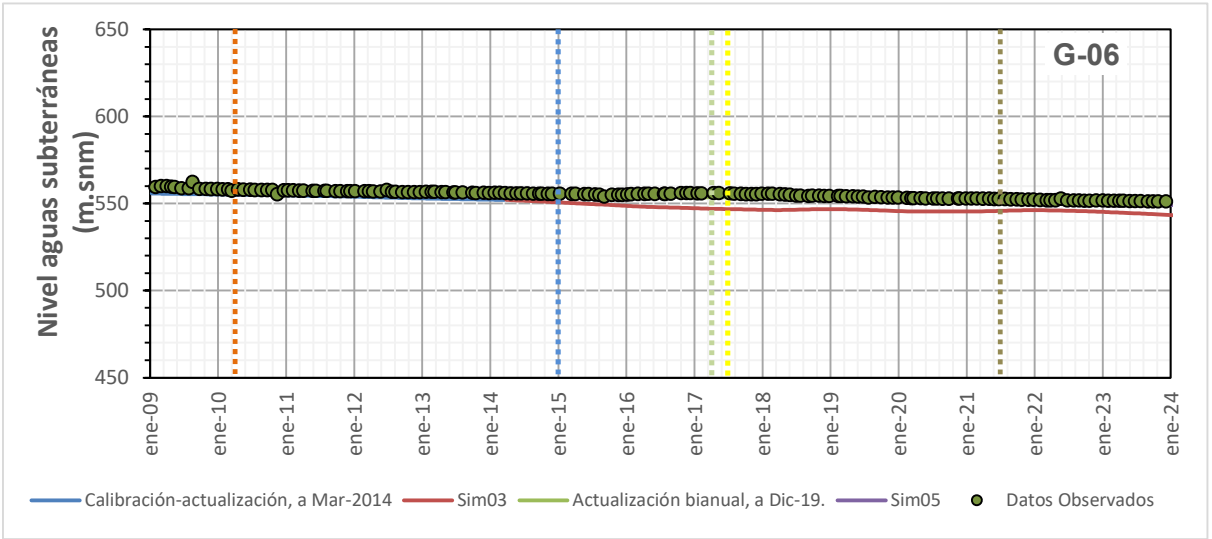


Figura 5.48: Evolución observada y pronosticada niveles. Pozo APR Huechún.

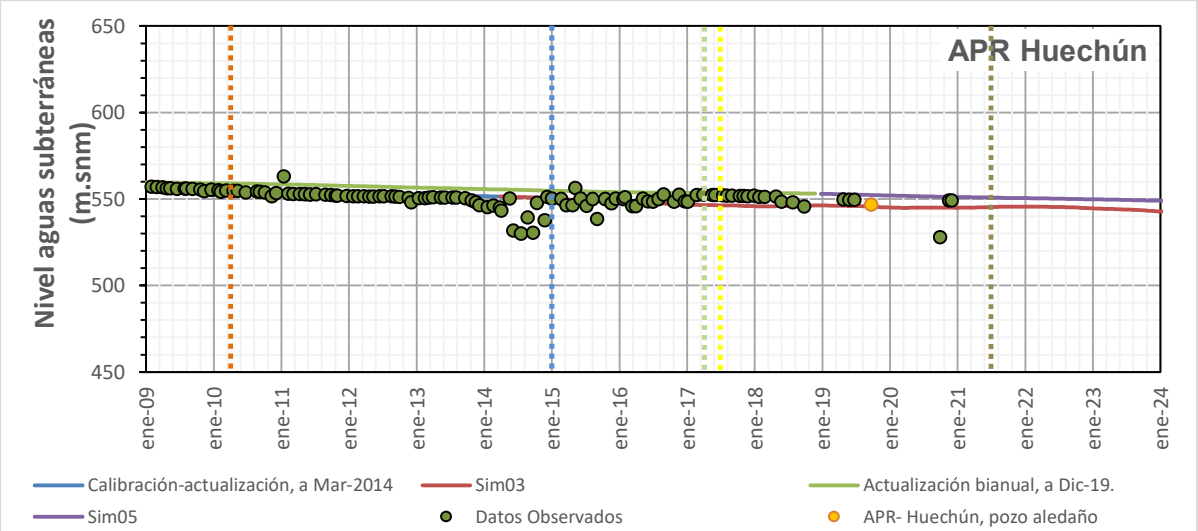


Figura 5.49: Evolución observada y pronosticada niveles. Pozo APR Santa Matilde.

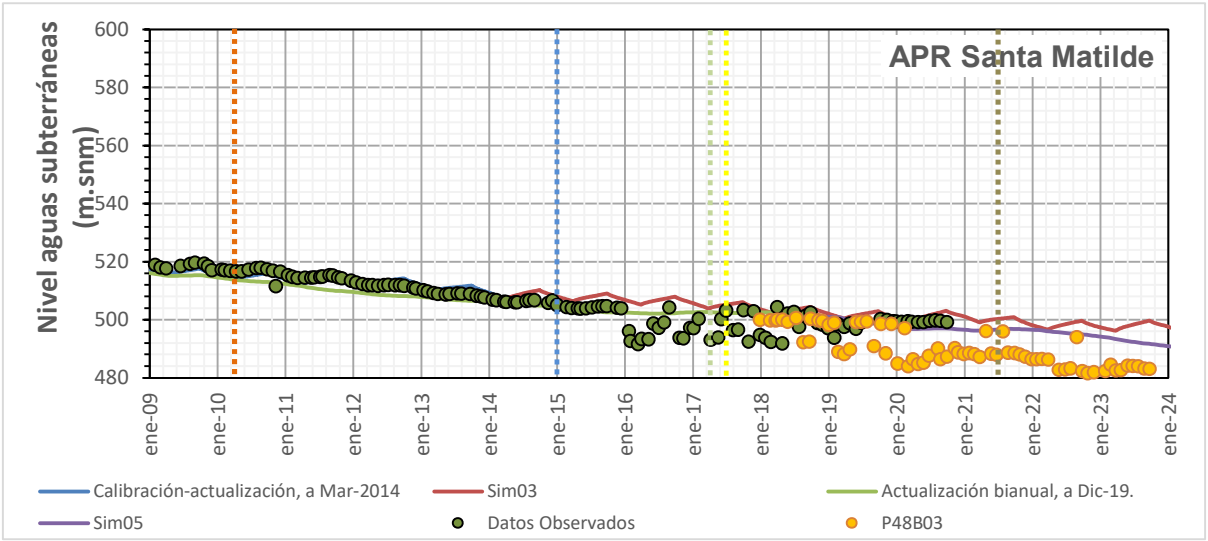


Figura 5.50: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo H-21 DAND.

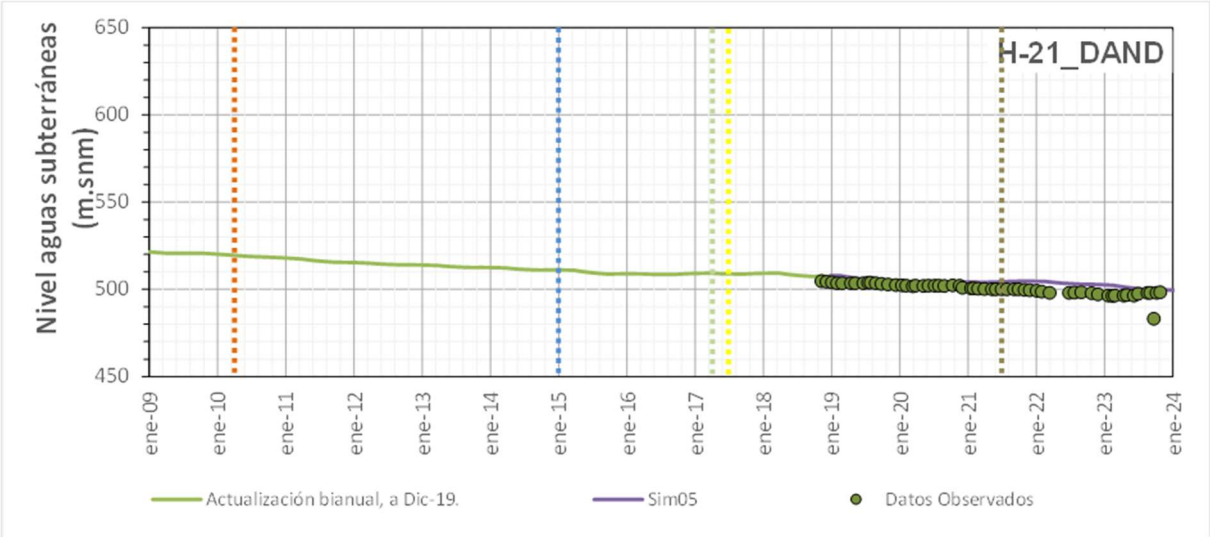


Figura 5.51: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo P48B-03.

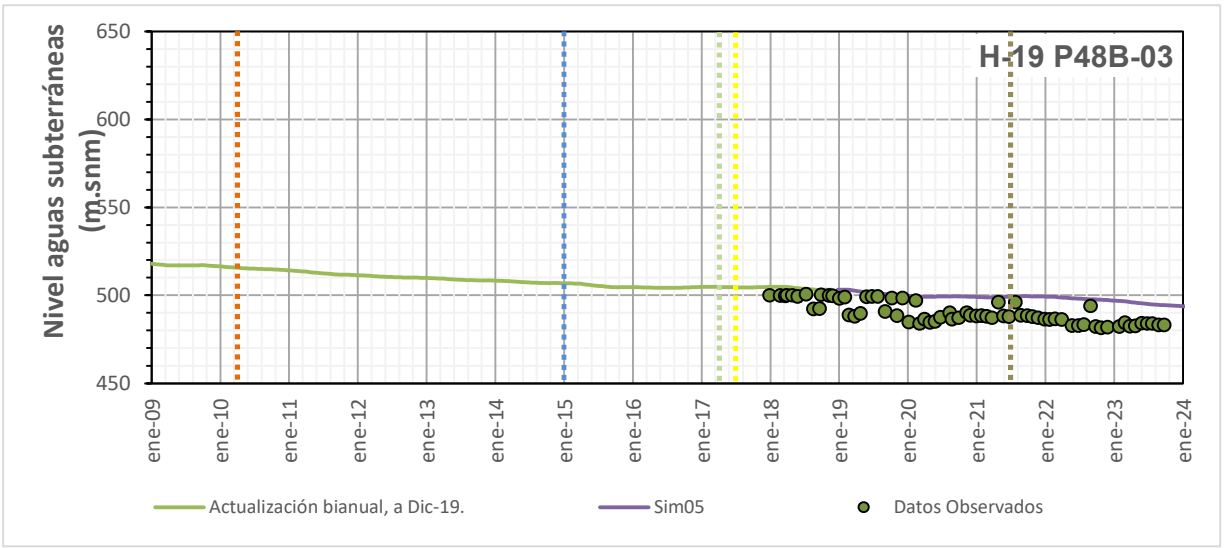
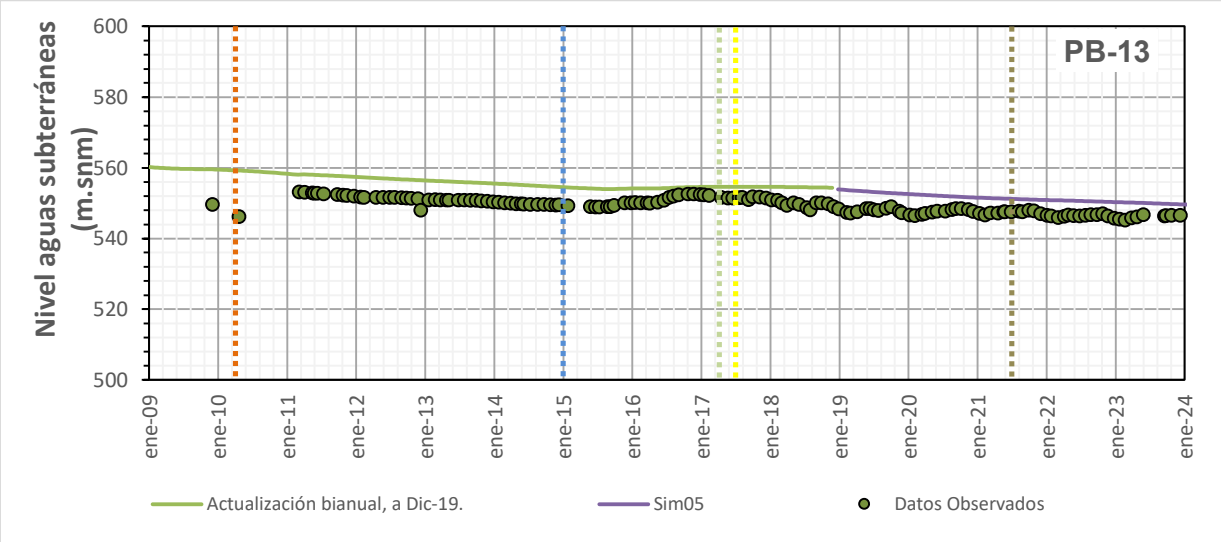


Figura 5.52: Evolución observada y pronosticada de niveles. Pozo PB-13.



iii. Revisión y actualización periódica del PAT.

