






Superintendencia del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

INFORME TÉCNICO DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL

Fiscalización Ambiental

MINERA ESCONDIDA

DFZ-2019-309-II-RCA

	Nombre	Firma
Aprobado	Sandra Cortez Contreras	20-04-2020 X  Sandra Cortez Contreras Jefa Oficina Regional Antofagasta Firmado por: Sandra Eugenia Cortez Contreras
Revisado	Sergio Vilches Enríquez	X  Sergio Vilches E. Profesional de Fiscalización DFZ
Elaborado	Pía Aravena Bustos	20-04-2020 X  Pía Aravena Bustos Fiscalizadora Oficina Firmado por: PÍA LORETO ARAVENA BUSTOS

Contenido

1	RESUMEN.....	2
2	IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD FISCALIZABLE	3
2.1	Antecedentes Generales	3
2.2	Ubicación y Layout.....	4
3	INSTRUMENTOS DE CARÁCTER AMBIENTAL FISCALIZADOS	7
4	ANTECEDENTES DE LA ACTIVIDAD DE FISCALIZACIÓN	8
4.1	Motivo de la Actividad de Fiscalización	8
4.2	Materia Específica Objeto de la Fiscalización Ambiental	8
4.3	Aspectos relativos a la ejecución de la Inspección Ambiental	8
4.3.1	Ejecución de la inspección	8
4.3.2	Esquema de recorrido	9
4.3.3	Detalle del Recorrido de la Inspección	10
4.4	Revisión Documental.....	11
4.4.1	Documentos Revisados.....	11
5	HECHOS CONSTATADOS	20
5.1	Fauna Marina y comunidades bentónicas.....	20
5.2	Manejo y explotación de aguas subterráneas.....	29
6	CONCLUSIONES.....	56
7	ANEXOS.....	58

1 RESUMEN

El presente documento da cuenta de los resultados de la actividad de fiscalización ambiental realizada por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) junto con la Dirección General de Aguas (DGA) y el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA), a la unidad fiscalizable “MINERA ESCONDIDA”, ubicada en la Región de Antofagasta. Dicha actividad incluyó: 1) revisión de los antecedentes de la denuncia interpuesta por la DGA (ID 31-II-2018), referida a que se habría superado el umbral de 25 centímetros del EIA “Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado”, 2) examen de información de los informes de seguimiento ambiental cargados por el titular en el sistema electrónico de seguimiento de esta Superintendencia, y 3) inspección ambiental efectuada los días 17 y 18 de abril de 2019 en el Sector de Tilopozo, localizado al sureste de la cuenca del Salar de Atacama, comuna de San Pedro de Atacama.

Minera Escondida es un proyecto minero de extracción de cobre, mineral oxidado y sulfurado, con el objetivo de producir cátodos y concentrado de dicho mineral, respectivamente. El proyecto se ubica en la región de Antofagasta y se desarrolla principalmente en 3 sectores de la región: área mina, ubicada en el desierto de Atacama a 170 km al sureste de la ciudad de Antofagasta; sector puerto y desaladora, a 17 km de la misma ciudad; y el área de pozos o campo de pozos Monturaqui, localizado a 78 km al este del área mina. La planta cuenta con un proceso de lixiviación en pilas, extracción por solvente y electroobtención para la producción de cátodos de cobre desde mineral oxidado y chancado, flotación, espesamiento y filtrado, y un tranque de relaves para el caso de la producción de concentrado de cobre desde el mineral sulfurado. Para la ejecución de este proceso industrial, es necesario el suministro de agua, dicho insumo proviene desde dos fuentes, de la extracción de agua subterránea desde el campo de pozos Monturaqui, ubicado a 78 km al este de la mina escondida y a unos 50 km al sureste del Salar de Atacama, y de la planta desalinizadora ubicada en el sector de coloso, con acueductos que llevarán el agua permeada hasta un embalse de almacenamiento ubicado en la faena de Minera Escondida Ltda. (MEL). Se debe tener presente que la autorización ambiental del titular para explotar el acuífero de Monturaqui-Negrillar-Tilopozo refiere a un periodo de 21 años, el cual finalizó en diciembre del año 2019.

Las materias relevantes objeto de la fiscalización incluyeron: ‘Fauna marina/comunidades bentónicas’ y ‘Manejo y explotación de aguas subterráneas’.

Respecto de la materia relevante ‘Fauna marina/comunidades bentónicas’, no se identificaron hallazgos.

Respecto de la materia relevante ‘Manejo y explotación de aguas subterráneas’, se confirmaron los hechos denunciados por DGA, constatándose los siguientes hallazgos:

- Disminución de nivel freático en el Sector de Tilopozo mayor a 25 centímetros, superando con ello el umbral impuesto en el EIA “Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado”. La primera superación se produjo el año 2005 en el punto de monitoreo SAT-2.
- No ejecución de la medida establecida en el numeral 10.4.2.3 del EIA “Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado”, consistente en reducir el periodo de explotación a menos de 21 años frente a una disminución del nivel freático superior al referido umbral de 25 centímetros. Según lo informado por Minera Escondida Ltda., la extracción de agua subterránea se mantuvo hasta el final del periodo de 21 años (diciembre/2019). Del análisis de las variables ambientales relevantes fue posible constatar que los niveles de agua subterránea han experimentado un descenso sostenido en el tiempo desde el inicio de los bombeos de MEL, a lo que se adiciona una disminución de la cobertura y vigor de la vegetación presente en el Sector de Tilopozo. De acuerdo con el modelo hidrogeológico del mismo titular, la proyección esperada es que la tendencia de descenso se mantenga hasta el año 2040 y que no se retorne a valores inferiores al umbral de 25 centímetros aun después del cese de todas las extracciones en el acuífero.

Tras ponderar los antecedentes técnicos revisados, es posible sostener que el comportamiento observado en los niveles del Sector de Tilopozo se debería a un efecto combinado de las extracciones de Minera Escondida Ltda., Compañía Minera Zaldívar SpA y Albemarle Ltda., quienes extraen agua del mismo acuífero. Sin perjuicio de lo anterior, el análisis de los hechos asociados a los hallazgos antes indicados permite concluir que la extracción particular de Minera Escondida Ltda. ha contribuido a la generación de un impacto ambiental significativo sobre las aguas subterráneas y sobre el estado de la vegetación en Tilopozo, provocando una disminución de su vigor y cobertura.

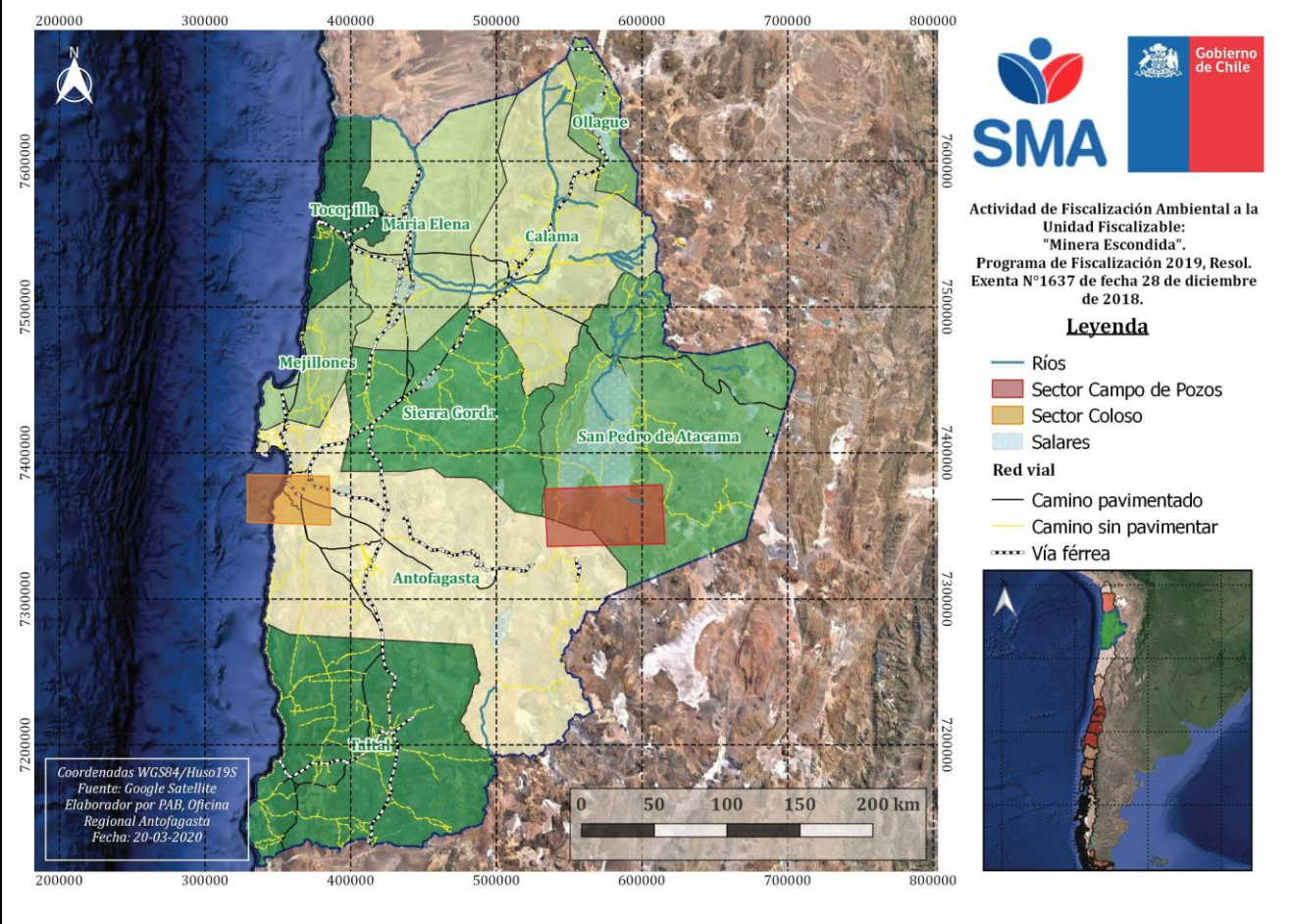
2 IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD FISCALIZABLE

2.1 Antecedentes Generales

Identificación de la Unidad Fiscalizable: Minera Escondida	Estado operacional de la Unidad Fiscalizable: Operación
Región: Antofagasta	Ubicación específica de la unidad fiscalizable: <u>Desaladora:</u> El acceso principal a las instalaciones del Área Coloso se encuentra a aproximadamente 17 Km al sur de la ciudad de Antofagasta, en las dependencias industriales de MEL en Puerto Coloso. <u>Campo de pozos Monturaqui:</u> a unos 78 km al este de la mina Escondida y 50 km al sureste del Salar de Atacama.
Provincia: Antofagasta	
Comuna: Antofagasta	
Titular de la unidad fiscalizable: Minera Escondida Ltda.	RUT o RUN: 79.587.210-8
Domicilio titular: Avda. de la Minería #501, Antofagasta	Correo electrónico: alejandra.acuna@bhpbilliton.com
	Teléfono: +56552502116
Identificación representante legal: Jaime Piña Rojas	RUT o RUN: 12.884.497-k
Domicilio representante legal: Avda. de la Minería #501, Antofagasta	Correo electrónico: alejandra.acuna@bhpbilliton.com
	Teléfono: +56552502116

2.2 Ubicación y Layout

Figura 1. Mapa de ubicación local (Fuente: Elaboración propia).



Coordenadas UTM de referencia Sector Coloso: DATUM WGS 84 Huso: 19	UTM N: 7.371.260	UTM E: 349.260
Coordenadas UTM de referencia Sector Campo de Pozos: DATUM WGS 84 Huso: 19	UTM N: 7.367.614	UTM E: 578.504

Ruta de acceso: El acceso principal a las instalaciones del Área Coloso, se encuentra a aproximadamente 17 Km al sur de la ciudad de Antofagasta, en las dependencias industriales de MEL en Puerto Coloso, y el sector de campo de pozos de Monturaqui, se ubica a unos 78 km al este de la mina Escondida y 50 km al sureste del Salar de Atacama.

Figura 2. Layout del proyecto, sector Coloso (Fuente: EIA "Suministro Complementario de Agua Desalinizada para Minera Escondida").

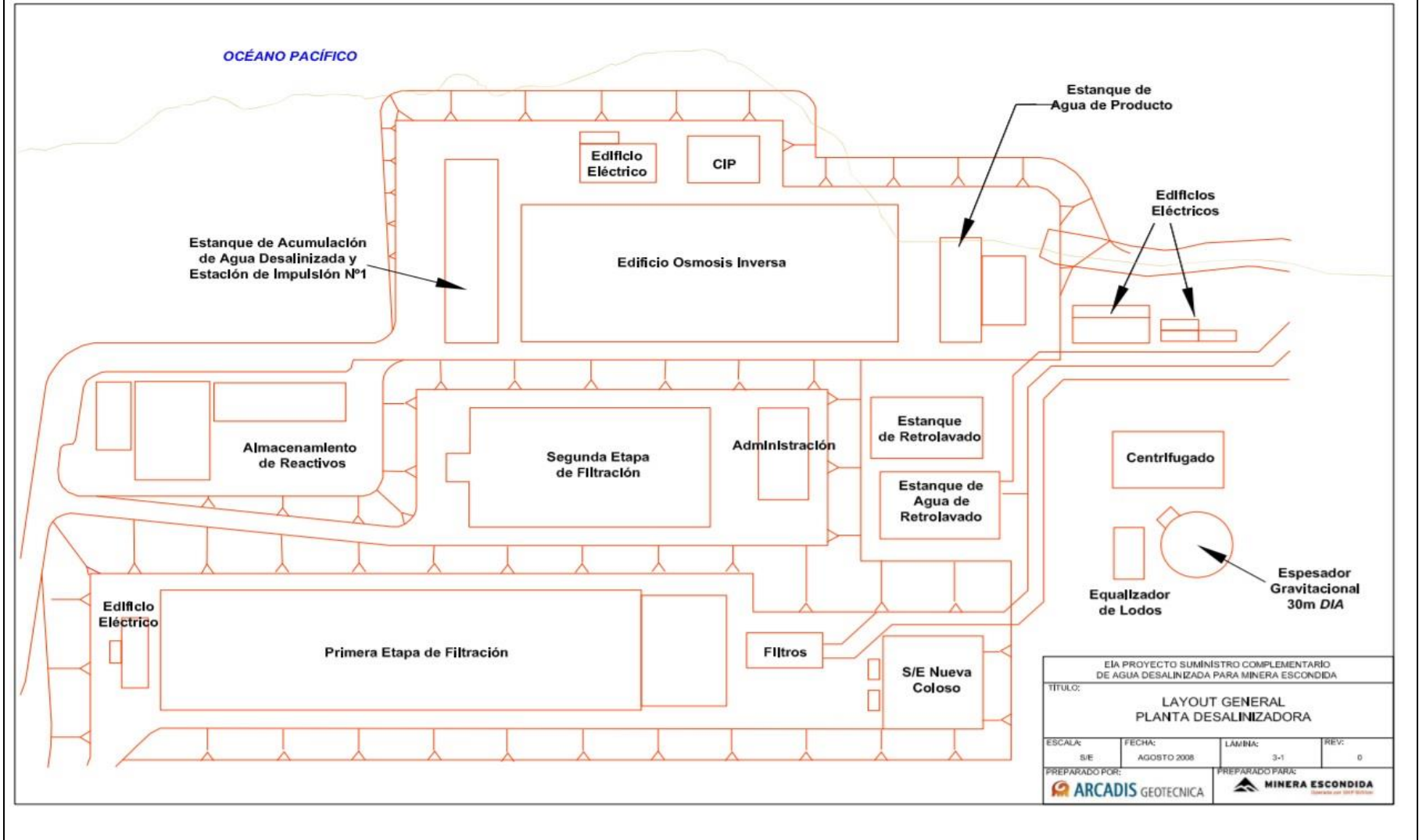
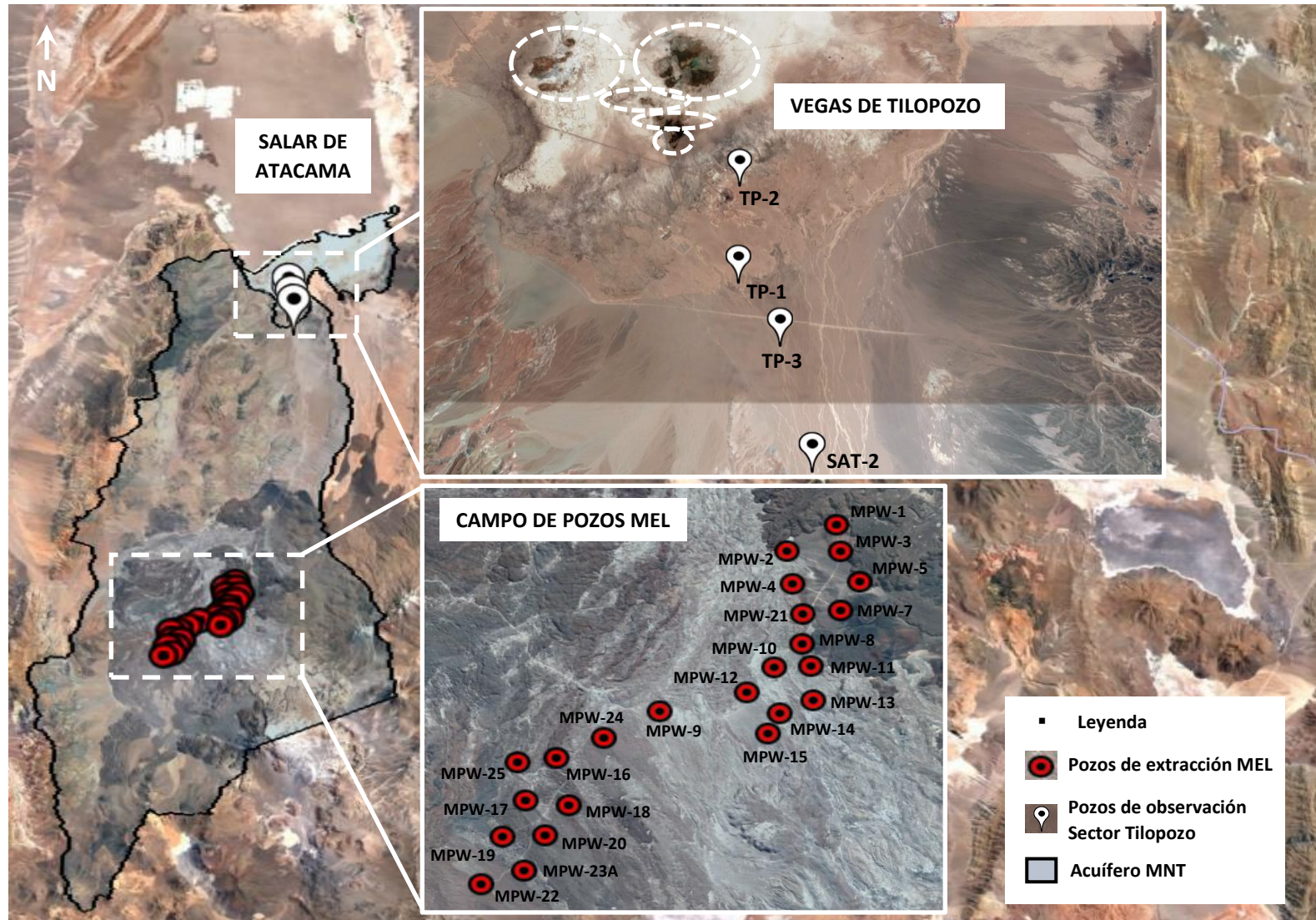


Figura 3. Ubicación vegas de Tilopozo y pozos de extracción de aguas subterráneas Minera Escondida Ltda (MEL).

(Fuente: Elaboración propia en base a las coordenadas UTM informadas por el titular en los informes de seguimiento ambiental remitidos a esta Superintendencia y a la delimitación del acuífero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo (MNT) extractada de la cartografía oficial de la DGA, link: <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Paginas/default.aspx>; ambas fuentes en DATUM WGS 84).



