

## 4974 ASESORÍA ESTRATÉGICA MODELACIÓN HIDROGEOLÓGICA Y ACTIVIDADES DE TERRENO DE RECURSOS HÍDRICOS. GTAM 1702

CÓDIGO ARCADIS: 4974-0000-RH-INF-003

### ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DE EFECTOS AMBIENTALES CARGO N°13A RES. EX. N°1/ROL D-095-2017

ENERO 2018

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	F. Varas	J. Delgado	C. Ortiz	Coordinación Interna
	Fecha	18/01/2018	18/01/2018	18/01/2018	
B	Nombre Firma	F. Varas	J. Delgado	C. Ortiz	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	23/01/2018	23/01/2018	23/01/2018	
0	Nombre Firma				Aprobado Cliente
	Fecha	26/01/2018	26/01/2018	26/01/2018	

## **Anexo 13a**

### **Análisis y estimación de efectos ambientales Cargo N°13a Resolución Exenta N°1/Rol D-095-2017**

#### **COMPAÑÍA MINERA DOÑA INÉS DE COLLAHUASI S.C.M.**

## **1. RESUMEN**

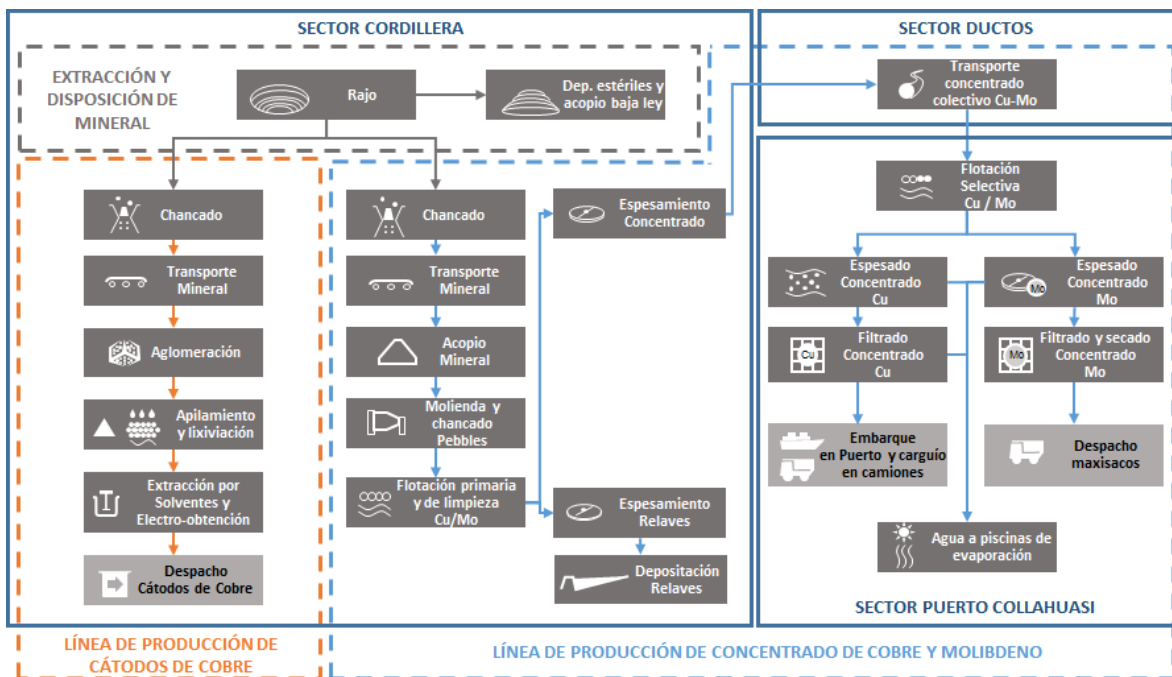
En cumplimiento de lo indicado en el cargo N°13a de la Res. Ex. N° 1/Rol D-095-2016, el presente anexo evalúa los potenciales efectos ambientales que la ausencia de información relevante en los informes de seguimiento ambiental pudo haber provocado sobre los sistemas monitoreados.

## **2. INTRODUCCIÓN**

Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi S.C.M., en adelante Collahuasi, explota los yacimientos de Rosario y Ujina en el Altiplano de la región de Tarapacá, produciendo concentrado y cátodos de cobre y concentrado de molibdeno, para lo cual utiliza diversas instalaciones ubicadas en los sectores denominados Cordillera, Ductos y Puerto Collahuasi.

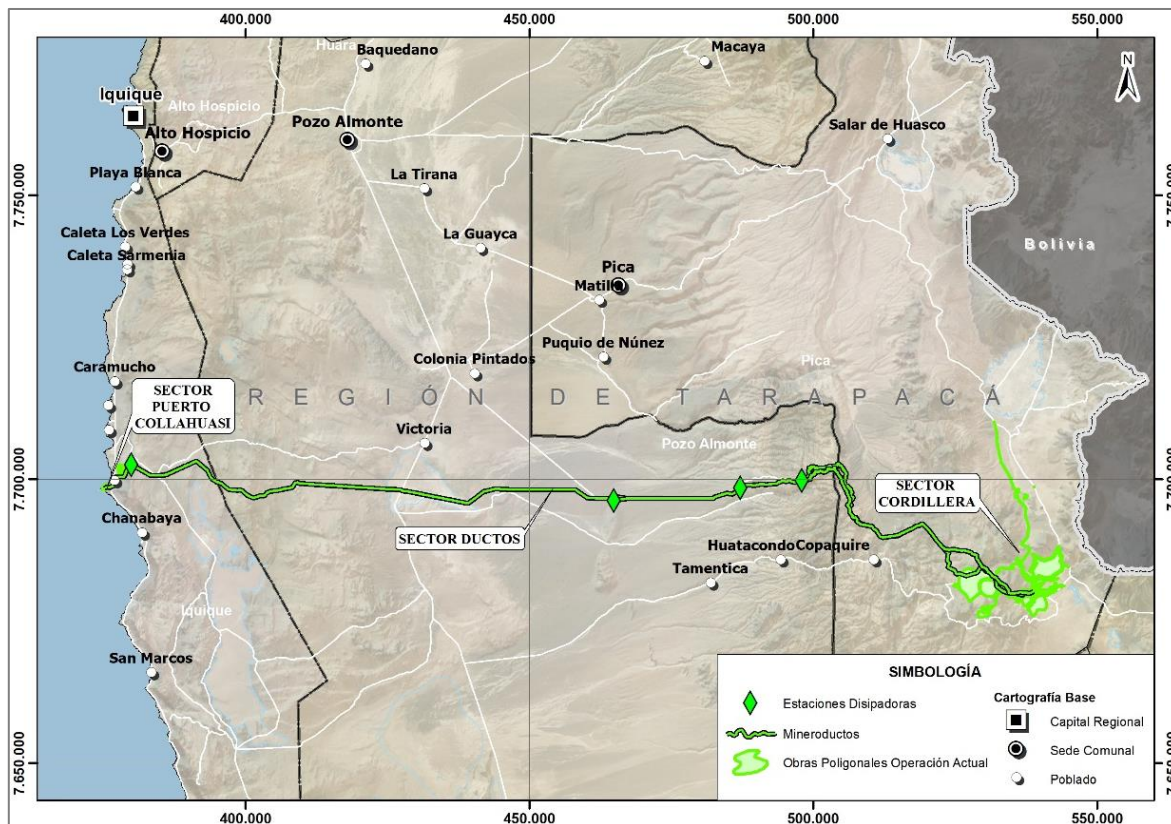
En la Figura 2-1 se presenta un diagrama con el resumen de las operaciones asociadas a la extracción y disposición de mineral y a la línea de producción de cátodos de cobre y línea de producción de concentrado de cobre y molibdeno, mientras que en la Figura 2-2 se muestra un mapa con la ubicación de los sectores mencionados anteriormente.

Figura 2-1: Diagrama general de la operación actual de Collahuasi.



Fuente: Arcadis, 2018.

Figura 2-2: Mapa de ubicación general de la operación actual de Collahuasi.



Fuente: Arcadis, 2018.

Los recursos hídricos que utiliza Collahuasi para su operación provienen mayoritariamente de fuentes subterráneas ubicadas en las cuencas de Coposa y Michincha, y en menor medida desde los sistemas de desaguado de los rajes Rosario y Ujina. El agua obtenida desde estas fuentes es utilizada en las diversas operaciones de Collahuasi.

Las instalaciones más relevantes de Collahuasi organizadas según los procesos de extracción y producción de mineral y que tienen el potencial de afectar la cantidad y/o calidad de los recursos hídricos superficiales y/o subterráneos de las zonas en las que se ubican son:

- Extracción y disposición de mineral
  - Rajo Rosario
  - Rajo Ujina
  - Depósito de estériles y de acopio de mineral de baja ley
- Producción de cátodos de cobre
  - Pilas de lixiviación PAD 1 y PAD 2
- Producción de concentrado de cobre y molibdeno
  - Depósito de relaves
  - Mineroducto
  - Piscinas de evaporación
- Campos de pozos de bombeo cuencas de Coposa y Michincha

Para verificar la evolución las variables ambientales declaradas tanto en los Estudios como en las Declaraciones de Impacto Ambiental que autorizan la ejecución del proyecto minero Collahuasi, se presentan los resultados de los diversos informes de monitoreo que dan cuenta del estado actual de los sistemas y componentes objeto de seguimiento

En este contexto, el cargo N°13a de la Formulación de Cargos, imputa la ausencia de información relevante en los informes de Seguimiento Ambiental presentados al Sistema de Seguimiento Ambiental, manifestada particularmente en la no consideración de 77 puntos de monitoreo de cantidad y calidad de agua superficial y subterránea asociados al proyecto en el Informe de Calidad de Agua Segundo Semestre año 2015, los cuales se individualizan en el Anexo 15 del Informe de Fiscalización DFZ-2016-832-I-RCA-IA.

### **3. ANÁLISIS DE EFECTOS COMO CONSECUENCIA DEL HECHO INFRACCIONAL**

En este anexo se analizan los posibles efectos ambientales originados producto de la infracción asociada al cargo 13a de la Formulación de Cargos contenida en la Res. Ex. N° 1/Rol D-095-2016, el que fue calificado como gravísimo y está expresado de la siguiente manera:

#### Hechos constitutivos de infracción

*"Ausencia de información relevante en los informes de Seguimiento Ambiental presentados al Sistema de Seguimiento Ambiental, manifestada particularmente en:*

*a) El Informe de Calidad de Agua Segundo Semestre año 2015, no considera 77 puntos de monitoreo asociados al proyecto, los cuales se individualizan en el Anexo 15 del informe DFZ-2016-832-I-RCA-IA."*

#### Normas que se estiman infringidas

*"Resolución Exenta N°844/2012 de la Superintendencia de Medio Ambiente que dicta e instruye normas de carácter general sobre la remisión de los antecedentes respecto de las condiciones, compromisos y medidas establecidas en las Resoluciones de Calificación Ambiental.*

#### *Artículo primero:*

*"Destinatarios. Los titulares de Resoluciones de Calificación Ambiental que aceptaron las respectivas Declaraciones de Impacto Ambiental o aprobaron los respectivos Estudios de Impacto Ambiental, sujetos a un plan de seguimiento o monitoreo de las variables ambientales en base a las cuales fueron establecidas las normas, condiciones, compromisos o medidas, ya sea por medio de monitoreos, mediciones, reportes, análisis, informes de emisiones, estudios, auditorías, cumplimiento de metas o plazos, y en general cualquier otra información destinada al seguimiento ambiental del proyecto o actividad, deberán someter su actuar estrictamente a lo establecido en la presente instrucción. (...)"*

En particular, el cargo 13a señala que existirían 77 puntos de monitoreo que no fueron informados por el titular en el Informe de Calidad de Agua Segundo Semestre año 2015.

La Tabla 3-1 corresponde a una transcripción de los puntos indicados en las tablas 8 y 9 de la Formulación de Cargos.

Tabla 3-1: Listado de puntos comprometidos ambientalmente que no están siendo medidos según lo indicado en el cargo N°13a.

Tipo de parámetro	Coposa	Michincha	Depósito de relaves	Pilas de lixiviación	Pit Ujina	Rosario	Patache
Nivel freático	CWE-16 CMW-01 CMW-02 CMW-07 CMW-08 CMW-09 CMW-10 CMW-11 CMW-12 CMW-14 CMW-15 CMW-16 CMW-17B CMW-18 CMW-19 CMW-20 CMW-23 CMW-24 CMW-25 CMW-26 CMW-27	M-04 M-27 MMA-05 MMA-06 MMA-07 MMA-08 MMA-09 MMA-10 MMA-11 MMA-12 MMA-13 MMA-14					
Caudal superficial		MSW-02				QSD-1	
Calidad de agua subterránea		MMA-04 MMA-05 MMA-06 MMA-07 MMA-08 MMA-09 MMA-10 MMA-11 MMA-12 MMA-13 MMA-14	MA-02B MPZ-08A MAU-04 MAU-05 MAU-06	PLIX-01 PLIX-03 PLIX-05 PLIX-06 PLIX-07 PLIX-08 PLIX-10 PLIX-11 PLIX-12 PLIX-13 PLIX-14	MAU-01	CUW-1	SH-01 SH-2A-B SH-11B SH-21B PEV-1 HE-149
Calidad de agua superficial		MSW-1A			PD-003		

Fuente: Arcadis, 2018.

#### 4. MARCO TEÓRICO Y ENFOQUE METODOLÓGICO

Para establecer el eventual efecto sobre el medio ambiente de la ausencia de los resultados de monitoreos en el Informe de Calidad de Agua Segundo Semestre año 2015, primeramente se indicará el origen y objetivo de cada una de las exigencias de monitoreo por sector.



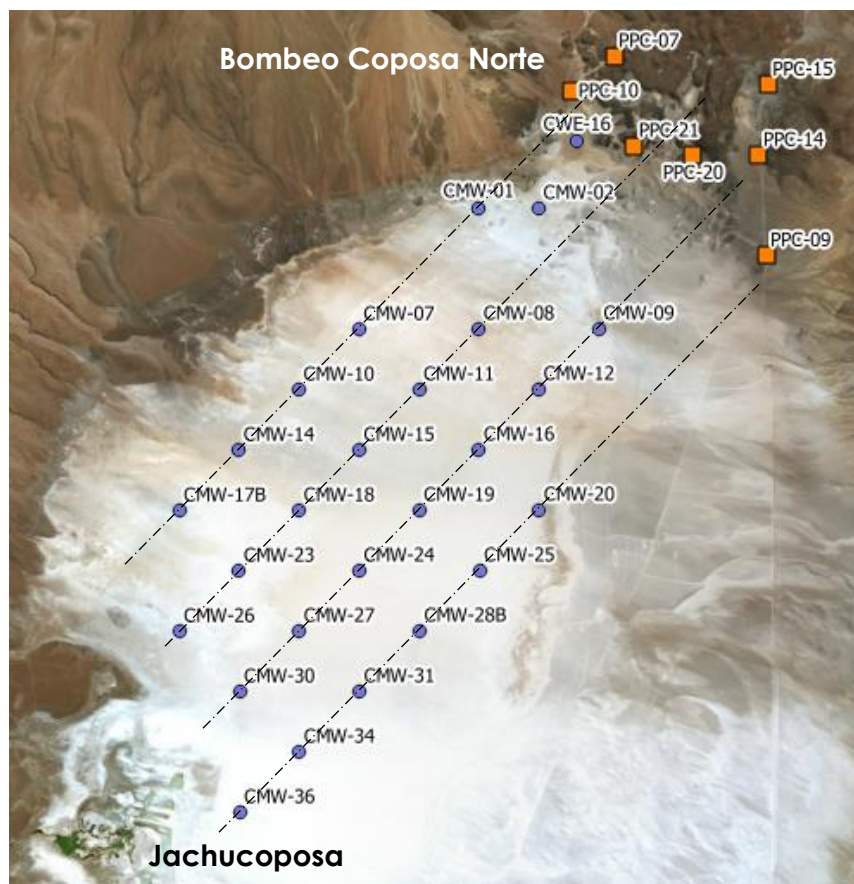
Cabe señalar que en el desarrollo de este capítulo se hará referencia a compromisos establecidos en el EIA del Proyecto Minero Collahuasi, los cuales se encuentran identificados en el EIA Expansión 110 ktpd, toda vez que este último EIA muestra los nombres reales de los puntos de monitoreo establecidos en el primer EIA y construidos una vez otorgada la RCA 713/1995.

#### **a) Coposa**

Los 21 pozos de Coposa indicados en la Tabla 3-1 dan cumplimiento al compromiso establecido en la DIA Traslado Puntos de Captación de Aguas Subterráneas en Cuenca Coposa, aprobada según RCA. N°144/2006, que señalaba que el titular debe monitorear el nivel somero de la napa en 3 transectos ubicados en el salar de Coposa entre el sector de Jachucoposa y el sector hacia donde se trasladarían los pozos de producción de Coposa, es decir, Coposa Norte. Este compromiso se enmarca dentro del Plan de Seguimiento Vegetacional y tiene como objetivo determinar si existe descenso en el nivel freático superior o somero y si éste afecta a las lagunas ubicadas en el sector de Jachucoposa.

En función de la ubicación definitiva del campo de pozos de producción de Coposa Norte, Collahuasi construyó un total de 4 transectos, los que en total contienen 26 punteras, en las ubicaciones presentadas en la Figura 4-1.

Figura 4-1: Ubicación de los transectos comprometidos según Res. Ex. N°144/2006 en el salar de Coposa.



Fuente: Arcadis, 2018.

## b) Michincha

Los puntos de monitoreo MSW-1A y MSW-2 (ver ubicación en Figura 4-2) corresponden a la implementación de dos de los compromisos establecidos en el Programa de Monitoreo Ambiental del EIA del Proyecto Minero Collahuasi, aprobado según RCA N°713/1995, en relación al monitoreo de calidad de agua superficial en la laguna Michincha (estación ML-CAS en Tabla 7.1 de este EIA) para el caso del punto MSW-1A, y en relación al monitoreo de escurrimientos superficiales en la vertiente Michincha (estación MS-ES en Tabla 7.1 de este EIA) para el caso del punto MSW-2.