De acuerdo con el considerando 11.3.3 (último párrafo) de la Res. Exe. CE RMS N°204/2015, la información con la revisión y actualización del PAT se presenta en el Informe Anual PAT, el cual se incluye en el Anexo 1 del presente reporte.

5.2 Monitoreo de tendencias históricas (Lista Larga).

Como se ha indicado, el monitoreo de tendencias históricas se refiere a los parámetros de la Lista Larga, con monitoreo de frecuencia trimestral a partir del inicio del monitoreo según Res. Exe. CE RMS N°204/2015.

En el Anexo 5 se representan gráficamente las tendencias históricas de los registros de los diferentes parámetros de la Lista Larga, los que incluyen la información que se dispone de los pozos de monitoreo según Res.204/2015 para los cuales se dispone de información para el periodo anterior al inicio de dicho monitoreo. En dicho Anexo 5 se realiza la representación gráfica en dos escalas de tiempo: a partir de enero del año 2000, y un acercamiento del año 2023, periodo materia del presente Informe Anual PMS.

A su vez, en las Tablas 5.5 a 5.8 se informan los resultados de mediciones obtenidos del monitoreo de la Lista Larga durante el periodo correspondiente al presente Informe anual 2023.

Se observa lo siguiente:

- **Color**, según el estándar de referencia Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable, color no detectado.

- **Olor**, No aplicable metodología organoléptica (ME-25-2007) de referencia a Nch 409/1. Of. 2005.

- **Sabor**, tratándose de muestras tomadas directamente de cada pozo de monitoreo, antes de cualquier tratamiento como es la desinfección, el laboratorio se reserva la aplicabilidad de este parámetro no realizando la prueba para muestras sin presencia de cloro residual; razón por la cual no en todas las muestras aplica.

- Los parámetros **cadmio**, **cianuro, mercurio**; presentaron concentraciones menores o cercanos a los límites de detección, cumpliendo con la norma NCh 1333 Of.78 y la NCh 409/1 Of. 2005.

- Las concentraciones de **amoniaco**, **carbonatos, cloruros**, **cobre, cromo, fluoruros**, **magnesio**, **manganeso**, **molibdeno**, **nitratos**, **nitritos, plomo, selenio** y **zinc**, así como **razón nitrito+nitrato**; se encontraron bajo los valores de referencia en las normas Nch 1.333 Of. 78 Modif. 1987 para riego y Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable en los casos que dichas normas contienen estos parámetros. Lo anterior con las siguientes excepciones:

- En el Pozo SO-14 se registraron resultados de **zinc** que exceden la norma Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable y norma Nch 1.333 Of. 78 Modif. 1987 para uso en riego en el primer, segundo, tercer y cuarto trimestre del año 2023. Sin embargo, el Zinc no es un parámetro que se pudiese asociarse al Tranque Ovejería y sus potenciales infiltraciones, según lo estableció la propia Res. Exe. CE RMS N°204/2015.

- Un valor puntual de cobre en G-06 en enero excede la y norma Nch 1.333 Of. 78 Modif. 1987, pero bajo la norma Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable y norma Nch 1.333 Of. 78 Modif. 1987, pero registrado bajo el límite detección en los períodos siguientes.

- Valores puntuales de manganeso G-06 en enero excede Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable, pero bajo la norma Nch 1.333 Of. 78 Modif. 1987. En tanto durante octubre de 2023 se registraron valores sobre ambas normas en pozos PB13 y H21.

- Las concentraciones de **arsénico**; se encontraron bajo los valores de referencia en las normas Nch 1.333 Of. 78 Modif. 1987 (0,1 mg/l) para riego. Respecto a la norma referenciada a uso en agua potable, Nch 409/1. Of. 2005 (0,01 mg/l), se encontraron valores sobre la norma en el pozo G-11 y PES-02 en el primer trimestre; los pozos G-11 y H-21 DAND, en el segundo trimestre; los pozos SO-14, G-11 y H-21 DAND en el tercer trimestre; y el pozo G-11, G-12 y H-21 DAND para el cuarto trimestre.

  La presencia local de arsénico en estos pozos se encontraría asociada a la matriz de suelo y no a la presencia de infiltraciones desde el tranque, toda vez que no ha presentado movilidad alguna ni se relaciona con el comportamiento del principal indicador de las aguas de infiltraciones – concentración de sulfatos; no presentándose a su vez con tendencia alguna en los restantes pozos de monitoreo y seguimiento.

- En el caso del **hierro**, se registraron valores sobre los valores de referencias de las normas Nch 1.333 Of. 78 Modif. 1987 para uso en riego (5 mg/l) en los Pozos PES-03, PES-04 y H-21 DAND. A su vez, se registraron valores sobre la norma Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable (0,3 mg/l), durante los cuatro trimestres del año. Esto sucedió en los pozos SO-14, PB-2, PB-3, PBID-3, G-02, G-05, G-06, G-11, G-12, PES-04, PES-02, PB-13 y A1-N, H-21 DAND. Estos contenidos de hierro no tendrían relación con las infiltraciones del tranque de relaves en las aguas subterráneas, toda vez que no tiene correspondencia alguna con la presencia del principal indicador (concentración de sulfatos) y con la ubicación de los pozos respecto a la ubicación del tranque de relaves.

Tabla 5.5: Resultados del monitoreo durante el trimestre. Lista Larga. Trimestre *enero a marzo de 2022*.

Parámetro	Unidad	Nch 409/1. Of. 2005	Nch 1333 Of. 78 Modif. 1987	G-04	PB-2	PBID-3	SO-14	G-11	G-12	G-05	PES-03
Amoníaco	mg/l	1,5	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Arsénico	mg/l	0,01	0,1	0,003	0,003	0,003	0,008	0,016	0,005	0,005	0,002
Bicarbonato	mg/l	-	-	236,3	301	256,6	215,7	166,5	132,3	155,7	181,8
Boro	mg/l	-	0,75	0,3	0,35	0,17	0,03	0,14	0,18	0,14	0,14
Cadmio	mg/l	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Calcio	mg/l	-	-	358,7	495,8	584,3	300,0	46,1	169,9	51,8	107,9
Carbonato	mg/l	-	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cianuro	mg/l	0,05	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloruro	mg/l	400	200	97,4	107,2	105,2	48,0	17,2	54,0	13,7	21,1
Cobre	mg/l	2	0,2	0,02	0,02	<0,01	<0,01	0,02	0,01	<0,01	<0,01
Color verdadero	Pt/Co	20	-	5	5	5	5	5	5	5	5
Sabor	S/U	insípida	-	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Cromo	mg/l	0,05	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoruro	mg/l	1,5	1	0,24	0,44	0,04	0,04	0,25	0,14	0,04	0,03
Hierro	mg/l	0,3	5	<0,01	0,19	<0,01	0,33	2,84	0,7	0,42	0,39
Magnesio	mg/l	125	-	82,4	107,5	124,2	106,7	10,0	44,4	11,3	25,9
Manganeso	mg/l	0,1	0,2	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01
Mercurio	mg/l	0,001	0,001	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Molibdeno	mg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato	mg/l	50	-	6,67	2,4	0,11	8,74	2,49	3,58	3,23	3,91
Nitrito	mg/l	3	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Olor*	S/U										
Razón nitrito+nitrato	S/U	1	-	0,13	0,05	<0,01	0,17	0,05	0,07	0,06	0,08
Plomo	mg/l	0,05	5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Potasio	mg/l	-	-	4,19	2,78	1,63	0,97	0,83	0,82	0,68	0,98
Selenio	mg/l	0,01	0,02	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Sodio	mg/l	-	-	159,31	177,42	122,91	89,39	49,9	68,3	58,96	47,64
Zinc	mg/l	3	2	<0,01	<0,01	<0,01	13,54	0,04	<0,01	<0,01	<0,01

(*) No aplicable metodología ME-25-2007 indicada por NCH409 en matriz de agua subterránea, de acuerdo RES. EXE. SMA N°574/2022, punto 16.1, apartado 8.

Tabla 5.5: Resultados del monitoreo durante el trimestre. Lista Larga. Trimestre *enero a marzo de 2023*. (Continuación).

Parámetro	Unidad	Nch 409/1. Of. 2005	Nch 1333 Of. 78 Modif. 1987	PES-04	G02	PES02	PB3	PB13	G03	G06	A1 N	H-20 C-10 Ruta 5
Amoníaco	mg/l	1,5	-	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	0,04	<0,02
Arsénico	mg/l	0,01	0,1	0,001	0,006	0,011	<0,001	0,003	0,002	0,006	0,004	0,003
Bicarbonato	mg/l	-	-	165,3	370,5	266,1	345,7	221,4	292,5	204,6	141,5	186,8
Boro	mg/l	-	0,75	0,11	0,64	0,29	0,19	0,18	0,13	0,46	0,07	0,2
Cadmio	mg/l	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Calcio	mg/l	-	-	59,7	67,7	62,7	92,6	68,05	85,8	33,25	45,43	79,71
Carbonato	mg/l	-	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cianuro	mg/l	0,05	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloruro	mg/l	400	200	20,7	21,6	49,9	17,6	21,0	10,6	39,8	21,3	27,8
Cobre	mg/l	2	0,2	<0,01	0,02	0,02	<0,01	0,01	0,02	0,42	<0,01	0,02
Color verdadero	Pt/Co	20	-	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Sabor	S/U	insipida	-	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Cromo	mg/l	0,05	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoruro	mg/l	1,5	1	0,01	0,22	0,33	0,02	<0,01	0,14	0,28	0,04	0,02
Hierro	mg/l	0,3	5	<0,01	0,39	0,14	<0,01	0,66	0,02	0,15	0,61	<0,01
Magnesio	mg/l	125	-	8,9	17,6	23,1	25,6	16,8	11,6	16,0	10,7	8,8
Manganeso	mg/l	0,1	0,2	<0,01	0,02	<0,01	0,02	0,06	<0,01	0,16	<0,01	<0,01
Mercurio	mg/l	0,001	0,001	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Molibdeno	mg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato	mg/l	50	-	15,82	10,47	15,88	8,02	6,81	9,43	5,93	2,29	18,61
Nitrito	mg/l	3	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Olor(*)	S/U											
Razón nitrito+nitrato	S/U	1	-	0,32	0,21	0,32	0,16	0,14	0,19	0,12	0,05	0,37
Plomo	mg/l	0,05	5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Potasio	mg/l	-	-	0,9	1,5	1,59	1,52	1,91	1,6	1,23	0,45	1,32
Selenio	mg/l	0,01	0,02	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Sodio	mg/l	-	-	37,28	145,45	147,4	58,96	54,58	53,07	94,06	27,52	69,2
Zinc	mg/l	3	2	<0,01	0,08	0,02	<0,01	0,03	0,03	0,12	<0,01	<0,01

(*) No aplicable metodología ME-25-2007 indicada por NCH409 en matriz de agua subterránea, de acuerdo RES. EXE. SMA N°574/2022, punto 16.1, apartado 8.