3 INSTRUMENTOS DE CARÁCTER AMBIENTAL FISCALIZADOS

Identificación de Instrumentos de Carácter Ambiental fiscalizados						
N°	Tipo de instrumento	N°/año	Fecha	Comisión/ Institución	Título	Comentarios
1.	RCA	1/1997	12-05-1997	COREMA, Región de Antofagasta	“Lixiviación de Óxido de Cobre y aumento de la capacidad de tratamiento del Mineral sulfurado”	Fase: En Operación (01-01-1998) Pertinencias: <ul style="list-style-type: none"> - COREMA Antofagasta, R.E. N°0184/2003 del 10-11-2003. - COREMA Antofagasta, R.E. N°0140/2005 del 30-05-2005. - COREMA Antofagasta, R. E. N°09/2006 del 09-01-2006. - COREMA Antofagasta, R.E. N°0039/2006 de 16-02-2006. - COREMA Antofagasta, R.E. N°0228/2006 del 20-10-2006. - COREMA Antofagasta, R.E. N°0201/2009 del 03-06-2009.
2.	RCA	136/2003	08-09-2003	COREMA, Región de Antofagasta	“Lixiviación de Sulfuros Minera Escondida”	Fase: En Operación (13-04-2004) Pertinencias: <ul style="list-style-type: none"> - COREMA Antofagasta, R. E. N°09/2006 del 09-01-2006. - SEA Antofagasta, R.E. N°0367/2013 del 27-11-2007. - SEA Antofagasta, R.E. N°0035/2015 29-01-2015. - SEA Antofagasta, R.E. N°0150/2017 del 03-05-2017.
3.	RCA	205/2009	12-06-2009	COREMA, Región de Antofagasta	“Suministro Complementario de agua desalinizada para MEL”	Fase: En Operación (25-10-2017) Pertinencias: <ul style="list-style-type: none"> - SEA Antofagasta, Carta N° 602/2011 del 15-11-2012. - SEA Antofagasta, Carta D.R. N° 43/2013 del 17-01-2013. - SEA Antofagasta, R.E. N° 545/2014 del 10-09-2014. - SEA Antofagasta, R.E. N°28/2015 del 20-01-2015. - SEA Antofagasta, R.E. N°181/2016 del 19-05-2016.

RCA: Resolución de calificación Ambiental
COREMA: Comisión Regional del Medio Ambiente
CE: Comisión de Evaluación Ambiental
SEA: Servicio de Evaluación Ambiental

4 ANTECEDENTES DE LA ACTIVIDAD DE FISCALIZACIÓN

4.1 Motivo de la Actividad de Fiscalización

Motivo		Descripción
X	Programada	Resolución Exenta N° 1637 de fecha 28 de diciembre de 2018, que fija Programa y Subprogramas Sectoriales de Fiscalización Ambiental de Resoluciones de Calificación Ambiental para el año 2019.
		Denuncia ID 31-II-2018 (Anexo 01), la cual informa sobre una disminución del nivel freático en el sector de Tilopozo mayor a 25 cm, superándose con ello la disminución máxima aceptable del nivel freático que pueden soportar los sistemas vegetacionales, según sostiene el numeral 10.4.2.1 del EIA “Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de mineral sulfurado”.

4.2 Materia Específica Objeto de la Fiscalización Ambiental

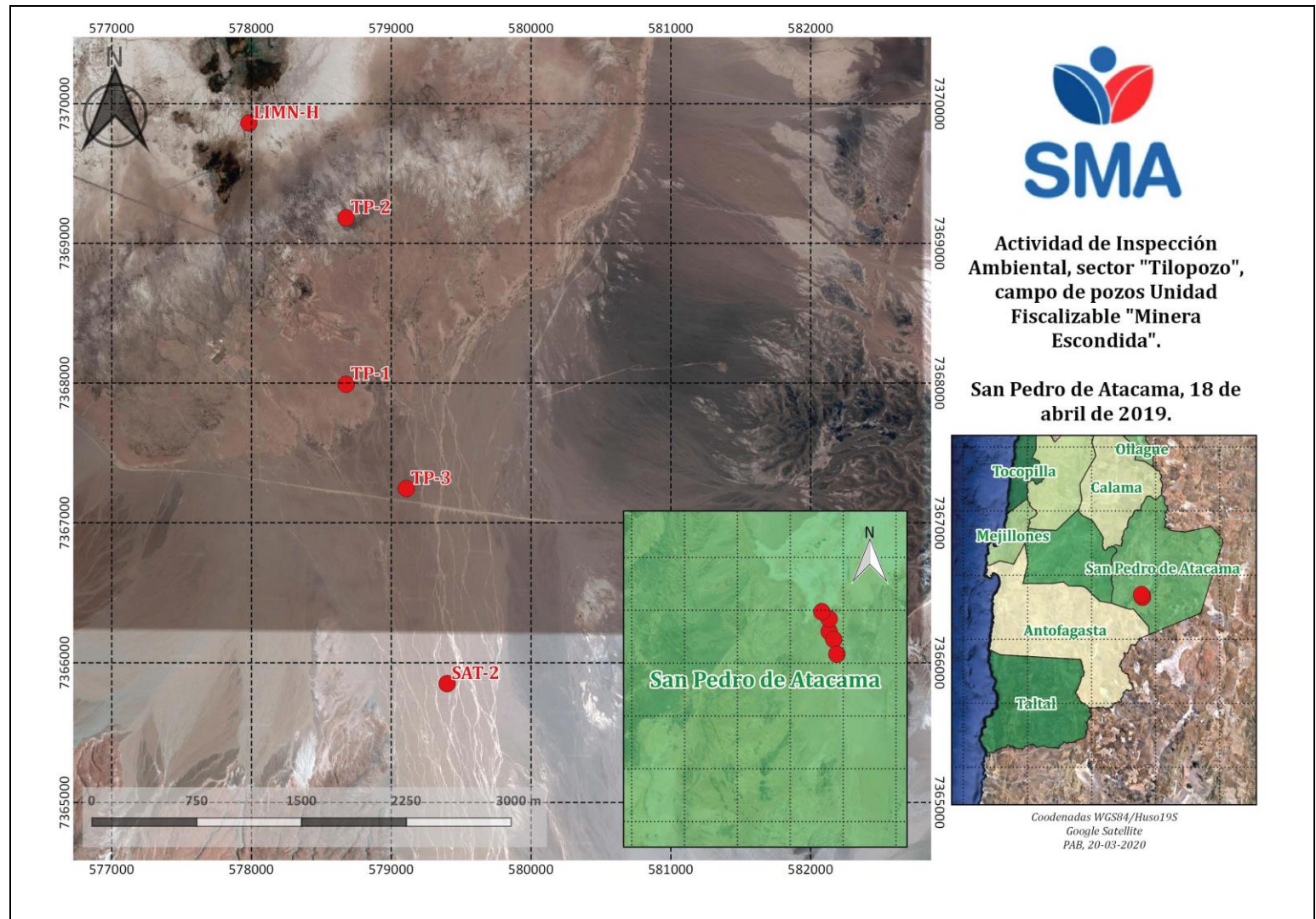
<ul style="list-style-type: none">❖ Fauna marina/comunidades bentónicas.❖ Manejo y explotación de aguas subterráneas.
--

4.3 Aspectos relativos a la ejecución de la Inspección Ambiental

4.3.1 Ejecución de la inspección

Existió oposición al ingreso: NO	Existió auxilio de fuerza pública: NO
Existió colaboración por parte de los fiscalizados: SI	Existió trato respetuoso y deferente: SI
Observaciones: La inspección ambiental fue efectuada durante los días 17 y 18 de abril de 2019. El día 17 se realizó una reunión técnica según consta en el Acta de la actividad (Anexo 03). El día 18 se concurrió al Sector de Tilopozo, realizando actividades de medición y georreferenciación de algunos pozos relacionados con la denuncia ID 31-II-2018, quedando constatados los hechos en el Acta de inspección respectiva (Anexo 04).	

4.3.2 Esquema de recorrido



4.3.3 Detalle del Recorrido de la Inspección

N° de estación	Nombre/ Descripción de estación
1	Pozo de observación TP-1, ubicado en el Sector de Tilopozo.
2	Pozo de observación TP-2, ubicado en el Sector de Tilopozo.
3	Pozo de observación TP-3, ubicado en el Sector de Tilopozo.
4	Pozo de observación SAT-2, ubicado en el Sector de Tilopozo.
5	Punto H, regleta de observación ubicada en el Sector de Tilopozo.

4.4 Revisión Documental

4.4.1 Documentos Revisados

ID	Nombre del documento revisado	Origen/Fuente	Organismo Revisor	Observaciones
01	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL MARINO PLANTA DESALADORA COLOSO; Informe que contiene los resultados consolidados obtenidos en las campañas diciembre de 2012 a mayo de 2013 en el Monitoreo Ambiental del Proyecto Lixiviación de Sulfuros, sector de Punta Coloso.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/8802	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 1° semestre de 2013.
02	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE LARGO PLAZO. CAMPAÑA ESTIVAL 2013; Informe desarrollado en el marco del programa de vigilancia ambiental largo plazo que permite analizar las actividades desarrolladas en la Campaña Estival de 2013.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/8803	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña Estival de 2013.
03	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE LARGO PLAZO. MINICAMPAÑA MAYO – 2013; Informe llamado “Mini-Campaña” debido a que cubre un número menor de estaciones y de elementos traza que el muestreo de Monitoreo de Largo Plazo. Se analiza la concentración de metales de mayo de 2013.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/8821	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la mini campaña mayo de 2013.
04	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE LARGO PLAZO. CAMPAÑA INVERNAL 2013; Informe que contiene los resultados obtenidos durante el Monitoreo invernal de 2013, realizado en el sector de Coloso.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/13001	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña Invierno de 2013.
05	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE LARGO PLAZO, MINICAMPAÑA NOV – 2013; Informe donde se analiza la concentración de metales de la Mini-Campaña de noviembre 2013, tanto en agua de mar como en organismos marinos de Punta Coloso.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/14774	SERNAPESCA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la minicampaña de 2013.

ID	Nombre del documento revisado	Origen/Fuente	Organismo Revisor	Observaciones
06	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL MARINO PLANTA DESALADORA COLOSO; Informe que contiene los resultados consolidados de las actividades de Oceanografía Física y Química, elementos en traza de agua de mar, metales traza en organismos y sedimentos y comunidades de fondos blandos.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/16178	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 2° semestre de 2013.
07	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE LARGO PLAZO; Informe que contiene los resultados obtenidos durante la Campaña Estival 2014.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/22153	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña verano de 2014.
08	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE LARGO PLAZO DESALADORA; Informe que contiene los resultados consolidados obtenidos durante las campañas de diciembre 2013 a abril de 2014, en el marco del Monitoreo Ambiental del Proyecto de Lixiviación de Sulfuros.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/23384	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 1° semestre de 2014.
09	INFORME MONITOREO MEDIO MARINO "PROGRAMA DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL; Informe Monitoreo Medio Marino "Programa de Seguimiento Ambiental, Suministro Complementario de Agua Desalinizada para Minera Escondida, RCA N°0205/2009, Campaña estival 2014.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/26150	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña estival 2014.
10	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE LARGO PLAZO NOVIEMBRE 2014; Informe que contiene los resultados obtenidos durante el Monitoreo Ambiental de Largo Plazo invernal de 2014, realizado en el sector de Coloso.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/28023	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña invierno de 2014.
11	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO DE LIXIVIACIÓN DE SULFUROS PLANTA DESALADORA; Informe que contiene los resultados obtenidos durante el Monitoreo Ambiental de Junio a noviembre de 2014, realizado en el sector de Coloso.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/292014	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 2° semestre de 2014.

ID	Nombre del documento revisado	Origen/Fuente	Organismo Revisor	Observaciones
12	INFORME MONITOREO MEDIO MARINO "PROGRAMA DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL; Informe Monitoreo Medio Marino "Programa de Seguimiento Ambiental, Suministro Complementario de Agua Desalinizada para Minera Escondida, RCA N°0205/2009, Campaña invernal 2014.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/30528	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña invierno 2014.
13	REPORTE CONTROL DE EXTRACCIÓN DE AGUAS - 1° TRIMESTRE DE 2015; Registro mensual de los pozos de producción otorgados como derechos de aprovechamiento, valor totalizador, volúmenes extraídos, caudal medio, nivel del agua por pozo y el caudal instantáneo.	http://snifa.sma.gob.cl/SistemaSeguimientoAmbiental/Documento/Informe/32080	DGA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 1° trimestre 2015.
14	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE LARGO PLAZO CAMPAÑA ESTIVAL 2015; Informe que contiene los resultados obtenidos durante el monitoreo ambiental de largo plazo estival de 2015, realizado en el sector Coloso.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/33086	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña estival 2015.
15	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL, PROYECTO DE LIXIVIACIÓN DE SULFUROS PLANTA DESALADORA; Informe que contiene los resultados obtenidos durante el monitoreo ambiental de diciembre 2014 a mayo 2015, realizado en el sector de Coloso.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/34256	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 1° semestre de 2015.
16	REPORTE CONTROL DE EXTRACCIÓN DE AGUAS - 2° TRIMESTRE DE 2015; Registro mensual de los pozos de producción otorgados como derechos de aprovechamiento, valor totalizador, volúmenes extraídos, caudal medio, nivel del agua por pozo y el caudal instantáneo.	http://snifa.sma.gob.cl/SistemaSeguimientoAmbiental/Documento/Informe/35634	DGA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 2° trimestre 2015.
17	INFORME MONITOREO MEDIO MARINO "PROGRAMA DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL; Informe Monitoreo Medio Marino "Programa de Seguimiento Ambiental, Suministro Complementario de Agua Desalinizada	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/38852	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 1° semestre de 2015.

ID	Nombre del documento revisado	Origen/Fuente	Organismo Revisor	Observaciones
	para Minera Escondida, RCA N°0205/2009, Campaña estival 2015.			
18	REPORTE CONTROL DE EXTRACCIÓN DE AGUAS - 3° TRIMESTRE DE 2015; Registro mensual de los pozos de producción otorgados como derechos de aprovechamiento, valor totalizador, volúmenes extraídos, caudal medio, nivel del agua por pozo y el caudal instantáneo.	http://snifa.sma.gob.cl/SistemaSeguimientoAmbiental/Documento/Informe/40082	DGA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 3° trimestre 2015.
19	INFORME PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE LARGO PLAZO; Informe que contiene los resultados asociados al desarrollo del Programa de Vigilancia Ambiental de Largo Plazo, el cual da cuenta de los compromisos y acuerdos ambientales.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/40859	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña estival de 2015.
20	CONSOLIDADO MONITOREO MARINO DESALADORA RCA N°136/2003; Informe que contiene el monitoreo marino del componente agua, suelo y organismos a través de mediciones de metales traza y estructura de la comunidad betónica submareal de fondos blandos.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/42206	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 2° semestre de 2015.
21	REPORTE CONTROL DE EXTRACCIÓN DE AGUAS - 4° TRIMESTRE DE 2015; Registro mensual de los pozos de producción otorgados como derechos de aprovechamiento, valor totalizador, volúmenes extraídos, caudal medio, nivel del agua por pozo y el caudal instantáneo.	http://snifa.sma.gob.cl/SistemaSeguimientoAmbiental/Documento/Informe/42687	DGA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 4° trimestre 2015.
22	INFORME MONITOREO MEDIO MARINO "PROGRAMA DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL, SUMINISTRO COMPLEMENTARIO DE AGUA DESALINIZADA PARA MINERA ESCONDIDA. CAMPAÑA INVERNAL 2015; Informe que contiene los resultados obtenidos durante el monitoreo ambiental invernal de 2015 de la Nueva Planta Desalinizadora.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/44036	SERNAPESCA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña invierno 2015.

ID	Nombre del documento revisado	Origen/Fuente	Organismo Revisor	Observaciones
23	PLAN ALERTA TEMPRANA PARA ACUIFERO MONTURAQUI - NEGRILLAR – TILOPOZO; Informe que da cuenta del estudio hidrológico en la Cuenca del Salar de Atacama.	http://snifa.sma.gob.cl/SistemaSeguimientoAmbiental/Documento/Informe/44430	DGA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente al Informe N°15: Revisión hasta fines de 2015.
24	REPORTE CONTROL DE EXTRACCIÓN DE AGUAS - 1° TRIMESTRE DE 2016; Registro mensual de los pozos de producción otorgados como derechos de aprovechamiento, valor totalizador, volúmenes extraídos, caudal medio, nivel del agua por pozo y el caudal instantáneo.	http://snifa.sma.gob.cl/SistemaSeguimientoAmbiental/Documento/Informe/45313	DGA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 1° trimestre 2016.
25	INFORME PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE LARGO PLAZO. PERIODO ESTIVAL 2016; Informe que contiene las diversas actividades y estudios que se desarrollan a través de este Programa. Las que evalúan tanto espacial como temporalmente, la calidad ambiental del medio marino del sector Coloso.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/46488	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña verano 2016.
26	REPORTE CONTROL DE EXTRACCIÓN DE AGUAS - 2° TRIMESTRE DE 2016; Registro mensual de los pozos de producción otorgados como derechos de aprovechamiento, valor totalizador, volúmenes extraídos, caudal medio, nivel del agua por pozo y el caudal instantáneo.	http://snifa.sma.gob.cl/SistemaSeguimientoAmbiental/Documento/Informe/48366	DGA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 2° trimestre 2016.
27	CONSOLIDADO MONITOREO MARINO DESALADORA RCA N°136/2003. ESTIVAL 2016; Informe que contiene el monitoreo marino de la componente agua, suelo y organismos a través de mediciones de metales traza y estructura de la comunidad betónica submareal de fondos blandos.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/48314	SERNAPESCA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 1° semestre de 2016.
28	REPORTE CONTROL DE EXTRACCIÓN DE AGUAS - 3° TRIMESTRE DE 2016; Registro mensual de los pozos de producción otorgados como derechos de aprovechamiento, valor totalizador, volúmenes	http://snifa.sma.gob.cl/SistemaSeguimientoAmbiental/Documento/Informe/51261	DGA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 3° trimestre 2016.

ID	Nombre del documento revisado	Origen/Fuente	Organismo Revisor	Observaciones
	extraídos, caudal medio, nivel del agua por pozo y el caudal instantáneo.			
29	INFORME PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE LARGO PLAZO. PERIODO INVERNAL 2016; Contiene las diversas actividades y estudios que se desarrollan a través de este Programa. Las que evalúan tanto espacial como temporalmente, la calidad ambiental del medio marino del sector Coloso.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/52315	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña invierno 2016.
30	REPORTE CONTROL DE EXTRACCIÓN DE AGUAS - 4° TRIMESTRE DE 2016; Registro mensual de los pozos de producción otorgados como derechos de aprovechamiento, valor totalizador, volúmenes extraídos, caudal medio, nivel del agua por pozo y el caudal instantáneo.	http://snifa.sma.gob.cl/SistemaSeguimientoAmbiental/Documento/Informe/54380	DGA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 4° trimestre 2016.
31	INFORME MONITOREO MEDIO MARINO "PROGRAMA DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL, SUMINISTRO COMPLEMENTARIO DE AGUA DESALINIZADA PARA MINERA ESCONDIDA. CAMPAÑA INVERNAL 2016; Informe que contiene los resultados obtenidos durante el monitoreo ambiental invernal de 2016 de la Nueva Planta Desalinizadora.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/55821	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña invierno 2016.
32	CONSOLIDADO MONITOREO MARINO DESALADORA RCA N°136/2003. INVERNAL 2016; Informe que contiene el monitoreo marino de la componente agua, suelo y organismos a través de mediciones de metales traza y estructura de la comunidad betónica submareal de fondos blandos.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/55827	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 2° semestre de 2016.
33	PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL PARA EL MONITOREO DEL MEDIO RECEPTOR MARINO EN EL SECTOR COLOSO. MINERA ESCONDIDA LTDA; Plan de vigilancia ambiental que integra los proyectos calificados ambientalmente como favorables y los ya existentes en el sector Punta Coloso.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/56017	SMA	➤ Acto administrativo de DIRECTEMAR que aprueba PVA integrado de Minera Escondida.

ID	Nombre del documento revisado	Origen/Fuente	Organismo Revisor	Observaciones
34	REPORTE CONTROL DE EXTRACCIÓN DE AGUAS - 1° TRIMESTRE DE 2017; Registro mensual de los pozos de producción otorgados como derechos de aprovechamiento, valor totalizador, volúmenes extraídos, caudal medio, nivel del agua por pozo y el caudal instantáneo.	http://snifa.sma.gob.cl/SistemaSeguimientoAmbiental/Documento/Informe/57169	DGA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 1° trimestre 2017.
35	INFORME PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL MEDIO MARINO EN SECTOR COLOSO. MINERA ESCONDIDA LTDA. I SEMESTRE 2017; Informa actividades y estudios que se desarrollan a través del Plan de Vigilancia Ambiental que integra los proyectos calificados ambientalmente como favorables y los ya existentes en Punta Coloso.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/59662	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña verano 2017.
36	REPORTE CONTROL DE EXTRACCIÓN DE AGUAS - II TRIMESTRE DE 2017; Registro mensual de los pozos de producción otorgados como derechos de aprovechamiento, valor totalizador, volúmenes extraídos, caudal medio, nivel del agua por pozo y el caudal instantáneo.	http://snifa.sma.gob.cl/SistemaSeguimientoAmbiental/Documento/Informe/60008	DGA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 2° trimestre 2017.
37	INFORME MONITOREO MEDIO MARINO “PROGRAMA DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL, SUMINISTRO COMPLEMENTARIO DE AGUA DESALINIZADA PARA MINERA ESCONDIDA. CAMPAÑA ESTIVAL 2016; Informe que contiene los resultados obtenidos durante el monitoreo ambiental estival de 2016 de la Nueva Planta Desalinizadora.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/60561	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña verano 2016.
38	REPORTE CONTROL DE EXTRACCIÓN DE AGUAS - III TRIMESTRE DE 2017; Registro mensual de los pozos de producción otorgados como derechos de aprovechamiento, valor totalizador, volúmenes extraídos, caudal medio, nivel del agua por pozo y el caudal instantáneo.	http://snifa.sma.gob.cl/SistemaSeguimientoAmbiental/Documento/Informe/62795	DGA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 3° trimestre de 2017.