Los objetivos de este Programa de Monitoreo Ambiental, de acuerdo con lo declarado en el EIA Proyecto Minero Collahuasi, son:



- Determinar el efecto que se puede estar generando por el desarrollo de las distintas actividades del proyecto, a través de mediciones en las componentes ambientales susceptibles de ser impactadas
- Verificar el cumplimiento de las normativas ambientales aplicables
- Verificar la efectividad de las medidas de mitigación propuestas
- Detectar de manera temprana cualquier impacto no previsto o no deseado, de modo que sea posible controlarlo tomando medidas o acciones apropiadas, como las presentadas en el Capítulo 6 (Estrategia de Manejo Ambiental)

Los 11 pozos MMA ubicados en el entorno de la vertiente y salar de Michincha indicados en la Tabla 3-1, dan cumplimiento al compromiso establecido en el EIA Expansión 110 ktpd, aprobado según RCA. N°167/2001, cuyo Plan de Seguimiento de Variables Ambientales propuso monitorear la profundidad y parámetros fisicoquímicos de importancia limnológica del cuerpo de agua ubicado aguas abajo de la vertiente Michincha. Este compromiso fue implementado mediante la construcción de 14 piezómetros someros cuya ubicación se muestra en la Figura 4-2.

Por su parte, el monitoreo de nivel y calidad de agua subterránea en los pozos M-04 y M-27 fue comprometido en el EIA del Proyecto Minero Collahuasi, aprobado según RCA N° 713/1995. Estos pozos forman parte de la red de monitoreo de las zonas denominadas "Mina Ujina" en el caso del pozo M-04, y "Cuenca Salar de Michincha" en el caso del pozo M-27, según queda en evidencia en la sección 8.2.2.2 y en la Figura 8-1 del EIA Expansión 110 ktpd, que muestra el plan de seguimiento ambiental vigente a la fecha de presentación de aquel EIA. La ubicación de estos pozos se muestra en la Figura 4-3.

Los objetivos del Plan de Seguimiento Ambiental del EIA Expansión 110 ktpd son los mismos declarados en el Programa de Monitoreo Ambiental presentado en el EIA Proyecto Minero Collahuasi.

Figura 4-2: Ubicación de los puntos de monitoreo comprometidos según Res. Ex. N°713/2199 y Res. Ex. N°167/2001 en el salar de Michincha.



Fuente: Arcadis, 2018.

Figura 4-3: Ubicación de los puntos de monitoreo M-04 y M-27 comprometidos según Res. Ex. N°713/2199 en la cuenca de Michincha.



Fuente: Arcadis, 2018.

### c) Depósito de relaves

El Programa de Monitoreo Ambiental del EIA Proyecto Minero Collahuasi (RCA N°713/1995) contempló un conjunto de pozos para monitorear el entorno del depósito de relaves. Los pozos MA-02B, MAU-4, MAU-5 y MAU-6 indicados en la Tabla 3-1 forman parte del set de pozos comprometidos en este proyecto, según lo indicado en la sección 8.2.2.2 y Figura 8-1 del EIA Expansión 110 ktpd.

Respecto del pozo MPZ-08A, éste fue incorporado a la red de monitoreo en la DIA Continuidad Relaves Convencionales, Depósito Pampa Pabellón, aprobada según

RCA N°106/2014. Cabe mencionar que en la Tabla 9 de la Adenda 2 de esta DIA se presenta la red de monitoreo comprometida, en el que se indica que el pozo MPZ-08A será cubierto por el crecimiento del depósito de relaves en 2015 y por lo tanto, se propone la construcción de un nuevo pozo denominado Pozo 4, ubicado unos 500 m al norte del pozo MPZ-08A, con el propósito de dar continuidad al monitoreo. Este nuevo pozo ya se encuentra construido y se ha denominado MPZ-08A2.

El propósito del Plan de Monitoreo presentado en la DIA "Continuidad Relaves Convencionales, Depósito Pampa Pabellón", es actualizar el monitoreo vigente de manera de llevar un mejor control de la evolución de la calidad del agua subterránea del entorno del depósito de relaves.

La Figura 4-4 muestra toda la red de monitoreo asociada al depósito de relaves, tanto en la Res. Ex. 713/2199 como en la Res. Ex. 106/2014.



Figura 4-4: Ubicación de los puntos de monitoreo comprometidos según Res. Ex. N°713/2199 y Res. Ex. N°106/2014 en torno al depósito de relaves. Puntos cuadrados corresponden a pozos de bombeo que también son parte de la red de monitoreo comprometida.



Fuente: Arcadis, 2018.

#### d) Pilas de lixiviación

Los pozos de la serie PLIX indicados en la Tabla 3-1, y cuya ubicación se muestra en la Figura 4-5, fueron comprometidos en la DIA "Aumento Capacidad PAD 1", aprobada ambientalmente mediante RCA N°61/2015.

Estos pozos fueron construidos e incorporados a la red de monitoreo de este proyecto con el propósito de realizar un seguimiento de la presencia o ausencia de zonas de acumulación de agua en la zona no saturada del subsuelo en torno a las pilas de lixiviación.

Junto con lo anterior, el plan de monitoreo de la RCA N° 61/2015 contempla la realización anual de una campaña geofísica, utilizando la metodología de tomografía eléctrica con el fin de establecer la evolución de los cuerpos

subsuperficiales de agua, cubriendo al menos la misma zona de análisis que se presentó en este documento.

Figura 4-5: Ubicación de los puntos de monitoreo de la serie PLIX comprometidos según Res. Ex. N°61/2015 en torno a las pilas de lixiviación.



Fuente: Arcadis, 2018.

### e) Pit Ujina

En el Programa de Monitoreo Ambiental del EIA Proyecto Minero Collahuasi, se propuso monitorear la calidad del agua que aflora en el fondo del rajo Ujina a través de la estación DR-CAP. Este compromiso fue implementado a través del punto de monitoreo PD-003.

Adicionalmente, como parte del mismo Programa de Monitoreo Ambiental, y de acuerdo con lo señalado en la sección 8.2.2.2 y Figura 8-1 del EIA Expansión 110 ktpd, el pozo MAU-1 es utilizado para controlar la calidad del agua subterránea a los pies del botadero de Ujina con el propósito de verificar la existencia de drenajes ácidos provenientes desde este botadero.

La ubicación de ambos puntos se muestra en la Figura 4-6.



Figura 4-6: Ubicación de los puntos de monitoreo PD-3 y MAU-01 comprometidos según Res. Ex. N°713/2199 en torno al rajo Ujina.



Fuente: Arcadis, 2018.

#### **f) Rosario**

De manera análoga al rajo Ujina, en el Programa de Monitoreo Ambiental del EIA Proyecto Minero Collahuasi, se propuso monitorear la calidad del agua que aflora en el fondo del rajo Rosario a través de la estación DR-CAP. Este compromiso fue implementado a través del punto de monitoreo CUW-1, sin embargo producto del avance del rajo, este pozo ha quedado inutilizado y ha sido reemplazado por el punto PDR-82.

El punto de monitoreo HE-149 ha sido comprometido como punto de monitoreo de calidad de agua subterránea en la DIA Explotación Rajo Huinquentipa Este, aprobado ambientalmente según RCA N°116/2005. El propósito de este monitoreo era establecer las características fisicoquímicas de las aguas subterráneas alumbradas durante el proceso de explotación del rajo Huinquentipa Este.

En la actualidad este proyecto ha finalizado su etapa de operación y el rajo asociado se encuentra totalmente cubierto por el botadero de estériles de Rosario, por lo que el monitoreo de agua subterránea en esta zona ha cesado.

El punto QSD-1 corresponde a un punto de monitoreo ubicado en la quebrada San Daniel, a los pies del botadero de Rosario. Según el Considerando 6.3 de la RCA N°167/2001, para el área Mina-Planta se comprometió el monitoreo de caudal en la quebrada Huinquintipa y calidad del agua superficial aguas abajo del botadero de mineral de baja ley de Rosario; sin embargo, en el mismo Considerando, se indica que el punto de medición de calidad del agua será trasladado a la quebrada de Huinquintipa, esto es, al punto QDH-2. De esta forma en el mencionado punto de monitoreo se mide tanto caudal como calidad del agua superficial y su seguimiento se relaciona con el control de los drenajes ácidos asociados al botadero de estériles de Rosario.

En la Figura 4-7 se muestra la ubicación de los puntos del sector de Rosario indicados en la Tabla 3-1.

Figura 4-7: Ubicación de los puntos de monitoreo en el sector de Rosario indicados en la Tabla 3-1.



Fuente: Arcadis, 2018.

#### **g) Patache**

En el sector Puerto Collahuasi, alrededor de las piscinas de evaporación, existen una serie de pozos de monitoreo de la calidad del agua subterránea, entre los que se encuentran los pozos SH-01, SH-02A, SH-02B, SH-11B y SH-21B indicados en la Tabla 3-1.

Dado que las instalaciones de Collahuasi en el sector Puerto han existido desde el inicio del proyecto, el monitoreo alrededor de las piscinas de evaporación ha sido comprometido en diversos proyectos sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, entre ellos el EIA Proyecto Minero Collahuasi, EIA Expansión 110 ktpd y DIA Optimización a 170 ktpd, este último aprobado ambientalmente según Res. Ex. N°9/2010.

En el EIA Expansión 110 ktpd, el punto PEV-1 fue declarado como punto de monitoreo para calidad de agua subterránea en la zona de las piscinas de evaporación ubicadas en el sector Puerto Collahuasi; sin embargo durante la tramitación de este EIA, en particular en la Figura 2 de la Adenda 2, se modificó el Plan de Seguimiento, eliminándose este punto y reemplazándose por otros pozos de la serie SH, los que se encuentran actualmente vigentes.

El monitoreo de calidad de agua subterránea alrededor de las piscinas de evaporación tiene como finalidad detectar fugas desde estas obras de manera de poder tomar las acciones necesarias para corregir este tipo de fallas.

Figura 4-8: Ubicación de los puntos de monitoreo de la serie SH indicados en la Tabla 3-1.



Fuente: Arcadis, 2018.

## h) Resumen

A modo de resumen, de la Tabla 4-1 a la Tabla 4-7 se muestran los pozos de monitoreo comprometidos ambientalmente que han sido objeto del cargo N°13a, con la correspondiente RCA o acto administrativo que exige su monitoreo, el estado en que se encuentran y el punto de monitoreo de reemplazo que existe o la acción que se propone realizar para restablecer el compromiso.

En el caso de Coposa (Tabla 4-1), 20 de los 21 puntos de monitoreo indicados en el Cargo N°13a se encuentran vigentes, mientras 1 de ellos (CMW-16) se encuentra seco, por lo que se requiere construir un nuevo pozo para continuar con el monitoreo.

Tabla 4-1: Puntos comprometidos ambientalmente indicados en el cargo N°13a correspondientes al sector Coposa.

Tipo de parámetro	Punto	RCA	Estado	Reemplazo/Acción
Nivel freático	CWE-16	144/2006	Vigente	No
	CMW-01	144/2006	Vigente	No
	CMW-02	144/2006	Vigente	No
	CMW-07	144/2006	Vigente	No
	CMW-08	144/2006	Vigente	No
	CMW-09	144/2006	Vigente	No
	CMW-10	144/2006	Vigente	No
	CMW-11	144/2006	Vigente	No
	CMW-12	144/2006	Vigente	No
	CMW-14	144/2006	Vigente	No
	CMW-15	144/2006	Vigente	No
	CMW-16	144/2006	Fondo seco	Reperforar
	CMW-17B	144/2006	Vigente	No
	CMW-18	144/2006	Vigente	No
	CMW-19	144/2006	Vigente	No
	CMW-20	144/2006	Vigente	No
	CMW-23	144/2006	Vigente	No
	CMW-24	144/2006	Vigente	No
	CMW-25	144/2006	Vigente	No
	CMW-26	144/2006	Vigente	No
	CMW-27	144/2006	Vigente	No

Fuente: Arcadis, 2018.

En el sector de Michincha (Tabla 4-2), el pozo M-04 se encuentra obstruido y ha sido reemplazado por el pozo M-04C ubicado en la misma plataforma de perforación del pozo M-04. En las punteras MMA-10, MMA-11, MMA-12, MMA-13 y MMA-14 no es posible realizar el seguimiento debido a que se encuentran cubiertas con arena o secas, por lo que se deberán realizar trabajos de reperforación o limpieza para rehabilitar estos puntos.



Tabla 4-2: Puntos comprometidos ambientalmente indicados en el cargo N°13a correspondientes al sector Michincha.

Tipo de parámetro	Punto	RCA	Estado	Reemplazo/Acción
Nivel freático	M-04	713/2199	Obstruido	M-04C
	M-27	713/2199	Vigente	No
	MMA-05	167/2001	Vigente	No
	MMA-06	167/2001	Vigente	No
	MMA-07	167/2001	Vigente	No
	MMA-08	167/2001	Vigente	No
	MMA-09	167/2001	Vigente	No
	MMA-10	167/2001	Fondo seco	Reperforar
	MMA-11	167/2001	Fondo seco	Reperforar
	MMA-12	167/2001	Embancado	Limpiar
	MMA-13	167/2001	Fondo seco	Reperforar
	MMA-14	167/2001	Fondo seco	Reperforar
Caudal superficial	MSW-02	713/2199	Vigente	No
Calidad de agua subterránea	MMA-04	167/2001	Vigente	No
	MMA-05	167/2001	Vigente	No
	MMA-06	167/2001	Vigente	No
	MMA-07	167/2001	Vigente	No
	MMA-08	167/2001	Vigente	No
	MMA-09	167/2001	Vigente	No
	MMA-10	167/2001	Fondo seco	Reperforar
	MMA-11	167/2001	Fondo seco	Reperforar
	MMA-12	167/2001	Embancado	Limpiar
	MMA-13	167/2001	Fondo seco	Reperforar
	MMA-14	167/2001	Fondo seco	Reperforar
Calidad de agua superficial	MSW-1A	167/2001	Vigente	No

Fuente: Arcadis, 2018.

En el sector del depósito de relaves, ninguno de los pozos indicados en el cargo N°13a presenta monitoreo actualmente, debido a problemas de obstrucción, interferencia con obras aledañas o porque se encuentran secos. Para subsanar esta situación, existen los pozos de reemplazo señalados en la Tabla 4-3 que cumplen con el objetivo de los puntos originales.

Tabla 4-3: Puntos comprometidos ambientalmente indicados en el cargo N°13a correspondientes al sector Depósito de Relaves.

Tipo de parámetro	Punto	RCA	Estado	Reemplazo/Acción
Calidad de agua subterránea	MA-02B	167/2001	Obstruido	MA-02C
	MPZ-08A	167/2001	Cubierto por relave	MPZ-08A2
	MAU-04	167/2001	Obstruido	MAU-03
	MAU-05	167/2001	Obstruido	MAU-05B
	MAU-06	167/2001	Fondo seco	MAU-11B

Fuente: Arcadis, 2018.

En el sector de pilas de lixiviación (Tabla 4-4), todos los puntos indicados en el cargo N°13a se encuentran vigentes.

Tabla 4-4: Puntos comprometidos ambientalmente indicados en el cargo N°13a correspondientes al sector Pilas de Lixiviación.

Tipo de parámetro	Punto	RCA	Estado	Reemplazo/Acción
Calidad de agua subterránea	PLIX-01	61/2015	Vigente	No
	PLIX-03	61/2015	Vigente	No
	PLIX-05	61/2015	Vigente	No
	PLIX-06	61/2015	Vigente	No
	PLIX-07	61/2015	Vigente	No
	PLIX-08	61/2015	Vigente	No
	PLIX-10	61/2015	Vigente	No
	PLIX-11	61/2015	Vigente	No
	PLIX-12	61/2015	Vigente	No
	PLIX-13	61/2015	Vigente	No
	PLIX-14	61/2015	Vigente	No

Fuente: Arcadis, 2018.

En el sector pit Ujina (Tabla 4-5), el pozo MAU-01 ha sido reemplazado por el pozo MAU-01B, por lo que el monitoreo continuará en este punto.

Tabla 4-5: Puntos comprometidos ambientalmente indicados en el cargo N°13a correspondientes al sector Pit Ujina.

Tipo de parámetro	Punto	RCA	Estado	Reemplazo/Acción
Calidad de agua subterránea	MAU-01	713/2199	Tapado por depósito de estériles Ujina	MAU-01B
Calidad de agua superficial	PD-003	713/2199	Vigente	No

Fuente: Arcadis, 2018.

En el sector Rosario (Tabla 4-6), se iniciará el registro de caudal en el punto QSD-1, mientras que el pozo CUW-1 no se encuentra vigente pues ha sido alcanzado por el crecimiento del rajo Rosario y actualmente este compromiso de monitoreo se realiza en el pozo PDR-82.

Tabla 4-6: Puntos comprometidos ambientalmente indicados en el cargo N°13a correspondientes al sector Rosario.

Tipo de parámetro	Punto	RCA	Estado	Reemplazo/Acción
Caudal superficial	QSD-1	167/2001	No vigente	Iniciar monitoreo
Calidad de agua superficial	CUW-1	713/2199	No vigente	PDR-82

Fuente: Arcadis, 2018.

En el sector Patache (Tabla 4-7), el pozo SH-01 se encuentra obstruido y el monitoreo continua en el punto SH-01B, mientras que el pozo SH-11B se encuentra seco, por lo que es necesario reperforar un nuevo punto para continuar con el seguimiento.



Respecto del punto PEV-1, éste fue comprometido en el EIA Expansión 110 ktpd, sin embargo durante el proceso de tramitación de este EIA, en particular en la Adenda 2, se redefinió la red de monitoreo originándose la serie de pozos SH actualmente vigente.

Por último, el punto HE-149, se encuentra tapado por el avance del botadero de estériles de Rosario, por lo que el monitoreo de la calidad del agua subterránea en esta zona continuará en el punto MAH-01.

Tabla 4-7: Puntos comprometidos ambientalmente indicados en el cargo N°13a correspondientes al sector Patache.