Tabla 5.5: Resultados del monitoreo durante el trimestre. Lista Larga. Trimestre *enero a marzo de 2023*. (Continuación).

Parámetro	Unidad	Nch 409/1. Of. 2005	Nch 1333 Of.78 Modif.1987	H-19 P48B-03	H-21 DAND	APR - El Colorado (***)	APR - H. Familiares	APR - H. Familiares (*)	APR - Huechún (*)	APR - Santa Matilde (*)	APR - Pta. Peuco (*)
Amoníaco	mg/l	1,5	-	<0,02	0,4	s/d	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Arsénico	mg/l	0,01	0,1	0,001	0,004	s/d	0,004	0,006	0,002	0,001	0,002
Bicarbonato	mg/l	-	-	217	207,8	s/d	178,9	175,1	220,1	217	198,3
Boro	mg/l	-	0,75	0,23	0,27	s/d	0,24	0,13	0,22	0,23	0,22
Cadmio	mg/l	0,01	0,01	<0,01	<0,01	s/d	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Calcio	mg/l	-	-	73,24	75,33	s/d	39,06	49,27	72,45	73,24	64,5
Carbonato	mg/l	-	0,2	<0,2	<0,2	s/d	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cianuro	mg/l	0,05	0,2	<0,01	<0,01	s/d	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloruro	mg/l	400	200	17,0	21,6	s/d	32,7	21,1	17,2	17,0	15,3
Cobre	mg/l	2	0,2	<0,01	<0,01	s/d	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,02
Color verdadero	Pt/Co	20	-	5	5	s/d	5	5	5	5	5
Sabor	S/U	insipida	-	No aplica	No aplica	s/d	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Cromo	mg/l	0,05	0,1	<0,01	<0,01	s/d	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoruro	mg/l	1,5	1	<0,01	<0,01	s/d	0,04	0,03	0,02	<0,01	0,01
Hierro	mg/l	0,3	5	0,02	0,75	s/d	<0,01	<0,01	0,14	0,02	0,11
Magnesio	mg/l	125	-	10,3	11,7	s/d	9,2	5,5	10,7	10,3	8,9
Manganeso	mg/l	0,1	0,2	<0,01	<0,01	s/d	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Mercurio	mg/l	0,001	0,001	<0,0004	<0,0004	s/d	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Molibdeno	mg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	s/d	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato	mg/l	50	-	28,43	23,67	s/d	45,92	28,85	19,72	28,43	16,98
Nitrito	mg/l	3	-	<0,01	<0,01	s/d	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Olor(**)	S/U					s/d					
Razón nitrito+nitrato	S/U	1	-	0,57	0,47	s/d	0,92	0,58	0,39	0,57	0,34
Plomo	mg/l	0,05	5	<0,01	<0,01	s/d	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Potasio	mg/l	-	-	1,03	1,64	s/d	1,52	0,96	1,69	1,03	1,54
Selenio	mg/l	0,01	0,02	0,0008	<0,0004	s/d	<0,0004	<0,0004	<0,0004	0,0008	<0,0004
Sodio	mg/l	-	-	51,06	49,11	s/d	66,47	47,53	58,38	51,06	55,88
Zinc	mg/l	3	2	0,01	0,2	s/d	<0,01	<0,01	0,1	0,01	<0,01

(*) Pozo aledaño, actual abastecimiento.

(**)No aplicable metodología ME-25-2007 indicada por NCH409 en matriz de agua subterránea, de acuerdo RES. EXE. SMA N°574/2022, punto 16.1, apartado 8.

Tabla 5.6: Resultados del monitoreo durante el trimestre. Lista Larga. Trimestre *abril a junio de 2023*.

Parámetro	Unidad	Nch 409/1. Of. 2005	Nch 1333 Of. 78 Modif. 1987	G-04	PB-2	PBID-3	SO-14	G-11	G-12	G-05	PES-01	PES-03
Amoníaco	mg/l	1,5	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	s/d	<0,02
Arsénico	mg/l	0,01	0,1	0,005	0,004	0,004	0,006	0,013	0,006	0,005	s/d	0,003
Bicarbonato	mg/l	-	-	217,6	258,8	230,6	190	150,7	77,1	140,5	s/d	160,8
Boro	mg/l	-	0,75	0,42	0,47	0,11	0,14	0,24	0,18	0,11	s/d	0,12
Cadmio	mg/l	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	s/d	<0,01
Calcio	mg/l	-	-	378,38	471,11	593,27	334,3	42,89	36,1	59,82	s/d	97,53
Carbonatos	mg/l	-	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	s/d	<0,2
Cianuro	mg/l	0,05	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	s/d	<0,01
Cloruro	mg/l	400	200	84,61	93,18	100,9	52,58	11,52	10,98	18,47	s/d	25,29
Cobre	mg/l	2	0,2	0,07	0,08	0,03	0,01	0,06	<0,01	<0,01	s/d	<0,01
Color	Pt/Co	20	-	5	5	5	5	5	5	5	s/d	5
Cromo Total	mg/l	0,05	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	s/d	<0,01
Fluoruro	mg/l	1,5	1	0,32	0,25	0,14	<0,01	0,24	0,08	0,19	s/d	0,19
Hierro	mg/l	0,3	5	<0,01	0,34	1,51	0,89	1,34	0,75	<0,01	s/d	0,32
Magnesio	mg/l	125	-	81,66	93,21	127,31	97,59	9,71	7,94	11,92	s/d	20,71
Manganeso	mg/l	0,1	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	s/d	<0,01
Mercurio	mg/l	0,001	0,001	<0,0004	<0,0004	0,0007	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	s/d	<0,0004
Molibdeno	mg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	s/d	<0,01
Nitrato	mg/l	50	-	3,33	1,32	<0,01	2,38	1,5	2,02	4,43	s/d	6,78
Nitrito	mg/l	3	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	s/d	<0,01
Olor*	S/U	-	-									
Plomo	mg/l	0,05	5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	s/d	<0,01
Potasio	mg/l	-	-	1,72	2,16	2,15	1,38	1,28	0,52	0,41	s/d	0,6
Razón Nitrito+Nitrato	S/U	1	-	0,07	0,03	<0,01	0,01	0,03	0,04	0,09	s/d	0,14
Sabor	S/U	insípida	-	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	s/d	No Aplica
Selenio	mg/l	0,01	0,02	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	s/d	<0,0004
Sodio	mg/l	-	-	147,07	164,39	115,31	94,74	48,64	26,5	57,26	s/d	46,79
Zinc	mg/l	3	2	<0,01	<0,01	<0,01	22,8	<0,01	<0,01	<0,01	s/d	<0,01

* No aplicable metodología ME-25-2007 indicada por NCH409 en matriz de agua subterránea, de acuerdo RES. EXE. SMA N°574/2022, punto 16.1, apartado 8.

Tabla 5.6: Resultados del monitoreo durante el trimestre. Lista Larga. Trimestre abril a junio de 2023. (Continuación).

Parámetro	Unidad	Nch 409/1. Of. 2005	Nch 1333 Of. 78 Modif. 1987	PES-04	G02	PES02	PB3	PB13	G03	G06	A1 N	H-20 C-10 Ruta 5
Amoníaco	mg/l	1,5	-	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Arsénico	mg/l	0,01	0,1	0,004	0,005	0,01	<0,001	0,002	0,004	0,004	0,007	0,002
Bicarbonatos	mg/l	-	-	151,9	316,9	215,7	364,8	228,4	248,1	193,2	121,8	191,3
Boro	mg/l	-	0,75	0,14	0,58	0,31	0,11	0,16	0,14	0,5	0,1	0,09
Cadmio	mg/l	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Calcio	mg/l	-	-	57,92	70,47	47,46	101,54	85,99	69,67	31,22	42,6	72,92
Carbonatos	mg/l	-	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cianuro	mg/l	0,05	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloruro	mg/l	400	200	21,68	18,94	34,79	22,61	28,04	8,73	39,52	21,11	25,37
Cobre	mg/l	2	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Color Verdadero	Pt/Co	20	-	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Cromo Total	mg/l	0,05	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoruro	mg/l	1,5	1	0,06	0,19	0,11	0,04	0,06	0,13	0,35	0,08	0,05
Hierro	mg/l	0,3	5	0,5	0,24	0,76	0,02	0,78	<0,01	0,18	0,52	0,02
Magnesio	mg/l	125	-	10,31	17,44	21,67	25,8	18,62	13,23	17,82	9,2	9,26
Manganeso	mg/l	0,1	0,2	0,02	0,05	0,03	<0,01	0,07	<0,01	0,01	0,01	<0,01
Mercurio	mg/l	0,001	0,001	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Molibdeno	mg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato	mg/l	50	-	16,81	6,06	14,27	83,44	8,93	6,8	4,97	0,82	18,07
Nitrito	mg/l	3	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Olor*	S/U	-	-									
Plomo	mg/l	0,05	5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Potasio	mg/l	-	-	0,79	0,93	0,69	0,9	1,38	0,99	1,03	1,79	1,48
Razón Nitrito+Nitrato	S/U	1	-	0,34	0,12	0,29	1,67	0,18	0,14	0,1	0,02	0,36
Sabor	S/U	insípida	-	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
Selenio	mg/l	0,01	0,02	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Sodio	mg/l	-	-	43,39	140,22	118,24	60,3	44,46	52,67	103,56	33,9	58,58
Zinc	mg/l	3	2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

* No aplicable metodología ME-25-2007 indicada por NCH409 en matriz de agua subterránea, de acuerdo RES. EXE. SMA N°574/2022, punto 16.1, apartado 8.

Tabla 5.6: Resultados del monitoreo durante el trimestre. Lista Larga. Trimestre abril a junio de 2023. (Continuación).

Parámetro	Unidad	Nch 409/1. Of. 2005	Nch 1333 Of.78 Modif.1987	H-19 P48B-03	H-21 DAND	APR - El Colorado (***)	APR - H. Familiares (*)	APR - Huechún (*)	APR - Santa Matilde (*)	APR - Pta. Peuco (*)
Amoníaco	mg/l	1,5	-	<0,02	0,21	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Arsénico	mg/l	0,01	0,1	0,002	0,034	0,003	0,005	0,004	0,002	0,002
Bicarbonato	mg/l	-	-	233,5	162,4	164,9	169,1	227,4	233,5	198,3
Boro	mg/l	-	0,75	0,11	0,22	0,18	0,07	0,14	0,11	0,1
Cadmio	mg/l	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Calcio	mg/l	-	-	71,23	60,07	36,92	44,69	67,36	71,23	61
Carbonato	mg/l	-	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cianuro	mg/l	0,05	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloruro	mg/l	400	200	19,89	21,68	26,21	21,59	31,47	19,89	16,73
Cobre	mg/l	2	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Color	Pt/Co	20	-	5	5	5	5	5	5	5
Cromo	mg/l	0,05	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoruro	mg/l	1,5	1	0,08	0,07	0,23	0,09	0,06	0,08	0,04
Hierro	mg/l	0,3	5	<0,01	13,55	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,02
Magnesio	mg/l	125	-	9,97	9,61	3,56	6,19	8,8	9,97	8,71
Manganeso	mg/l	0,1	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mercurio	mg/l	0,001	0,001	<0,0004	0,001	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Molibdeno	mg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato	mg/l	50	-	26,63	33,19	39,16	28,26	17,79	26,63	19,1
Nitrito	mg/l	3	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Olor*	S/U	-	-			<0,01				
Plomo	mg/l	0,05	5	<0,01	<0,01	0,67	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Potasio	mg/l	-	-	1,22	0,98		2,01	1,39	1,22	1,39
Razón Nitrito+Nitrato	S/U	1	-	0,53	0,66	0,78	0,57	0,36	0,53	0,38
Sabor	S/U	insípida	-	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
Selenio	mg/l	0,01	0,02	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Sodio	mg/l	-	-	49,68	44,12	78,41	53,33	54,31	49,68	54,6
Zinc	mg/l	3	2	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

(*) Pozo aledaño, actual abastecimiento.
(**) No aplicable metodología ME-25-2007 indicada por NCH409 en matriz de agua subterránea, de acuerdo RES. EXE. SMA N°574/2022, punto 16.1, apartado 8.
(***) Pozo sin acceso.