ID	Nombre del documento revisado	Origen/Fuente	Organismo Revisor	Observaciones
39	INFORME PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL MEDIO MARINO EN SECTOR COLOSO. MINERA ESCONDIDA LTDA. II SEMESTRE 2017; Informa actividades y estudios que se desarrollan a través del Plan de Vigilancia Ambiental que integra los proyectos calificados ambientalmente como favorables y los ya existentes en Punta Coloso.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/64721	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña invierno 2017.
40	REPORTE CONTROL DE EXTRACCIÓN DE AGUAS - 4° TRIMESTRE DE 2017; Registro mensual de los pozos de producción otorgados como derechos de aprovechamiento, valor totalizador, volúmenes extraídos, caudal medio, nivel del agua por pozo y el caudal instantáneo.	http://snifa.sma.gob.cl/SistemaSeguimientoAmbiental/Documento/Informe/66152	DGA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 4° trimestre de 2017.
41	PLAN ALERTA TEMPRANA PARA ACUIFERO MONTURAQUI - NEGRILLAR – TILOPOZO. AÑO 2017; Informe que da cuenta del estudio hidrológico en la Cuenca del Salar de Atacama.	http://snifa.sma.gob.cl/SistemaSeguimientoAmbiental/Documento/Informe/68291	DGA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente al Informe N°17: Revisión hasta fines de 2017.
42	REPORTE CONTROL DE EXTRACCIÓN DE AGUAS - I TRIMESTRE DE 2018; Registro mensual de los pozos de producción otorgados como derechos de aprovechamiento, valor totalizador, volúmenes extraídos, caudal medio, nivel del agua por pozo y el caudal instantáneo.	http://snifa.sma.gob.cl/SistemaSeguimientoAmbiental/Documento/Informe/69189	DGA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña 1° trimestre de 2018.
43	INFORME PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL MEDIO MARINO EN SECTOR COLOSO. MINERA ESCONDIDA LTDA. I SEMESTRE 2018; Informa actividades y estudios que se desarrollan a través del Plan de Vigilancia Ambiental que integra los proyectos calificados ambientalmente como favorables y los ya existentes en Punta Coloso.	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/70841	SMA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña verano 2018.
44	INFORME PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL MEDIO MARINO EN SECTOR COLOSO. MINERA ESCONDIDA LTDA. II SEMESTRE 2018; Informa actividades y	http://ssa.sma.gob.cl/Documento/Informe/77167	SERNAPESCA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente a la campaña invierno 2018.

ID	Nombre del documento revisado	Origen/Fuente	Organismo Revisor	Observaciones
	estudios que se desarrollan a través del Plan de Vigilancia Ambiental que integra los proyectos calificados ambientalmente como favorables y los ya existentes en Punta Coloso.			
45	PLAN ALERTA TEMPRANA PARA ACUIFERO MONTURAQUI - NEGRILLAR – TILOPOZO. AÑO 2018; Informe que da cuenta del estudio hidrológico en la Cuenca del Salar de Atacama.	http://snifa.sma.gob.cl/SistemaSeguimientoAmbiental/Documento/Informe/84044	DGA	➤ Documento cargado en el sistema electrónico de seguimiento ambiental de esta Superintendencia correspondiente al Informe N°17: Revisión hasta fines de 2018.
46	Minuta técnica solicitud de información (Anexo 07)	Documento solicitado a través del Acta de fiscalización Ambiental de fecha 18 de abril de 2019 (Anexo 04)	DGA	➤ Antecedente entregado dentro del plazo otorgado en el Acta de Inspección, a través de la Carta de Minera Escondida Ltda. de fecha 03 de mayo de 2019 (Anexo 06).
47	2008 CERT-MNT INF-DG-MEL-11881-POZ-08-030-B. (Anexo 08)	Documento solicitado a través del Acta de fiscalización Ambiental de fecha 18 de abril de 2019 (Anexo 04)	DGA	➤ Antecedente entregado dentro del plazo otorgado en el Acta de Inspección, a través de la Carta de Minera Escondida Ltda. de fecha 03 de mayo de 2019 (Anexo 06).
48	Monitoreo histórico de pozos TP-1, TP-2, TP-3, SAT-2 y H.xlsx (Anexo 09)	Documento solicitado a través del Acta de fiscalización Ambiental de fecha 18 de abril de 2019 (Anexo 04)	DGA	➤ Antecedente entregado dentro del plazo otorgado en el Acta de Inspección, a través de la Carta de Minera Escondida Ltda. de fecha 03 de mayo de 2019 (Anexo 06).

5 HECHOS CONSTATADOS

5.1 Fauna Marina y comunidades bentónicas

Número de hecho constatado: 1
Documentación Revisada: Numeral 4.4.1. del presente Informe, documentos: 1 al 12, 14, 15, 17, 19, 20, 22, 25, 27, 29, 31, 32, 33, 35, 37, 39, 43 y 44.
Exigencias: <u>RCA N° 136/2003 “Lixiviación de Sulfuros”</u> <p>➤ Considerando 11.a. Programa de seguimiento del medio marino: El Programa de Vigilancia Ambiental Marino de Largo Plazo desarrollado por MEL en el área costera frente a Punta Coloso, ha considerado el seguimiento sistemático de variables oceanográficas y de comunidades de fondos blandos. En estos términos, el programa de monitoreo de medio marino propuesto es complementario e independiente del Programa de Vigilancia Ambiental Marino ya existente, y se circunscribe al monitoreo de los efectos de la descarga de salmuera, tanto en la columna de agua como en el medio biótico.</p> <p>➤ Considerando 11.c. Columna de agua: El EIA propone un muestreo trimestral de la columna de agua durante el primer año de operación, que permita el registro continuo del perfil vertical de salinidad y temperatura. Este muestreo será realizado en 9 estaciones distribuidas en forma radial alrededor del punto de descarga, en radios de 10, 20 y 50 metros. Luego del primer año de operación, se redefinirá la frecuencia de las mediciones. En la evaluación ambiental y en atención al monitoreo de la columna de agua propuesto, se propuso posicionar estaciones de muestreo a una distancia de 100 metros de radio desde la descarga, objeto que el monitoreo de cuenta sobre el área de dilución no exceda los 100 metros. Además, de incluir el parámetro de Oxígeno Disuelto. MEL acogió la sugerencia de la Gobernación Marítima de Antofagasta, en el sentido que se incorporarán 3 estaciones de muestreo de columna de agua a una distancia radial de 100m medidos desde el punto de descarga de salmuera, adicionales a las 9 estaciones propuestas para el mismo efecto en el E.I.A. En este mismo sentido, el Titular propone, por este acto, que las estaciones que se sugirió localizar a 50 metros del punto de descarga, se encuentren ubicadas a 60 metros del mismo punto. Asimismo, se incorporará el parámetro Oxígeno Disuelto en las 12 estaciones de muestreo de columna de agua. En la siguiente tabla se resume la distancia radial de las estaciones en cuestión y los parámetros a monitorear, conforme a los términos de la respuesta dada precedentemente: (...)</p> <p>➤ Considerando 11.d. Muestreo de macrofauna bentónica de fondos blandos: Se realizará un monitoreo biológico con el objeto de verificar el posible impacto a los organismos marinos. Se definirán 2 estaciones más una de control (la misma estación de control de Caleta Lengüado), en donde se realizarán monitoreos semestrales durante el primer año. Se establecerá la estructura comunitaria, abundancia, biomasa y diversidad. Luego del primer año, se redefinirá la frecuencia de las mediciones. Estas 2 estaciones se distribuirán en la dirección preferente de dispersión la pluma de salmuera, y estarán separadas entre sí por 50 metros. En virtud de los resultados obtenidos en el primer año de este programa, se revisará junto con las autoridades las necesidades de adaptación y/o ajustes para los futuros monitoreos.</p>

RCA N° 205/2009 “Suministro Complementario de Agua desalinizada para Minera Escondida”

➤ **Considerando 12.** *Que, respecto al Plan de Seguimiento Ambiental, el titular ejecutará lo siguiente:
Actualmente, el titular cuenta con un programa de seguimiento del medio marino, el cual se enmarca dentro del proyecto "Lixiviación de Sulfuros" aprobado mediante la Resolución Exenta N° 0136/2003 del 8 de septiembre del 2003 por la COREMA Región de Antofagasta, y del permiso sectorial otorgado por la Gobernación Marítima de Antofagasta por medio de Ord. N° 12.600/22 del 26 de enero del 2005.
(...)*

➤ **12.1. Plan de Seguimiento**

El plan de seguimiento ambiental considerará mantener como base el diseño del programa de monitoreo de medio marino actual, incorporando nuevas estaciones, la medición de parámetros adicionales en la columna de agua y un seguimiento de las comunidades planctónicas.

Antes de la entrada en operación del proyecto, específicamente durante la etapa de construcción, se llevarán adelante campañas de monitoreo, tanto en época estival como invernal. En estas campañas se medirán los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua, las comunidades planctónicas y la macrofauna bentónica a objeto de enriquecer la línea base del medio marino y complementar el conocimiento de las variaciones estacionales e interanuales considerando las estaciones definidas en la línea base.

(...)

12.1.2. Columna de agua

Se realizarán muestreos con frecuencia semestral de la columna de agua (época estival e invernal), registrando el perfil vertical de salinidad (superficie, medio y fondo), temperatura, densidad, oxígeno disuelto, silicatos, fosfato, fósforo total, nitratos y nitritos.

(...)

12.1.4. Macrofauna bentónica

Para el monitoreo de la macrofauna bentónica se monitoreará las comunidades de los fondos submareales rocoso (duros) y blandos, además de las comunidades presentes en los fondos intermareales rocosos, de la forma como se describe a continuación:

a) Submareal fondo duro: se mantendrá el diseño del monitoreo biológico hasta ahora realizado y utilizará las mismas estaciones definidas para columna de agua y comunidades planctónicas. Se monitorearán un total de 8 estaciones, determinando en el conjunto de éstas, índices ecológicos tales como: abundancia, biomasa, dominancia e índices de diversidad, entre otros.

Las estaciones de monitoreo se distribuirán en un diseño de crucetas con estaciones dispuestas en 4 puntos cardinales situadas a una distancia aproximada de 15 y 35m (E-W), 45 y 65 m (N-S) medidas desde el centro del eje de los difusores, a modo de establecer un gradiente temporal en la estructura comunitaria en relación a la pluma de dispersión. Se incluirá además una estación de la línea de base del proyecto (punto línea de base OC3).

Si las condiciones morfológicas del terreno y de seguridad, no permiten realizar este tipo de monitoreo en la zona inmediatamente aledaña al sector de difusores, las estaciones serán desplazadas hasta al punto más cercano donde se puedan realizar, informando oportunamente a la Autoridad b) Submareal fondos blandos: para el monitoreo de las comunidades bentónicas de fondos blandos, se utilizará el mismo diseño ocupado para las comunidades del submareal fondo rocoso, es decir, 8 estaciones de monitoreo distribuidas en crucetas con estaciones dispuestas en los 4 puntos cardinales, situadas a una distancia aproximada de 15 y 35 m (E-W), 45 y 65 m (N-S), desde el eje de los difusores. Al igual que el caso anterior, se considerará monitorear una estación de la línea de base y desplazar las estaciones en caso de no poder realizar el muestreo en la zona Inmediatamente aledaña a los difusores.

(...)

Todos los monitoreos bentónicos se realizarán con una frecuencia semestral (estival y verano), estableciendo estructura comunitaria, abundancia, biomasa y diversidad. La lámina 8.1-1 del Anexo 8.1-1 de la Adenda N° 1 del EIA, muestra la distribución del monitoreo bentónico intermareal y submareal propuesto.

12.1.5. Informe de resultados

Todos los resultados obtenidos en el monitoreo de la descarga de agua salada provenientes de la planta desalinizadora, que se medirá semanalmente de acuerdo a Tabla N° 5 del Decreto Supremo 90/00 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, se entregarán en forma mensual a la Gobernación Marítima de Antofagasta con copia a la COREMA Región de Antofagasta. Los resultados obtenidos en el monitoreo de columna de agua y macro fauna bentónica de fondos blandos serán informados y entregados semestralmente a la Gobernación Marítima de Antofagasta, Dirección Regional de Pesca con copia a la COREMA Región de Antofagasta.

Toda la información de estaciones de monitoreo, punto de descargas y otras, serán entregadas en coordenadas UTM señalando el datum correspondiente a cada uno de estos.

Resultado examen de Información:

Conforme a lo revisado, el programa de monitoreo en el medio marino ejecutado en el sector Punta de Coloso se ha llevado a cabo desde el año 2012 a la fecha, y está asociado a 4 proyectos de la Unidad Fiscalizable, dos de los cuales cuentan con RCA vigente, RCA N° 136/2003 y N° 205/2009 y los otros dos proyectos no cuentan con un instrumento de fiscalización dado que son previos a la existencia del SEIA. Dado lo anterior, en el año 2016 el titular presentó una propuesta de Programa de Vigilancia Ambiental en el medio marino integrando todos los monitoreos que se realizan de manera separada, con el fin de unificar la información y realizar un análisis más ordenado y acabado en el tiempo justificando técnicamente lo siguiente (*propuesta Plan de Vigilancia Ambiental para el Medio marino en sector Coloso, documento 33, table 4.4.1*):

1. La disposición actual presenta duplicidad de información que dificulta el análisis global del entorno.
2. El actual Programa de Monitoreo Ambiental Marino Coloso, incluye focos de los efectos del emisario submarino utilizado en el proyecto Cobre en Cátodos en Planta Coloso-Antofagasta, el que no opera desde el año 2005, conforme ya se ha informado a la SMA.
3. Asimismo, la unificación del Programa de Monitoreo Ambiental Marino Coloso incorpora además de los proyectos en ejecución lo señalado en la RCA N° 0205/2009, referente al nuevo suministro de agua desalada.
4. La distribución de puntos de monitoreo propuesta cubre una mayor superficie, aproximadamente 5 kilómetros lineales de costa, incorporando estaciones más oceánicas, dando cuenta de la condición ambiental global del sector de Punta Coloso.
5. La distribución de puntos propuesta y la evaluación de distintas variables en cada uno de ellos, permitirá establecer mejores correlaciones.

A través del ORD. G.M. Anto ORD. N° 12600/265 de fecha 7 de diciembre de 2016, la autoridad marítima se pronunció conforme con la modificación del Programa de Vigilancia Ambiental en el Medio Marino propuesto por el titular, el cual integró los monitoreos asociados a las RCA N° 136/2003 y N° 205/2009. Cabe hacer presente que dicha modificación, comienza a contar de la primera campaña posterior al documento emitido por la autoridad marítima.

Considerando el escenario antes mencionado, se realizó un análisis de los seguimientos cargados por el titular en la plataforma electrónica de seguimientos ambientales de esta Superintendencia, y se efectuó una separación entre el seguimiento antes y después de la modificación, sin perjuicio de que se observaron las tendencias desde el inicio de las campañas de monitoreo:

- a. En relación con los variables y estaciones consideradas en el PVA integrado, se constató que el titular comenzó a realizar las campañas del nuevo plan de monitoreo desde el verano del año 2017, y se verificó que fueron efectuadas todo lo comprometido en el documento propuesta Plan de Vigilancia Ambiental para el Medio marino en sector Coloso, documento 33 de la tabla 4.4.1. del presente informe.
- b. Respecto a las variables físicas en la columna de agua, en general las campañas efectuadas muestran patrones verticales homogéneos, por lo que no se observa una estratificación marcada en la columna de agua. Los valores de temperatura, salinidad y densidad se enmarcan, en la variabilidad reportada para el sector norte de Chile descrita por Arcos y Núñez, 1988¹ Respecto al disuelto, no evidenciaron mínimas de oxígeno. (**Figuras 4, 5, 6 y 7**)
- c. En relación a la Materia orgánica contenida en los sedimentos (MOT) submareales e intermareales, se observan valores estables en las campañas efectuadas, sin grandes variaciones en los periodos de invierno y verano (**Figura 8**) Cabe hacer presente que en la campaña de invierno de 2018, se obtuvo un registro histórico asociado a una estación intermareal, en la cual registró un valor de 9,43%, sin embargo, todas las otras estaciones marcaron valores acordes a los resultados de campañas anteriores por lo que, se considera un valor puntual, sin perjuicio de que se tenga en consideración analizar su comportamiento para un análisis futuro. En general, los valores de materia orgánica se condicen con lo reportado para playas artificiales de Antofagasta, los cuales fluctúan en valores que van desde los 0,97% a 3,99% (Castro y Valdés (2012)²).
- d. En relación con las comunidades fitoplanctónicas, en las campañas se observan abundancias predominantes para el grupo de diatomeas en relación a los dinoflajelados, se observa, además, que hay una marcada estacionalidad en las campañas de invierno y verano, la cual estaría relacionada a condiciones favorables de surgencia las que ocurren principalmente durante primavera y verano. En cuanto al zooplancton, en términos de abundancia se visualiza una tendencia sujeta a la variabilidad natural de los sistemas de surgencia costera intermitente, la cual provoca cambios en pequeña escala de tiempo en las comunidades, por lo que no se observan diferencias drásticas entre los monitoreos históricos en el área.
- e. La macrofauna bentónica, fluctúa en riqueza de especie en aproximadamente 40 taxas, los cuales se ajustan a lo señalado en estudio de Carrasco & Moreno, 2006³, dominado por los grupos taxonómicos: Polychaeta, Crustacea y Mollusca, en casi todas las campañas de monitoreo. La densidad promedio en el área frente a Punta Coloso, donde está ubicada la descarga de la planta desaladora se ha mantenido constante. En cuanto a la biomasa, se observa que la comunidad es dominada por especies de moluscos de gran tamaño, pero en baja abundancia. (**Figuras 9 y 10**)

A través del ORD. AFTA N° 66/2019 de fecha 24 de abril de 2019 (Anexo 05), se encomendaron a SERNAPESCA los seguimientos ambientales en el medio marino para su revisión. A través del Oficio ORD./II/N°140999 de fecha 05 de septiembre de 2019 (Anexo 10) dicho servicio se pronunció observando lo siguiente:

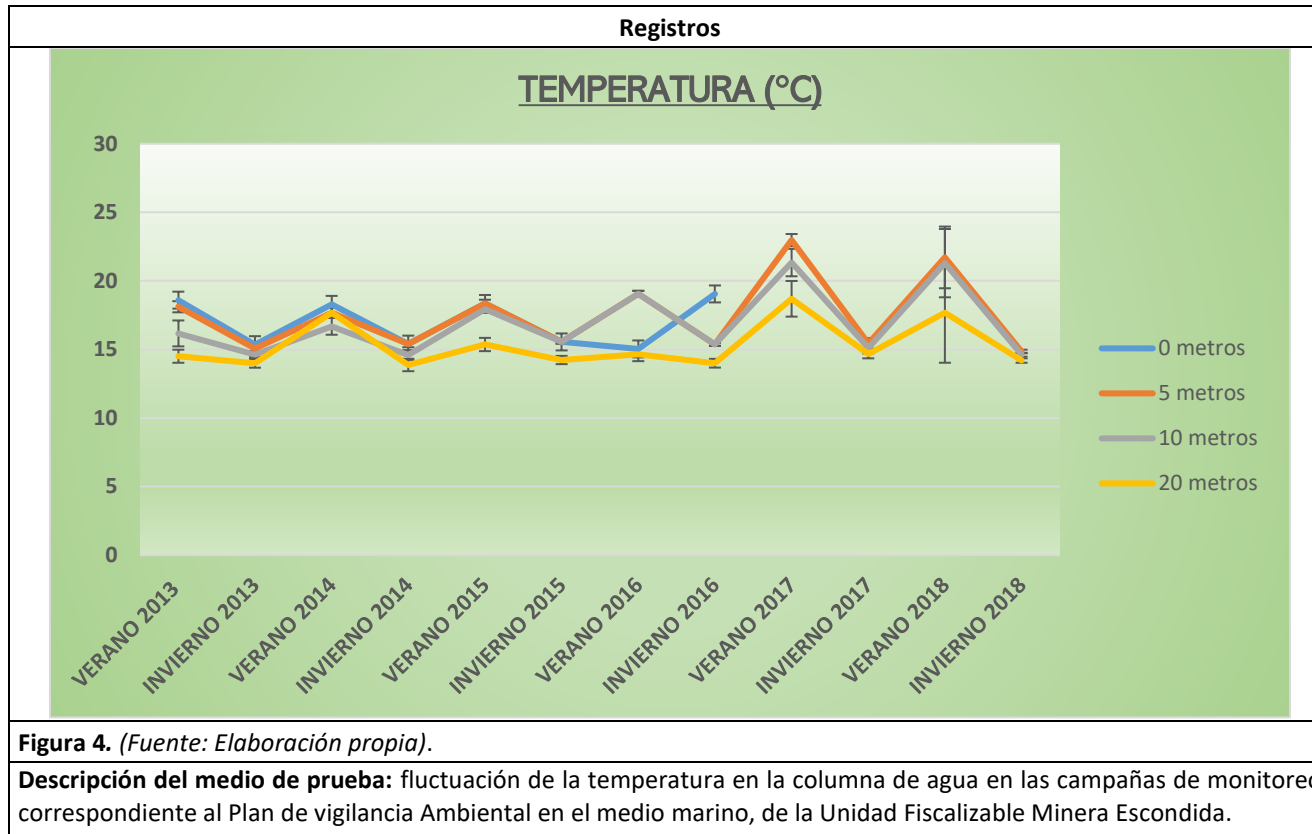
- a. El Reporte técnico remitido por SERNAPESCA señaló que, desde el punto de vista de la ecología de los elementos traza, el conocimiento de su distribución espaciada en los cuerpos de agua y en tejidos, aparece como un aspecto multidisciplinario clave con el fin de identificar aquellos elementos que pueden ser selectivamente bioacumulados y comprender sus comportamientos bioinorganicos. Donde especies como el “chorito” y la “almeja” aparecen con cierto grado de toxicidad al superar los niveles de bioacumulación establecidos en la normativa nacional (D.S. N°977) y de referencia internacional (FDA 1993), en chorito para los analitos Se, Cu y Cd, en el caso del recurso almeja As y Cd.
- b. Se advierte que en los sedimentos existe un incremento de elementos traza de algunos analitos y bajo concentración en la columna de agua. Lo anterior, podría deberse a que un elemento en el agua de mar puede ser muy reactivo (lábil) entonces rápidamente movilizado hasta los sedimentos puede estar en su fuente de origen en muy baja concentración (rocas).