Tipo de parámetro	Punto	RCA	Estado	Reemplazo/Acción
Calidad de agua subterránea	SH-01	167/2001	Obstruido	SH-01B
	SH-2A-B	167/2001	Vigente	No
	SH-11B	9/2010	Fondo seco	Reperforar
	SH-21B	9/2010	Vigente	No
	PEV-1	167/2001	N/A	N/A
	HE-149	116/2005	Tapado botadero	MAH-01

Nota: El monitoreo en el punto PEV-1, señalado en el Capítulo 8 Plan de Seguimiento de Variables Ambientales del EIA Expansión 110 ktpd, fue reemplazado en la Adenda 2 de este EIA por pozos de la serie SH. Fuente: Arcadis, 2018.

La justificación de los puntos de reemplazo indicados en las tablas precedentes se detalla en el Capítulo 5 a continuación.

## 5. DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS AMBIENTALES

A continuación, se describen y analizan los posibles efectos ambientales que pudiera haber provocado la ausencia de información de monitoreo en los reportes de Planes de Seguimiento entregados a la SMA. Para este efecto, se tomará en consideración el objetivo que busca cumplir el monitoreo en cuestión y, eventualmente, los umbrales que pudieran estar asociados al monitoreo asociado.

Al igual que en el capítulo anterior, el análisis será presentado siguiendo la misma zonificación utilizada en la formulación del cargo 13a.

### a) Coposa

Como fue indicado en el capítulo anterior, el monitoreo de niveles someros en la zona del salar de Coposa entre la vertiente Jachucoposa y el sector de Coposa Norte tiene como objetivo determinar si existe un descenso en el nivel freático y si este descenso afecta el sistema lagunar del sector de Jachucoposa.

El análisis respecto de los efectos sobre los niveles freáticos someros en el salar de Coposa han sido abordados en el Cargo N°9.

Respecto de la laguna Jachucoposa, existen múltiples factores que pueden alterar en diferentes grados el comportamiento de su superficie, como el caudal directo y difuso de la vertiente Jachucoposa, las precipitaciones, la evaporación y los niveles de agua subterránea cercanos a ella.

A continuación, se presenta un análisis que vincula estas variables, para lo cual se ha tenido a la vista mediciones de superficie lacustre estacionales entre los años 2006 y 2016, niveles en punteras ubicadas en el entorno de la laguna Jachucoposa, registros del caudal natural de la vertiente Jachucoposa y mediciones de precipitación en la estación meteorológica Salar Coposa para el mismo periodo de las mediciones de superficie lacustre.

La Figura 5-1 muestra la ubicación de la laguna Jachucoposa, la estación meteorológica Salar Coposa, las punteras CMA-24 y CMA-25 y la vertiente Jachucoposa (CSW-02).

Metodológicamente, se realizó un análisis estadístico de la serie de tiempo de superficie lacustre de la laguna Jachucoposa, con el fin de identificar patrones de tendencia o diferentes comportamientos en el tiempo. Posteriormente, se realizó una comparación entre la superficie lacustre de la laguna Jachucoposa con niveles observados en el agua subterránea adyacente a la laguna, así como con la precipitación medida en la estación meteorológica cercana y el caudal de la vertiente Jachucoposa.

Las mediciones de superficie lacustre de la laguna Jachucoposa realizadas entre los años 2006 y 2016 se presentan en la Tabla 5-1 y en la Figura 5-2. Para efectos de graficar los datos, se asumió que la medición de otoño corresponde al mes de abril, la de invierno corresponde a julio, la de primavera corresponde a octubre y la de verano corresponde a enero.

Figura 5-1: Ubicación de laguna Jachucoposa, estación meteorológica Salar Coposa, punteras CMA-24 y CMA-25 y vertiente Jachucoposa (CSW-02)



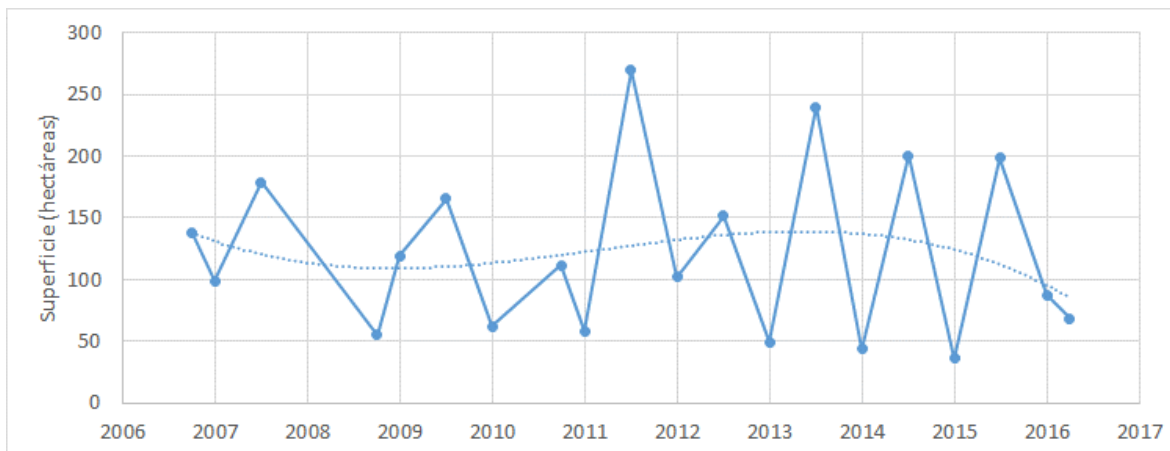
Fuente: Arcadis, 2018.

Tabla 5-1: Mediciones de superficie lacustre en Jachucoposa

Año	Estación	Superficie total (hectáreas)	
		Medición puntual	Estimación anual
2006	Primavera	137,59	137,59
2007	Verano	98,60	138,74
	Invierno	178,88	
2008	Primavera	55,18	55,18
2009	Verano	118,80	142,04
	Invierno	165,27	
2010	Verano	62,27	111,59
	Primavera	111,59	
2011	Verano	58,20	163,82
	Invierno	269,43	
2012	Verano	101,86	126,72
	Invierno	151,59	
2013	Verano	49,45	144,52
	Invierno	239,58	
2014	Verano	43,85	122,03
	Invierno	200,22	
2015	Verano	36,17	117,16
	Invierno	198,15	
2016	Verano	87,08	-
	Otoño	68,24	

Fuente: Arcadis, 2018.

Figura 5-2: Mediciones de la superficie lacustre de la laguna Jachucoposa. La línea punteada corresponde a la tendencia de largo plazo.

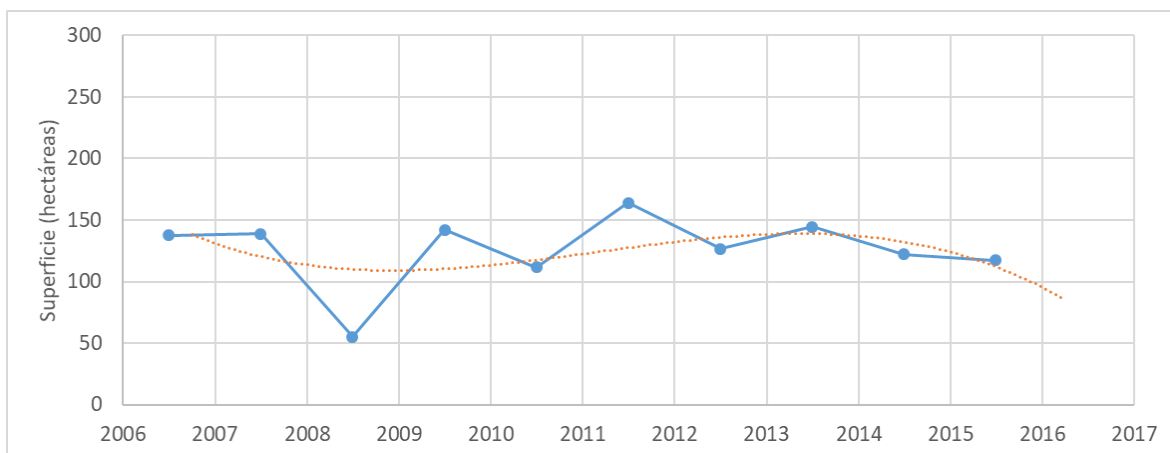


Fuente: Arcadis, 2018.

El mínimo valor registrado es de 36 hectáreas en el verano de 2015, mientras que el máximo se midió en invierno de 2011 y alcanzó 269 hectáreas. En general, se observa una estacionalidad en las mediciones, con máximos en invierno y mínimos en verano, de manera concordante con la estacionalidad de la evaporación.

Para eliminar esta estacionalidad del análisis, se consideró como valor representativo para un año en particular el promedio de la medición de invierno y de verano. En aquellos años en que se cuenta con medición de primavera, se utilizó este valor como el representativo del año. De esta forma se obtuvo los valores presentados en la última columna de Tabla 5-1 y graficados en Figura 5-3.

Figura 5-3: Superficie anual representativa de la superficie lacustre de Jachucoposa. La línea punteada corresponde a la tendencia de largo plazo.

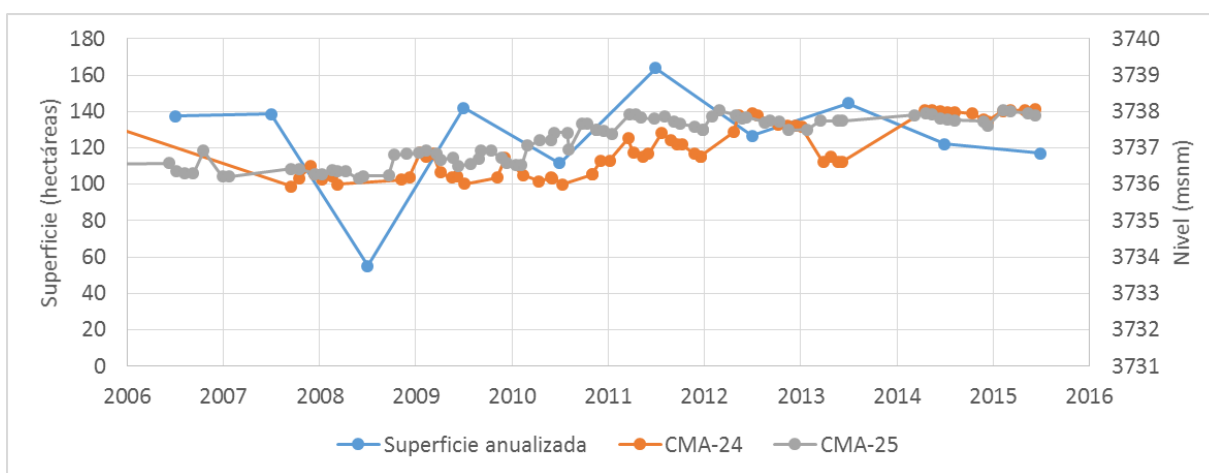


Fuente: Arcadis, 2018.

Para explicar el comportamiento de esta variable, se realizó un análisis de vinculación con niveles de agua subterránea, precipitación y caudal en la vertiente Jachucoposa.

La Figura 5-4 muestra la relación entre la superficie de la laguna Jachucoposa y los niveles de agua subterránea en 2 punteras ubicadas en el entorno de la laguna. En ella se observa una estrecha relación entre ambas variables, lo que da cuenta de la conexión hidráulica existente entre ambos cuerpos de agua.

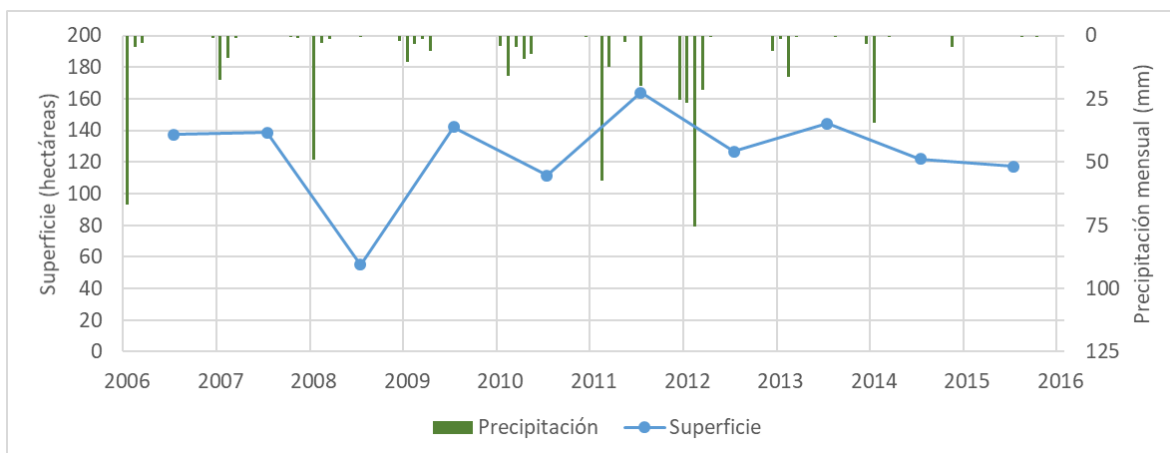
Figura 5-4: Relación entre la superficie lacustre de Jachucoposa anualizada y los niveles de agua subterránea en las punteras CMA-24 y CMA-25.



Fuente: Arcadis, 2018.

Sin embargo, se observan ciertos valores en la superficie lacustre que se alejan de la tendencia de los niveles del agua subterránea. Para evaluar estas desviaciones, en la Figura 5-5 se graficó la superficie lacustre con las precipitaciones mensuales en la estación Salar Coposa ubicada en el entorno de la laguna (ver Figura 5-1). En ella se puede observar la respuesta de la superficie lacustre luego de la temporada de precipitaciones estivales de 2011/2012 con un valor medio anual superior a la tendencia (siendo incluso el valor mayor registrado), mientras que el descenso observado a partir del año 2013 se corresponde con una disminución en la precipitación registrada en la zona.

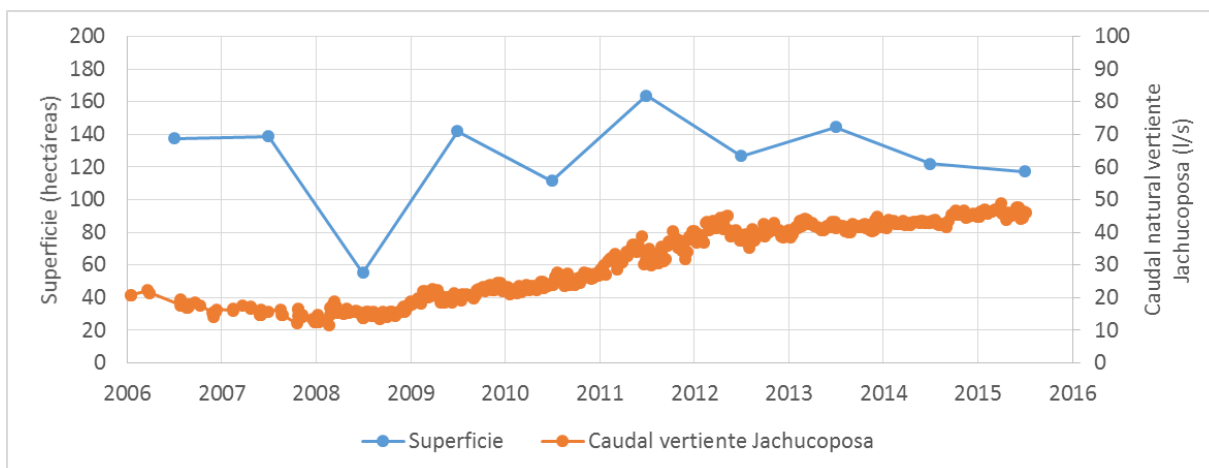
Figura 5-5: Relación entre la superficie lacustre de Jachucoposa anualizada y los registros mensuales de precipitación en la estación Salar Coposa.



Fuente: Arcadis, 2018.

Por último, resta por vincular la superficie lacustre con el caudal superficial natural de la vertiente Jachucoposa. Para ello se graficó ambas variables en la Figura 5-6, donde se observa que el caudal mínimo de la vertiente coincide con el valor estimado para la superficie lacustre al año 2008, y donde ambas variables presentan una recuperación decreciente desde entonces.

Figura 5-6: Relación entre la superficie lacustre de Jachucoposa anualizada y el caudal natural de la vertiente Jachucoposa.



Fuente: Arcadis, 2018.

Del análisis efectuado, es posible señalar que:

- La superficie de la laguna de Jachucoposa presenta oscilaciones que deben ser analizadas a diferentes escalas de tiempo
- A nivel estacional (corto plazo), la evaporación es la principal responsable de la variabilidad observada en la superficie de la laguna de Jachucoposa



- A nivel anual (mediano plazo), la precipitación es la principal responsable de la variabilidad observada en la superficie de la laguna de Jachucoposa
- A nivel multi-anual (largo plazo), existen varias variables que pueden controlar el comportamiento de la laguna. Entre ellas:
  - La persistencia de largos períodos de precipitación por sobre o bajo el promedio, variable que en los últimos años se ha presentado bajo el promedio
  - La variación en el caudal de la vertiente Jachucoposa, variable que durante los últimos años ha ido en aumento
  - La variación en el nivel del agua subterránea aledaño a la laguna, variable que en los últimos años ha ido en aumento

En definitiva, eliminando la variabilidad impuesta por la evaporación, es posible indicar que la superficie de la laguna de Jachucoposa se ha mantenido dentro de los valores históricamente observados, e incluso con una leve tendencia a la recuperación durante finales de la década pasada e inicios de la presente década, tendencia que se ha visto mermada durante los últimos años producto de precipitaciones por debajo de lo normal en el Altiplano.

#### **b) Michincha**

Los puntos de monitoreo a los que hace referencia el cargo N°13a se ubican en la zona de la vertiente Michincha y aguas abajo de ella, salvo los pozos M-4 y M-27 que se ubican entre esta zona y el depósito de relaves.