Tabla 5.7: Resultados del monitoreo durante el trimestre. Lista Larga. Trimestre *julio a septiembre de 2023*.

Parámetro	Unidad	Nch 409/1. Of. 2005	Nch 1333 Of. 78 Modif. 1987	G-04	PB-2	PBID-3	SO-14	G-11	G-12	G-05	PES-01	PES-03
Amoníaco	mg/l	1,5	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,09
Arsénico	mg/l	0,01	0,1	0,005	0,005	<0,001	0,018	0,017	0,009	0,006	0,003	0,002
Bicarbonato	mg/l	-	-	225,5	320,7	214,7	203	172,6	75,2	135,1	187,5	150,4
Boro	mg/l	-	0,75	0,19	0,28	0,11	0,1	0,05	0,13	0,16	0,21	0,18
Cadmio	mg/l	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Calcio	mg/l	-	-	338,52	498,15	580,71	357,06	38,4	36,86	49,91	154,9	76,14
Carbonatos	mg/l	-	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cianuro	mg/l	0,05	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloruro	mg/l	400	200	64,13	72,13	73,41	56,61	9,13	12,29	11,73	26,9	16,92
Cobre	mg/l	2	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Color	Pt/Co	20	-	5	5	5	5	5	5	10	5	5
Cromo Total	mg/l	0,05	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoruro	mg/l	1,5	1	0,48	0,24	0,13	0,37	0,24	0,19	0,05	0,13	0,03
Hierro	mg/l	0,3	5	0,05	0,25	<0,01	1,09	0,94	0,4	<0,01	<0,01	1,06
Magnesio	mg/l	125	-	72,29	99,5	121,59	94,93	9,13	7,63	10,96	28,05	18,13
Manganeso	mg/l	0,1	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05
Mercurio	mg/l	0,001	0,001	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Molibdeno	mg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato	mg/l	50	-	7,34	2,99	1,75	3,84	3,42	2,52	4,24	6,23	2,52
Nitrito	mg/l	3	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Olor(*)	S/U											
Plomo	mg/l	0,05	5	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Potasio	mg/l	-	-	1,37	1,72	1,78	1,05	0,48	1,27	0,66	1,26	0,57
Razón Nitrito+Nitrato	S/U	1	-	0,15	0,06	0,03	0,08	0,07	0,05	0,08	0,12	0,05
Sabor	S/U	insípida	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Selenio	mg/l	0,01	0,02	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Sodio	mg/l	-	-	119,9	164,73	129,1	93,69	41,26	29,26	47,59	49,52	39,44
Zinc	mg/l	3	2	0,02	0,04	0,1	11,22	<0,01	<0,01	0,03	0,06	0,02

(*) No aplicable metodología ME-25-2007 indicada por NCH409 en matriz de agua subterránea, de acuerdo RES. EXE. SMA N°574/2022, punto 16.1, apartado 8.

Tabla 5.7: Resultados del monitoreo durante el trimestre. Lista Larga. Trimestre *julio a septiembre de 2023.* (Continuación).

Parámetro	Unidad	Nch 409/1. Of. 2005	Nch 1333 Of. 78 Modif. 1987	PES-04	G02	PES02	PB3	G03	G06	A1 N	H-20 C-10 Ruta 5
Amoníaco	mg/l	1,5	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Arsénico	mg/l	0,01	0,1	0,005	0,007	0,01	0,004	0,006	0,002	0,006	0,002
Bicarbonato	mg/l	-	-	165,3	348,9	241,1	313,1	271,8	210,3	133,5	184,3
Boro	mg/l	-	0,75	0,11	0,49	0,23	0,16	0,08	0,44	0,13	0,17
Cadmio	mg/l	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Calcio	mg/l	-	-	57,68	60,2	44,85	88,12	72,4	36,31	40,25	78,01
Carbonatos	mg/l	-	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cianuro	mg/l	0,05	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloruro	mg/l	400	200	21,39	12,94	40,09	12,32	12,65	38,03	18,19	21,13
Cobre	mg/l	2	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Color	Pt/Co	20	-	5	5	5	5	5	5	5	5
Cromo Total	mg/l	0,05	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoruro	mg/l	1,5	1	0,03	0,25	0,11	0,05	0,06	0,37	0,07	0,04
Hierro	mg/l	0,3	5	1,39	0,31	0,15	1,02	<0,01	<0,01	3,94	0,1
Magnesio	mg/l	125	-	10,1	15,27	17,9	21,94	10,7	15,78	11,36	10,43
Manganeso	mg/l	0,1	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mercurio	mg/l	0,001	0,001	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Molibdeno	mg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato	mg/l	50	-	16,03	11,6	15,76	10,57	11,07	8,23	2,53	17,13
Nitrito	mg/l	3	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Olor(*)	S/U										
Plomo	mg/l	0,05	5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Potasio	mg/l	-	-	0,88	0,83	0,55	1,18	1,29	1,02	0,61	0,99
Razón Nitrito+Nitrato	S/U	1	-	0,32	0,23	0,32	0,21	0,22	0,16	0,05	0,34
Sabor	S/U	insípida	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Selenio	mg/l	0,01	0,02	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Sodio	mg/l	-	-	50,66	124,94	129,47	52,68	44,42	100,58	32,21	54,02
Zinc	mg/l	3	2	<0,01	0,05	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	0,02	0,08

(*) No aplicable metodología ME-25-2007 indicada por NCH409 en matriz de agua subterránea, de acuerdo RES. EXE. SMA N°574/2022, punto 16.1, apartado 8.

Tabla 5.7: Resultados del monitoreo durante el trimestre. Lista Larga. Trimestre *julio a septiembre de 2023.* (Continuación).

Parámetro	Unidad	Nch 409/1. Of. 2005	Nch 1333 Of.78 Modif.1987	H-19 P48B-03	H-21 DAND	APR - El Colorado	APR - H. Familiares (*)	APR - Huechún (*)	APR - Santa Matilde (*)	APR - Pta. Peuco (*)
Amoníaco	mg/l	1,5	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Arsénico	mg/l	0,01	0,1	0,002	0,039	0,003	0,005	0,002	0,002	0,002
Bicarbonato	mg/l	-	-	213,2	168,4	173,2	183,3	194,8	213,2	221,1
Boro	mg/l	-	0,75	0,11	0,28	0,3	0,08	0,18	0,11	0,08
Cadmio	mg/l	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Calcio	mg/l	-	-	65,65	61,05	37,31	41,49	62,82	65,65	80,58
Carbonatos	mg/l	-	0,2	5	<0,2	<0,2	2,5	3,1	5	5,9
Cianuro	mg/l	0,05	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloruro	mg/l	400	200	23,76	21,81	36,55	23,55	18,4	23,76	22,74
Cobre	mg/l	2	0,2	0,02	0,04	0,02	0,02	<0,01	0,02	0,01
Color	Pt/Co	20	-	5	5	5	5	5	5	5
Cromo Total	mg/l	0,05	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoruro	mg/l	1,5	1	0,02	0,06	0,06	0,05	0,35	0,02	0,03
Hierro	mg/l	0,3	5	<0,01	71,54	0,04	<0,01	0,02	<0,01	0,03
Magnesio	mg/l	125	-	9,11	10,01	3,79	6,01	8,41	9,11	11,93
Manganeso	mg/l	0,1	0,2	<0,01	0,82	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mercurio	mg/l	0,001	0,001	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Molibdeno	mg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato	mg/l	50	-	31,02	26,53	37,18	32,03	17,7	31,02	21,43
Nitrito	mg/l	3	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Olor(**)	S/U									
Plomo	mg/l	0,05	5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Potasio	mg/l	-	-	0,51	0,67	0,57	0,8	0,6	0,51	0,79
Razón Nitrito+Nitrato	S/U	1	-	0,62	0,53	0,74	0,64	0,35	0,62	0,43
Sabor	S/U	insípida	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Selenio	mg/l	0,01	0,02	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Sodio	mg/l	-	-	63,69	48,54	94,63	67,26	47,27	63,69	66,88
Zinc	mg/l	3	2	0,13	0,1	0,09	<0,01	0,25	0,13	<0,01

(*) Pozo aledaño, actual abastecimiento.

(**) No aplicable metodología ME-25-2007 indicada por NCH409 en matriz de agua subterránea, de acuerdo RES. EXE. SMA N°574/2022, punto 16.1, apartado 8.

Tabla 5.8: Resultados del monitoreo durante el trimestre. Lista Larga. Trimestre *octubre a diciembre de 2023*.

Parámetro	Unidad	Nch 409/1. Of. 2005	Nch 1333 Of. 78 Modif. 1987	G-04	PB-2	PBID-3	SO-14	G-11	G-12	G-05	PES-01	PES-03
Amoníaco	mg/l	1,5	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,09	<0,02	0,77
Arsénico	mg/l	0,01	0,1	0,004	0,005	0,002	0,007	0,017	0,011	0,006	0,002	0,007
Bicarbonato	mg/l	-	-	232,9	280,5	218,9	188,1	154,1	67,1	154,1	197,1	155,9
Boro	mg/l	-	0,75	0,33	0,34	0,26	<0,01	0,14	0,21	0,07	0,22	0,2
Cadmio	mg/l	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Calcio	mg/l	-	-	371,02	498,65	594,2	484,57	39,47	32,2	57	159,55	85,18
Carbonatos	mg/l	-	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cianuro	mg/l	0,05	0,2	<0,01	s/d	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloruro	mg/l	400	200	80,97	87,18	109,8	63,19	10,83	12,5	17,38	29,14	25,17
Cobre	mg/l	2	0,2	<0,01	0,06	<0,01	<0,01	0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Color	Pt/Co	20	-	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Cromo Total	mg/l	0,05	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoruro	mg/l	1,5	1	0,07	0,08	0,91	0,28	0,23	0,13	0,21	0,09	0,2
Hierro	mg/l	0,3	5	0,07	0,25	0,14	<0,01	0,87	0,43	0,02	10,04	13,91
Magnesio	mg/l	125	-	74,21	97,03	112,92	117,36	10,23	7	13,06	28,84	18,85
Manganeso	mg/l	0,1	0,2	<0,01	0,11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,03
Mercurio	mg/l	0,001	0,001	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Molibdeno	mg/l	-	0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato	mg/l	50	-	6,76	2,84	1,01	5,75	2,9	2,2	4,69	4,4	3,96
Nitrito	mg/l	3	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Olor(*)	S/U											
Plomo	mg/l	0,05	5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Potasio	mg/l	-	-	1,16	1,69	1,6	1,35	0,7	0,85	0,93	1,23	1,05
Razón Nitrito+Nitrato	S/U	1	-	0,14	0,06	0,02	0,11	0,06	0,04	0,09	0,09	0,08
Sabor	S/U	insípida	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Selenio	mg/l	0,01	0,02	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Sodio	mg/l	-	-	125,74	157,38	166,62	93,03	44,22	27,97	54,73	51,33	41,16
Zinc	mg/l	3	2	<0,01	0,06	0,09	3,88	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,03

* No aplicable metodología ME-25-2007 indicada por NCH409 en matriz de agua subterránea, de acuerdo RES. EXE. SMA N°574/2022, punto 16.1, apartado 8.

Tabla 5.8: Resultados del monitoreo durante el trimestre. Lista Larga. Trimestre *octubre a diciembre de 2023.* (Continuación).