¹ ARCOS D. & S. NÚÑEZ. 1998. Características oceanográficas del área costera de Punta Coloso. En: Minería, Ecología y Ambiente Costero: El Caso de Minera Escondida Limitada (D. Arcos, Ed.): 187-218.

² Castro, G. & J. Valdés. 2012. Concentración de metales pesados (Cu, Ni, Zn, Cd, Pb) en la biota y sedimentos de una playa artificial, en la bahía San Jorge 23°S, norte de Chile. Lat. Am. J. Aquat. Res. 40 (2): 267-281.

³ Carrasco, F.D. & R. Moreno. 2006. Long-term dynamics (1990 to 2004) of the polychaete fauna from the sublittoral soft-bottoms off Punta Coloso (Antofagasta), northern Chile. Scientia Marina 70S3: 169-178.

c. Se advierte que los resultados de diversidad y riqueza de especies no permiten constatar efectos adversos sobre la biodiversidad en el sector de influencia de a descarga de salmuera.



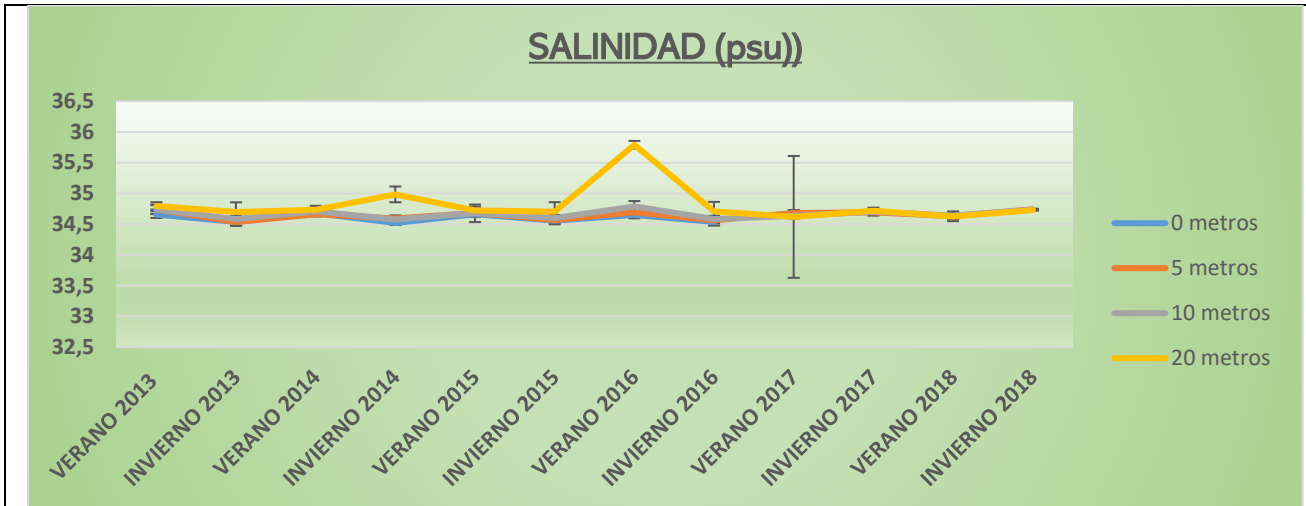


Figura 5. (Fuente: Elaboración propia).

Descripción del medio de prueba: fluctuación de la salinidad en la columna de agua en las campañas de monitoreo correspondiente al Plan de vigilancia Ambiental en el medio marino de la Unidad Fiscalizable Minera Escondida.

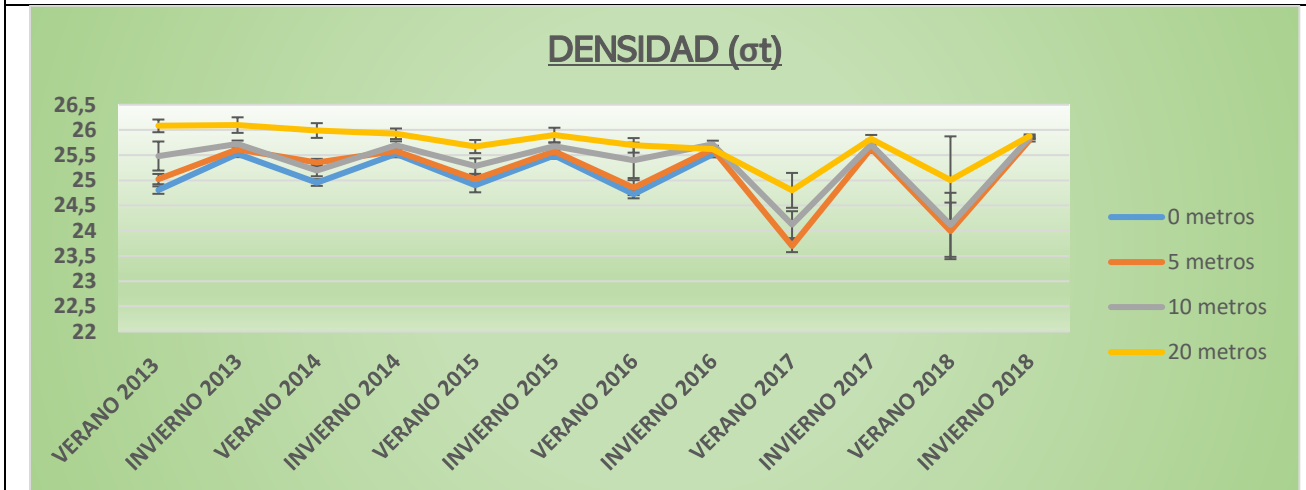


Figura 6. (Fuente: Elaboración propia).

Descripción del medio de prueba: fluctuación de la densidad en la columna de agua en las campañas de monitoreo correspondiente al Plan de vigilancia Ambiental en el medio marino de la Unidad Fiscalizable Minera Escondida.

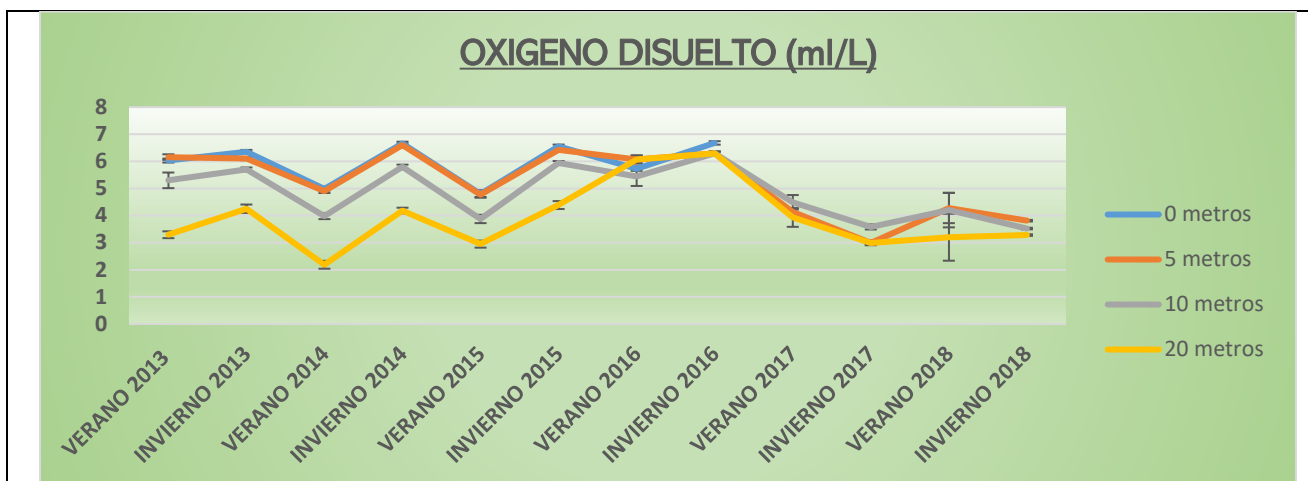


Figura 7. (Fuente: Elaboración propia).

Descripción del medio de prueba: fluctuación del oxígeno disuelto en la columna de agua en las campañas de monitoreo correspondiente al Plan de vigilancia Ambiental en el medio marino de la Unidad Fiscalizable Minera Escondida.

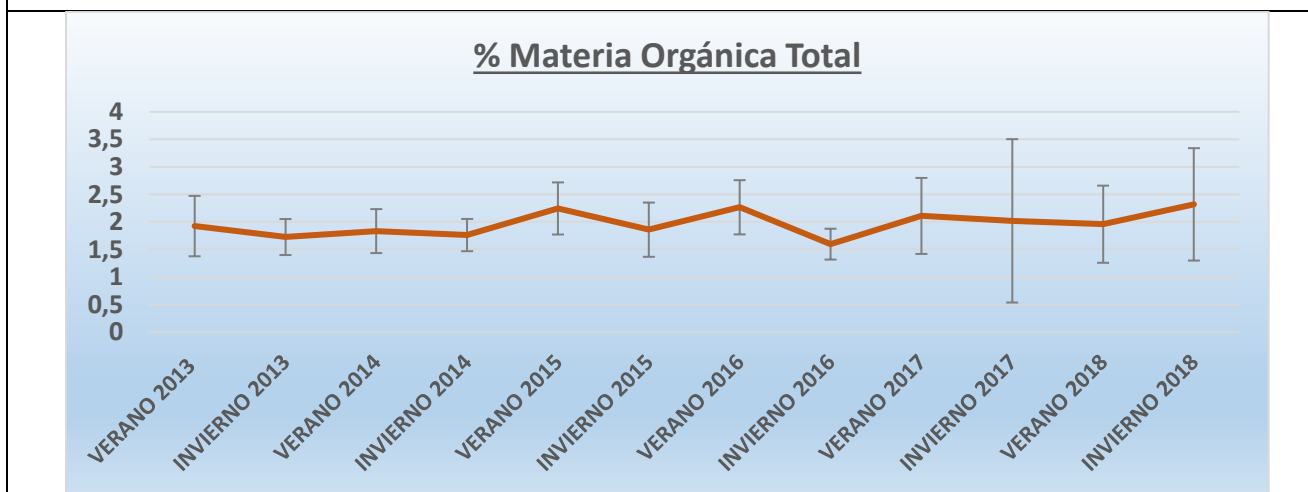


Figura 8. (Fuente: Elaboración propia).

Descripción del medio de prueba: Fluctuación del porcentaje de materia orgánica (MOT) en las campañas de monitoreo correspondiente al Plan de vigilancia Ambiental en el medio marino, de la Unidad Fiscalizable Minera Escondida.

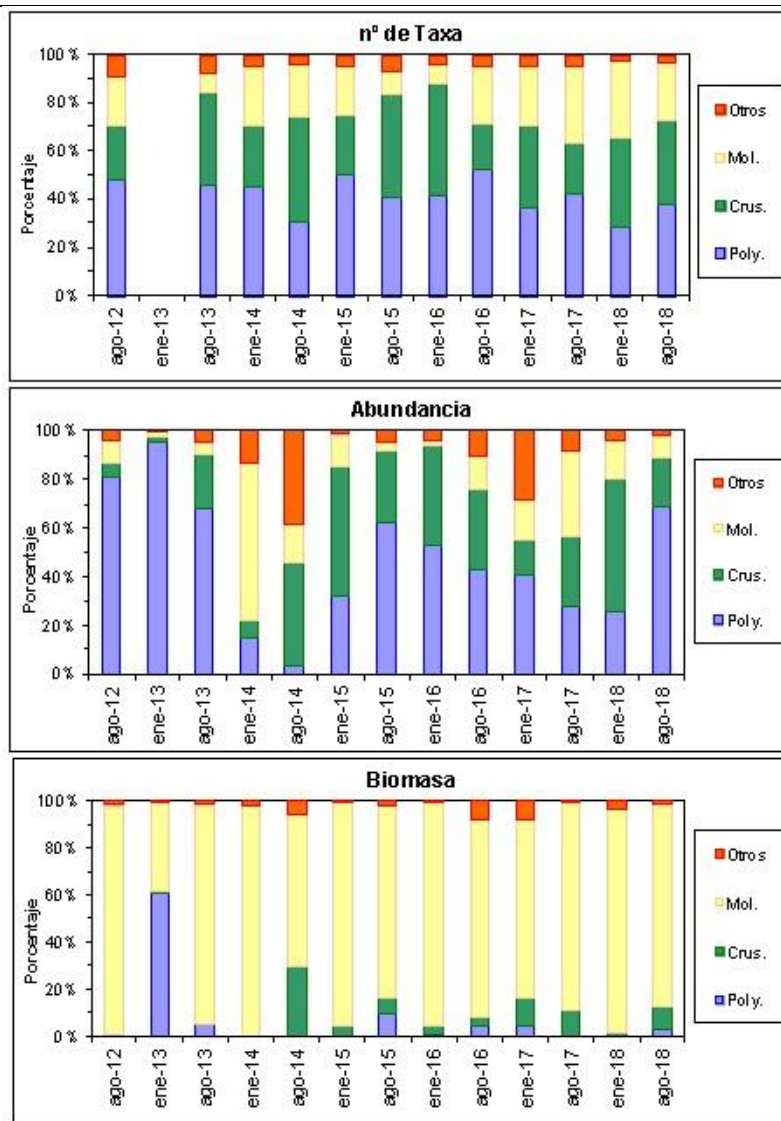


Figura 9. (Fuente: Informe Plan de Vigilancia Ambiental Medio Marino en Sector Coloso, noviembre 2018).

Descripción del medio de prueba: Tendencias de variable de Abundancia, biomasa y los taxa en la comunidad submareal de fondos blandos, arrojados en las campañas de monitoreo marino de la unidad fiscalizable Minera Escondida.

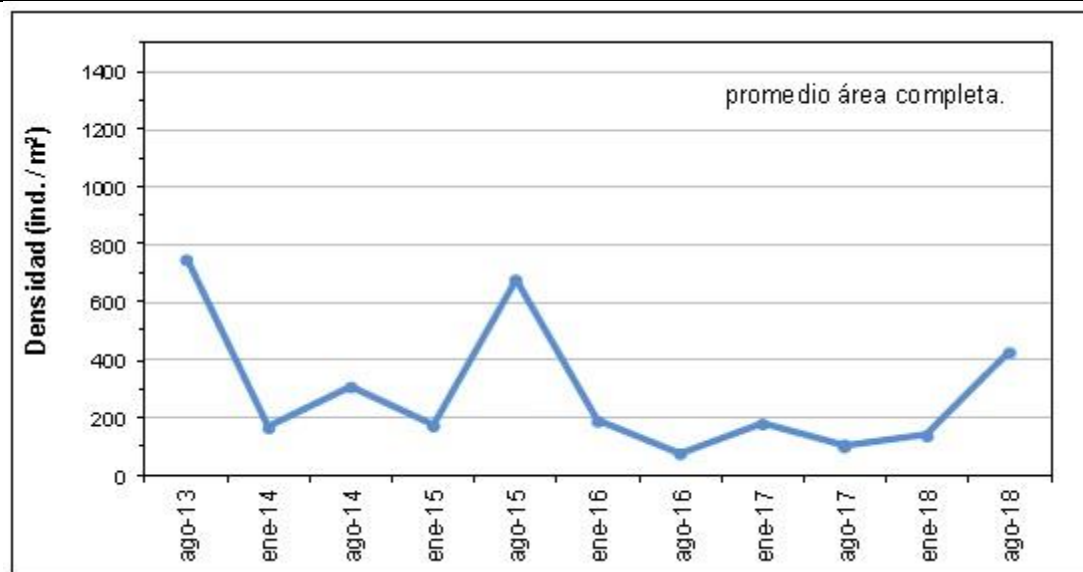


Figura 10. (Fuente: Elaboración propia).

Descripción del medio de prueba: Tendencias de la densidad de individuos en la comunidad submareal de fondos blandos, arrojados en las campañas de monitoreo marino de la unidad fiscalizable Minera Escondida.

5.2 Manejo y explotación de aguas subterráneas

Número de hecho constatado: 2	Estaciones: Todas las indicadas en la tabla 4.3.3. del presente informe
Documentación Revisada: Numeral 4.4.1. del presente Informe, documentos: 13, 16, 18, 21, 23, 24, 26, 27, 28, 30, 34, 36, 38, 40, 41, 42, 45, 46, 47 y 48.	
Exigencias:	
<u>RCA N° 01/1997, EIA “Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado”</u>	
<p>➤ Numeral 10.4.2.1 del EIA, ‘Determinación del Impacto Hidrogeológico Máximo Aceptable en Tilopozo’ <i>La determinación del nivel máximo en la disminución del nivel freático en Tilopozo fue determinada por CEA (1996b).</i></p> <p><i>Metodología</i> <i>Se seleccionaron 7 especies, de las cuales 4 presentan los valores de importancia más altos para el sitio de estudio, Distichlis spicata, Scirpus americanus, Lycium humile y Juncus balticus. Las otras 2 especies seleccionadas, Pluchea absinthioides y Triglochin concinna presentan valores intermedios, mientras que la tercera, Ephedra breanna, es una especie que presenta una distribución muy puntual en los bordes del salar.</i> <i>El estudio consistió en seleccionar al azar distintos individuos de las especies mencionadas, los cuales fueron excavados con el objeto de caracterizar la morfología de las raíces. Para cada individuo, se registró la profundidad hasta la cual mostraban presencia importante de raíces, los que se llamó sector de raíces gruesas. Además se registró la profundidad hasta la cual era posible distinguir presencia de raíces aunque fueran muy finas. Este último valor se le denominó profundidad máxima de raíces.</i></p> <p><i>Conclusiones</i> <i>(...) es posible plantear que en general las plantas estudiadas en el sector Sur del Salar de Atacama, podrían soportar una disminución en el nivel de la napa freática de alrededor de 25 centímetros, sin que esto implique extinción local de las poblaciones.</i> <i>Aunque pareciera que esta disminución de 25 centímetros podría implicar la muerte de algunos individuos con raíces más superficiales, se debe considerar que este valor no considera ni la profundidad máxima a la cual se encontraron las raíces por debajo de la napa freática ni el potencial de las plantas de profundizar más las raíces cuando se enfrenten a una disminución gradual del nivel de la napa freática. Por lo tanto, para los efectos de este EIA, se considera, en forma conservadora, que la disminución máxima aceptable del nivel freático en el sector de Tilopozo, puede ser de 25 cm. Se considera que esta disminución no causaría impactos importantes en la flora y, consecuentemente en la fauna del lugar.</i></p> <p>➤ Numeral 10.4.2.2 del EIA, ‘Generación de Impactos Hidrogeológicos’ <i>Métodos para el Pronóstico de Impactos Hidrogeológicos</i> <i>El análisis hidrogeológico sobre los impactos de extracción de agua por MEL en el área de Tilopozo, ha sido realizado en base a los parámetros del acuífero discutidos en la Sección 8.6.</i> <i>En este análisis se asume que la extracción por CMZ será de 400 L/s y continuará hasta el año 2015, en tanto la extracción por MEL será de 1.400 L/s, comenzando en 1999 y continuando hasta el año 2020. El modelo supone que la autoridad no autorizará nuevas extracciones, por sobre los flujos indicados anteriormente. Estos lapsos de tiempo han sido determinados para mitigar los efectos del bombeo al largo plazo, puesto que su efecto en el flujo pasante resultará en una reducción en la alimentación al área de Tilopozo dentro de un rango ambientalmente aceptable. Dicha reducción disminuiría el nivel de aguas subterráneas en el sector en una magnitud menor a 25 cm, valor que, como se indicó en la Sección 10.4.2.1, no compromete la flora ni la fauna del lugar.</i></p>	

➤ **Numeral 10.4.2.3 del EIA, 'Medidas de Mitigación'**

(...) las sucesivas evaluaciones hidrogeológicas efectuadas como parte de este EIA y el estudio del impacto hidrogeológico ambientalmente aceptable en Tilopozo, como consecuencia del bombeo en el sector de Monturaqui-Negrillar, han tenido por objetivo reducir dicho impacto. En este sentido, la limitación del tiempo de bombeo es una medida efectiva de mitigación, que se considerará en la explotación de dicho acuífero por parte de MEL. Su validez y efectividad en el tiempo se confirmará mediante los monitoreos respectivos los que establecerán un sistema de alerta temprana que indicará el tiempo posible de bombeo, el que podría corresponder a menos o más de los 21 años establecidos en este EIA.