Los puntos de monitoreo MMA, al igual que el punto MSW-1A, corresponden a punteras que buscan registrar el nivel somero de la zona comprendida entre la vertiente Michincha y el salar del mismo nombre.

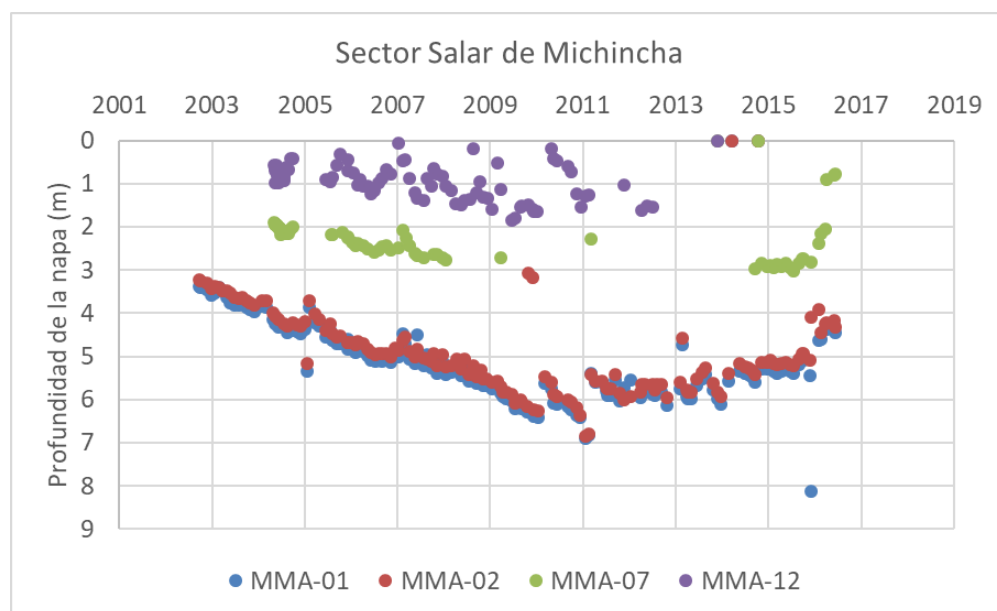
Debido a la disminución en el nivel freático de la zona, producto de la operación de pozos de bombeo de Compañía Minera Quebrada Blanca en primera instancia, y posteriormente de pozos de bombeo de Collahuasi, el nivel de agua en alguna de estas punteras ha disminuido por debajo de su habilitación, sin embargo otras han sido capaces de registrar de manera más continua el nivel somero de agua subterránea de la zona.

En efecto, en la Figura 5-7 se muestra la evolución de niveles registrados en las punteras MMA-01, MMA-02, MMA-07 y MMA-12, donde es posible observar una recuperación en los niveles durante los últimos años, gracias a las iniciativas de traslado de puntos de captación desde zonas aledañas al salar de Michincha hacia otras zonas más alejadas. En ella también puede apreciarse la falta de

registro en la puntera MMA-07 entre 2008 y 2014 debido a que el nivel freático estuvo por debajo del fondo de la habilitación de esta puntera (3 m), mientras que a fines de 2014 se volvió a registrar valores gracias al aumento del nivel de la napa.

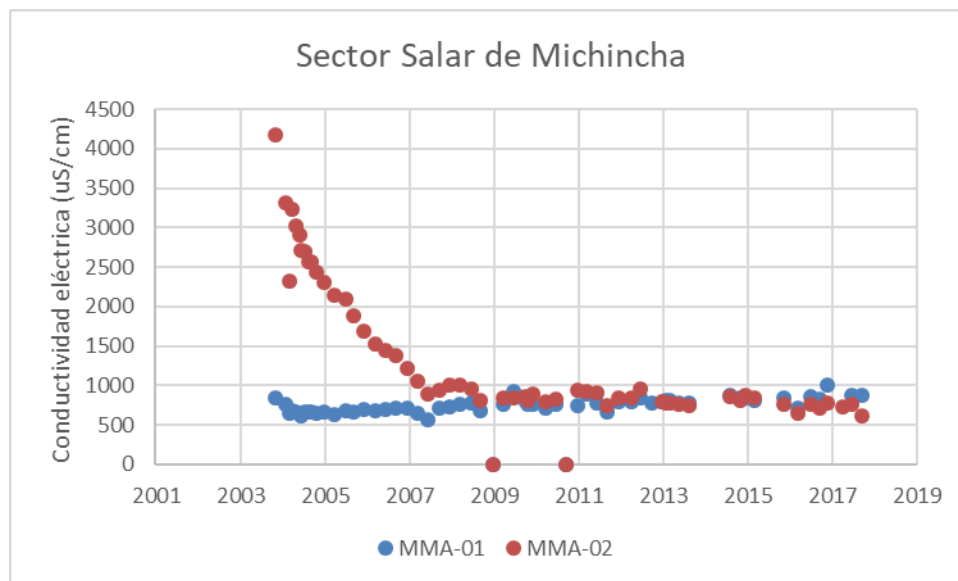
En cuanto a la falta de registros de calidad del agua, esto se explica por el mismo motivo anterior. Se agrega la dificultad dada por la necesidad de tener una columna de agua dentro de la puntera aún mayor que para medir nivel. Sin embargo, en algunas punteras como MMA-01 y MMA-02 se cuenta con monitoreos de calidad del agua más permanente como se observa en la Figura 5-8, que dan cuenta que la conductividad eléctrica se ha mantenido estable durante los últimos 10 años.

Figura 5-7: Evolución del nivel de la napa en punteras MMA seleccionadas



Fuente: Arcadis, 2018.

Figura 5-8: Evolución de la conductividad eléctrica en punteras MMA seleccionadas

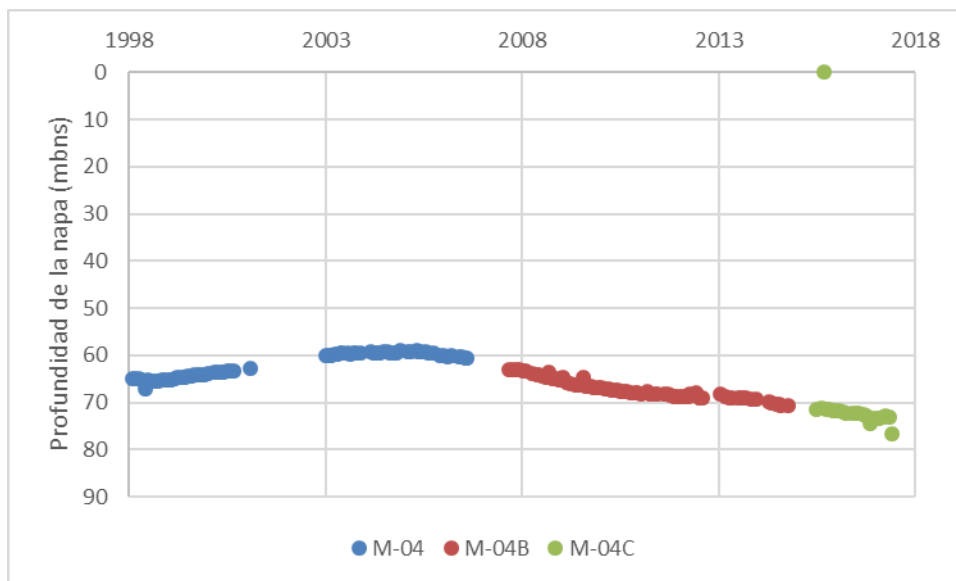


Fuente: Arcadis, 2018.

Respecto de los puntos M-4 y M-27, en la Figura 5-9 y Figura 5-10 se muestra la evolución del nivel de la napa en los pozos M-04/M-04B/M-04C y M-27, respectivamente, mientras que en la Figura 5-11 y Figura 5-12 se aprecia la evolución de conductividad eléctrica y pH, respectivamente para los mismos pozos.

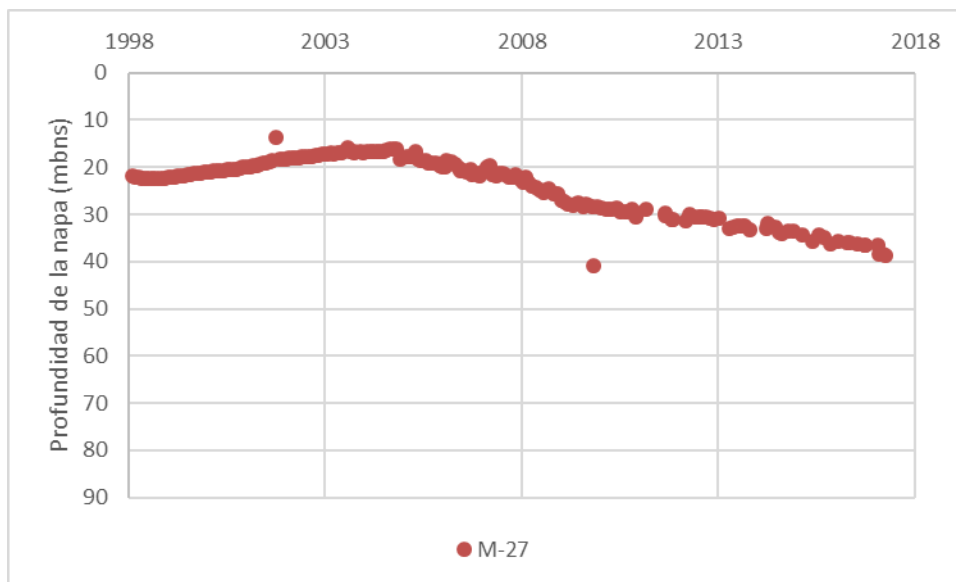
Se presentan los pozos M-04, M-04B y M-04C juntos pues los últimos 2 han debido ser contruidos a lo largo del tiempo en la medida que sus predecesores han ido presentando problemas por obstrucción o daño. En todo caso, estos 3 pozos han sido contruidos en la misma plataforma de perforación, lo que asegura la continuidad de los registros.

Figura 5-9: Evolución del nivel de la napa en los pozos M-04/B/C.



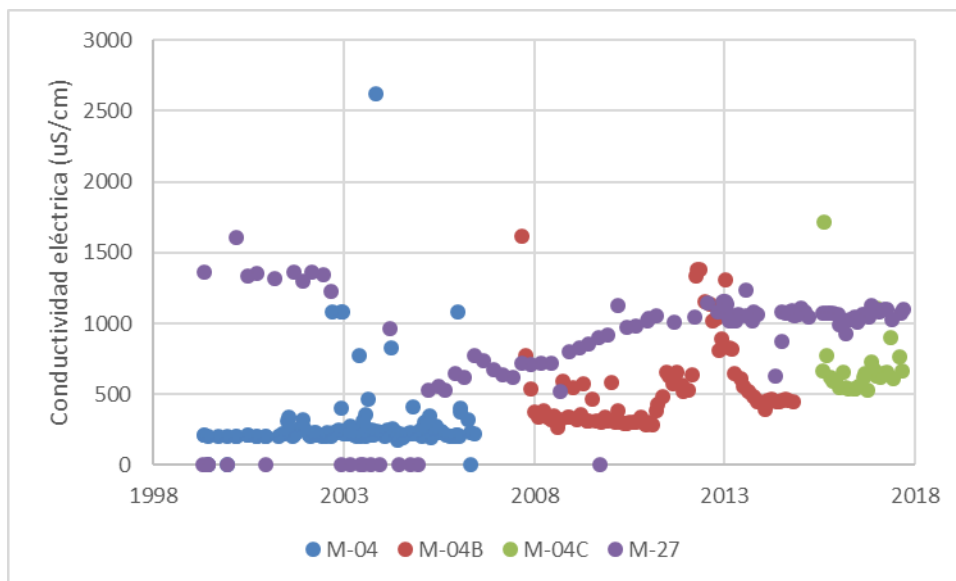
Fuente: Arcadis, 2018.

Figura 5-10: Evolución del nivel de la napa en el pozo M-27.



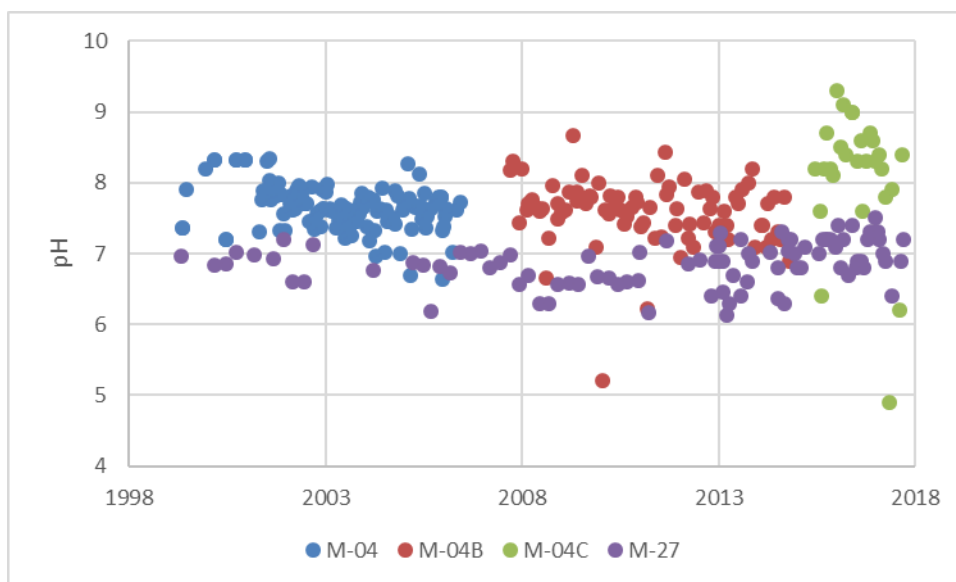
Fuente: Arcadis, 2018.

Figura 5-11: Evolución de la conductividad eléctrica en pozos M-04/B/C y M-27.



Fuente: Arcadis, 2018.

Figura 5-12: Evolución del pH en pozos M-04/B/C y M-27.



Fuente: Arcadis, 2018.

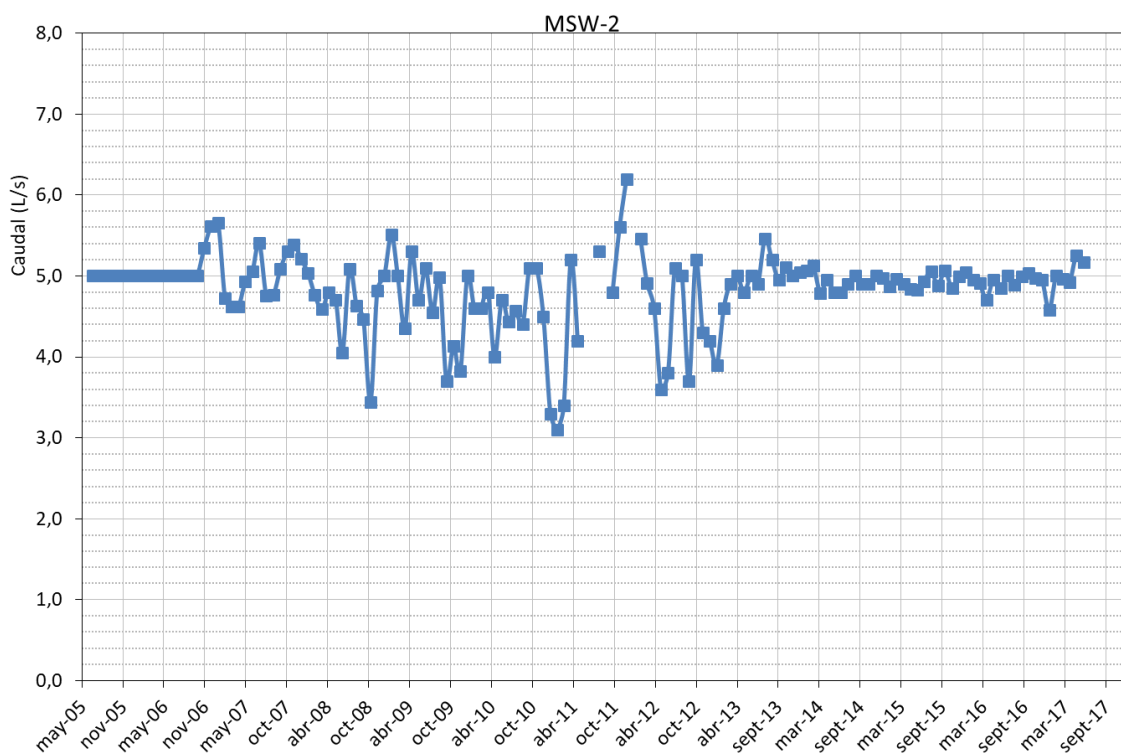
En las figuras de niveles se observa que ambos pozos muestran el mismo comportamiento, sólo que el pozo M-04 se encuentra a una profundidad mayor que el pozo M-27.

Respecto de la química, la conductividad eléctrica aumentó en el pozo M-27 producto de la disminución de niveles en la zona del salar de Michincha y el

consiguiente arrastre de sales producido por la operación del campo de pozos de bombeo de Michincha, mientras que el pH se ha mantenido estable.

En la Figura 5-13 se muestra el registro de caudal en el punto MSW-2, correspondiente al punto de afloramiento de la vertiente Michincha. En ella se puede apreciar que el caudal se ha mantenido en torno a los 5 L/s, que corresponde al valor de línea de base para esta vertiente.

Figura 5-13: Evolución del caudal en el punto MSW-2.



Fuente: Arcadis, 2018.

En definitiva, los niveles en la zona del salar de Michincha han tendido a la recuperación luego de los traslados de puntos de captación realizados con el fin de recuperar el afloramiento natural de la vertiente homónima, mientras que la calidad del agua en la zona, caracterizada mediante la conductividad eléctrica ha permanecido estable.

En dirección hacia el depósito de relaves, los niveles aumentaron hacia 2013 producto de la entrada en operación del depósito, para luego comenzar a disminuir por la operación de pozos de bombeo cercanos, mientras que la química del agua subterránea se ha mantenido estable en términos de pH y ha mostrado



aumentos en salinidad por el arrastre de aguas más concentradas provenientes del salar de Michincha.