Parámetro	Unidad	Nch 409/1. Of. 2005	Nch 1333 Of. 78 Modif. 1987	PES-04	G02	PES02	PB3	PB13	G03	G06	A1 N	H-20 C-10 Ruta 5
Amoníaco	mg/l	1,5	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Arsénico	mg/l	0,01	0,1	0,004	0,005	0,007	0,002	0,004	0,003	0,004	0,004	0,002
Bicarbonato	mg/l	-	-	166,8	314,5	227,5	283,2	166,3	244,2	218	134,1	216,6
Boro	mg/l	-	0,75	0,15	0,63	0,37	0,28	0,24	0,21	0,56	0,15	0,16
Cadmio	mg/l	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Calcio	mg/l	-	-	58,86	59,49	46,14	103,28	63,33	70,29	37,65	43,68	88,11
Carbonatos	mg/l	-	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cianuro	mg/l	0,05	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloruro	mg/l	400	200	21,73	18,41	44,82	30,91	36,48	11,19	44,76	19,87	25,01
Cobre	mg/l	2	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,13	<0,01	<0,01
Color	Pt/Co	20	-	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Cromo Total	mg/l	0,05	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoruro	mg/l	1,5	1	0,11	0,18	0,13	0,24	0,21	0,07	0,54	0,09	0,04
Hierro	mg/l	0,3	5	0,8	0,46	0,12	0,83	1,34	0,05	0,36	0,78	0,02
Magnesio	mg/l	125	-	10,86	15,59	19,32	26,99	18,73	10,93	15,72	13,19	12,83
Manganeso	mg/l	0,1	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	0,43	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mercurio	mg/l	0,001	0,001	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Molibdeno	mg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato	mg/l	50	-	18,17	8,57	16,76	9	2,6	11,82	9,51	3,99	18,28
Nitrito	mg/l	3	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Olor(*)	S/U											
Plomo	mg/l	0,05	5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Potasio	mg/l	-	-	1,26	0,95	0,79	0,87	1,54	0,69	1,67	0,38	0,87
Razón Nitrito+Nitrato	S/U	1	-	0,36	0,17	0,34	0,18	0,05	0,24	0,19	0,08	0,37
Sabor	S/U	insípida	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Selenio	mg/l	0,01	0,02	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Sodio	mg/l	-	-	43,21	124,27	129,52	69,85	45,72	47,53	103,03	34,05	57,18
Zinc	mg/l	3	2	<0,01	0,04	<0,01	0,02	0,03	<0,01	0,03	<0,01	0,02

* No aplicable metodología ME-25-2007 indicada por NCH409 en matriz de agua subterránea, de acuerdo RES. EXE. SMA N°574/2022, punto 16.1, apartado 8.

Tabla 5.8: Resultados del monitoreo durante el trimestre. Lista Larga. Trimestre *octubre a diciembre de 2023*. (Continuación).

Parámetro	Unidad	Nch 409/1. Of. 2005	Nch 1333 Of.78 Modif.1987	H-19 P48B-03	H-21 DAND	APR - El Colorado	APR - H. Familiares	APR - H. Familiares (*)	APR - Huechún (*)	APR - Santa Matilde (*)	APR - Pta. Peuco (*)
Amoníaco	mg/l	1,5	-	<0,02	0,39	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Arsénico	mg/l	0,01	0,1	0,003	0,024	0,004	0,006	0,006	0,003	0,003	0,002
Bicarbonato	mg/l	-	-	220,7	188,5	168,6	179,9	175,4	199,4	220,7	216,6
Boro	mg/l	-	0,75	0,25	0,3	0,4	0,28	0,17	0,33	0,25	0,2
Cadmio	mg/l	0,01	0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Calcio	mg/l	-	-	68,79	60,19	39,06	37,65	71,19	66,26	68,79	81,27
Carbonatos	mg/l	-	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cianuro	mg/l	0,05	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloruro	mg/l	400	200	21,05	23,05	33,53	24,62	26,6	24,55	21,05	25,01
Cobre	mg/l	2	0,2	0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Color	Pt/Co	20	-	5	5	5	5	5	5	5	5
Cromo Total	mg/l	0,05	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoruro	mg/l	1,5	1	0,04	0,15	0,07	0,08	0,07	0,04	0,04	0,04
Hierro	mg/l	0,3	5	<0,01	78,52	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	0,01
Magnesio	mg/l	125	-	10,26	10,25	4,13	9,25	6,7	8,86	10,26	10,84
Manganeso	mg/l	0,1	0,2	<0,01	1,15	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mercurio	mg/l	0,001	0,001	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Molibdeno	mg/l	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato	mg/l	50	-	29,7	25,04	31,27	48,86	31,67	20,32	29,7	20,87
Nitrito	mg/l	3	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Olor(**)	S/U										
Plomo	mg/l	0,05	5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Potasio	mg/l	-	-	0,7	0,84	0,6	1,33	1	0,76	0,7	1
Razón Nitrito+Nitrato	S/U	1	-	0,59	0,5	0,72	0,98	0,63	0,41	0,59	0,42
Sabor	S/U	insípida	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Selenio	mg/l	0,01	0,02	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Sodio	mg/l	-	-	52,59	41,65	80,4	65,83	49,71	52,47	52,59	53,78
Zinc	mg/l	3	2	0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	0,01	<0,01

(*) Pozo aledaño, actual abastecimiento.

(**) No aplicable metodología ME-25-2007 indicada por NCH409 en matriz de agua subterránea, de acuerdo RES. EXE. SMA N°574/2022, punto 16.1, apartado 8.

5.3 Monitoreo dedicado a pozos APRs.

Para cada APR, los resultados de las muestras obtenidas del monitoreo dedicado durante el periodo correspondiente al presente Informe Anual, muestran lo siguiente:

5.3.1 APR Huechún:

Como se indicó anteriormente, el pozo de APR Huechún se encuentra fuera de operación, por lo que se presenta el seguimiento del pozo aledaño que abastece a la comunidad. Los resultados obtenidos e indicados en la Tabla 5.9, se describen según el siguiente detalle:

- **Color**, según el estándar de referencia Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable, color no detectado.

- **Sabor**, cabe indicar que dado el objetivo de monitoreo de la fuente de agua tratándose de muestras tomadas directamente de cada pozo de monitoreo, antes de cualquier tratamiento como es la desinfección, el laboratorio se reserva la aplicabilidad de este parámetro no realizando la prueba para muestras sin presencia de cloro residual; razón por la cual no en todas las muestras aplica.

- El valor del **pH**, se mantuvo entre 7,8 y 8,3 upH, dentro del rango de 6,5 a 8,5 upH establecido por la NCh 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable.

- Las concentraciones de **arsénico**, **cinc**, **cloruro**, **cobre**, **cromo**, **fluoruro**, **hierro**, **magnesio**, **nitratos**, **nitritos** y **selenio**, se encontraron bajo el valor de referencia en la Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable, al igual que la **razón nitrito+nitrato**.

- Los parámetros **amoniaco**, **cadmio**, **cianuro**, **compuestos fenólicos, manganeso**, **mercurio** y **plomo**, presentaron concentraciones menores o cercanos a los límites de detección del laboratorio.

- Respecto a parámetros microbiológicos, se detectó en algunas muestras (octubre, noviembre y diciembre) la presencia de contaminantes bacteriológicos en las aguas crudas, representados por **Coliformes Totales** y **Escherichia coli**. Al respecto cabe considerar que se trata de muestras tomadas de agua proveniente del pozo, previo a cualquier tipo de tratamiento dado el objetivo del monitoreo ambiental, no siendo a su vez parámetros que tengan relación alguna con las infiltraciones del Tranque de Relaves.

- **Sólidos disueltos** y concentración de **sulfatos** se encuentran bajo el valor de referencia en la Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable, encontrándose la concentración de sulfatos entre 81,6 mg/l y 108,2 mg/l en APR Huechún Aledaño.

Lo anterior indica que, en el año 2023, las muestras presentaron valores bajo la Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable.

Tabla 5.9 Resultados de monitoreo dedicado a pozos APR. APR Huechún

			APR – Huechún (**)											
Parámetro	Unidad	Nch 409/1. Of. 2005	Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Ago-23	Sep-23	Oct-23	Nov-23	Dic-23
Nivel piezométrico	m	-	77,65	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	<0,02	<0,02	0,04
Amoníaco	mg/l	1,5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	0,003	0,004	0,003
Arsénico	mg/l	0,01	0,002	0,003	0,002	0,004	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	<0,01	<0,01	<0,01
Cadmio	mg/l	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	66,26	70,08	64,97
Calcio	mg/l	-	72,45	89,83	68,62	67,36	73,14	65,89	62,82	79,8	67,78	<0,01	<0,01	<0,01
Cianuro	mg/l	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	0,04
Cinc	mg/l	3	0,1	0,03	0,14	<0,01	0,23	0,19	0,25	0,07	0,15	0,08	<0,01	0,14
Cloruro	mg/l	400	17,21	21,16	19,54	31,47	20,43	17,64	18,4	21,11	22,98	24,55	20,86	19,84
Cobre	mg/l	2	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Coliformes totales	NMP/100 mL	Ausencia	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	>1600	23	230
Color	Pt/Co	20	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Compuestos fenólicos	mg/l	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cromo total	mg/l	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Escherichia coli	Pres/Aus	Exenta	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
Fluoruro	mg/l	1,5	0,02	0,14	0,09	0,06	0,05	0,04	0,35	<0,01	0,05	0,04	0,09	0,05
Hierro	mg/l	0,3	0,14	<0,01	0,05	0,02	0,1	<0,01	0,02	<0,01	0,05	0,04	<0,01	0,11
Magnesio	mg/l	125	10,68	7,86	11,57	8,8	10,37	8,17	8,41	13,13	7,89	8,86	8,57	8,37
Manganeso	mg/l	0,1	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mercurio	mg/l	0,001	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	0,0105	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Molibdeno	mg/l	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato	mg/l	50	19,72	22,69	18,2	17,79	17,11	16,11	17,7	17,09	18,11	20,32	16,93	19,01
Nitrito	mg/l	3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,16	<0,01	<0,01	<0,01
Olor (***)	S/U													
pH	UpH	6,5-8,5	7,9	7,8	8,1	7,9	7,9	8	8,3	7,9	8,1	8	7,9	8,2
Plomo	mg/l	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Potasio	mg/l	-	1,69	1,01	0,4	1,39	0,93	0,75	0,6	0,79	0,19	0,76	0,9	1,5
Razón nitrito/nitrato	S/U	1	0,39	0,45	0,37	0,36	0,34	0,32	0,35	0,34	0,41	0,41	0,34	0,38
Sabor	S/U	insípida	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Selenio	mg/l	0,01	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Sodio	mg/l	-	58,38	48,84	44,31	54,31	48,79	48,56	47,27	49,44	56,59	52,47	56,38	53,2
Sólidos disueltos	mg/l	1500	520	386	382	452	326	360	328	372	406	334	390	352
Sulfato	mg/l	500	91,99	92,91	91,73	87,97	86,06	81,6	81,81	90,77	95,55	108,19	91,17	93,79
Zinc	mg/l	3	0,1	0,03	0,14	<0,01	0,23	0,19	0,25	0,07	0,15	0,08	<0,01	0,14

*: Nivel dinámico; (**) Pozo de abastecimiento actual; (***) No aplicable metodología ME-25-2007 indicada por NCH409 en matriz de agua subterránea, de acuerdo RES. EXE. SMA N°574/2022, punto 16.1, apartado 8.

5.3.2 APR Santa Matilde:

El pozo de APR Santa Matilde se encuentra fuera de operación, por lo que se presenta el seguimiento del pozo aledaño que abastece a la comunidad. Los resultados se describen según el siguiente detalle:

- **Color**, según el estándar de referencia Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable, color no detectado.

- **Sabor**, cabe indicar que dado el objetivo de monitoreo de la fuente de agua tratándose de muestras tomadas directamente de cada pozo de monitoreo, antes de cualquier tratamiento como es la desinfección, el laboratorio se reserva la aplicabilidad de este parámetro no realizando la prueba para muestras sin presencia de cloro residual; razón por la cual no en todas las muestras aplica.