Hechos constatados:

A. Denuncia ingresada por la Dirección General de Aguas (DGA) - ID 31-II-2018:

- a. Mediante Oficio ORD. DGA N° 23 de fecha 17 de abril de 2018 (Anexo 01), dicho Servicio informó lo siguiente:
- "(...) el Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos (DCPRH) de la DGA realizó el análisis de los descensos de los niveles freáticos en el Sector de Tilopozo producto de las extracciones de agua subterránea en el acuífero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo (MNT), región de Antofagasta".
 - "(...) se analizó si los descensos se ajustan a lo dispuesto en el EIA del proyecto "Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado", Región de Antofagasta, calificado favorablemente mediante la RCA N°001/1997, utilizando para ello los antecedentes de los Informes reportados por Minera Escondida Ltda. en el contexto del Plan de Alerta Temprana (PAT) sectorial⁴ que le aplica a dicho titular. Cabe destacar que los valores umbrales que se consignan en el referido PAT derivan del citado EIA "Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado".
 - "El análisis efectuado, que se encuentra plasmado en el Memo DCPRH-DGA N°23/2018, adjunto a este documento, **permite concluir sobre una disminución del nivel freático en el Sector de Tilopozo mayor a 25 cm, superándose con ello la disminución máxima aceptable del nivel freático que pueden soportar los sistemas vegetacionales (numeral 10.4.2.1 del EIA)**". A mayor detalle, en el Memo DCPRH-DGA N° 23/2018, adjunto al Oficio ORD. DGA N° 23/2018, dicho Servicio relevó descensos de 39, 27, 39 y 66 centímetros en los puntos de monitoreo TP-1, TP-2, TP-3 y SAT-2, respectivamente, utilizando información hasta junio del año 2017. De acuerdo a lo informado por DGA, dichos valores fueron obtenidos en base a la siguiente metodología: "Como **indicador del descenso histórico producido en la fase de bombeo** (en metros), se calculó el producto entre la tasa de variación de nivel (en metros/año) correspondiente a la pendiente de la recta que ajusta los datos, y el periodo de registro en estudio (en años). Se optó por utilizar este indicador para reflejar la tendencia de descenso de largo plazo del acuífero, independizándose de las variaciones estacionales invierno-verano, permitiendo con ello disponer de una estimación objetiva de la disminución acumulada del nivel del agua subterránea".
 - "Se debe recalcar que la medida de mitigación considerada en el referido EIA, a saber, reducir el periodo de bombeo a 21 años⁵, fue evaluada por medio del modelo hidrogeológico del proceso de evaluación y tuvo por objetivo que el nivel de aguas subterráneas no descendiera de los 25 cm antes indicados.
 - "En esta línea argumental, los datos analizados dan cuenta de que dicha medida resultó ser insuficiente, toda vez que el umbral de 25 cm viene siendo superado en los pozos TP-1, TP-2, TP-3 y SAT-2 del Sector de Tilopozo desde noviembre 2009, septiembre 2015, diciembre 2009 y septiembre 2005, respectivamente".
 - "Ante la evidencia anterior, **se estima que el titular debiera haber cotejado lo indicado en el numeral 10.4.2.3 del EIA, en cuanto a reducir el periodo de explotación a menos de 21 años frente a una disminución del nivel freático superior a los 25 cm**, a saber: "En este sentido, la limitación del tiempo de bombeo es una medida efectiva de mitigación, que se considerará en la explotación de dicho acuífero por parte de MEL. **Su validez y efectividad en**

⁴ Los reportes revisados en el Memo DCPRH N°23 también se encuentran publicados en la plataforma SMA-OS en el marco del seguimiento ambiental de la RCA N°001/1997.

⁵ DGA señala que "De acuerdo a los datos de control de extracciones disponibles en DGA, Minera Escondida Ltda. comenzó su explotación el año 1998, cumpliéndose los 21 años autorizados el próximo año 2019".

el tiempo se confirmará mediante los monitoreos respectivos los que establecerán un sistema de alerta temprana que indicará el tiempo posible de bombeo, el que podría corresponder a menos o más de los 21 años establecidos en este EIA” (énfasis agregado).

- *“Como antecedente, la Información más actualizada del control de extracciones que Minera Escondida Ltda. reporta por el sistema SMA-OS (link ID N° 66152), da cuenta de que dicho titular ha continuado extrayendo recurso hídrico subterráneo al menos hasta el mes de Diciembre del año 2017”.*

B. Actividades de fiscalización ejecutadas en el periodo 2019-2020:

B.1. Inspección ambiental de los días 17 y 18 de abril de 2019.

- a. La actividad de inspección efectuada el día 17 de abril (ver Acta en Anexo 03) tuvo como objetivo realizar la reunión de inicio con el titular, en la cual se presentó la materia objeto y las actividades de fiscalización involucradas. Además, se gestionó la logística necesaria para efectuar al día siguiente la actividad de inspección de los pozos de observación del Sector de Tilopozo.
- b. El día 18 de abril (ver Acta en Anexo 04), el equipo fiscalizador SMA efectuó una medición de la profundidad del agua subterránea en los pozos TP-1, TP-2, TP-3 y SAT-2 del Sector de Tilopozo, con un pozómetro de 200 metros de registro, modelo “Geotech environmental equipment, INC, Geotech Water level Meter”. La medición de la altura del brocal fue realizada con una cinta métrica y los puntos fueron georreferenciados mediante una PDA, en coordenadas DATUM WGS 84. Los resultados se detallan a continuación:

Estación	Pozo	Coordenada Norte (m)	Coordenada Este (m)	Altura (msnm)	Brocal (cm)	Profundidad (m)	Observaciones
1	TP-1	7.367.614,70	578.504,95	2.330,26	41,0	10,07	Pozo sin base, con sensor
2	TP-2	7.368.804,65	578.499,50	2.322,29	33,9	3,90	Pozo sin base, con sensor
3	TP-3	7.366.866,30	578.924,38	2.336,36	40,1	16,44	Pozo sin base, con sensor
4	SAT-2	7.365.454,85	579.243,17	2.350,80	45,0	20,22	Pozo sin base, con sensor de medición desconectado, con los cables en su interior

- c. Como parte de los requerimientos de la actividad de inspección se requirió al titular presentar los datos de monitoreo histórico de estos mismos puntos de observación, en formato de planilla Excel. Este antecedente fue presentado por Minera Escondida Ltda. mediante Carta de fecha 03 de mayo de 2019 (Anexo 09); la información se analiza en detalle en el apartado B.2.2 del presente Informe.

B.2. Examen de información de reportes de seguimiento ambiental y otros antecedentes provistos por Minera Escondida Ltda.

B.2.1 Evaluación de cumplimiento de los caudales de extracción de aguas subterráneas.

- a. Por medio del ORD. AFTA N° 56/2019 de fecha 12 de abril de 2019 (Anexo 02), se encomendaron a DGA los seguimientos ambientales de las extracciones para su revisión. Mediante Oficio ORD. DGA N° 628, de fecha 18 de diciembre de 2019 (Anexo 11), dicho Servicio remitió su análisis sobre los caudales de bombeo para el periodo 2015-2018, contrastando las extracciones con el límite establecido en la autorización ambiental de Minera Escondida Ltda., a saber, un caudal de 1.400 l/s.
- b. El examen de información realizado por DGA concluye que el caudal de extracción del titular no superó el valor de 1.400 L/s escala anual (**Figura 11, a**). A escala mensual sí se produjeron superaciones del caudal de 1.400 L/s en los meses de ene/2015, feb/2015, ago/2015, sep/2015, oct/2015, nov/2015, ene/2016, feb/2016, mar/2016, sep/2016, oct/2017, dic/2017, ene/2018 y may/2018 (**Figura 11, b**). No obstante, DGA reportó que: *“En el proceso de evaluación ambiental del proyecto “Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado” de Minera Escondida Limitada, se autorizó a la titular la extracción de agua subterránea desde el acuífero de Monturaqui, a una razón de 1.400 l/s por un período de 21 años, y una extracción conjunta, para Minera Escondida y Compañía Minera Zaldívar, de 1.800 l/s, caudales que han sido entendidos como medias anuales”* (énfasis agregado).
- c. En complemento a lo anterior, y a partir de los informes de seguimiento ambiental remitidos por MEL, esta Superintendencia hizo la verificación de caudales para todo el periodo histórico en el cual se dispone de información (septiembre/1998 – diciembre/2018), determinando que la extracción en dicho periodo tampoco excedió el caudal de 1.400 L/s a escala media anual (**Figura 12, a**). A escala mensual sí se produjeron superaciones en 40 meses (ver el detalle en la descripción de la **Figura 12, b**), lo que equivale a un 16% del total de 244 meses de bombeo. Cabe destacar que en el expediente de evaluación ambiental del EIA “Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado”, no fue encontrada una mención expresa a si el referido caudal de 1.400 L/s corresponde a una autorización promedio anual o mensual. Sin embargo, de acuerdo al pronunciamiento de la DGA –servicio con competencia en el componente recurso hídrico– el caudal aprobado a Minera Escondida Ltda. se ha entendido como medio anual, escala de tiempo en la que no ocurrieron excedencias según la verificación realizada.
- d. La base de datos sistematizada con los caudales de extracción históricos se acompaña en el archivo Excel ‘Extracciones_MEL’ (Anexo 12). Dicho archivo también contiene los resultados de la comparación con los caudales aprobados ambientalmente según lo señalado por la DGA.
- e. Finalmente, se debe tener presente que la autorización ambiental de MEL para explotar el acuífero de Monturaqui-Negrillar-Tilopozo refiere a un periodo de 21 años, el cual finalizó en diciembre del año 2019. Mediante Carta HSE 496, de fecha 30 de diciembre de 2019 (Anexo 13), Minera Escondida Ltda. informó a esta Superintendencia que el bombeo y extracción de agua desde el campo de pozos Monturaqui sería suspendido a partir del 01 de enero de 2020. En tanto, mediante Carta HSE 042, de fecha 27 de enero de 2020 (Anexo 14), el titular remitió los antecedentes para acreditar que el bombeo fue detenido a contar de dicha fecha, adjuntando Actas Notariales con los registros gráficos de los flujómetros (Anexo 15), que dan cuenta que los pozos de bombeo se encuentran bloqueados.

B.2.2 Evaluación de cumplimiento del umbral de 25 centímetros del Sector de Tilopozo.

- a. En su Oficio ORD. DGA N° 23/2018 (Anexo 01), dicho Servicio informó que los valores umbrales que se consignan en el “Plan de Alerta Temprana⁶ para el acuífero de Monturaqui-Negrillar-Tilopozo”, aprobado por la Resolución DGA N°1972/2001 (Anexo 16), derivan del EIA “Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado”. En particular, ello incluye el valor umbral de descenso de 25 centímetros en el Sector de Tilopozo.

⁶ Plan de Alerta Temprana (PAT).

- b. En conformidad con lo informado por la misma DGA en su Memo DCPRH-DGA N° 23/2018, adjunto al Oficio ORD. DGA N° 23/2018, *“El PAT establece como límite sur de la zona de Tilopozo la coordenada UTM Norte 7.365.000 metros, constatándose con ello que los pozos ubicados en el denominado Sector de Tilopozo y que pertenecen al PAT, corresponden de sur a norte a SAT-2, TP-3, TP-1 y TP-2”*. En la **Figura 13** se muestra la ubicación de los referidos puntos de monitoreo.
- c. Lo señalado por DGA resulta coincidente con lo reportado por el propio titular en el marco del seguimiento ambiental de la RCA N° 01/1997. En particular, en el último Reporte Anual de seguimiento de aguas subterráneas, Minera Escondida Ltda. hace referencia a los citados puntos de monitoreo SAT-2, TP-3, TP-1 y TP-2 como parte del Sector de Tilopozo (numeral 4.2.1 del Informe año 2018 del ‘Plan de Alerta Temprana para acuífero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo’, Código SSA N° 84.044).
- d. Mediante ORD. AFTA N° 75/2019 de fecha 23 de abril de 2019 (Anexo 17), se encomendó a DGA la revisión de los antecedentes provistos por el titular (Anexos 6, 7, 8 y 9) en respuesta a los requerimientos del Acta de Inspección del día 18 de abril (Anexo 4). Mediante Oficio ORD. DGA N° 120, de fecha 28 de febrero 2020 (Anexo 18), dicho Servicio actualizó el análisis evacuado por medio del Oficio ORD. DGA N° 23/2018, analizando la información de niveles de aguas subterráneas del Sector de Tilopozo al mes de abril del año 2019, según las mediciones informadas por Minera Escondida Ltda.. Siguiendo la misma metodología del Oficio ORD. DGA N° 23/2018 –a saber, cálculo del producto entre la tasa de variación de nivel (en m/año) de la recta de ajuste de los datos y el periodo de registro en años– DGA estimó descensos de 43, 30, 44 y 75 centímetros en los puntos de monitoreo TP-1, TP-2, TP-3 y SAT-2, respectivamente. Todos estos descensos resultan superiores a los informados previamente en el Oficio ORD. DGA N° 23/2018. Con base en lo anterior, DGA concluyó que *“A partir de los resultados expuestos, este Servicio reitera lo señalado en el Ord. DGA N° 23/2018 sobre una **disminución de nivel freático en el Sector de Tilopozo mayor a 25 cm, superando con ello los umbrales impuestos en el EIA “Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado”**”*.
- e. Considerando la base de datos analizada por DGA e incorporando las mediciones efectuadas en la inspección del día 18 de abril de 2019, esta Superintendencia complementó el análisis siguiendo la misma metodología de dicho Servicio, pero calculando el descenso desde el inicio del bombeo de Minera Escondida Ltda., a saber, septiembre de 1998. Esta estimación permitió confirmar que desde esa fecha ha ocurrido un descenso sostenido en los niveles de aguas subterráneas del Sector de Tilopozo, superándose el umbral de 25 cm en los cuatro puntos de observación analizados (39 centímetros en TP-1, 27 centímetros en TP-2, 40 centímetros en TP-3 y 75 centímetros en SAT-2). Tomando las ecuaciones de las rectas de ajuste de los datos en cada punto de monitoreo, fue posible estimar que dicha superación viene produciéndose aproximadamente desde **diciembre 2011, septiembre 2017, junio 2011 y julio 2005**, respectivamente (ver **Figura 14**).
- f. Los descensos obtenidos van disminuyendo al aproximarse al sistema de vegas en Tilopozo –75 centímetros en SAT-2, 40 centímetros en TP-3, 39 centímetros en TP-1 y 27 centímetros en TP-2– lo que guarda coherencia con la dirección sur-norte del flujo subterráneo en el acuífero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo y con el cono de depresión provocado por las extracciones. De manera análoga, la primera superación del umbral tuvo lugar en el pozo más distante ubicado aguas arriba del sistema de vegas (julio 2005 en SAT-2), y así sucesivamente en los siguientes situados aguas abajo (junio 2011 en TP-3; diciembre 2011 en TP-1 y septiembre 2017 en TP-2).
- g. Sobre el comportamiento observado en el Sector de Tilopozo, en el Informe año 2018 del ‘Plan de Alerta Temprana para acuífero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo’ (Código SSA N° 84.044), Minera Escondida Ltda. detalló que *“Los hidrogramas que caracterizan esta zona muestran la **superposición de dos comportamientos; una tendencia al descenso ocasionada por la propagación de los conos de depresión, y la variabilidad estacional propia de las condiciones naturales**. El rango de la variación estacional en todos los puntos de monitoreo es **del orden de 5 a 10 cm**, siendo mayor en los puntos ubicados hacia el norte. Los niveles más profundos ocurren hacia fines del verano”* (énfasis agregado). En este orden de ideas, se debe hacer presente que el EIA “Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado”, en su numeral 10.4.2.1, consigna que el umbral de 25 centímetros debe entenderse como la disminución máxima aceptable del nivel freático en el Sector de Tilopozo, sin separar en su estimación una contribución debido al bombeo o a efectos naturales. Con todo, y en el caso que se aceptara que pueda existir una variabilidad natural del orden de 10 centímetros, los

descensos que estarían provocados exclusivamente por efecto del bombeo seguirían siendo superiores a 25 centímetros en tres de los cuatro puntos de observación, a saber: 29 centímetros en TP-1, 30 centímetros en TP-3 y 65 centímetros en SAT-2.

- h. La base de datos sistematizada que sustenta los cálculos de descenso de niveles se acompaña en el archivo Excel 'Niveles_Sector_Tilopozo' (Anexo 19).
- i. Por último, cabe recalcar que en el mismo Oficio ORD. DGA N° 120/2020, y respecto al punto H que controla el nivel superficial del afloramiento de agua subterránea en Tilopozo, dicho Servicio informó que éste "(...) no es analizado por no ser un punto de medición representativo según informa MEL en las piezas del expediente de evaluación "Proyecto Monturaqui", en el que señala que la regleta de medición ha sufrido asentamientos".

B.2.3 Efectos relacionados con el estado de las vegas de Tilopozo.

- a. El Equipo de Monitoreo Avanzado del Departamento de Gestión de la Información de esta Superintendencia preparó el Informe Técnico 'Reporte Humedal Tilopozo' (Anexo 20), con el objetivo de diagnosticar el estado vegetacional del sistema Tilopozo mediante el uso de imágenes satelitales y evaluar si existe alguna correlación de su comportamiento con el nivel freático del acuífero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo, particularmente con el punto de observación más cercano a la ubicación de las vegas (pozo TP-2; ver **Figura 14**) respecto de aquellos que fueron analizados por DGA en sus Oficios ORD. DGA N° 23/2018 y ORD. DGA N° 120/2020.
- b. Para estudiar la vegetación se generaron series temporales mensuales del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en los distintos sistemas (ver **Figura 15**), en base a imágenes del satélite Landsat 5 y 7 a 30 metros de resolución espacial, entre el año 1995 (inicio de las extracciones desde el acuífero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo por parte del titular Compañía Minera Zaldívar SpA⁷; ver **Figura 23**) y el año 2019 (última fecha con datos de extracciones informadas por los respectivos titulares).
- c. Las imágenes disponibles entre los años 1990 y 1994 fueron utilizadas para calcular el percentil 90 del NDVI con el fin de segmentar los humedales según distintos grados de vigor, de modo de contar con una caracterización previa al inicio de los bombeos. De esta forma se generaron 3 zonas distintas, a saber: Zona 5 (NDVI>0,5), Zona 3 (0,3<NDVI<0,5) y Zona 1 (0,1<NDVI<0,3), los sectores con NDVI<0,1 se consideraron sin vegetación; ver **Figura 16**. Esta segmentación fue utilizada en el cálculo del Índice NDVI para el periodo coincidente con el post-inicio de las extracciones (1995-2019), lo que permitió definir valores para cada una de las Zonas antes indicadas.
- d. Los resultados del análisis arrojaron una tendencia a la disminución del Índice NDVI, lo que en particular se observa para la totalidad de los subsistemas categorizados con alto vigor (Zona 5). En las **Figuras 17, 18 y 19** se muestra la evolución temporal del Índice para las vegas con mayor superficie y que además cuentan con sectores con alto vigor (Zona 5), a saber, Tilopozo 1, Tilopozo 2 y Tilopozo 3, respectivamente⁸. La tendencia antes señalada es indicativa de una disminución en el vigor y/o cobertura de la vegetación entre los años 1995 y 2019.
- e. Para la comparación entre los niveles de aguas subterráneas y la vegetación, las series temporales del pozo de observación TP-2 (periodo 1996-2019) y de NDVI (periodo 1995-2019) fueron descompuestas en sus componentes estacionales, de tendencia e irregularidades utilizando medias móviles. El análisis realizado a partir de la componente de tendencia de ambas series determinó altas correlaciones entre las variables, especialmente para los sectores de vegetación con alto vigor (Zona 5); ver **Figura 20**.
- f. A partir del cálculo del percentil 90 de NDVI para las imágenes de los años 1995 y 2019 (ver **Figura 21**), se computó la diferencia en las áreas con presencia de vegetación determinándose una pérdida total de 2,88 hectáreas, lo que representa el 3% del área de 94,68 hectáreas al año 1995. De igual manera, se identificaron transiciones de superficies de mayor a menor vigor o a sectores sin vegetación, pudiendo cuantificarse un total de 24,57 hectáreas que han sufrido algún cambio hacia una disminución de su vigor y/o cobertura, lo que equivale a un 26% de la superficie total al año 1995.

⁷ Más detalles en el **Apartado C** del presente Hecho Constatado.

⁸ Las demás gráficas de NDVI pueden ser consultadas en el Informe Técnico 'Reporte Humedal Tilopozo' (Anexo 20).