Respecto del caudal de la vertiente Michincha, los valores se han mantenido en torno a 5 L/s según lo comprometido, por lo que la medida de mitigación comprometida ha funcionado satisfactoriamente.

### **c) Depósito de relaves**

En la Adenda 2 de la DIA Continuidad de Relaves Convencionales, Depósito Pampa Pabellón se establecieron valores umbrales en 7 pozos: M-04B, M-05, M-12, MA-01, MA-02B, MA-03A y MPZ-08A (ver ubicación en Figura 5-14). De ellos, fue necesario reemplazar los pozos M-04B y MA-02B debido a obstrucciones en sus habilitaciones, y el pozo MPZ-08A debido al crecimiento del depósito. Esta situación, en el caso de los pozos MA-02B y MPZ-08A, fue informada en la Tabla 9 de la Adenda 2 de la DIA en cuestión.

Los parámetros utilizados para el seguimiento de la calidad del agua y sobre los cuales se definió umbrales son: boro, litio, sulfato, cloruro, molibdeno y conductividad eléctrica. La definición de estos parámetros se justifica pues permiten verificar el buen funcionamiento de las medidas de control, que corresponden a:

- La impermeabilización de las laderas del cerro Pabellón del Inca en contacto con la laguna de aguas claras
- La operación de la torre de aguas de proceso desde la laguna de aguas claras
- La operación de una barrera hidráulica a través de los campos de pozos con derechos de aprovechamiento ubicados en el entorno del depósito
- El monitoreo hidroquímico en diferentes puntos en el entorno del depósito.
- Mejoras en la operación de la barrera hidráulica y cambio de puntos de captación de pozos, de ser necesario.
- Mantención de la red de monitoreo, asociadas al bombeo de la barrera hidráulica de pozos ubicados alrededor de esta obra.

En este mismo documento se establece que cuando los resultados del monitoreo hidroquímico en la red de pozos de control de infiltraciones evidencie una tendencia creciente, al menos durante el periodo de un año, de los elementos indicadores por sobre los valores umbrales definidos para cada pozo y que sea atribuible al depósito de relaves, se activarán las medidas de contingencia establecidas en el “Plan de Control, Prevención, Monitoreo y Contingencias

relacionadas a las infiltraciones del Depósito de Relaves" presentado en el Anexo C de la Adenda 1.

Para verificar la presencia de tendencias crecientes durante el periodo de un año por sobre los valores umbrales establecidos en la calidad del agua subterránea aledaña al depósito de relaves, se presentan los gráficos de la Figura 5-16 a la Figura 5-21 para los pozos M-04C, M-05, M-12, MA-01, MA-02C y MA-03A. El pozo MPZ-08A no cuenta con registros posteriores a la entrada en vigencia de la Res. Ex. 106/2014 pues se encuentra cubierto por los relaves.

En las figuras señaladas se graficó una línea de tendencia para aquellos parámetros que consistentemente durante el periodo de 1 año se han observado por sobre los umbrales respectivos. Esta situación ocurre en:

- M-04C: cloruro (sin tendencia), conductividad eléctrica (tendencia decreciente) y molibdeno (sin tendencia)
- M-05: cloruro (sin tendencia), conductividad eléctrica (sin tendencia) y sulfato (tendencia ascendente)
- M-12: cloruro (tendencia decreciente)
- MA-02C: cloruro (tendencia decreciente), conductividad eléctrica (tendencia decreciente)

De los casos indicados, sólo el sulfato en el pozo M-05 se observa una tendencia creciente durante el periodo de un año por sobre los valores umbrales establecidos para la calidad del agua subterránea. Dada esta situación, corresponde evaluar si esta tendencia es atribuible a la operación del depósito de relaves.

Para determinar si la tendencia creciente en sulfatos por sobre el umbral en el pozo M-05 es atribuible a la operación del depósito de relaves, se comparará la calidad del agua de la laguna de aguas claras (Figura 5-15) con la calidad del agua del pozo M-05.

El año 2008, producto del cambio de la fuente de abastecimiento de agua del proyecto en la cuenca de Coposa, desde la zona de Falla Pabellón hacia la periferia de la cuenca (Coposa Norte, Portezuelo, Coposa Sur), se produjo un cambio en la calidad del agua utilizada en el proceso minero, lo que queda en evidencia al observar la evolución química de la laguna de aguas claras (Figura 5-15), la que muestra aumentos tanto en elementos mayores (cloruro y sulfato), como elementos menores (boro y litio).

Para evaluar el efecto del depósito sobre la calidad del agua del acuífero se utilizan los elementos menores, pues pueden ser considerados como trazadores, mientras que los elementos mayores como sulfato o cloruro, junto con la conductividad eléctrica pueden provenir tanto de fuentes naturales (salar de Michincha, cordón volcánico Olca) como desde otras fuentes antrópicas (pilas de lixiviación) y ser movilizadas por los pozos de bombeo ubicados en el entorno del depósito. Adicionalmente, se observa una diferencia de al menos 2 órdenes de magnitud entre la concentración de boro y litio de línea base y aquella presente en la laguna de aguas claras luego del cambio de fuente de abastecimiento de agua.

Según este criterio, no existiría efecto de las infiltraciones del depósito de relaves sobre la calidad del agua del acuífero, toda vez que la concentración de boro y litio en aquellos pozos que cuentan con umbrales comprometidos, y en particular en el caso del pozo M-05, se ha mantenido dentro de los rangos históricos observados.

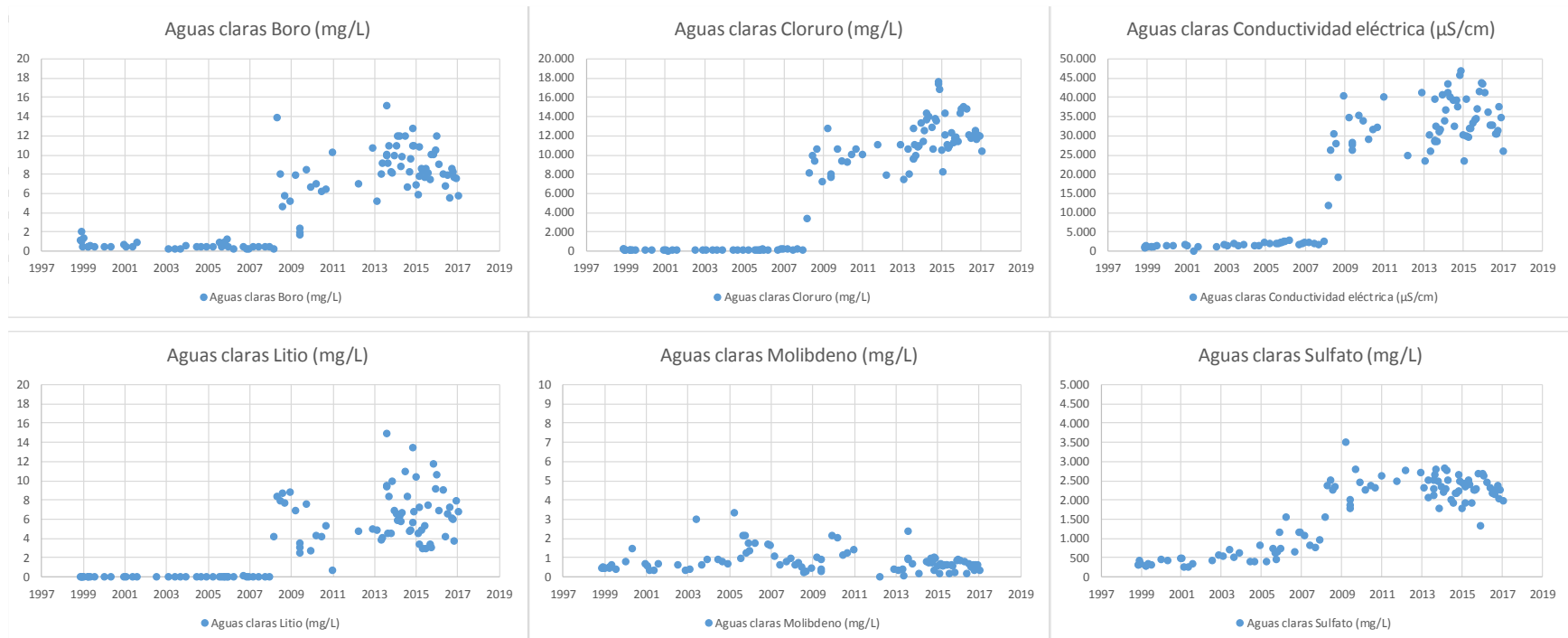
De este modo, se descarta la activación del Plan de Contingencias considerado en este proyecto, toda vez que la alteración de la calidad del agua observada no es atribuible a la operación del depósito de relaves.

Figura 5-14: Ubicación de los puntos de monitoreo comprometidos según Res. Ex. N°713/2199 y Res. Ex. N°106/2014 en torno al depósito de relaves. Puntos cuadrados corresponden a pozos de bombeo que también son parte de la red de monitoreo comprometida.



Fuente: Arcadis, 2018.

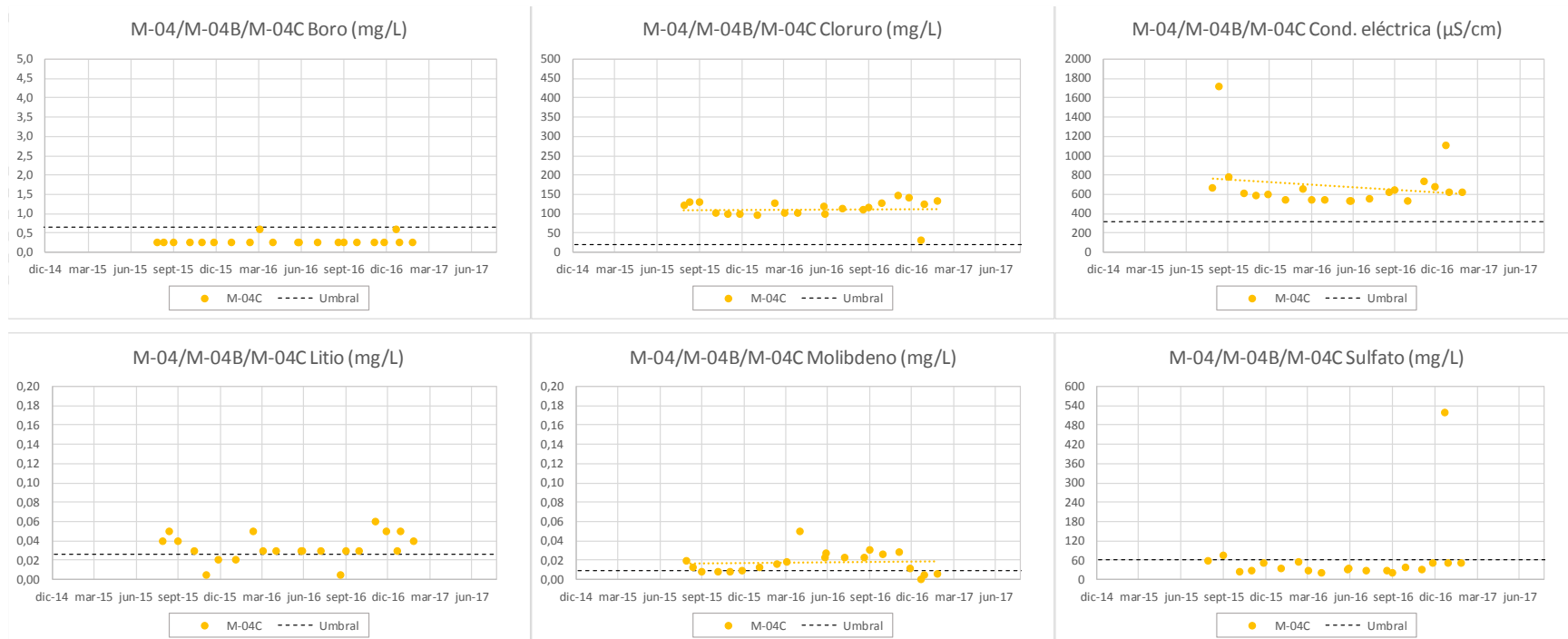
Figura 5-15: Calidad del agua en laguna de aguas claras, depósito de relaves Pampa Pabellón.



Fuente: Arcadis, 2018.

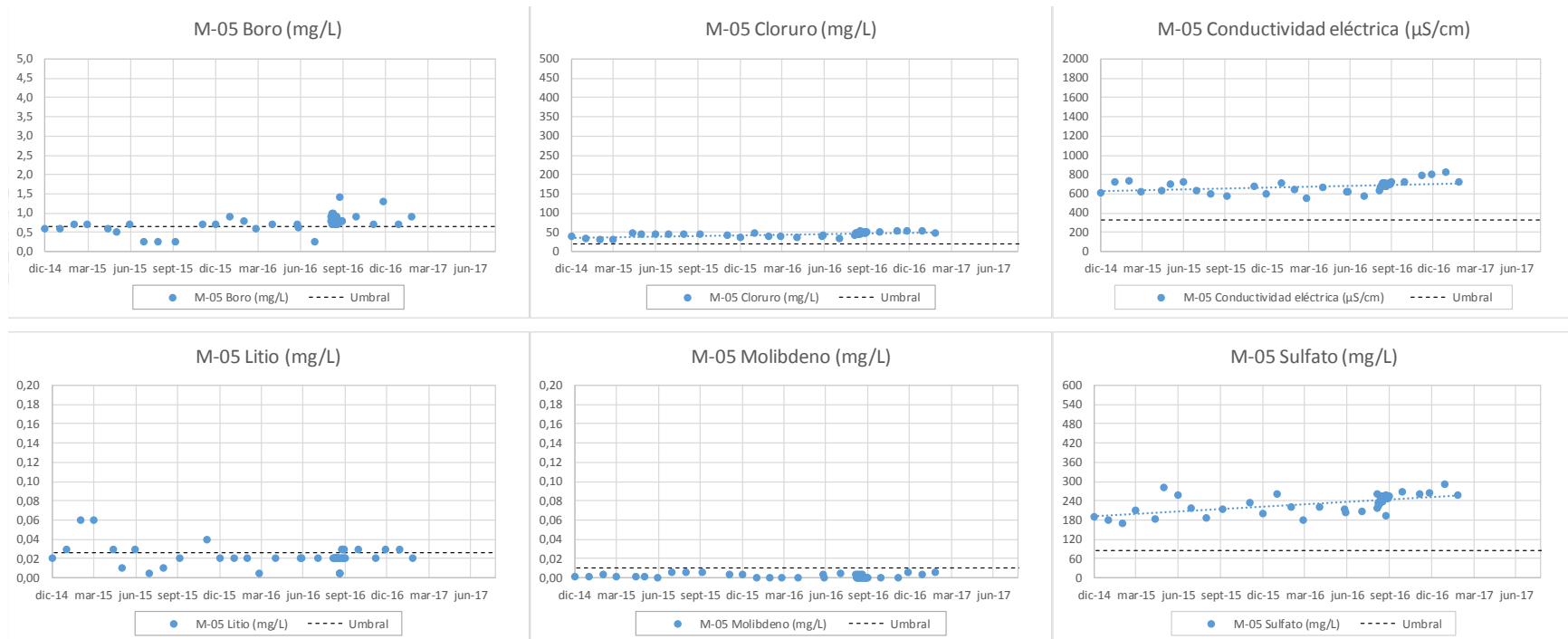


Figura 5-16: Evolución de la calidad del agua en pozo M-04C respecto de los umbrales establecidos.



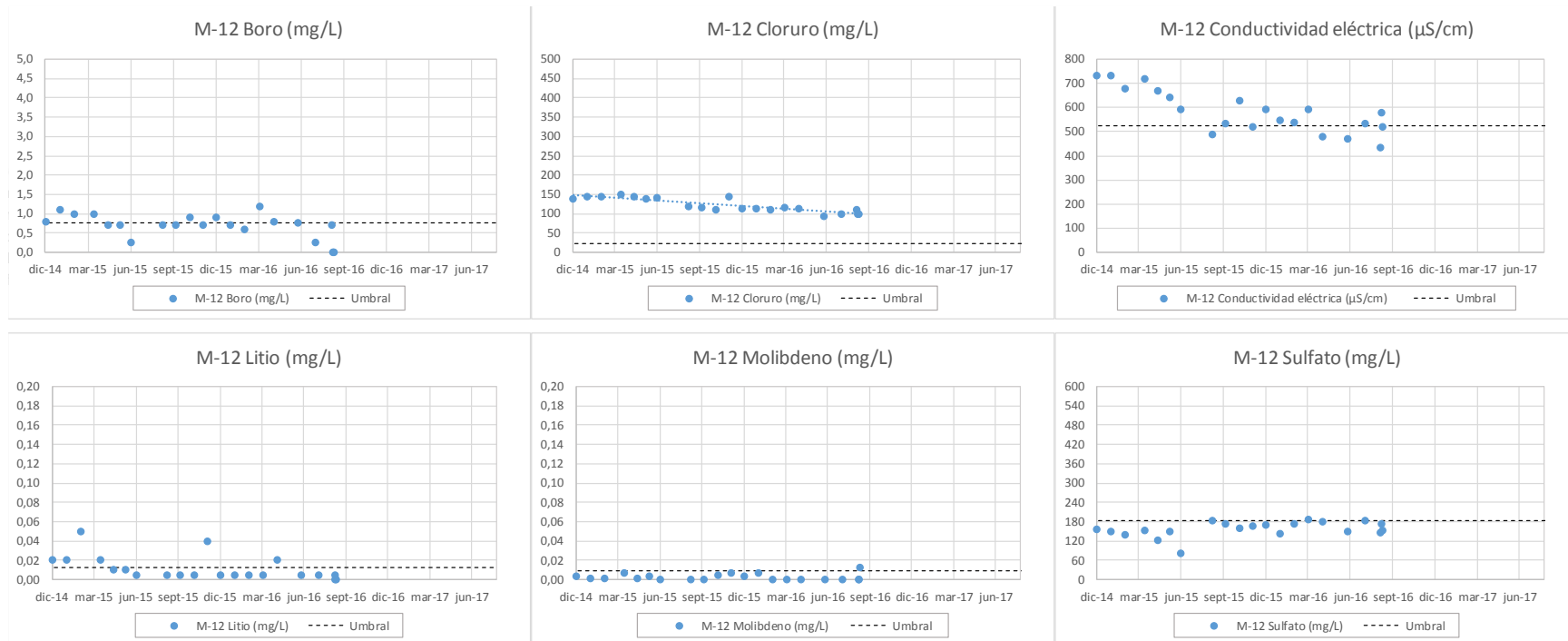
Fuente: Arcadis, 2018.