- El valor del **pH**, se mantuvo en un rango entre 7,9 y 8,1 upH en APR Santa Matilde Aledaño, sobrepasando levemente el rango de 6,5 a 8,5 upH establecido por la NCh 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable.

- Las concentraciones de **amoniaco**, **arsénico**, **cinc**, **cloruro**, **cobre**, **cromo**, **fluoruros**, **magnesio, nitratos** y **selenio**, se encontraron bajo el valor de referencia en la Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable, al igual que la **razón nitrito+nitrato**.

- Los parámetros **cadmio**, **cianuro**, **compuestos fenólicos**, **manganeso**, **mercurio, nitritos** y **plomo**, presentaron concentraciones menores o cercanos a los límites de detección del laboratorio.

- Respecto a parámetros microbiológicos, se detectó en algunas muestras la presencia de contaminantes bacteriológicos en las aguas crudas, representados por **Coliformes Totales** y **Escherichia coli**. Al respecto cabe considerar que se trata de muestras tomadas de agua proveniente del pozo, previo a cualquier tipo de tratamiento dado el objetivo del monitoreo ambiental, no siendo a su vez parámetros que tengan relación alguna con las infiltraciones del Tranque de Relaves.

- **Sólidos disueltos** y concentración de **sulfatos** se encuentran bajo el valor de referencia en la Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable, encontrándose la concentración de sulfatos entre 81,33 mg/l y 106,95 mg/l en APR aledaño H-19 P48B-03.

Lo anterior indica que, en el año 2023, las muestras presentaron valores bajo la Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable en su totalidad.

Tabla 5.10 Resultados de monitoreo dedicado a pozos APR. APR Santa Matilde

			APR – Santa Matilde (**)											
Parámetro	Unidad	Nch 409/1. Of. 2005	Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Ago-23	Sep-23	Oct-23	Nov-23	Dic-23
Nivel piezométrico	m	-	s/d	83,85*	81,72*	83,72*	83,62*	82,02*	82,12*	82,19*	83,1*	<0,02	<0,02	<0,02
Amoníaco	mg/l	1,5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,003	0,004	0,003
Arsénico	mg/l	0,01	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003	<0,01	<0,01	<0,01
Cadmio	mg/l	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	68,79	68,01	66,3
Calcio	mg/l	-	73,24	69,6	650,54	71,23	78,46	70,07	65,65	69,83	74,31	<0,01	<0,01	<0,01
Cianuro	mg/l	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
Cinc	mg/l	3	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,14	<0,01	0,13	0,03	<0,01	0,01	<0,01	0,02
Cloruro	mg/l	400	16,99	23,25	18,37	19,89	19,98	18,09	23,76	21,77	18,65	21,05	21,5	20,41
Cobre	mg/l	2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01
Coliformes totales	NMP/100 mL	Ausencia	33	<1,8	<1,8	17	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	23	230	<1,8
Color	Pt/Co	20	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Compuestos fenólicos	mg/l	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cromo total	mg/l	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Escherichia coli	Pres/Aus	Exenta	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	2	<1,8	<1,8
Fluoruro	mg/l	1,5	<0,01	0,05	0,08	0,08	0,04	0,03	0,02	<0,01	0,03	0,04	0,06	0,07
Hierro	mg/l	0,3	0,02	<0,01	0,12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Magnesio	mg/l	125	10,33	10,29	25,23	9,97	12,82	9,81	9,11	10,63	10,46	10,26	10,04	12,79
Manganeso	mg/l	0,1	<0,01	<0,01	0,41	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mercurio	mg/l	0,001	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Molibdeno	mg/l	-	<0,01	<0,01	0,38	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato	mg/l	50	28,43	28,24	25,01	26,63	25,64	24,26	31,02	26,33	25,74	29,7	24,38	27,38
Nitrito	mg/l	3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Olor(***)	S/U	inodora												
pH	UpH	6,5-8,5	8,1	8,1	8,2	7,9	7,9	8	8,5	7,9	8,1	8	7,9	8
Plomo	mg/l	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Potasio	mg/l	-	1,03	0,61	99,64	1,22	0,94	0,67	0,51	0,7	0,6	0,7	0,66	0,77
Razón nitrito/nitrato	S/U	1	0,57	0,56	0,5	0,53	0,51	0,49	0,62	<0,01	0,51	0,59	0,49	0,55
Sabor	S/U	insípida	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Selenio	mg/l	0,01	0,0008	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Sodio	mg/l	-	51,06	45,79	163,2	49,68	54,48	49,81	63,69	51,01	42,34	52,59	45,62	47,2
Sólidos disueltos	mg/l	1500	494	450	406	460	406	461	374	386	380	378	372	360
Sulfato	mg/l	500	87,62	81,33	82,46	88,23	85,6	83,83	106,95	97,85	82,35	98,8	91,16	93,63
Zinc	mg/l	3	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,14	<0,01	0,13	0,03	<0,01	0,01	<0,01	0,02

*: Nivel dinámico; (**) Pozo de abastecimiento actual; (***) No aplicable metodología ME-25-2007 indicada por NCH409 en matriz de agua subterránea, de acuerdo RES. EXE. SMA N°574/2022, punto 16.1, apartado 8.

5.3.3 APR Punta Peuco:

El pozo de APR Punta Peuco se encuentra fuera de operación desde abril del 2022, por lo que se presenta el seguimiento del pozo aledaño que abastece a la comunidad. Los resultados se describen según el siguiente detalle:

- **Color**, según el estándar de referencia Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable, color no detectado.

- **Sabor**, cabe indicar que dado el objetivo de monitoreo de la fuente de agua tratándose de muestras tomadas directamente de cada pozo de monitoreo, antes de cualquier tratamiento como es la desinfección, el laboratorio se reserva la aplicabilidad de este parámetro no realizando la prueba para muestras sin presencia de cloro residual; razón por la cual no en todas las muestras aplica.

- El valor del **pH**, se mantuvo en un rango entre 7,9 a 8,5 upH, dentro del rango de 6,5 a 8,5 upH establecido por la NCh 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable.

- Respecto a parámetros microbiológicos, no se detectó la presencia de contaminantes bacteriológicos en las aguas crudas, representados por **Coliformes Totales** y **Escherichia Coli**. Al respecto cabe considerar que se trata de muestras tomadas de agua proveniente del pozo, previo a cualquier tipo de tratamiento dado el objetivo del monitoreo ambiental, no siendo a su vez parámetros que tengan relación alguna con las infiltraciones del Tranque de Relaves.

- Las concentraciones de **amoniaco**, **arsénico**, **cinc, cobre, cloruro, cromo**, **fluoruros**, **magnesio, nitratos y nitritos**, se encontraron bajo el valor de referencia en la Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable, al igual que la **razón nitrito+nitrato**.

- **Sólidos disueltos** y concentración de **sulfatos** se encuentran muy por debajo del valor de referencia en la Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable (500 mg/l), encontrándose la concentración de sulfatos entre 92,46 mg/l y 128,86 mg/l.

Lo anterior indica que, en el año 2023, las muestras presentaron valores bajo la Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable en su totalidad.

Tabla 5.9: Resultados de monitoreo dedicado a pozos APR. APR Punta Peuco.

			APR Punta Peuco(**)											
Parámetro	Unidad	Nch 409/1. Of. 2005	Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Ago-23	Sep-23	Oct-23	Nov-23	Dic-23
Nivel piezométrico	m	-	88,33	89,39*	89,38*	89,55*	87,97*	87,69*	87,71*	85,45*	83,95*	<0,02	<0,02	<0,02
Amoníaco	mg/l	1,5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,002	0,003	0,003
Arsénico	mg/l	0,01	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,012	0,003	<0,01	<0,01	<0,01
Cadmio	mg/l	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	81,27	67,21	68,73
Calcio	mg/l	-	64,5	66,63	68,26	61	72,16	65,98	80,58	69,44	77,57	<0,01	<0,01	<0,01
Cianuro	mg/l	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
Cinc	mg/l	3	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,03	<0,01	<0,01	0,01
Cloruro	mg/l	400	15,29	18,35	16,11	16,73	19,75	15,34	22,74	19,92	22,05	25,01	22,46	17,29
Cobre	mg/l	2	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,01	<0,01	0,02	0,01	<0,01	<0,01
Coliformes totales	NMP/100 mL	Ausencia	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	23	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
Color	Pt/Co	20	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Compuestos fenólicos	mg/l	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cromo total	mg/l	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Escherichia coli	Pres/Aus	Exenta	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
Fluoruro	mg/l	1,5	0,01	0,25	0,06	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,04	0,04	0,13	0,06
Hierro	mg/l	0,3	0,11	<0,01	<0,01	0,02	0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Magnesio	mg/l	125	8,88	7,91	10,15	8,71	9,43	8,77	11,93	10,48	9,79	10,84	9,58	9,19
Manganeso	mg/l	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mercurio	mg/l	0,001	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Molibdeno	mg/l	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato	mg/l	50	16,98	16,31	17,44	19,1	17,06	16,87	21,43	17,72	18,12	20,87	17,51	15,44
Nitrito	mg/l	3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,48	<0,01	<0,01	<0,01
Olor(***)	S/U	inodora												
pH	UpH	6,5-8,5	7,9	8,1	8,3	8	8,1	8,1	8,5	7,9	8	8	7,9	8,1
Plomo	mg/l	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Potasio	mg/l	-	1,54	1,55	0,46	1,39	0,99	0,97	0,79	1,02	0,92	1	1,01	1,09
Razón nitrito/nitrato	S/U	1	0,34	0,33	0,35	0,38	0,34	0,34	0,43	<0,01	0,52	0,42	0,35	0,31
Sabor	S/U	insípida	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Selenio	mg/l	0,01	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Sodio	mg/l	-	55,88	57,47	45,62	54,6	58,46	59,73	66,88	57,47	53,78	53,78	51,63	54,81
Sólidos disueltos	mg/l	1500	444	372	342	383	368	406	435	394	408	390	434	502
Sulfato	mg/l	500	95,54	98,93	92,46	97,69	102,27	112,51	128,86	124,73	129,81	135,88	123,15	105,02
Zinc	mg/l	3	0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,03	<0,01	0,01	0,01

*: Nivel dinámico; (**) Pozo de abastecimiento actual; (***) No aplicable metodología ME-25-2007 indicada por NCH409 en matriz de agua subterránea, de acuerdo RES. EXE. SMA N°574/2022, punto 16.1, apartado 8.

Durante el año 2023, para los 3 APR, tanto APR Aledaño Huechún, APR Aledaño Santa Matilde y APR Serv. Punta Peuco, los resultados de las muestras obtenidas del monitoreo dedicado indican que mantienen características de potabilidad, con calidad del agua en pleno cumplimiento con la Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable. Respecto a la presencia de coliformes totales en meses particulares, al respecto cabe considerar que se trata de muestras tomadas de agua proveniente del pozo, previo a cualquier tipo de tratamiento dado el objetivo del monitoreo ambiental, no siendo a su vez parámetros que tengan relación alguna con las infiltraciones del Tranque de Relaves.

5.3.4 Percentiles 50% de la concentración de sulfatos de doce meses consecutivos:

Como parte de los Informes Trimestrales, se ha calculado el percentil 50% de doce meses consecutivos de la concentración de sulfatos para cada uno de los pozos APRs – Huechún, Santa Matilde y Punta Peuco -, definidos en la Res. Exe. CE RM 204/2015.

En la Tabla 5.12 se presentan los resultados obtenidos de la concentración de sulfatos de análisis de laboratorio (a), con base en los cuales se obtienen y se vuelcan en (b), los percentiles 50% de doce meses consecutivos para cada trimestre.

Se observa que dichos percentiles se encuentran bajo 119 mg/l para los APR aledaños de Huechún y Santa Matilde durante todo el período 2023.