- g. Complementariamente, fueron revisados los seguimientos del componente vegetación contenidos en el expediente de fiscalización ambiental de Minera Escondida Ltda. y de los demás titulares en el Salar de Atacama, constatándose lo siguiente:
- Minera Escondida Ltda.: el Informe año 2018 del 'Plan de Alerta Temprana para acuífero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo' (Código SSA N° 84.044), contiene dentro de sus Anexos el documento titulado 'Monitoreo de las Condiciones Hídricas del Sector Sur del Salar de Atacama, Vegas de Tilopozo y Lagunas La Punta y La Brava, Informe de Verano año 2018'. Dicho documento incluye los resultados de estimación de la cobertura vegetal en el Sector de Tilopozo mediante el procesamiento y análisis de imágenes satelitales para la temporada de verano del año 2018, y su comparación con registros históricos desde el año 2002. Como parte de las conclusiones del análisis, el titular reporta que *“La comparación histórica general, permite visualizar que las estimaciones de la cobertura vegetal en ambas temporadas (veranos e inviernos), **al aplicarles una regresión lineal, presentan un descenso**”* (énfasis agregado).
 - Albemarle Ltda.: en el Informe Anual N° 3 del Plan de Manejo Biótico, invierno 2018 – Verano 2019 (Código SSA N° 86.133), el titular hace un análisis de las tendencias de los tres años de monitoreo del proyecto post-RCA (periodo invierno 2016 a verano 2019) en contraste con los valores históricos (monitoreo base efectuado en julio de 2016), incluyendo el comportamiento de la vegetación azonal del Sector de Tilopozo. Para ello fueron considerados como indicadores los resultados de las transectas de vegetación según el trabajo realizado en terreno por Albemarle Ltda. y la estimación de las coberturas activas a partir del uso de imágenes satelitales. De acuerdo con lo relevado por el titular, del análisis de las transectas se observa un descenso de la cobertura promedio de la vegetación (de un 39,9% en el monitoreo base del año 2016 a un 30,6% en el último monitoreo de verano del año 2019) y un aumento en la cobertura promedio de rastrojos (de un 6,2% en el monitoreo base del año 2016 a un 18,3% en el último monitoreo de verano del año 2019)⁹. En tanto, al relacionar los resultados de transectas con las variaciones en el Índice NDVI estimadas con imágenes satelitales, Albemarle Ltda. reporta que las especies *Distichlis spicata*¹⁰, *Juncus Balticus*¹¹ y *Lycium Humile*¹¹ en Tilopozo han presentado una baja en sus coberturas durante los tres años de seguimiento respecto del monitoreo base. Se destaca que dichas especies corresponden a tres de las cuatro con mayor valor de importancia según el EIA “Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado” (numeral 10.4.2.1).

C. Relación de causalidad y efectos combinados vinculados con las actividades de extracción de aguas subterráneas del acuífero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo:

- Existen tres titulares que extraen agua subterránea desde el acuífero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo: Minera Escondida Ltda.¹² (sector acuífero Monturaqui), Compañía Minera Zaldívar SpA (sector acuífero Negrillar) y Albemarle Ltda. (sector acuífero Tilopozo). En la **Figura 22** se ilustra la ubicación de los puntos de bombeo de cada titular respecto de las vegas de Tilopozo.
- Cabe destacar que las referidas extracciones cuentan con derechos de aprovechamiento de aguas otorgados por la DGA y con autorización ambiental. En la **Figura 23** se especifican los permisos ambientales vigentes de cada titular y el resumen de sus extracciones históricas a escala media anual; a partir de los antecedentes remitidos a esta Superintendencia a la fecha es posible determinar que todos se han ajustado a sus respectivas autorizaciones. La base de datos sistematizada con los caudales de extracción históricos de los tres titulares se acompaña en el archivo Excel 'Extracciones_MEL_CMZ_ALB' (Anexo 21). Dicho archivo también contiene los resultados de la comparación con los caudales aprobados ambientalmente.

⁹ Más detalles en la Figura N° 12-111 del Informe Código SSA N° 86.133.

¹⁰ Más detalles en la Figura N° 12-113 del Informe Código SSA N° 86.133, específicamente para los resultados de la formación herbazal *Distichlis spicata* en Tilopozo.

¹¹ Más detalles en la Figura N° 12-113 del Informe Código SSA N° 86.133, específicamente para los resultados de la formación herbazal *Juncus Balticus* en Tilopozo.

¹² Como se indicó en el **Apartado B.2.1, letra e)** del presente Hecho Constatado, el pasado mes de diciembre del año 2019 expiró la autorización ambiental de Minera Escondida Ltda. para extraer agua subterránea, habiendo dicho titular cesado sus extracciones a partir del 01 de enero del año 2020 según lo informado a esta Superintendencia.

- c. De la verificación anterior se desprende que Minera Escondida Ltda. es el titular con el mayor caudal de extracción (media anual histórica de 1098,7 L/s), y el que se ubica a mayor distancia de los objetos de protección en Tilopozo (alrededor de 45 kilómetros). En tanto, Albemarle Ltda. es el usuario con la menor explotación (media anual histórica de 6,4 L/s), siendo sus pozos de bombeo los más cercanos al sistema de vegas (del orden de 5 kilómetros, estando uno de ellos emplazado directamente sobre uno de los sistemas vegetacionales). En un punto intermedio se encuentra Compañía Minera Zaldívar SpA, que ha explotado el acuífero a una media anual histórica de 172,6 L/s, ubicándose su campo de pozos a unos 30 kilómetros de Tilopozo.
- d. En cuanto al inicio de las extracciones, el primer usuario en comenzar la explotación del acuífero fue Compañía Minera Zaldívar SpA (1995), luego Albemarle Ltda. (1997) y finalmente Minera Escondida Ltda. (1998).
- e. Respecto de la verificación de la extracción conjunta de los titulares Minera Escondida Ltda. y Compañía Minera Zaldívar SpA, pudo comprobarse que la suma de los bombeos a escala media anual no excede el monto de 1.800 L/s establecido en el numeral 10.4.2.2 del EIA “Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado” (ver **Figura 24**).
- f. Sobre las variables ambientales tendientes a verificar el estado de las vegas de Tilopozo –particularmente por medio del control del parámetro nivel de agua subterránea– se pudo determinar que:
- **Minera Escondida Ltda.:** según lo expuesto en el apartado B.2.2, se produjo la activación del umbral de 25 centímetros contenido en el permiso ambiental del referido titular, constatándose un aumento sostenido en el descenso del agua subterránea en los puntos de observación del Sector de Tilopozo. La primera superación de dicho umbral ocurrió el año 2005 en el pozo SAT-2.
 - **Compañía Minera Zaldívar SpA:** no cuenta con umbrales definidos en sus autorizaciones ambientales, pese a estar autorizado para extraer 500 L/s de agua subterránea entre el año 1995 y el año 2019 (julio), y 212,75 L/s entre el año 2019 (agosto) y el año 2025.
 - **Albemarle Ltda.:** la RCA N° 21/2016 que autorizó el proyecto “EIA Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama”, define umbrales en indicadores ubicados a unos 4,5 kilómetros al norte de las vegas de Tilopozo (puntos BA-05, BA-07 y BA-16 del PAT Sector de Alerta Acuífero, Sistema La Punta-La Brava; ver **Figura 25**), cuya activación –durante tres medidas consecutivas en al menos un indicador– gatilla la reducción de la extracción de sus pozos de bombeo de agua subterránea y salmuera. Para la verificación se cotejaron los umbrales indicados en la Tabla 4-10 del Anexo N° 3 de la Adenda N° 5 del EIA antes indicado¹³. Al analizar la información más actualizada de niveles de agua subterránea reportada por el titular para los indicadores antes señalados (Informe Anual N° 4 del Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico – año 2019, Código SSA N° 93.715), pudo constatarse que no se ha producido la activación del PAT. En efecto, en los puntos BA-05 (**Figura 25, a**) y BA-16 (**Figura 25, b**) el nivel del agua subterránea no ha estado por debajo del umbral, mientras que en el punto BA-07, si bien el nivel se situó bajo el umbral en dos fechas seguidas (días 05-01-2019 y 26-01-2019; ver **Figura 25, c**), en la medición siguiente (día 20-02-2019) se recuperó y sobrepasó el mismo, no cumpliéndose el ciclo de tres medidas consecutivas bajo dicho valor exigido como condición de activación. Cabe destacar que algunas de las mediciones reportadas por Albemarle Ltda. tuvieron una frecuencia quincenal, como parte de las acciones correctivas que derivan de la activación de la Fase I del Plan de Alerta Temprana Sector de Alerta Norte¹⁴ del mismo titular (los reportes específicos que remiten mediciones quincenales en los meses en que se produjo la activación de los umbrales en los puntos BA-07 y BA-16 son: Informe Mes de Noviembre de 2018; Código SSA N° 77.657; Informe Mes de Enero de 2019;

¹³ Cabe destacar que el Considerando 10.15 de la citada RCA, establece que los umbrales deben ser recalculados restando sólo una desviación estándar y no dos desviaciones como fue realizado en la referida Adenda N° 5. Sin embargo, de acuerdo con lo indicado en la observación 2.16 del Oficio ORD. DGA N° 15, de fecha 06 de enero de 2016, que se pronunció sobre dicha Adenda y que se encuentra transcrita en el Informe Consolidado de Evaluación (ICE) del proceso, el recálculo de umbrales debe ser realizado sólo después de la 2da actualización del modelo hidrogeológico (hito que aún no ocurre), incorporando la nueva información del seguimiento ambiental en los indicadores y previa visación de la Autoridad.

Pronunciamento DGA disponible en el link: <https://infofirma.sea.gob.cl/DocumentosSEA/MostrarDocumento?docid=8a/fa/adaa50a06106fd3150a209634aa4a04d6040>.

¹⁴ El referido Plan de Alerta Temprana incluye indicadores del titular SQM Salar S.A ubicados en el sector norte del Salar de Atacama, localizados a más de 30 kilómetros del límite norte del acuífero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo.

Código SSA N° 79.725; e Informe Mes de Marzo de 2019; Código SSA N° 81.952). La base de datos sistematizada que sustenta la comprobación anterior se encuentra disponible en el archivo Excel 'Niveles_ALB' (Anexo 22).

- g. Se consultó el modelo hidrogeológico presentado por Minera Escondida Ltda. en el marco de la evaluación ambiental del EIA "Proyecto Monturaqui", cuyo objetivo fue predecir los impactos en el acuífero de Monturaqui-Negrillar-Tilopozo. Si bien este EIA actualmente se encuentra desistido por el titular, el citado modelo contó con pronunciamiento favorable de la DGA¹⁵. Específicamente, en la Adenda Complementaria N° 2¹⁶ el titular presentó los descensos proyectados para el Sector de Tilopozo en los puntos de observación TP-1, TP-2, TP-3 y SAT-2 (ver ubicación en **Figura 14**), para el escenario definido como 'Caso Base' que contempla las extracciones de agua subterránea bajo las autorizaciones ambientales vigentes de Minera Escondida Ltda., Compañía Minera Zaldívar SpA y Albemarle Ltda., en línea con lo expuesto en la **Figura 23**. Los resultados de las simulaciones (**Figura 26**) arrojan lo siguiente:
- En todos los pozos de monitoreo se proyecta un descenso sostenido del nivel hasta el año 2040, fecha a partir de la cual tienden a estabilizarse y luego a presentar una leve tendencia a la recuperación sobre el final del periodo simulado (periodo 2135-2200), pero sin alcanzar la condición previa al inicio de las extracciones.
 - El umbral de 25 centímetros es superado en todos los puntos de monitoreo (desde el año 2010 en SAT-2; desde el año 2017 en TP-3; desde el año 2019 en TP-1; y desde el año 2028 en TP-2), sin retornar a valores inferiores a dicho umbral en el resto del periodo modelado.
 - Este pronóstico devela que es esperable que el efecto actualmente constatado en el Sector de Tilopozo continúe manifestándose aún después del cese de las extracciones de Minera Escondida Ltda. (año 2019), de Compañía Minera Zaldívar SpA (año 2025) y de Albemarle Ltda. (año 2041).
 - La base de datos sistematizada que sustenta esta verificación se encuentra disponible en el archivo Excel 'Descensos_Modelo_MEL' (Anexo 23).
- h. Finalmente, cabe destacar que la hipótesis de causalidad entre el efecto de las extracciones de aguas subterráneas y el comportamiento observado en los niveles y las vegas de Tilopozo, se encuentra fundamentada técnicamente en las siguientes dos publicaciones científicas:
- *Soto, J., Román-Figueroa, C., and Paneque, M. 2019. A Model for Estimating the Vegetation Cover in the High-Altitude Wetlands of the Andes (HAWA). Land 2019, 8, 20* (Anexo 24): en esta publicación los autores desarrollan modelos predictivos para estimar la cobertura vegetal en los sistemas del Sector de Tilopozo, correlacionando el comportamiento observado con los datos de precipitación, evapotranspiración y los registros de niveles de aguas subterráneas disponibles. Las principales conclusiones obtenidas fueron: 1) el análisis histórico mostró una pérdida de 34 hectáreas de vegetación¹⁷ entre los años 1985 y 2016, lo que equivale a una pérdida anual promedio de 1,08 hectáreas por año, 2) se observó una alta dependencia entre la vegetación y la profundidad del nivel freático en todos los modelos predictivos elaborados, 3) existe un posible retraso de diez años entre el inicio del bombeo en la parte superior del acuífero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo y los primeros efectos observables en la vegetación, 4) el efecto provocado por el bombeo fue una disminución en el nivel freático en Tilopozo, lo que a su vez generó un cambio en la cobertura vegetal. Esto se debe a que la disminución del nivel freático conlleva un aumento en la zona de aireación y una disminución en la zona saturada, lo que afecta la disponibilidad de humedad del suelo y produce en consecuencia una pérdida de la superficie de vegetación, y 5) la incidencia de las variables climáticas en la cobertura vegetal es menor que la incidencia de las acciones humanas, y esto puede deberse al tipo de vegetación presente en los sistemas de Tilopozo (vegetación azonal hidrofílica), la cual no depende de las condiciones climáticas, sino que principalmente de la disponibilidad de agua proveniente del acuífero.

¹⁵ Por medio del Oficio ORD. DGA N° 494, de fecha 11 de octubre de 2019, dicho Servicio se pronunció conforme sobre la Adenda Complementaria N° 2 del EIA "Proyecto Monturaqui". Pronunciamiento DGA disponible en el link: <https://infofirma.sea.gob.cl/DocumentosSEA/MostrarDocumento?docId=97/d2/99abe4d450c2c0ab1026ba4d340d1d588102>.

¹⁶ En el Apéndice A 'Caso Base' del Anexo 4 de la Adenda, el titular acompañó un archivo Excel con los resultados de las simulaciones para este escenario.

¹⁷ Esta estimación de pérdida de área es superior a la cuantificada por esta Superintendencia (ver **Apartado B.2.3**), lo que puede deberse a las diferentes metodologías del procesamiento de imágenes y/o al criterio utilizado para delimitar las superficies de vegetación, entre otros factores.

- Aravena, R., Auria, G., Henriquez, A., and Tore, C. 2019. *Water Cycle Study in the Tilopozo Lagoon Ecosystem, Salar de Atacama, Chile. 6th International Congress on Environment and Social Responsibility in Mining*: en este estudio se analiza el ciclo hidrológico de los sistemas ubicados en el Sector de Tilopozo, utilizando información química e isotópica disponible en el área. Sus conclusiones fueron: 1) Tilopozo se encuentra ubicado en la parte terminal de un sistema de flujo caracterizado por un acuífero de tipo aluvial¹⁸, 2) los análisis químicos e isotópicos muestran que la principal fuente de agua a los sistemas es la descarga de agua subterránea desde el acuífero aluvial, 3) no fueron encontradas evidencias acerca de la contribución de la interfase salina sobre el Sector de Tilopozo, y 4) la sustentabilidad de largo plazo de los ecosistemas en Tilopozo está más relacionada con los factores antropogénicos que pueden afectar el flujo de agua subterránea del acuífero aluvial, que con el efecto provocado por el bombeo de salmueras desde el Salar de Atacama.
- i. Lo antes señalado es consistente con el análisis reportado por Minera Escondida Ltda. en el marco del seguimiento ambiental de la RCA N° 01/1997. Como se indicó en la letra g. del **Apartado B.2.2** del presente Informe, dicho titular informó que el efecto observado en los niveles del Sector de Tilopozo tiene como una de sus causantes la tendencia al descenso ocasionada por la propagación de los conos de depresión, debido a las extracciones desde el acuífero MNT.

D. Resumen de hechos constatados:

D.1. Extracción de aguas subterráneas.

- a. La extracción de agua subterránea de Minera Escondida Ltda., en el periodo septiembre/1998 – diciembre/2018, no excedió el caudal de 1.400 L/s a escala media anual. A escala mensual sí se produjeron superaciones en 40 meses, lo que equivale a un 16% del total de 244 meses de bombeo. No obstante lo anterior, y en conformidad con lo informado por la DGA, el caudal aprobado a dicho titular se ha entendido como medio anual, escala de tiempo en la que no ocurrieron excedencias según la verificación realizada.
- b. La autorización ambiental de Minera Escondida Ltda. para explotar el acuífero de Monturaqui-Negrillar-Tilopozo refiere a un periodo de 21 años, el cual finalizó en diciembre del año 2019. El titular remitió a esta Superintendencia los antecedentes para acreditar que el bombeo fue detenido a contar de dicha fecha.

D.2. Umbral de 25 centímetros del Sector de Tilopozo.

- a. DGA informó de una disminución de nivel freático en el Sector de Tilopozo mayor a 25 cm, superando con ello el umbral impuesto en el EIA “Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado”.
- b. Siguiendo la misma metodología de dicho Servicio, pero calculando el descenso desde el inicio del bombeo de Minera Escondida Ltda., esta Superintendencia confirmó que desde esa fecha ha ocurrido un descenso sostenido en los niveles de aguas subterráneas del Sector de Tilopozo, superándose el umbral de 25 cm en los cuatro puntos de observación analizados (39 centímetros en TP-1, 27 centímetros en TP-2, 40 centímetros en TP-3 y 75 centímetros en SAT-2). Tomando las ecuaciones de las rectas de ajuste de los datos, fue posible estimar que la primera superación se produjo el año 2005 en el punto SAT-2, en línea con lo señalado por DGA en su Oficio ORD. DGA N° 23/2018.
- c. Ante el hecho anterior, el titular debió apegarse a la medida establecida en el numeral 10.4.2.3 del EIA “Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado”, consistente en reducir el periodo de explotación a menos del plazo original de 21 años frente a una disminución del nivel freático superior al umbral de 25 cm. Sin embargo, ello no fue ejecutado por cuanto el bombeo se mantuvo hasta el final del periodo de 21 años (diciembre/2019).

¹⁸ Corresponde al acuífero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo (MNT).

D.3. Efectos sobre los sistemas vegetacionales.

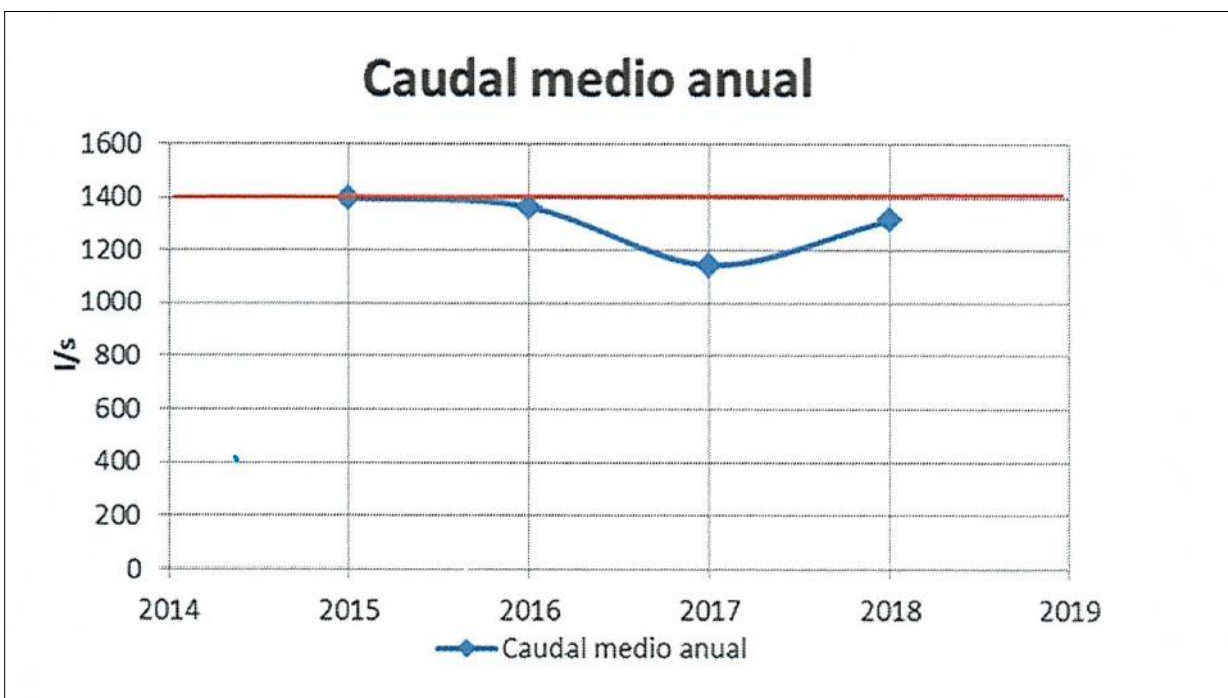
- a. Esta Superintendencia efectuó un análisis de imágenes satelitales con la finalidad de diagnosticar el estado y evolución de los sistemas vegetacionales en el Sector de Tilopozo, y de evaluar si existe una correlación con los niveles de agua subterránea. Para ello se utilizaron insumos satelitales para los periodos 1990-1994 (previo a las extracciones, utilizado para segmentar los humedales según distintos grados de vigor), y 1995-2019 (coincidente con el periodo en que se ha extraído agua subterránea a la fecha).
- b. Los resultados del análisis arrojaron una disminución del Índice NDVI, indicando una merma en el vigor y/o cobertura de la vegetación. Se obtuvo una correlación estadísticamente significativa entre dicho comportamiento y los registros de niveles de agua subterránea del pozo de observación TP-2 (periodo 1996-2019), especialmente para los sectores de vegetación con alto vigor.
- c. Al hacer el contraste entre las imágenes satelitales de los años 1995 y 2019 se determinó una pérdida total de 2,88 hectáreas de vegetación, lo que representa el 3% del área de 94,68 hectáreas al año 1995. De igual manera, se identificaron transiciones de superficies de mayor a menor vigor o a sectores sin vegetación, pudiendo cuantificarse un total de 24,57 hectáreas que han sufrido algún cambio hacia una disminución de su vigor y/o cobertura, lo que equivale a un 26% de la superficie total al año 1995.
- d. El seguimiento vegetacional informado por Minera Escondida Ltda. –monitoreo remoto mediante imágenes satelitales– y Albemarle Ltda. –monitoreo en terreno con transectas y monitoreo remoto mediante imágenes satelitales– también concluye sobre una disminución de la cobertura vegetal en Tilopozo con posterioridad al inicio de las extracciones en el acuífero, respaldando lo constatado por esta Superintendencia.