Figura 5-17: Evolución de la calidad del agua en pozo M-05 respecto de los umbrales establecidos.



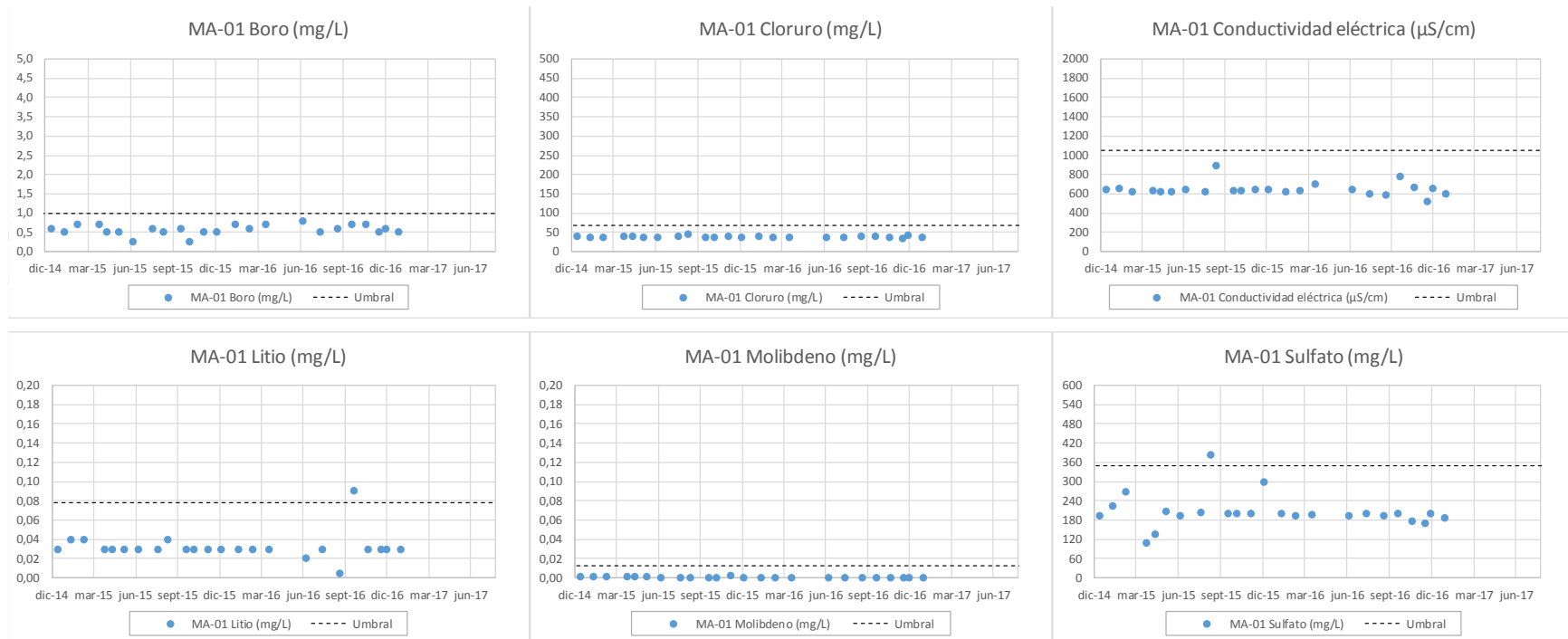
Fuente: Arcadis, 2018.

Figura 5-18: Evolución de la calidad del agua en pozo M-12 respecto de los umbrales establecidos.



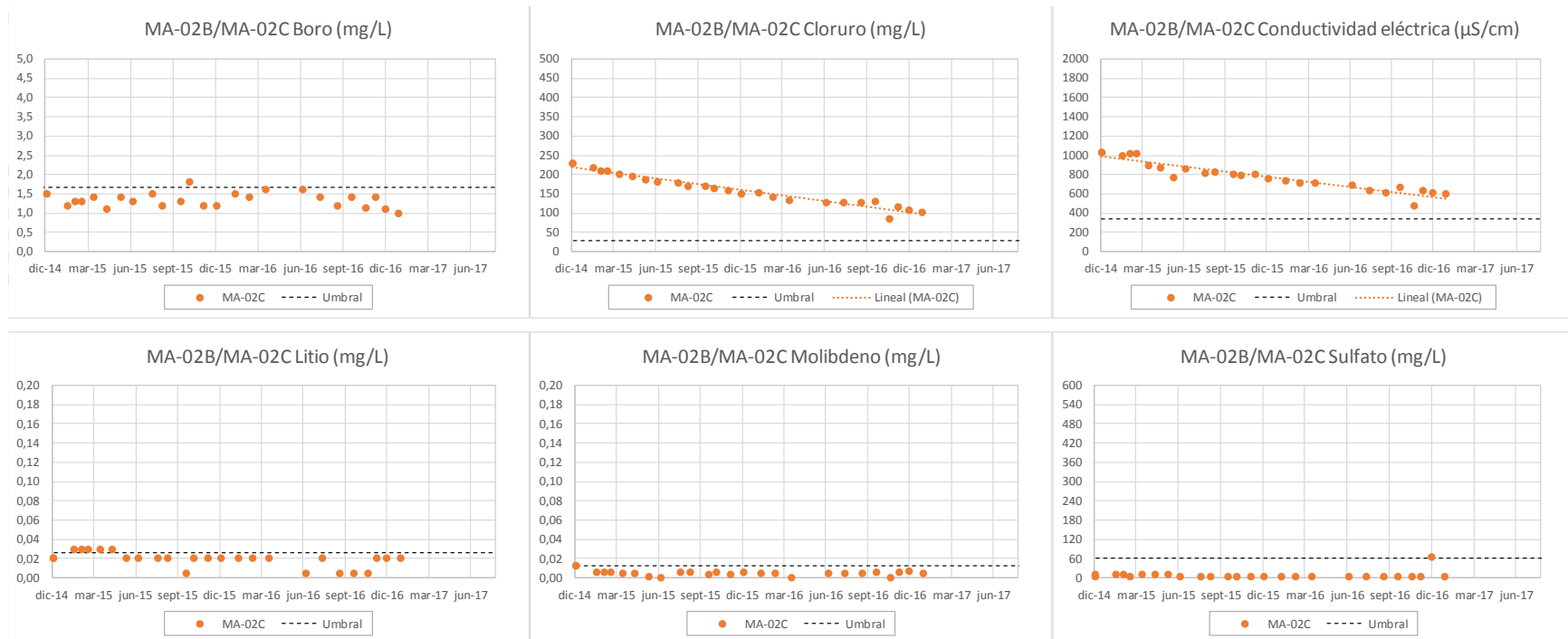
Fuente: Arcadis, 2018.

Figura 5-19: Evolución de la calidad del agua en pozo MA-01 respecto de los umbrales establecidos.



Fuente: Arcadis, 2018.

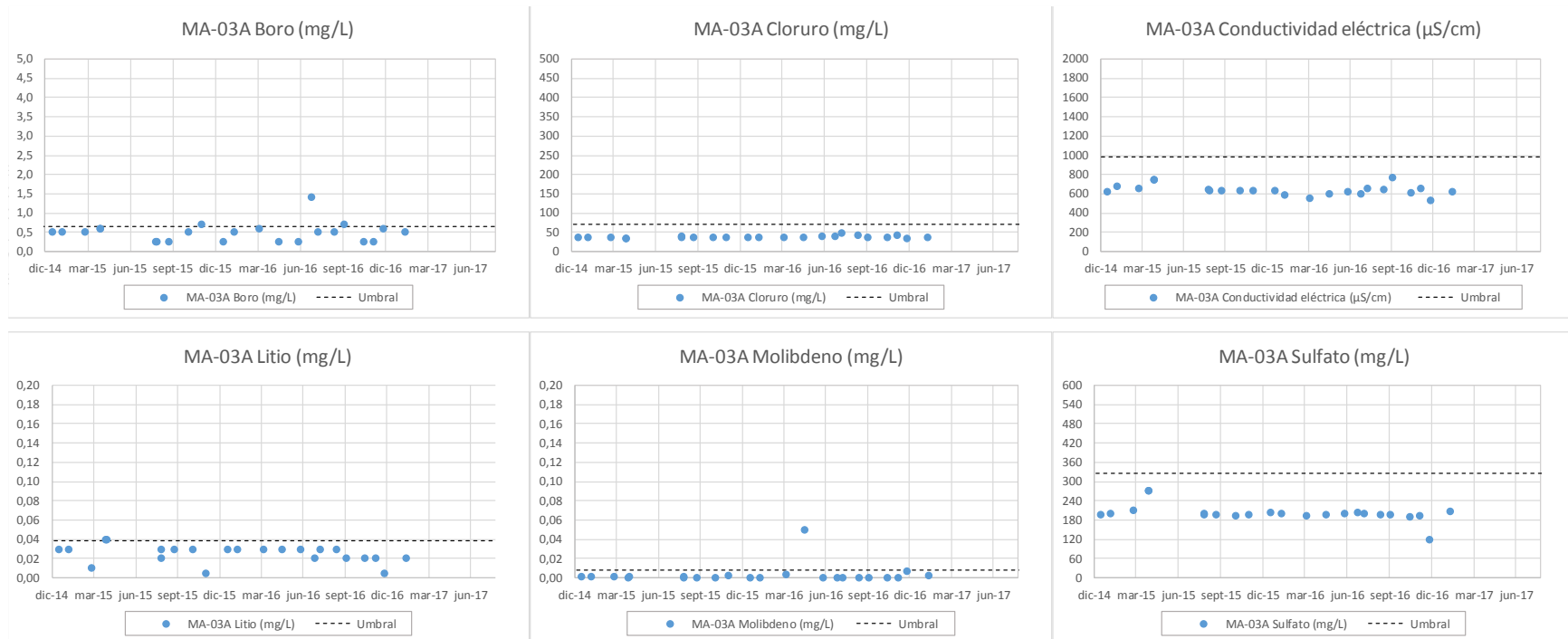
Figura 5-20: Evolución de la calidad del agua en pozo MA-02C respecto de los umbrales establecidos.



Fuente: Arcadis, 2018.

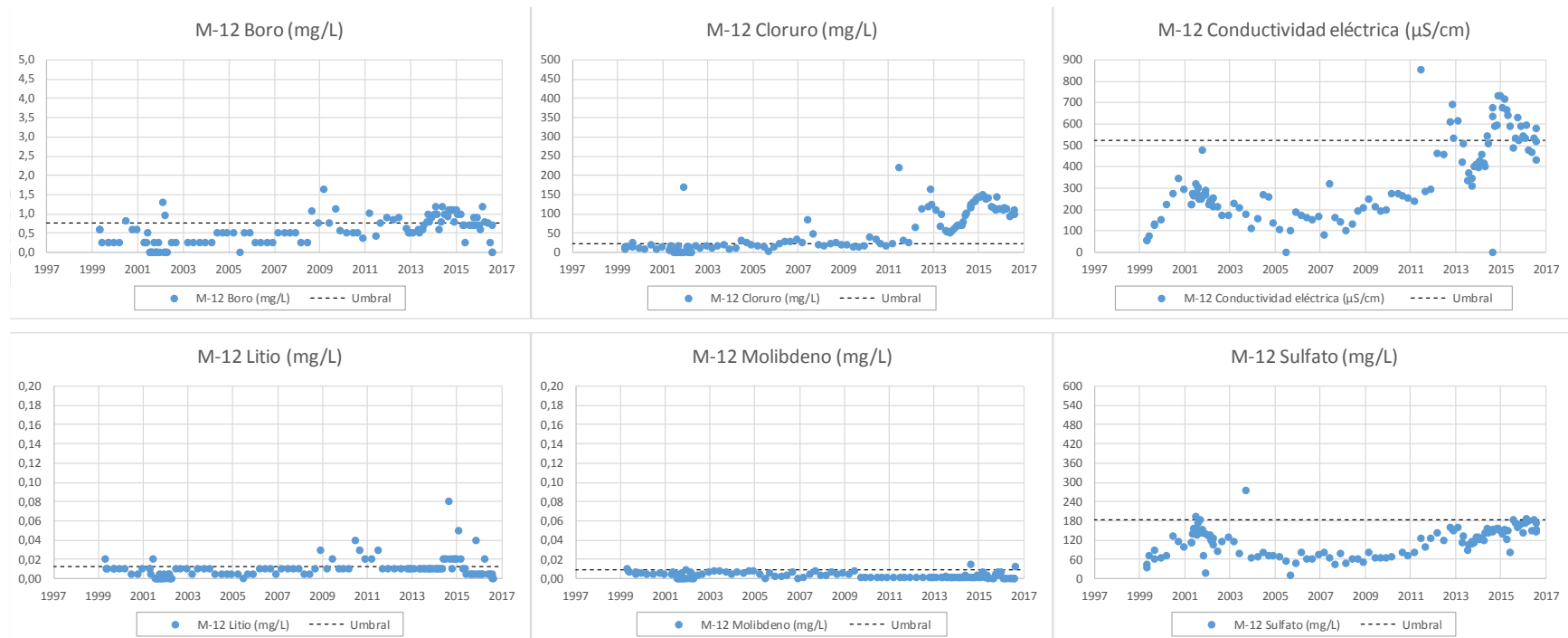


Figura 5-21: Evolución de la calidad del agua en pozo MA-03A respecto de los umbrales establecidos.



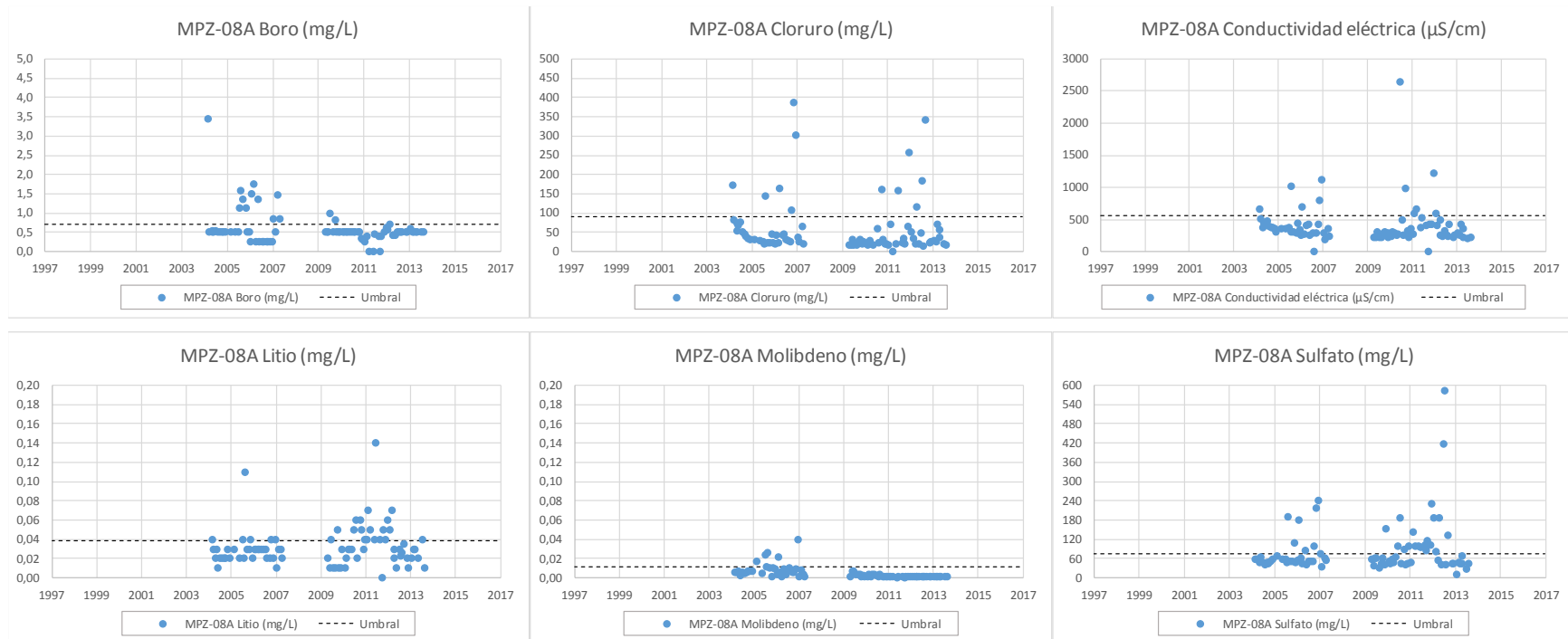
Fuente: Arcadis, 2018.

Figura 5-22: Calidad del agua en pozo M-12.



Fuente: Arcadis, 2018.

Figura 5-23: Calidad del agua en pozo MPZ-08A.



Fuente: Arcadis, 2018.

Respecto de los pozos MAU-04, MAU-05 y MAU-06, éstos no se encuentran operativos por problemas de obstrucción o bien porque han quedado secos. Los pozos de reemplazo considerados para ellos se muestran en la Figura 5-24, donde se puede apreciar que su ubicación es muy cercana a los pozos no operativos.