En el caso del APR Punta Peuco, las concentraciones del respectivo percentil 50% en el primer trimestre presentó un resultado de 124 mg/l en el trimestre, valor que supera los 119 mg/l. Cabe señalar, que el en el último trimestre se ha detectado una marcada disminución de las concentraciones de sulfato, hacia los valores de condición de cumplimiento del límite establecido para este pozo. A partir del segundo trimestre se verificó disminución del percentil hacia los valores de cumplimiento del límite establecido, situación que se ha mantenido durante el período que se reporta

Cabe destacar, que la cifra de 119 mg/l, es calculado como valor basal, encontrándose muy por debajo del valor establecido por la normativa chilena de referencia para su consumo como agua potable de 500 mg/l. De acuerdo con el acápite precedente 5.3.1, 2 y 3, la calidad del agua en los tres APR (Huechún, Santa Matilde y Punta Peuco), se encuentra en pleno cumplimiento con la Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable.

La Res. Exe. CE RMS N° 204, en su acápite 11.1.3, contempla medida adicional en consideración al caso de superación del percentil 50% de 12 meses consecutivos por sobre el valor basal 119 mg/l en alguno de los APR definidos.

Es así como Codelco División Andina, ha decidido mantener la medida de tratamiento de agua en Sistema de Agua Potable Rural prevista en la Res. Exe. CE RMS N° 204 en su considerando 11.1.3, hasta consolidar la estabilización de las mediciones.

Dados los resultados en la concentración de sulfatos de las muestras provenientes de los APR Santa Matilde y Huechún, no se considera la instalación de tratamiento en estos APR.

Tabla 5.10: Percentiles 50% de la concentración de sulfatos de doce meses consecutivos en APR. Año 2022 (P50 12 M).

(a) Concentración de sulfatos medias, mg/l

Punto de monitoreo	UMBRAL	SO4 mg/l																			
		Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Sep-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22	Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Ago-23	Sep-23	Oct-23	Nov-23	Dic-23
APR - Huechún	119	89(1)	71(1)	85(1)	104(1)	92(1)	90(1)	114(1)	97(1)	80(1)	92(1)	93(1)	92(1)	88(1)	86(1)	82(1)	82(1)	91(1)	96(1)	108(1)	91(1)	94(1)
APR – Huechún Aledaño	119	89	71	85	104	92	90	114	97	80	92	93	92	88	86	82	82	91	96	108	91	94
APR - Pta. Peuco	119	144(3)	*	*	131(3)	116(3)	140(3)	170(3)	144(3)	107(3)	96(3)	99(3)	92(3)	98(3)	102(3)	113(3)	129(3)	125(3)	130(3)	136(3)	123(3)	105(3)
APR - Pta. Peuco Aledaño	119	144	*	*	131	116	140	170	144	107	96	99	92	98	102	113	129	125	130	136	123	105
APR – Sta. Matilde	119	83(2)	70(2)	85(2)	74(2)	76(2)	87(2)	106(2)	97(2)	82(2)	88(2)	81(2)	82(2)	88(2)	86(2)	84(2)	107(2)	98(2)	82(2)	99(2)	91(2)	94(2)
APR – Sta. Matilde aledaño	119	83	70	85	74	76	87	106	97	82	88	81	82	88	86	84	107	98	82	99	91	94

(1) Sin dato, pozo fuera de servicio.
(2) Pozo original fuera de operación. Se considera pozo de abastecimiento actual. Se consideran datos de pozo aledaño que alimenta estanque (H-19 P48B-03, distanciado 510 m en dirección sureste de pozo original APR. Santa Matilde).
(3) Sin dato, pozo fuera de servicio. Se consideran datos de pozo aledaño que alimenta estanque (H8A).
* Pozo Punta Peuco se encuentra desmantelado desde abril del 2022.

(b) Percentiles 50% de 12 meses consecutivos, obtenidos para cada trimestre del año 2023.

Punto de monitoreo	P50 12 M, mg/l			
	abr-22 a mar-23	jul-23 a jun-23	oct-23 a sep-23	ene-23 a dic-23
APR - Huechún	92	92	91	92
APR – Huechún Aledaño	92	92	91	92
APR - Pta. Peuco	124	113	110	109
APR - Pta. Peuco Aledaño	124	113	110	109
APR. Sta Matilde	83	86	87	88
APR. Sta Matilde Aledaño	83	86	87	88

5.4 Datos de producción – Control de Extracciones y de Inyección de aguas de buena calidad

De acuerdo con lo indicado en la Res. Exe. CE RMS N°204/2015 en su considerando 11.2.6, se mantiene un "Registro de Producción de Pozos de Bombeo". Se extrae de este Registro de Producción los caudales medios diarios de cada pozo y de la barrera en su conjunto, datos que se incluyen en el Anexo 6.

En las siguientes Tablas 5.13 a 5.15 se presentan los caudales medios mensuales asociados a dichos pozos de bombeo, así como en las Tabla 5.16 los caudales medios mensuales obtenidos en los pozos de inyección de aguas frescas.

Tabla 5.11: Registro de producción mensual Pozos de Bombeo de la Barrera Hidráulica. Año 2023.

Mes	PBH-1 l/s	PBH-2 l/s	PBH-3 l/s	PBH-4 l/s	PBH-5 l/s	PBH-6 l/s	PBH-7 l/s	PBH-8 l/s	PBH-9 l/s	PBH-10 l/s	PBH-11 l/s	PBH-12 l/s	PBH-13 l/s	PBH-14 l/s	PBID-5 l/s	TOTAL l/s
ene-23	1,0	2,4	1,0	6,7	12,0	10,6	5,2	0,1	5,5	8,2	11,5	4,0	4,9	14,1	1,5	88,6
feb-23	0,7	2,1	1,3	6,2	10,5	10,2	4,9	0,2	5,6	7,8	11,4	3,8	4,8	13,7	1,5	84,7
mar-23	0,8	5,6	0,9	5,9	9,7	10,0	4,7	0,1	5,5	7,8	11,6	3,5	4,6	13,0	1,5	85,1
abr-23	0,8	6,0	1,2	5,5	10,0	9,7	4,6	0,1	6,3	5,4	7,0	3,5	4,7	12,5	1,4	78,6
may-23	0,8	8,6	1,0	5,8	10,8	10,0	4,8	0,1	2,6	5,5	12,6	3,6	5,0	12,7	1,5	85,4
jun-23	0,8	6,6	1,9	5,5	9,6	9,6	2,8	0,1	4,1	5,6	20,2	3,3	4,8	11,7	1,5	88,0
jul-23	0,7	5,0	1,9	5,2	9,1	9,0	3,9	0,1	3,6	5,5	19,2	3,2	4,7	10,8	1,4	83,1
ago-23	0,2	5,8	2,1	5,4	10,6	9,1	5,4	0,1	3,9	5,3	19,8	3,0	4,7	10,3	1,3	86,9
sep-23	0,9	0,3	2,2	5,9	10,1	9,1	3,9	0,1	4,2	5,5	19,9	3,0	5,1	10,8	1,4	82,5
oct-23	1,7	0,0	1,7	7,1	13,5	10,8	5,3	0,1	8,4	5,8	11,4	4,4	4,9	15,3	1,4	91,9
nov-23	0,9	1,3	2,3	6,2	11,5	10,0	0,5	0,1	3,8	5,9	20,0	3,1	5,7	11,3	1,5	84,0
dic-23	0,1	0,6	2,5	6,2	11,5	9,8	1,1	0,0	4,0	6,0	20,1	3,2	6,0	11,2	1,5	83,9

Tabla 5.12: Registro de producción mensual de los Pozos de Robustecimiento de la Barrera Hidráulica. Año 2023.

Fecha	PBH-15 l/s	PBH-16 l/s	PBH-17 l/s	PBH-18 l/s	PBH-19 l/s	PBH-20 l/s	PBH-21 l/s	PBH-22 l/s	TOTAL l/s
ene-23	12,6	7,1	12,9	9,5	6,9	16,4	18,0	14,7	98,1
feb-23	16,1	7,4	13,7	9,2	7,2	16,2	17,1	13,6	100,5
mar-23	16,8	7,4	13,5	9,1	6,9	16,2	16,1	11,8	97,7
abr-23	15,9	6,9	13,4	9,1	6,7	16,0	15,7	13,7	97,4
may-23	16,4	7,2	13,5	9,4	6,8	16,1	16,2	14,1	99,7
jun-23	16,5	7,6	13,5	9,3	6,1	16,0	14,2	13,9	97,2
jul-23	16,3	7,3	13,0	8,5	5,4	15,8	13,2	13,3	92,8
ago-23	16,4	7,2	12,8	8,7	5,4	15,4	13,2	13,3	92,5
sept-23	16,4	7,4	13,3	9,5	5,6	15,9	13,5	13,2	95,0
oct-23	7,4	7,6	17,0	9,7	7,5	16,4	18,5	10,0	94,1
nov-23	16,5	8,6	0,1	10,4	5,9	16,1	14,9	13,3	85,7
dic-23	16,6	8,5	0,0	10,4	5,7	16,1	14,4	13,4	85,1

Tabla 5.13: Registro de producción mensual de los Pozos de Bombeo Focalizado. Año 2023.

Fecha	PBF-01 l/s	PBF-02 l/s	PBF-04 l/s	PBF-05 l/s	PBF-03 l/s	PBF-07 l/s	TOTAL l/s
ene-23	8,7	7,2	7,2	8,0	3,0	4,6	38,6
feb-23	8,6	6,8	6,8	8,0	2,7	7,2	40,1
mar-23	8,9	6,3	6,3	7,9	2,2	7,0	38,7
abr-23	9,3	8,4	3,5	7,7	0	0	28,9
may-23	9,5	8,8	3,9	4,8	0	0	26,9
jun-23	9,4	8,3	3,6	4,7	0	0	26,0
jul-23	8,7	7,5	2,8	4,3	0	0	23,3
ago-23	8,9	7,4	2,7	4,3	0	0	23,3
sept-23	9,0	7,7	2,9	4,4	0	0	24,0
oct-23	8,7	7,9	3,1	4,6	0	0	24,2
nov-23	8,6	7,7	2,5	4,2	0	0	22,9
dic-23	8,5	7,6	2,6	6,8	0	0	25,5

El sistema de inyección de agua de buena calidad, aprobado por Resolución Exe. CE RMS N°204/2015 que modificó la RCA N°275-B/1994, funcionó en modo de pruebas a partir de septiembre de 2015 para recabar la información necesaria para la tramitación del permiso de recarga artificial de acuerdo con el Decreto 203/2013 que aprueba el Reglamento que dispone normas de aplicación general que regulan la exploración y explotación de aguas subterráneas,

razón por la cual el caudal se encuentra sujeto a variaciones. Sin perjuicio de que el permiso sectorial correspondiente se solicitó en mayo del 2016, se adjunta la información de inyección que permite sostener el Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones del Tranque Ovejería.

Los caudales medios mensuales son los siguientes:

Tabla 5.14: Registro de inyección mensual de aguas de buena calidad. Año 2023.

Periodo	Caudal (l/s)		TOTAL (l/s)
	Pozos de Inyección	Pozos de Inyección Focalizada	
	(Pozos PIN)	(Pozos PIF)	
ene-23	96,8	1,5	98,3
feb-23	91,3	0,0	91,3
mar-23	75,1	0,0	75,1
abr-23	80,8	1,0	81,8
may-23	88,8	9,7	98,5
jun-23	86,6	8,0	94,6
jul-23	85,8	11,3	97,1
ago-23	86,0	10,8	96,8
sept-23	85,6	11,2	96,8
oct-23	79,7	10,4	90,1
nov-23	90,2	9,9	100,1
dic-23	85,2	11,5	96,7

Respecto al agua de inyección, proviene fundamentalmente de la Planta de Osmosis Inversa para la cual se incluyen en Anexo 7 los registros de caudales medios, diarios, conductividad y pH del agua de ingreso a la planta, así como del agua producto y de rechazo. En general, la planta produjo durante el año 2023 agua tratada con un contenido de sulfatos entre 22,5 mg/l y 79,8 mg/l, cumpliendo con contenidos menores a 150 mg/l según compromiso de acuerdo con la Res. SMA RM CE 204/2015.