D.4. Efectos combinados y relación de causalidad.

- a. Existen tres titulares que extraen agua subterránea desde el acuífero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo: Minera Escondida Ltda. (sector acuífero Monturaqui), Compañía Minera Zaldívar SpA (sector acuífero Negrillar) y Albemarle Ltda. (sector acuífero Tilopozo).
- b. De la totalidad de los compromisos ambientales del Salar de Atacama que fijan límites al nivel del agua subterránea en los sectores cercanos a las vegas de Tilopozo, se constató que el único umbral que ha sido infringido a la fecha es el valor de 25 centímetros consignado en la autorización ambiental de Minera Escondida Ltda.
- c. Sin perjuicio de lo anterior, y de acuerdo con los antecedentes analizados, es posible sostener que el comportamiento observado en los niveles del Sector de Tilopozo se debería a un efecto combinado de todas las extracciones que se llevan a cabo en la cuenca. Es importante destacar que la información analizada no ha permitido cuantificar las contribuciones efectivas de cada titular al descenso total del agua subterránea.
- d. El modelo numérico presentado por Minera Escondida Ltda. en el EIA “Proyecto Monturaqui” –última herramienta matemática elaborada y que cuenta con el pronunciamiento favorable de la DGA– confirma que el descenso de 25 centímetros se encuentra superado en el Sector de Tilopozo, y que éste no retornaría a valores inferiores aún después del cese de todos los bombeos.
- e. La literatura especializada consultada entrega elementos técnicos adicionales para sustentar la hipótesis de causalidad entre el efecto de las extracciones de aguas subterráneas y el comportamiento observado en el acuífero y las vegas de Tilopozo.

Registros

a)



b)

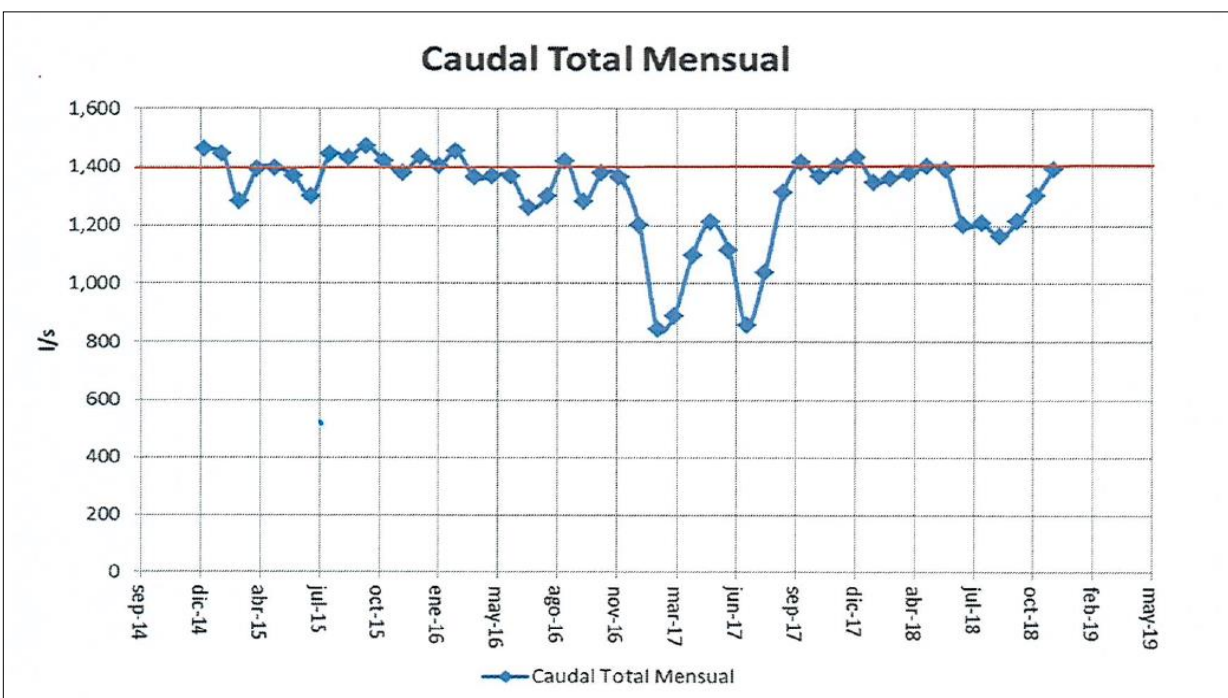


Figura 11

Descripción medio de prueba: Verificación de caudales de agua subterránea extraídos por Minera Escondida Ltda., periodo enero/2015 – diciembre/2018: **a)** Caudales Medios Anuales (QMA) y **b)** Caudales Medios Mensuales (QMM).

Se observa que a escala anual las extracciones no superan el caudal de 1.400 L/s (gráfico **a**); a escala mensual se sobrepasa el caudal de 1.400 L/s en los meses de ene/2015, feb/2015, ago/2015, sep/2015, oct/2015, nov/2015, ene/2016, feb/2016, mar/2016, sep/2016, oct/2017, dic/2017, ene/2018 y may/2018 (gráfico **a**). Figuras extractadas del Oficio ORD. DGA N° 628/2019.

Registros

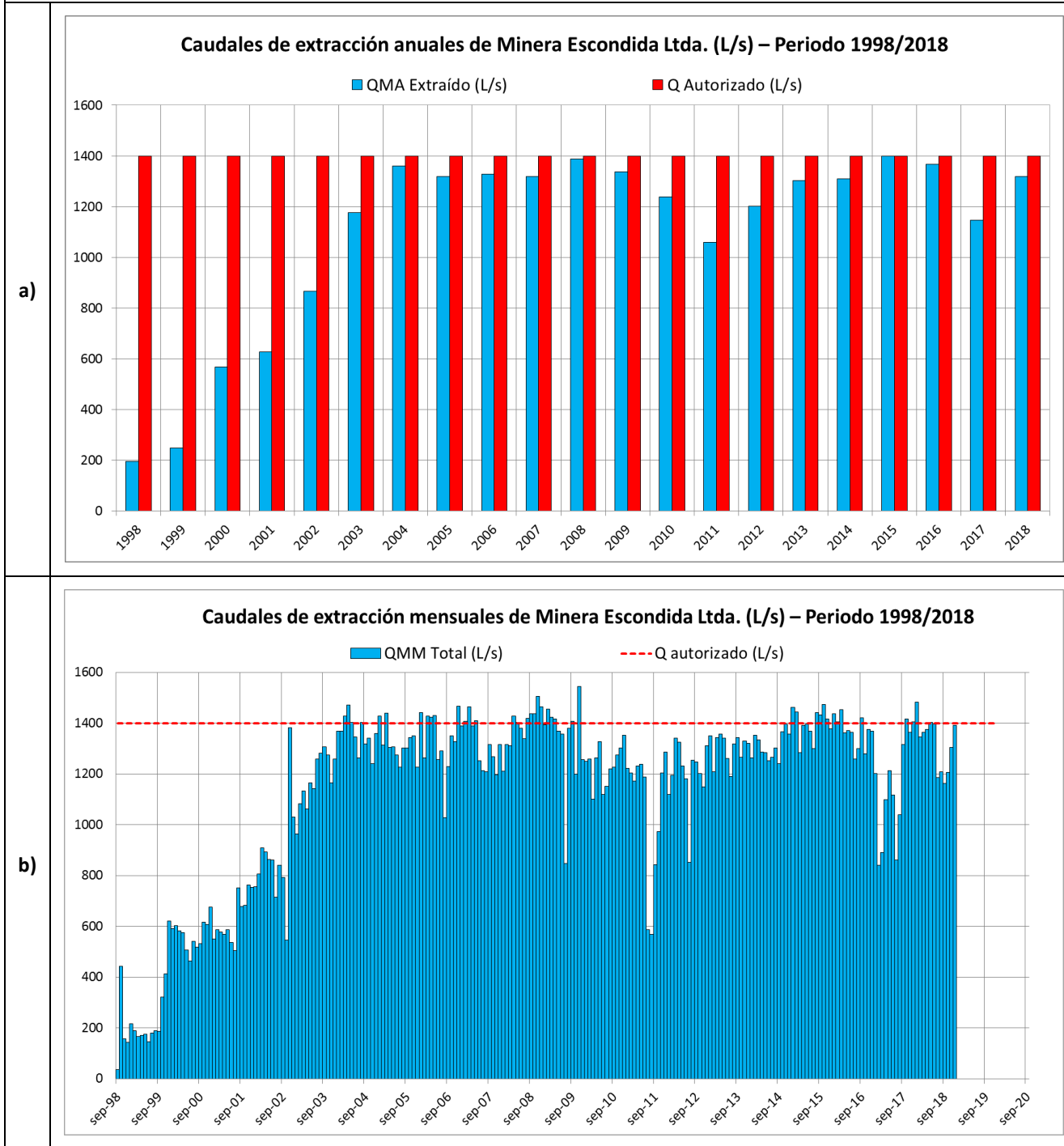


Figura 12

Descripción medio de prueba: Verificación de caudales de agua subterránea extraídos por Minera Escondida Ltda., periodo septiembre/1998 – diciembre/2018: **a)** Caudales Medios Anuales (QMA) y **b)** Caudales Medios Mensuales (QMM).

Se observa que a escala anual las extracciones no superan el caudal de 1.400 L/s (gráfico **a)**); a escala mensual se sobrepasa el caudal de 1.400 L/s en los meses de: mar/2004, abr/2004, may/2004, ago/2004, ene/2005, ene/2006, mar/2006, abr/2006, may/2006, dic/2006, feb/2007, mar/2007, may/2007, abr/2008, may/2008, sept/2008, oct/2008, nov/2008, dic/2008, feb/2009, mar/2009, abr/2009, sept/2009, nov/2009, ene/2015, feb/2015, ago/2015, sep/2015, oct/2015, nov/2015, ene/2016, feb/2016, mar/2016, sep/2016, oct/2017, dic/2017, ene/2018 y may/2018 (gráfico **b)**).

Elaboración propia en base a los antecedentes remitidos por Minera Escondida Ltda.

Registros

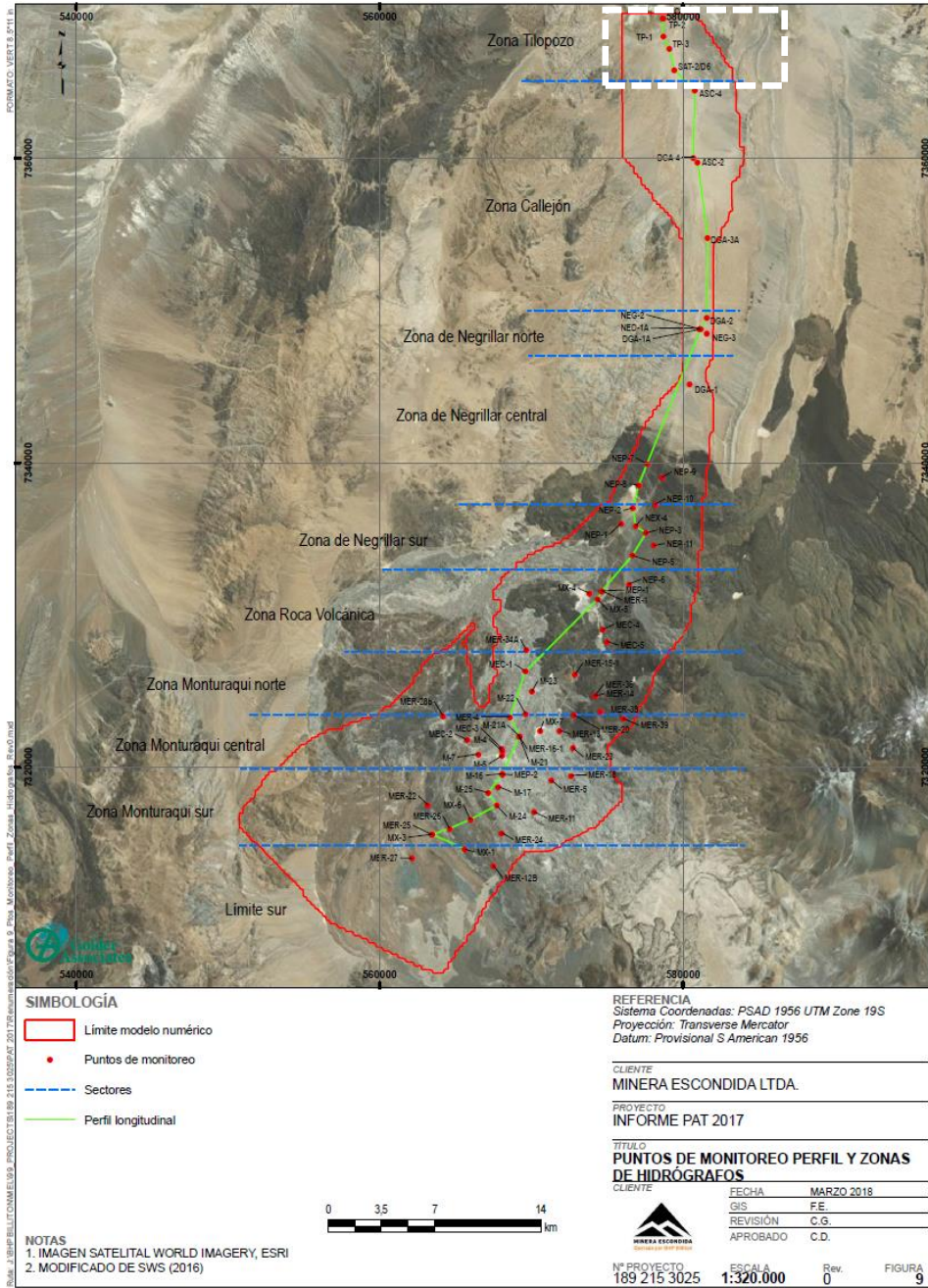


Figura 13

Descripción medio de prueba: Ubicación de puntos de monitoreo en el acuífero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo. En el recuadro blanco se muestra la delimitación del denominado *Sector de Tilopozo* según lo informado por DGA. Imagen extractada del “Informe Plan de Alerta Temprana para el acuífero de Monturaqui-Negrillar-Tilopozo. Minera Escondida”, año 2017, Código SSA N° 68.291.

Registros

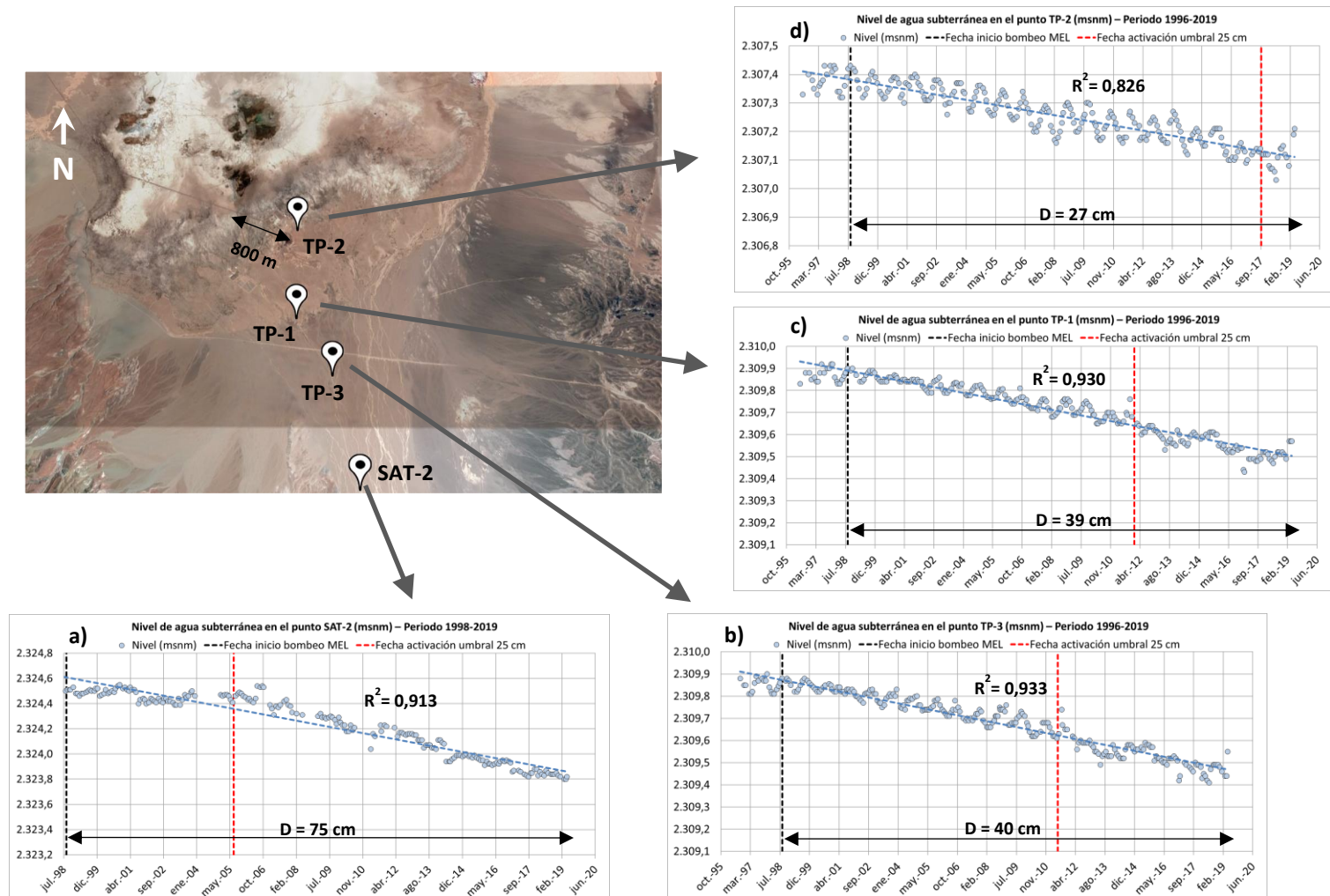


Figura 14

Descripción medio de prueba: Verificación de niveles de aguas subterráneas en el Sector de Tilopozo en unidades de metros sobre el nivel del mar (msnm), periodo junio/1996 – abril/2019. Se observa que el umbral de descenso de 25 centímetros establecido como exigencia del EIA “Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado”, se ve superado en los 4 puntos de observación del acuífero: **a)** 75 centímetros en SAT-2, **b)** 40 centímetros en TP-3, **c)** 39 centímetros en TP-1 y **d)** 27 centímetros en TP-2. Tomando las tendencias de las rectas de mejor ajuste de los datos, se constata que la primera superación ocurrió en el pozo SAT-2, en julio del año 2005. Elaboración propia en base a los datos informados por Minera Escondida Ltda. y a las mediciones efectuadas por esta Superintendencia en la inspección del día 18 de abril de 2019.