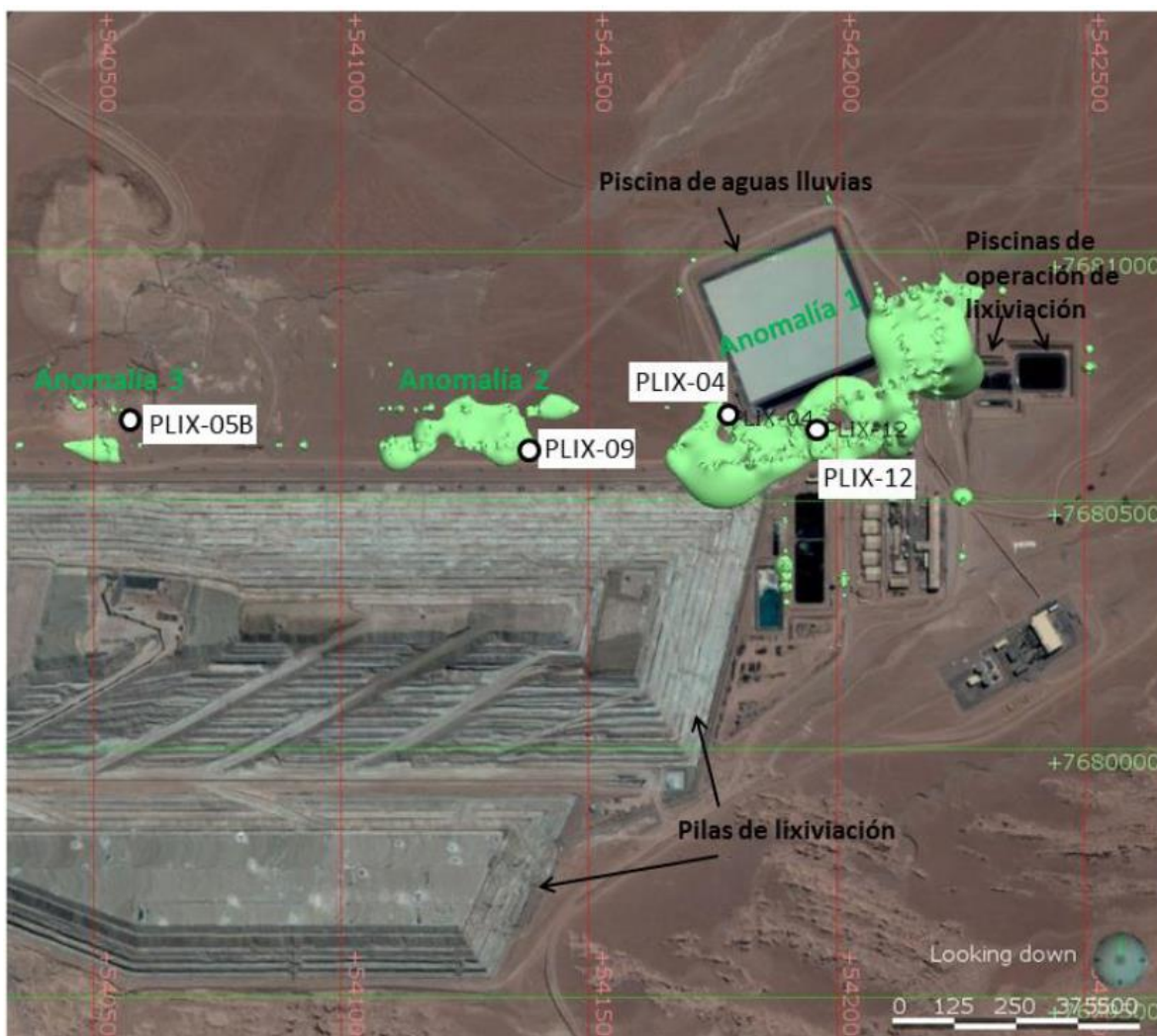
Figura 5-24: Ubicación de pozos de reemplazo, sector depósito de relaves.



#### d) Pilas de lixiviación

Los puntos de monitoreo de la serie PLIX tienen como objetivo observar la presencia de cuerpos de agua colgados, ubicados en la zona no saturada del suelo en torno a las pilas de lixiviación, mediante el registro de nivel de agua y la toma de muestras de agua en caso de existir. Estos cuerpos de agua, reconocidos en la DIA Aumento Capacidad PAD 1, fueron identificados a partir de una campaña geofísica y mostrados según se observa en la Figura 5-25.

Figura 5-25: Anomalías geofísicas asociadas a cuerpos de agua en la zona no saturada en el sector de lixiviación.



Fuente: DIA Aumento Capacidad PAD 1.

El análisis de efectos que la ausencia de registro de monitoreo en estos puntos en los informes de seguimiento ambiental pudiera haber provocado sobre el objeto de protección, que en este caso corresponde al acuífero de Michincha, se encuentra desarrollado en "Informe de Análisis y Estimación de Efectos del Cargo N°5", acompañado en Anexo 5 del Programa de Cumplimiento.

En resumen, la falta de los piezómetros ligeros comprometidos en la DIA2005 no habría permitido la detección temprana de contingencias operacionales, especialmente aquellas asociadas a la detección de infiltraciones desde las piscinas del área de lixiviación, generando efectos locales en la zona no saturada

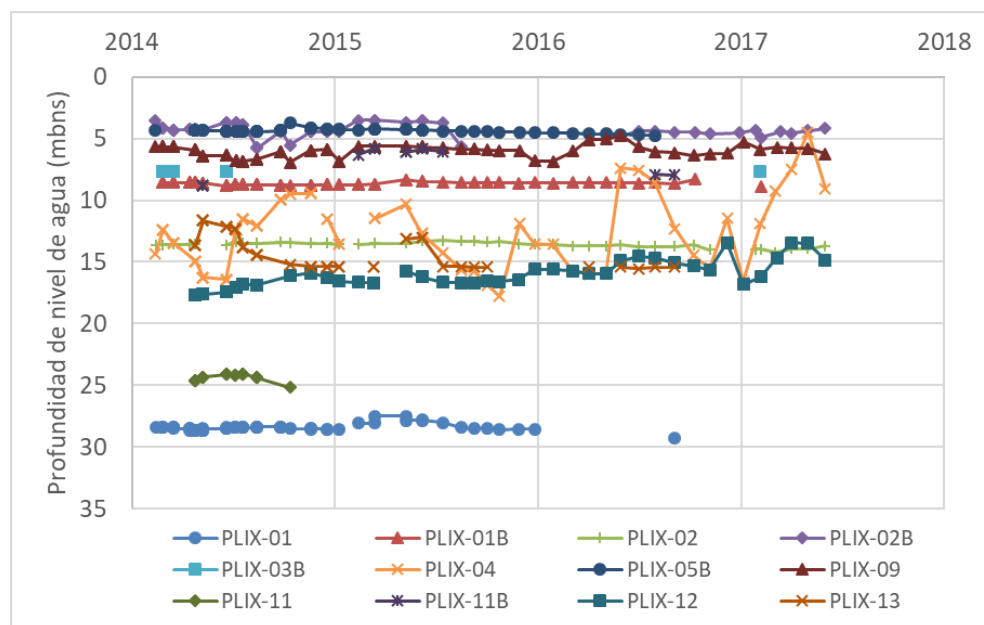


y efectos puntuales en el acuífero debido a imperfecciones en la habilitación de algunos pozos que permitieron el tránsito directo de soluciones desde el suelo hacia el acuífero. Estas contingencias fueron reportadas y su efecto evaluado en la DIA 2015 junto con las medidas que se aplicaron para su control.

Sin perjuicio de lo anterior, en la Figura 5-26 se muestra la profundidad de nivel de agua en aquellos puntos PLIX que han evidenciado presencia de agua. El resto de las punteras se han encontrado sin agua.

El aspecto más relevante de este monitoreo es la disminución progresiva del número de punteras que han reportado la presencia de agua. Al inicio del monitoreo, de las 23 punteras totales, 14 mostraban presencia de agua, sin embargo, en la actualidad sólo 5 de ellas muestran agua. El resto se encuentran secas.

Figura 5-26: Nivel de agua registrado en las punteras PLIX en torno a las pilas de lixiviación.



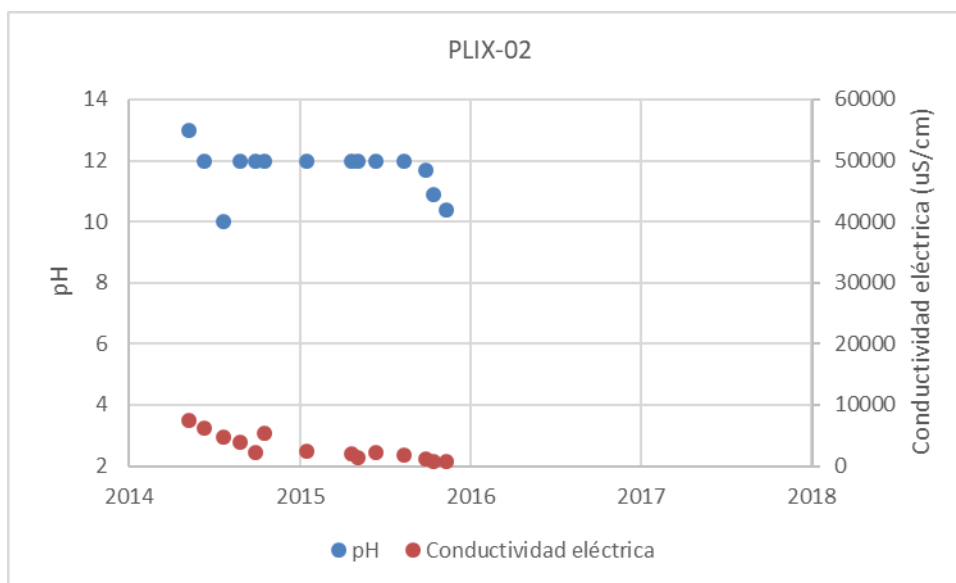
Fuente: Arcadis, 2018.

Respecto de la evolución, se observan valores estables en la mayoría de las punteras, salvo en PLIX-04 y PLIX-09, las que se ubican en la esquina noreste del PAD 1, en la misma zona donde se identificaron anomalías geofísicas reportadas en la DIA Aumento Capacidad PAD 1.

Por otro lado, de la Figura 5-27 a la Figura 5-30 se muestra el monitoreo de pH y conductividad eléctrica disponible en aquellas punteras donde ha sido posible

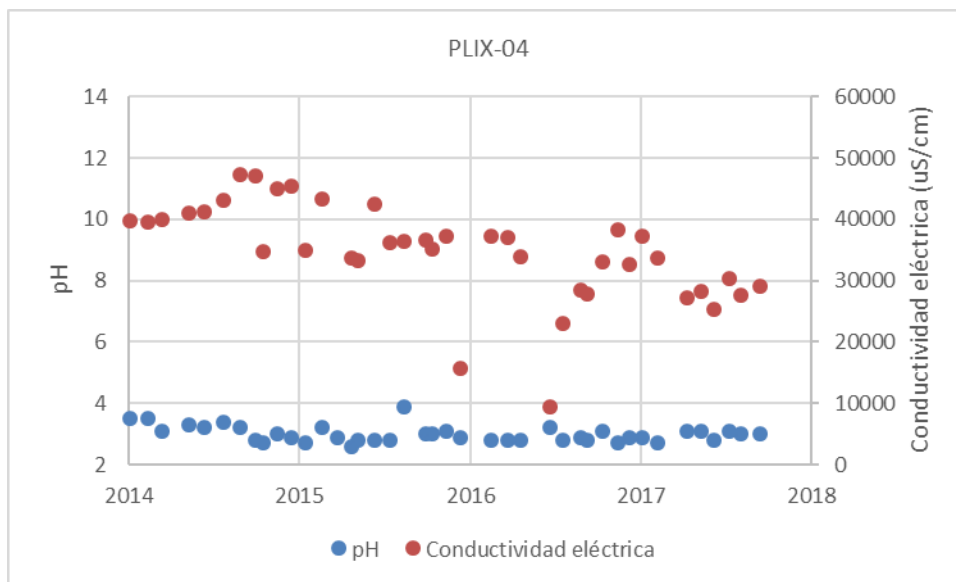
tomar muestras de agua. Se observan valores bajos de pH en las punteras PLIX-04, PLIX-09 y PLIX-12, con altos valores de conductividad y pH altos en la puntera PLIX-02, con conductividades más bajas. Las punteras con alta conductividad y bajo pH se ubican justamente en la zona alterada identificada en la DIA Aumento Capacidad PAD 1.

Figura 5-27: pH y conductividad eléctrica registrada en puntera PLIX-02.



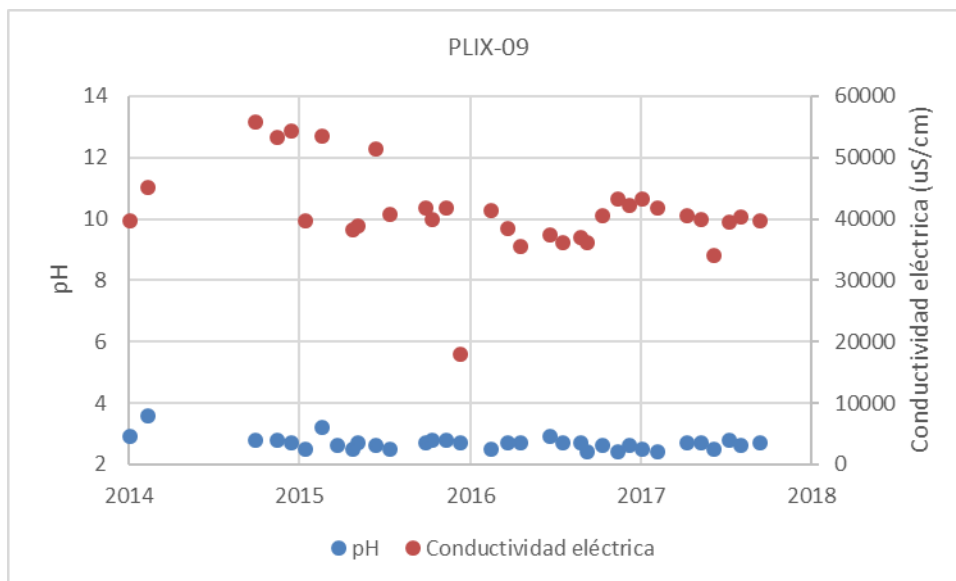
Fuente: Arcadis, 2018.

Figura 5-28: pH y conductividad eléctrica registrada en puntera PLIX-04.



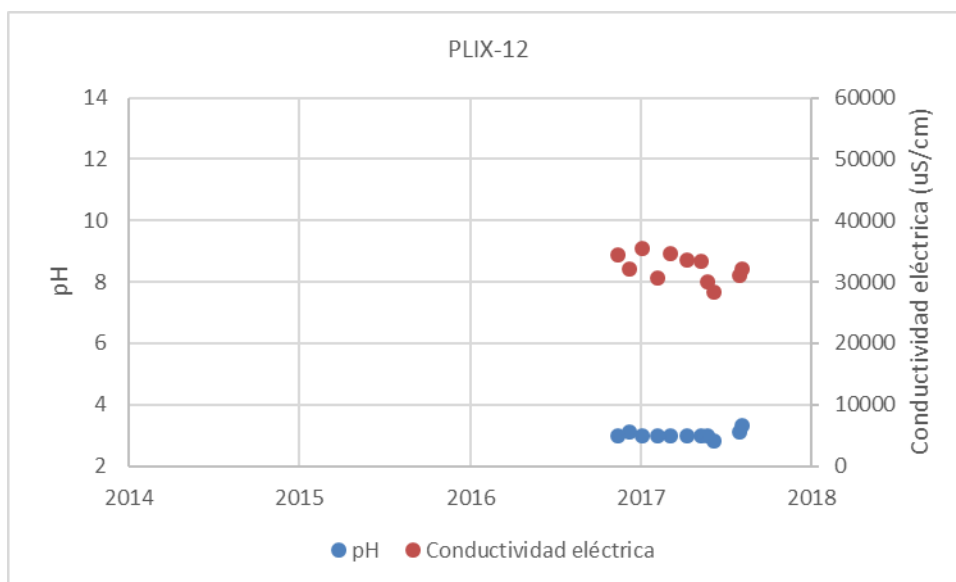
Fuente: Arcadis, 2018.

Figura 5-29: pH y conductividad eléctrica registrada en puntera PLIX-09.



Fuente: Arcadis, 2018.

Figura 5-30: pH y conductividad eléctrica registrada en puntera PLIX-12.



Fuente: Arcadis, 2018.

### e) Pit Ujina

En el sector del rajo Ujina se han identificado dos puntos no monitoreados: MAU-01 y PD-003. El pozo MAU-01 se ubica en el borde del botadero de estériles de Ujina, por lo que su monitoreo ha sido suspendido por razones de seguridad. Recientemente, ha sido construido el pozo MAU-01B con el propósito de reiniciar el

compromiso de monitoreo establecido en este punto. Por otro lado, el punto PD-003 posee registros de calidad del agua hasta enero de 2015.

La calidad del agua subterránea a los pies del botadero de Ujina puede ser representada mediante el pozo M-22, ubicado 1.400 m al este del pozo MAU-01 y a 1.000 m del borde del botadero de estériles de Ujina. La Figura 5-31 muestra la química del agua de este pozo representada en términos de pH y conductividad eléctrica, donde se aprecia completa estabilidad en estos parámetros.

Figura 5-31: pH y conductividad eléctrica registrada en pozo M-22.