5.5 Sistema de Acceso Público

De acuerdo con lo señalado en el considerando 11.2.8 de la Res. Exe. CE RMS N°204/2015, la información a subir a un sistema web del año 2019, para los APR Huechún, Santa Matilde y Punta Peuco, se encuentra disponible en el siguiente enlace:

www.codelco.com/prontus_codelco/site/edic/base/port/monitoreo_apr.html

Dicha web de acceso público, contiene los registros de la información de monitoreo desde el 01 de julio de 2015 (fecha de inicio del Plan de Monitoreo y Seguimiento según Considerando 11.2.9 de la Res. Ext. N°204/2015) del monitoreo continuo (2 veces por día) de la conductividad específica del agua de los APR asociados al PAT Santa Matilde, Huechún y Punta Peuco (Monitoreo Continuo), y la totalidad de los parámetros monitoreados en los APR Santa Matilde, Huechún, Punta Peuco, El Colorado y Huertos Familiares (Monitoreo Hidroquímicos) tal como solicitó la DOH en su Oficio Ord. N°235 de 27 de febrero de 2014, citado en la Res. Exe. N°204/2015 en su Considerando 11.2.8 referido al "Sistema de acceso público".

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se han presentado los resultados contenidos en los 4 Informes Trimestrales correspondientes al año 2023 según la Res. Exe. CE RMS N°204/2015, incorporando el análisis integral que incluye el seguimiento de la pluma de aguas claras a través de los indicadores principales (Lista Corta), el monitoreo de tendencias históricas (Lista Larga), el monitoreo dedicado a los pozos APRs y los datos de producción del control de extracciones.

El presente Informe Anual contiene los resultados del monitoreo efectuado durante el año 2023 del Programa de Monitoreo y Seguimiento (PMS), que en términos generales consideran:

- el monitoreo de seguimiento de la pluma de las aguas claras,
- el monitoreo de tendencias históricas,
- el monitoreo dedicado a pozos APRs y,
- los datos de producción – control de extracciones.

Las obras asociadas a las medidas del Plan de Acciones de Control de Infiltraciones parte del Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones (PSyCI) aprobado por la Res. Exe. N°204/2015, corresponden a pozos de bombeo o de captura de aguas subterráneas con contenido de aguas provenientes del tranque de relaves y por pozos de inyección de aguas de buena calidad aguas abajo; los que en conjunto tienen la función hidrodinámica de barrera hidráulica con la consecuente contención de la pluma de dichas aguas, evitando su avance hacia aguas abajo.

La totalidad de las obras asociadas a dichas obras han sido construidas, encontrándose todas operativas a partir de septiembre de 2015 en adelante (algunas con inicio de pruebas hidráulicas), de modo que han operado con un desfase importante respecto de lo proyectado antes de la emisión de la Res. Exe. N°204/2015, considerando los tiempos asociados a la dictación de dicha resolución y a la tramitación de los permisos necesarios en la Dirección General de Aguas.

No obstante lo anterior, los resultados en la concentración de sulfatos y de niveles piezométricos de aguas subterráneas en puntos centrales ubicados aguas abajo de la barrera hidráulica; reflejan un claro efecto favorable del acuífero obtenido a partir de la implementación y operación de las medidas de control de infiltraciones - año 2015 - y en concordancia con las tendencias esperadas; tanto en lo que se refiere al cese del aumento en la concentración de sulfatos y posterior disminución en la zona inmediatamente aguas abajo de la barrera hidráulica, como a la obtención de niveles piezométricos similares a la condición pretranque en este sector, según se aprecia en el pozo PB-2, para el cual se cuenta con datos previos.

Los resultados obtenidos durante el año 2023, materia del presente informe permiten concluir lo siguiente:

- Respecto a la red de pozos de control del Programa de Monitoreo y Seguimiento (PMS) materia del presente informe anual:

    - Se realiza el monitoreo en una red de 24 pozos de observación en dirección sur y sureste del tranque Ovejería, ubicados tanto en la microcuenca de la Rinconada de Huechún como en el valle de la cuenca Chacabuco-Polpaico. En esta amplia red de pozos, sistemáticamente se miden niveles y se obtienen muestras de agua que son enviadas al laboratorio para su análisis, salvo condiciones propias de los pozos de observación que lo impidan. La información recopilada permite realizar seguimiento fundado sobre el comportamiento del acuífero, el efecto de las medidas del PSyCI, y su respuesta según proyecciones estimadas con base en modelación numérica.

    - Se han perforado y se encuentran en operación como pozos de observación aquellos indicados en la Tabla N°3 de la Res. 204 CE RM/2015 como proyectados, con coordenadas preliminares y profundidades proyectadas (PES-01, PES-02, PES-03 y PES-04); habiendo sido incorporados en la red de monitoreo y siendo hoy monitoreados sistemáticamente.

    - Se han reemplazado aquellos pozos indicados en la Tabla N°3 de la Res. 204 CE RM/2015 como tapado, seco o con inaccesibilidad por encontrase en propiedad de terceros (pozos Ern. Saav., C-28 Polpaico (Chilectra), C-16 Fundo Montecarlo y C23 Darío Ovalle), de acuerdo con presentación de antecedentes y resolución Res. SEA RM N° 60/2017 de fecha 21 de Mayo de 2017; incorporándose a la red de pozos del PMS nuevos pozos (H-19 P48B-03, H-20 Ruta 5 y H-21 DAND).

    - De acuerdo con información de operadores de APR, todos pozos APR han presentado dificultades en su operación y han sido reemplazados o complementados por pozos de abastecimiento aledaños, siendo el caso de los pozos APR El Colorado, APR Huertos Familiares, APR Huechún, APR Punta Peuco y APR Santa Matilde. DAND en forma proactiva ha procedido a muestrear los pozos aledaño respectivo que actualmente abastece los respectivos poblados en su reemplazo.

- Respecto al monitoreo de seguimiento de la pluma de las aguas claras:

    - Los resultados de la concentración de sulfatos con respecto a las proyecciones, muestran que los valores durante el año 2023 se encuentran dentro de las tendencias generales proyectadas o esperadas con base en simulaciones realizadas mediante representación numérica, construido y calibrado para el periodo diciembre de 1999 a abril de 2014, actualizado como parte de la revisión bianual efectuada con datos a diciembre de 2017; y proyectado con valores reales de caudales asociados a las medidas de control de infiltraciones a diciembre de 2023.

    - En periodos anteriores, el pozo G-11, ubicado aguas abajo de los pozos que constituyen la medida de control del PSyCI y el pozo G-02, ubicado en dirección sureste; habían

presentado un leve aumento sobre la proyección. A partir del año 2017 se ha observado una mejora en dicha condición disminuyendo; lo cual se ha mantenido durante el 2023, obteniéndose valores cercanos a la proyección, e incluso menores.

- El comportamiento general muestra efecto significativamente favorable de las medidas de control del PSyCI en conjunto con las intensas precipitaciones ocurridas durante los años 2015 y 2016. El efecto se aprecia en los pozos de control bajo la línea de la barrera hidráulica (pozos G-11 y G-12) y hasta el muro embalse de riego Huechún (pozo G-05). También se observa un remanente hacia aguas abajo en dirección sur que se ha manifestado en el contenido en el pozo PES-03 en años anteriores, el que se ha corregido con la activación de PAT, encontrándose a partir del primer trimestre del año 2017 bajo proyección, condición que se ha mantenido durante el 2023.

- El seguimiento de los percentiles P50% de 6 meses consecutivos de la concentración de sulfatos en los pozos de control PAT en relación a umbrales anuales establecidos con base en la modelación numérica, han permitido detectar desviaciones y activar medidas de control para su corrección. Durante el año 2023 los resultados obtenidos de los percentiles P50% de 6 meses consecutivos de la concentración de sulfatos en los pozos de control PAT se mantuvieron bajo los respectivos umbrales para ese año, reflejando un mejoramiento en la condición de contención de las infiltraciones del tranque de relaves. Cabe señalar que el pozo G-12, ubicado inmediatamente aguas debajo de la barrera hidráulica, el cuál activó medidas de acción PAT el tercer trimestre del año 2020, se ha mantenido bajo o en el entorno de las concentraciones modeladas durante el actual período correspondiente al 2023.

- Respecto al monitoreo de tendencias históricas:

  - El monitoreo de tendencias históricas incorpora otros parámetros, y en el presente informe se incluyen los resultados del monitoreo efectuado en el año 2023.

  - Dichos resultados muestran que en general los restantes parámetros se encuentran dentro de valores de referencia establecidos en la Nch 409/1 Of. 2005 de requisitos para agua potable y Nch 1333 Of. 78 Modif. 1987 para uso en riego, tanto cerca como lejos del tranque en los pozos ubicados en el valle central Chacabuco Polpaico; con excepción de la presencia de zinc en particular en el pozo SO-14, hierro en varios pozos de observación sin bomba o con operación pozos intermitente, cese o inicio y; arsénico con concentraciones bajo Nch 1333 Of. 78 Modif. 1987 para uso en riego, si bien en algunos casos sobre la Nch 409/1 Of. 2005 de requisitos para agua potable. Cabe indicar que en ningunos de los pozos de abastecimiento de APR se detectó concentración de arsénico sobre la Nch 409/1 Of. 2005 de requisitos para agua potable.

- Cabe indicar que la presencia de arsénico y hierro no se relaciona espacialmente con el contenido de sulfatos en los pozos que muestran valores mayores, no mostrando asociación con la distribución de aguas con contenidos de infiltraciones del tranque ni tampoco movilidad. Más bien estaría relacionado con contenido en la matriz del suelo. Es así como en el pozo de mayor contenido de infiltraciones del tranque de relaves dada su ubicación aguas arriba de la barrera hidráulica.

- Respecto al monitoreo dedicado en los pozos APR:

  - Los resultados obtenidos del muestreo del año 2023, indican que la calidad del agua de los tres pozos APR- APR Huechún, APR Santa Matilde y APR Serv. Punta Peuco - cumple en su totalidad con la Nch 409 Of.1/2005 para consumo de agua potable, cumpliendo para todos los parámetros con la calidad definida por esta norma, a excepción de coliformes totales, donde los 3 pozos presentaron presencia de coliformes en meses particulares. Al respecto cabe considerar que se trata de muestras tomadas de agua proveniente del pozo, previo a cualquier tipo de tratamiento dado el objetivo del monitoreo ambiental, no siendo a su vez parámetros que tengan relación alguna con las infiltraciones del Tranque de Relaves.

  - El percentil 50 por ciento de los últimos 12 meses de la concentración de sulfatos en relación al valor basal 119 mg/l, se mantiene bajo dicho valor en los APR Huechún y Santa Matilde. En el caso del APR Serv. Punta Peuco, las concentraciones del respectivo percentil 50% de los últimos 12 meses consecutivos de la concentración de sulfatos entregó un resultado de 124 mg/l, durante el primer trimestre, superando el valor umbral 119 mg/l en ese período. A partir del segundo trimestre, se verificaron concentraciones percentil 50% inferiores a 119 mg/l, situación que se ha mantenido durante el período que se reporta. CODELCO División Andina ha decidido mantener la medida de tratamiento de agua en Sistema de Agua Potable Rural prevista en la Res. Exe. CE RMS N° 204 en su considerando 11.1.3, hasta consolidar la estabilización de las mediciones.

  - Es necesario destacar que, el pozo APR Serv. Punta Peuco, tal como los APR Huechún y Santa Matilde mantienen pleno cumplimiento con la Nch 409/1. Of. 2005 de requisitos para agua potable.

- Respecto a datos de producción – control de extracciones:

  - Los pozos de bombeo han operado normalmente conforme a los requerimientos del Plan de Seguimiento y Control de Infiltraciones del Tranque Ovejería, con caudales de extracción que se encuentran dentro de rangos de los derechos de aprovechamiento de aguas asociados a cada uno y en su conjunto.