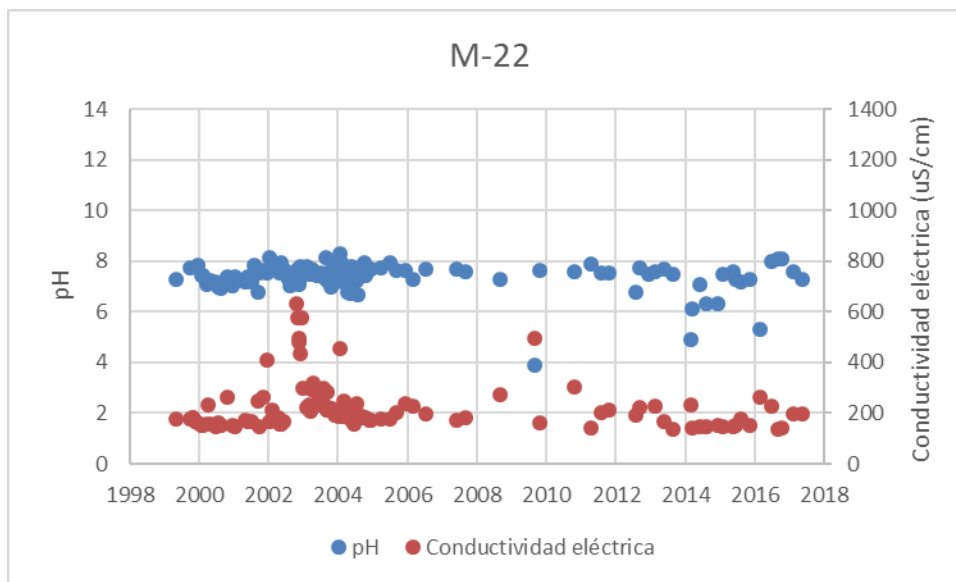


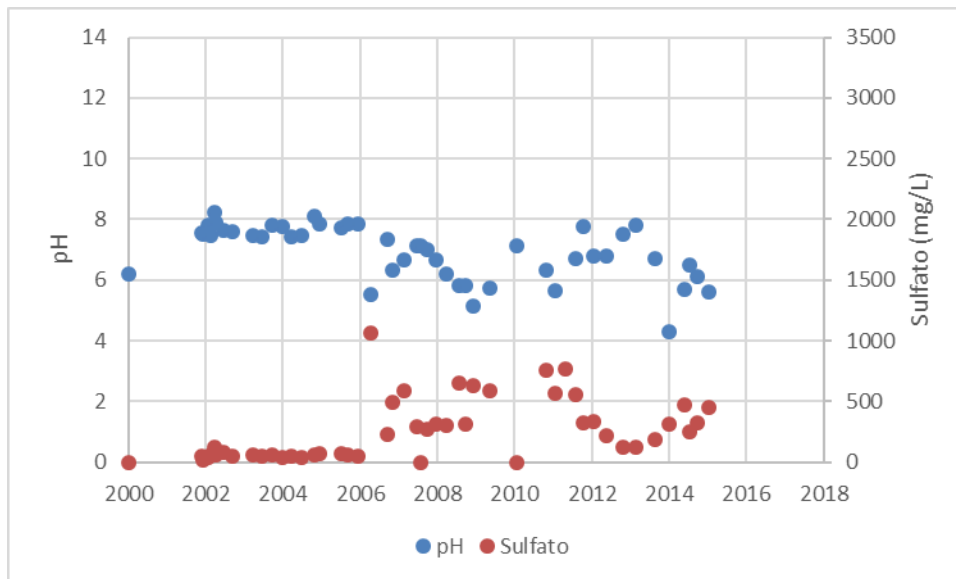
Figura 5-32: Ubicación del pozo M-22 en relación al punto comprometido MAU-01.



Fuente: Arcadis, 2018.

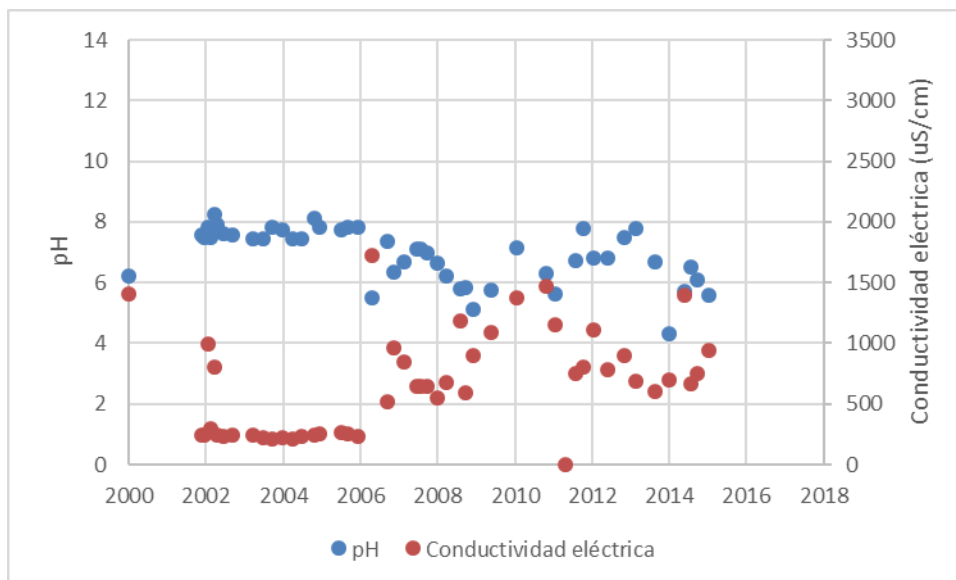
Respecto del punto PD-003, éste se ubica al fondo del rajo Ujina y tiene como objetivo monitorear la calidad de agua de fondo de mina de este rajo. De la Figura 5-33 a la Figura 5-36 se muestran los registros disponibles para pH, sulfato, conductividad eléctrica, cobre y molibdeno. En ellos se evidencia que a partir del año 2006 se inició un proceso de acidificación de las aguas alumbradas en el fondo de la mina, producto de la presencia de materiales con el potencial de generación de ácido, tales como pirita. Esta situación es esperable y normal en la mayoría de los rajos y, gracias al efecto sumidero que el mismo rajo impone sobre el acuífero, esta condición se mantiene acotada a las aguas de fondo de mina, sin extenderse al resto del acuífero de Michincha.

Figura 5-33: Valores de pH y sulfato en el punto PD-003.



Fuente: Arcadis, 2018.

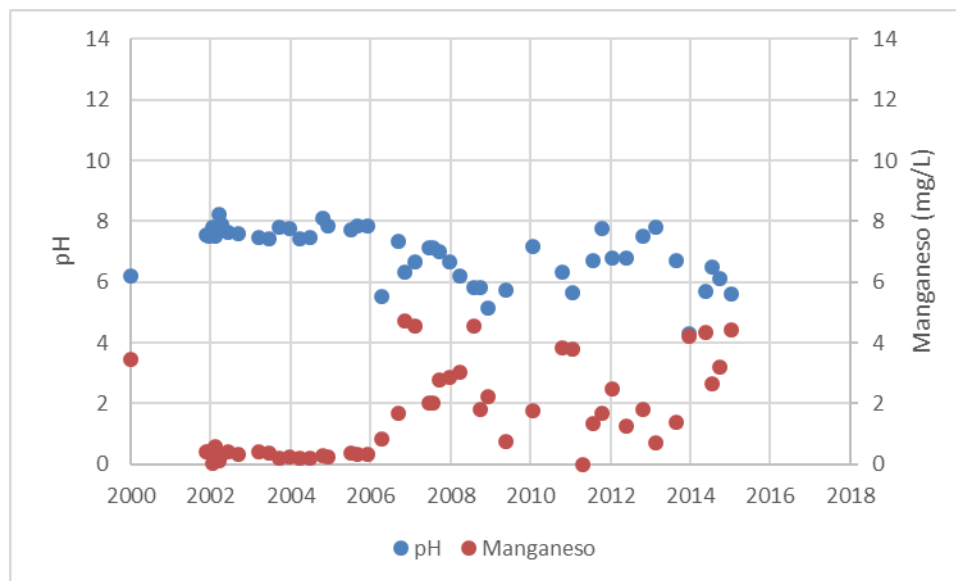
Figura 5-34: Valores de pH y conductividad eléctrica en el punto PD-003.



Fuente: Arcadis, 2018.

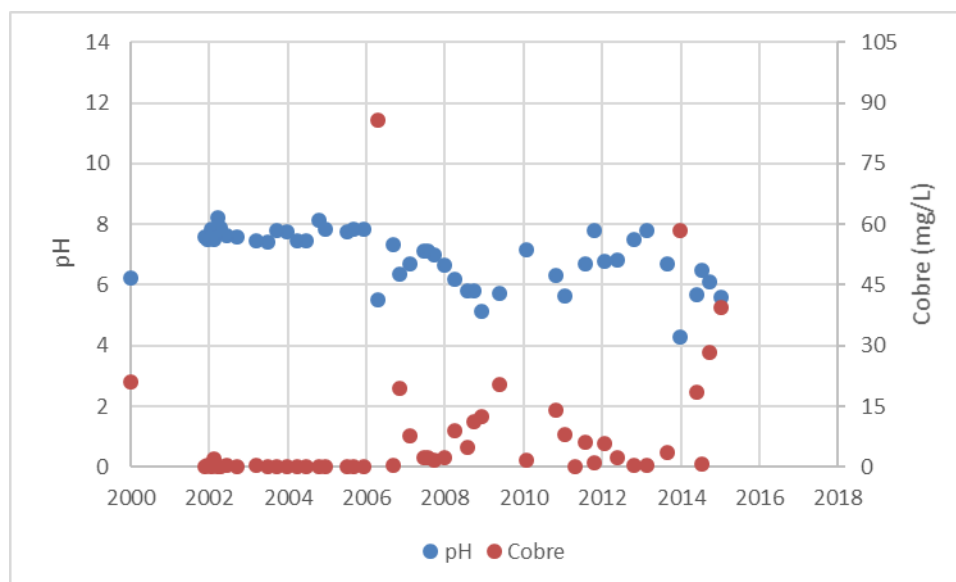


Figura 5-35: Valores de pH y manganeso en el punto PD-003.



Fuente: Arcadis, 2018.

Figura 5-36: Valores de pH y cobre en el punto PD-003.



Fuente: Arcadis, 2018.

## f) Rosario

En el sector de Rosario, el monitoreo del caudal superficial aguas abajo del botadero, comprometido inicialmente en el punto QSD-1, es realizado en la estación QDH-02 ubicada en la zona denominada Angostura de Huinquentipa, en la quebrada del mismo nombre, cuya ubicación se muestra en la Figura 5-37 y su

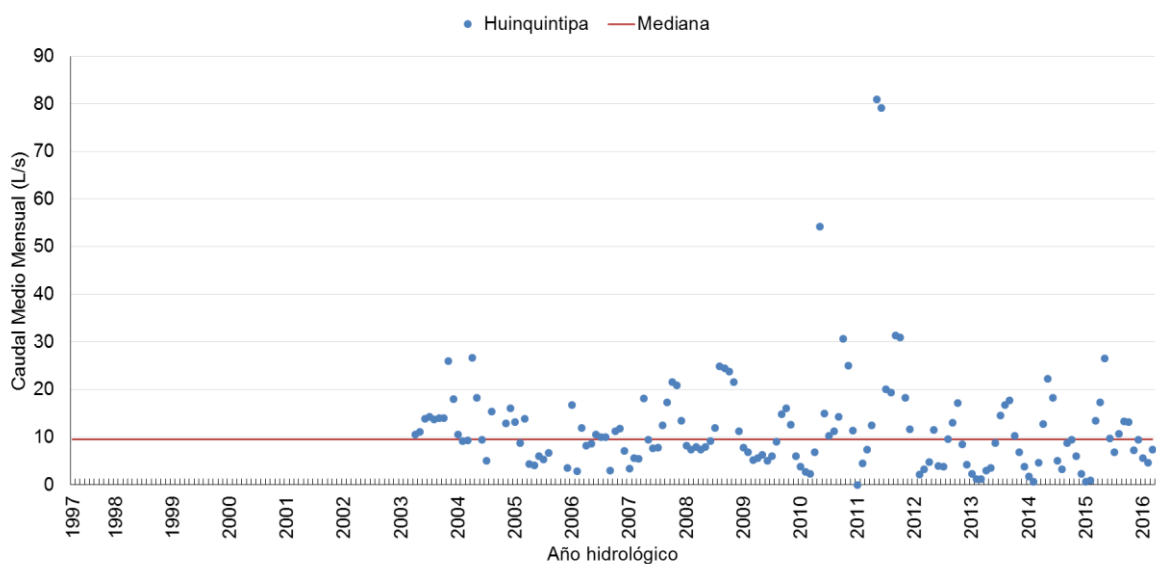
registro se muestra en la Figura 5-38. Como puede apreciarse, el caudal en esta quebrada se ha mantenido dentro de los valores históricamente observados.

Figura 5-37: Ubicación de puntos de monitoreo en sector Rosario.



Fuente: Arcadis, 2018.

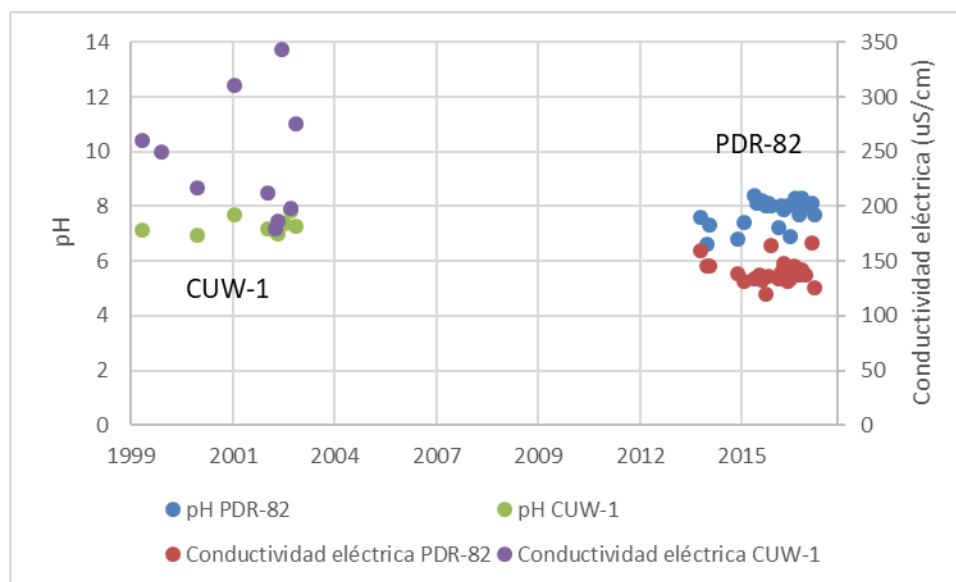
Figura 5-38: Caudal registrado en estación QDH-02, quebrada de Huinquentipa.



Fuente: Arcadis, 2018.

Respecto del punto CUW-1, éste fue reemplazado por un pozo ubicado en el margen del rajo Rosario, en particular por el pozo PDR-82. La calidad de agua de este pozo en términos de pH y conductividad eléctrica se muestra en la Figura 5-39.

Figura 5-39: Calidad del agua en pozos CUW-1 y PDR-82.



Fuente: Arcadis, 2018.

Por último, el seguimiento de la calidad del agua subterránea en el punto HE-149, pozo que ha desaparecido producto del crecimiento del depósito de estériles, será realizado en el punto MAH-01 ubicado en la quebrada de Huinquentipa.

De la revisión de estos puntos de monitoreo, es posible observar que los valores se han mantenido estables, sin mostrar tendencias, descartándose efectos sobre el medio ambiente.

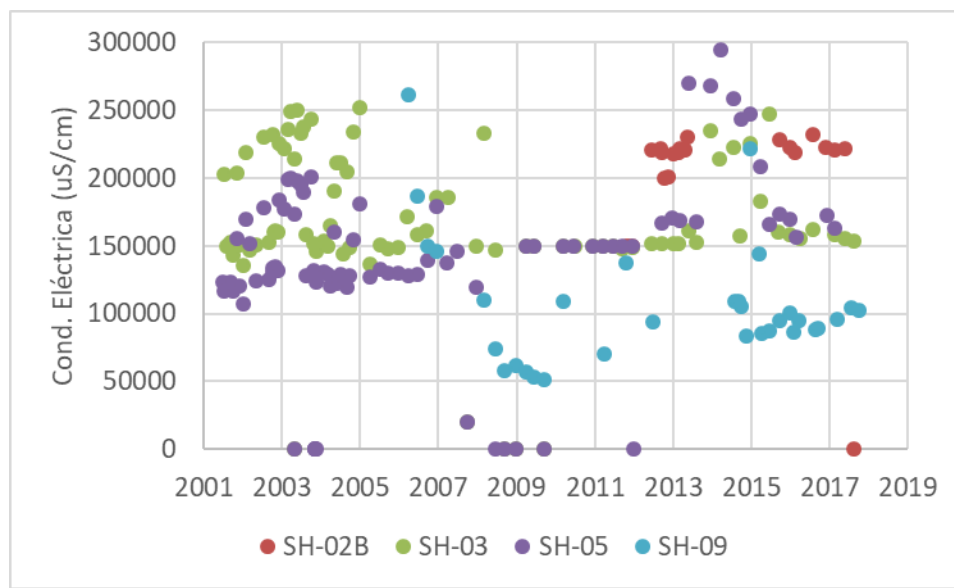
### g) Patache

El agua subterránea presente bajo la zona de las piscinas de evaporación del Puerto Collahuasi se ubica en una franja muy delgada entre la Cordillera de la Costa y el océano Pacífico. La calidad del agua en esta zona es salina producto de la nula recarga que recibe y es similar al agua de mar.

En efecto, en la Figura 5-40 se muestra la calidad del agua en términos de conductividad eléctrica en pozos ubicados alrededor de las piscinas de evaporación, donde se evidencia la presencia de agua con características de salmuera y con una variabilidad constante a lo largo del tiempo. Existen ciertos

pulsos de aumento en la conductividad eléctrica, para luego volver a valores más bajos en corto tiempo. No se observan tendencias crecientes en los valores, por lo que se descarta algún impacto sobre el medio ambiente.

Figura 5-40: Calidad del agua subterránea en torno a las piscinas de evaporación en el sector Puerto Collahuasi.



Fuente: Arcadis, 2018.

## 6. CONCLUSIÓN

Del análisis realizado, es posible indicar que no existe afectación asociada a la falta de reportabilidad en los puntos señalados en el cargo N°13a, toda vez que los sistemas ambientales han evolucionado de acuerdo con lo esperado, manteniendo sus variaciones históricas, tanto en cantidad como en calidad del agua., salvo en el área de lixiviación, cuyo análisis de efectúa a propósito del cargo N°5.