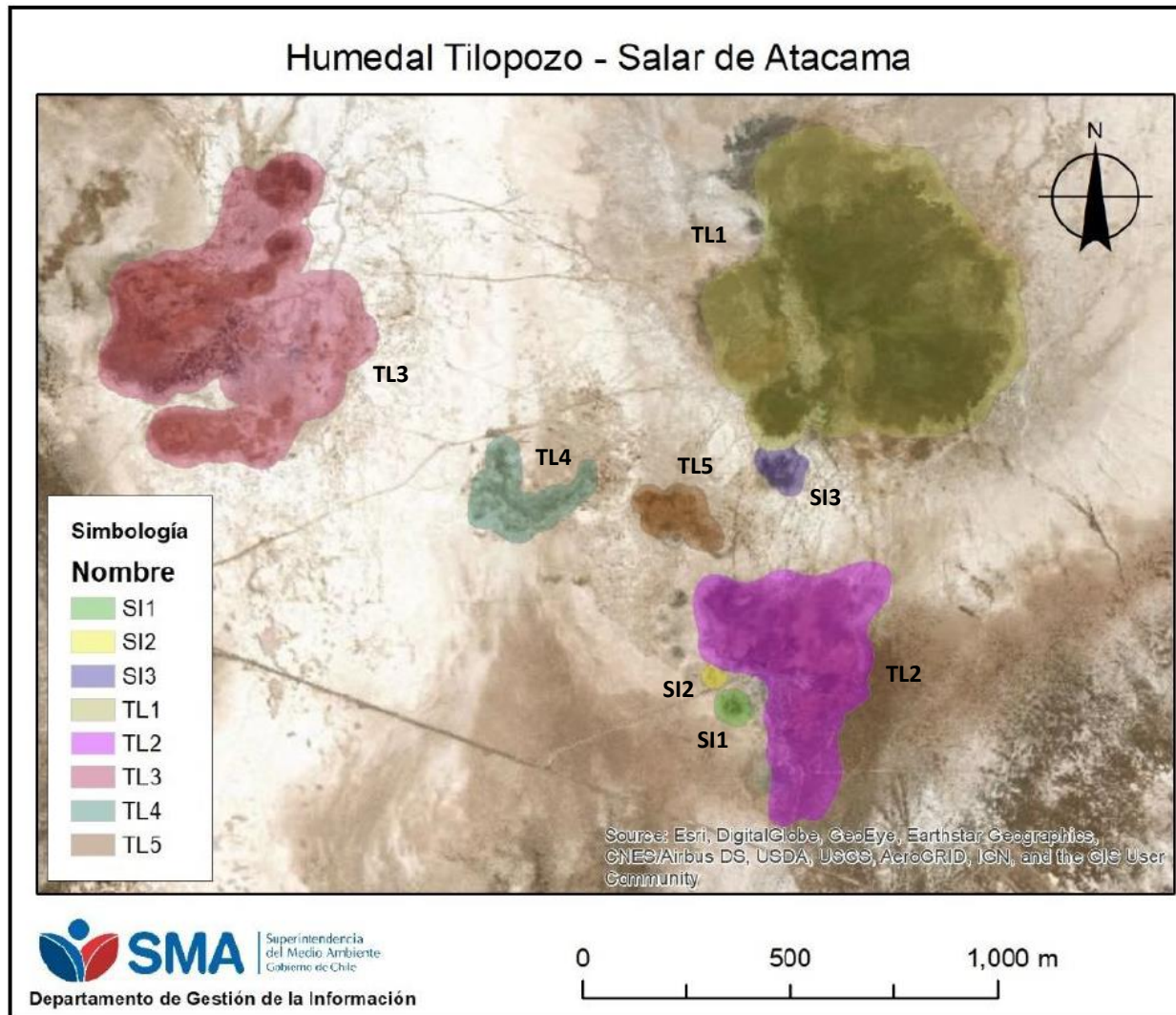
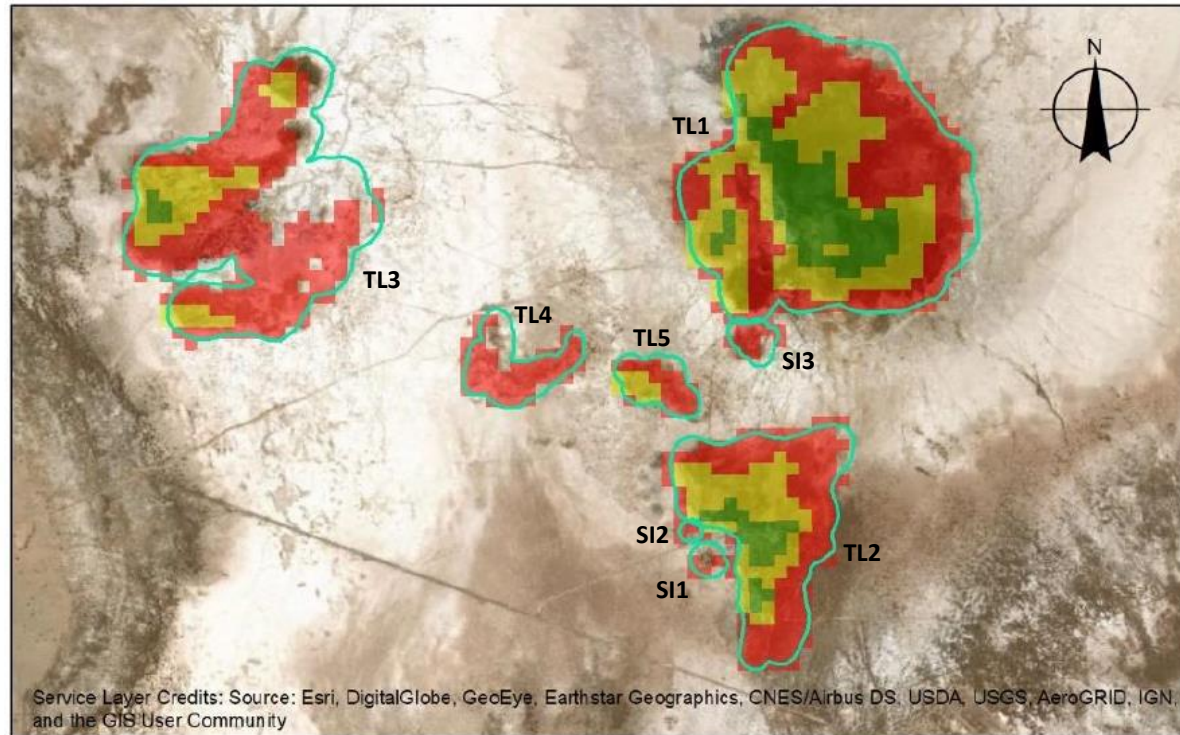


Figura 15

Descripción medio de prueba: Sistemas vegetacionales analizados en el Informe Técnico 'Reporte Humedal Tilopozo'. Se identifican los humedales Tilopozo 1 (TL1), Tilopozo 2 (TL2), Tilopozo 3 (TL3), Tilopozo 4 (TL4), Tilopozo 5 (TLR) y tres humedales sin información (SI1, SI2 y SI3) que fueron excluidos del análisis. Elaboración del Departamento de Gestión de la Información de esta Superintendencia en base a la delimitación realizada a partir del catastro de humedales 2015 del Ministerio del Medio Ambiente.

Segmentación por Zonas Humedal Tilopozo



Simbología

Humedal Tilopozo

Zonas

Zona 5

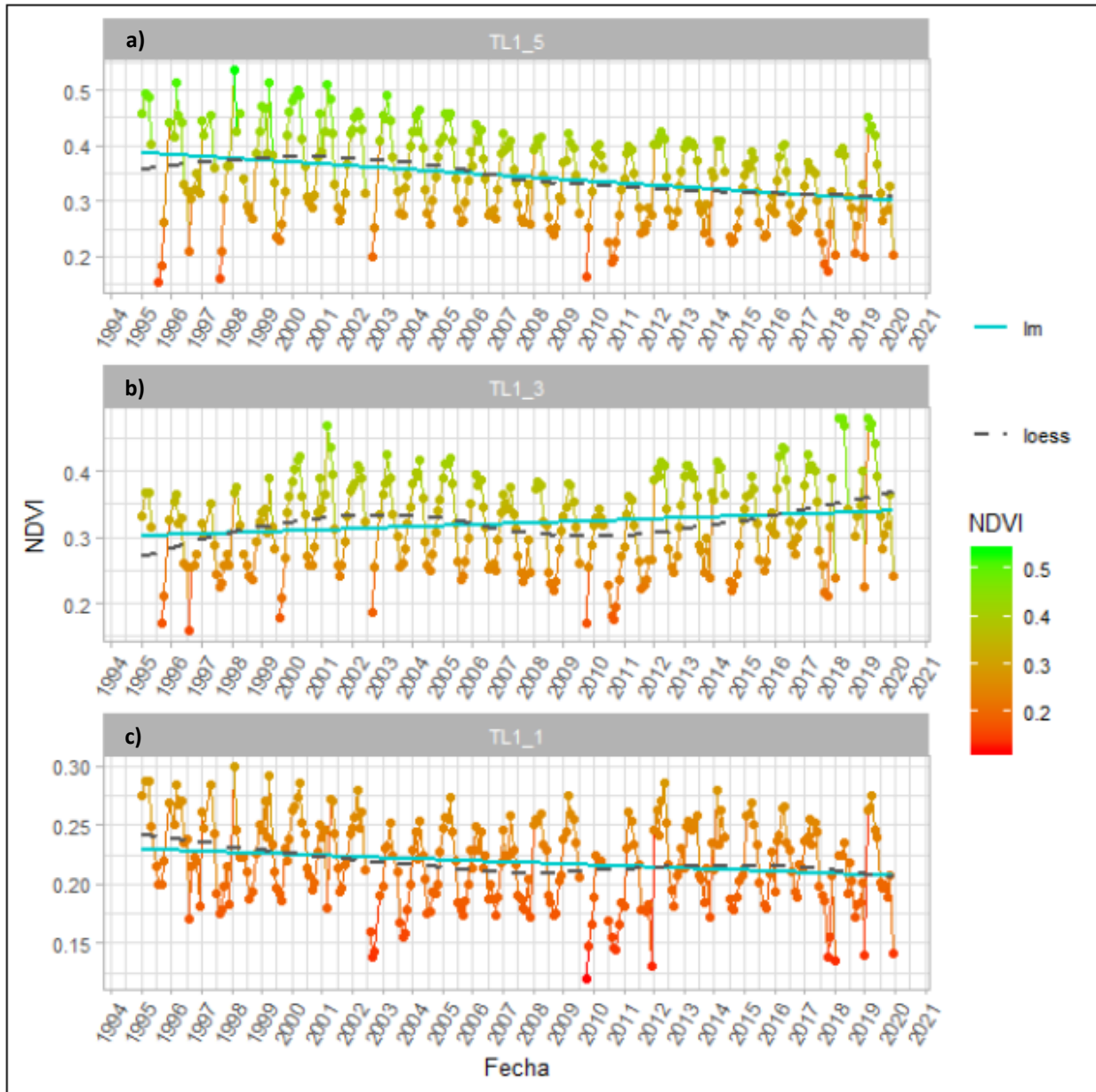
Zona 3

Zona 1

Figura 16

Descripción medio de prueba: Segmentación de sistemas vegetacionales según valores del Índice NDVI. Ordenadas de mayor a menor vigor las zonas se clasifican según sigue: Zona 5, en verde ($NDVI > 0,5$); Zona 3, en amarillo ($0,3 < NDVI < 0,5$); y Zona 1 ($0,1 < NDVI < 0,3$), en rojo. Elaboración del Departamento de Gestión de la Información de esta Superintendencia.

Registros

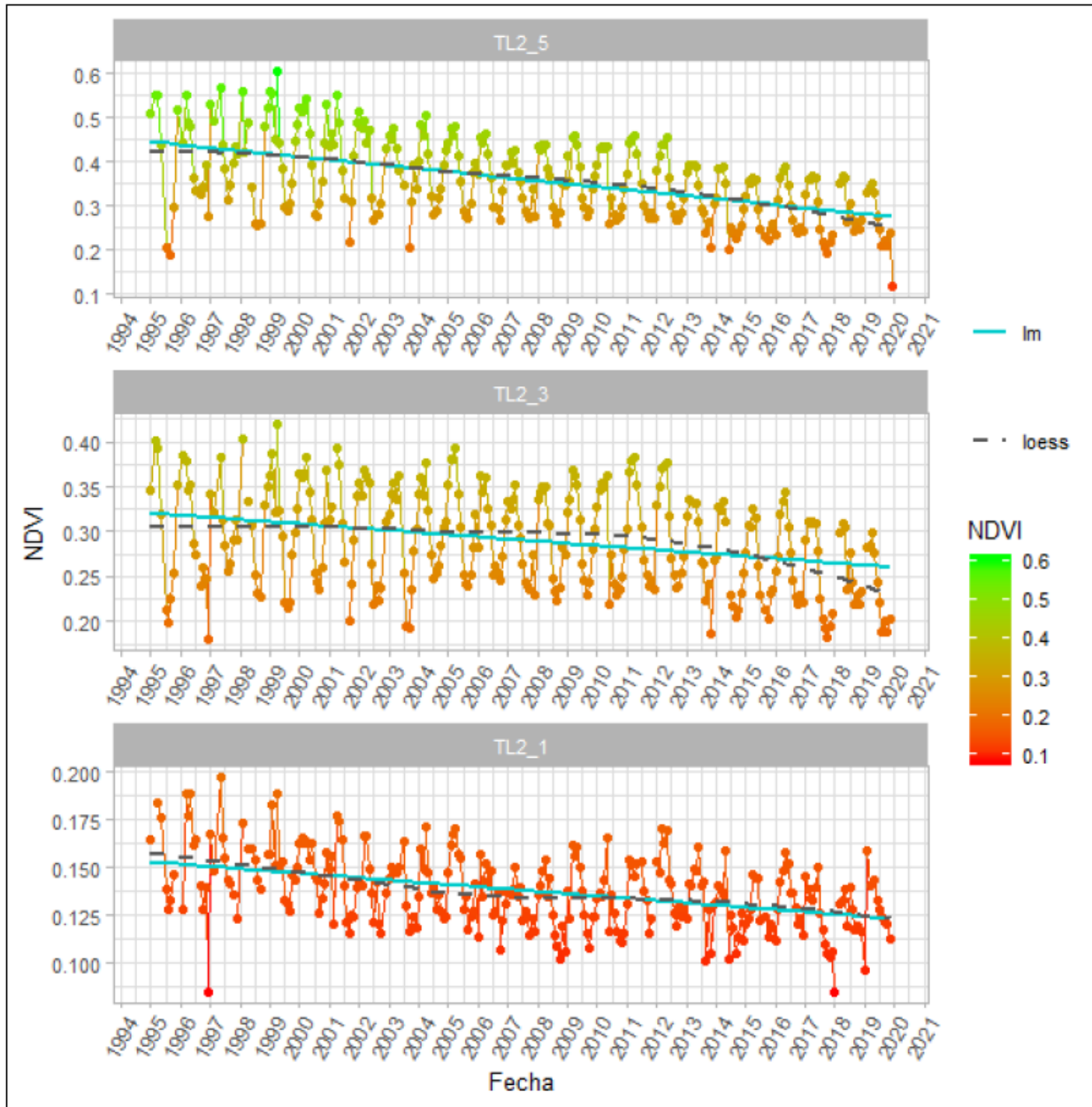


Humedal_zona	Pendiente	p-valor
TL1_5	-0.0002907756	1.851e-07
TL1_3	0.0001487732	0.003164
TL1_1	-4.780339e-05	0.05895

Figura 17

Descripción medio de prueba: Series temporales del índice NDVI en el sistema Tilopozo 1 (TL1) para las tres zonas de vigor consideradas: **a)** Zona 5 (NDVI>0,5), **b)** Zona 3 (0,3<NDVI<0,5) y **c)** Zona 1 (0,1<NDVI<0,3). Se observa que las curvas de las Zonas 5 y 1 muestran una tendencia generalizada al descenso, mientras que la curva de la Zona 3 muestra una tendencia al aumento. Imágenes extractadas del Informe Técnico 'Reporte Humedal Tilopozo', elaborado por esta Superintendencia.

Registros

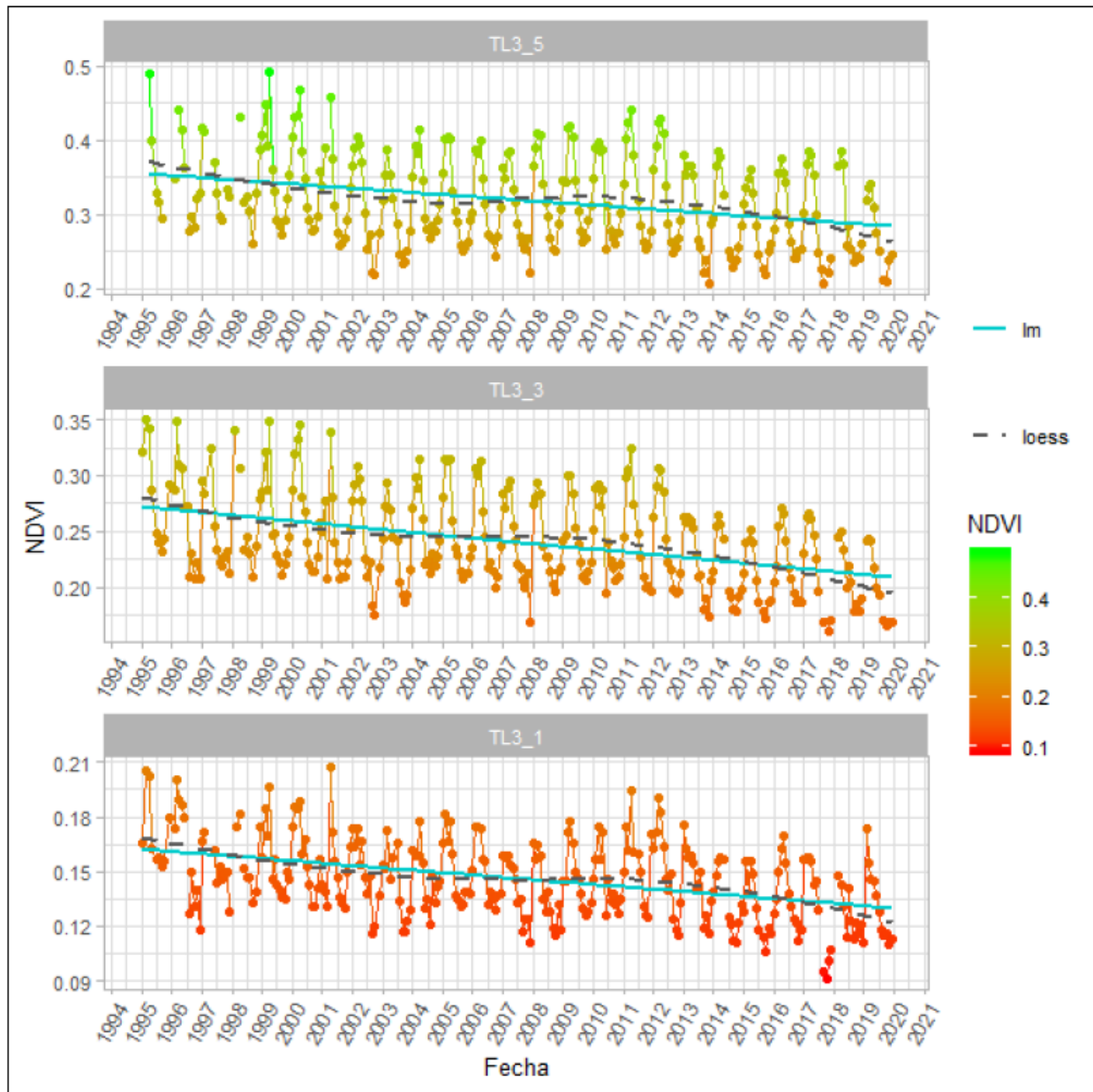


Humedal_zona	Pendiente	p-valor
TL2_5	-0.0005137323	< 2.2e-16
TL2_3	-0.000150596	9.117e-05
TL2_1	-9.519484e-05	4.368e-14

Figura 18

Descripción medio de prueba: Series temporales del índice NDVI en el sistema Tilopozo 2 (TL2) para las tres zonas de vigor consideradas: **a)** Zona 5 (NDVI>0,5), **b)** Zona 3 (0,3<NDVI<0,5) y **c)** Zona 1 (0,1<NDVI<0,3). Se observa que las tres curvas muestran una tendencia generalizada al descenso. Imágenes extraídas del Informe Técnico 'Reporte Humedal Tilopozo', elaborado por esta Superintendencia.

Registros



Humedal_zona	Pendiente	p-valor
TL3_5	-0.0002043866	2.934e-06
TL3_3	-0.0001685916	3.527e-09
TL3_1	-9.236091e-05	9.649e-11

Figura 19

Descripción medio de prueba: Series temporales del índice NDVI en el sistema Tilopozo 3 (TL3) para las tres zonas de vigor consideradas: **a)** Zona 5 (NDVI>0,5), **b)** Zona 3 (0,3<NDVI<0,5) y **c)** Zona 1 (0,1<NDVI<0,3). Se observa que las tres curvas muestran una tendencia generalizada al descenso. Imágenes extraídas del Informe Técnico 'Reporte Humedal Tilopozo', elaborado por esta Superintendencia.

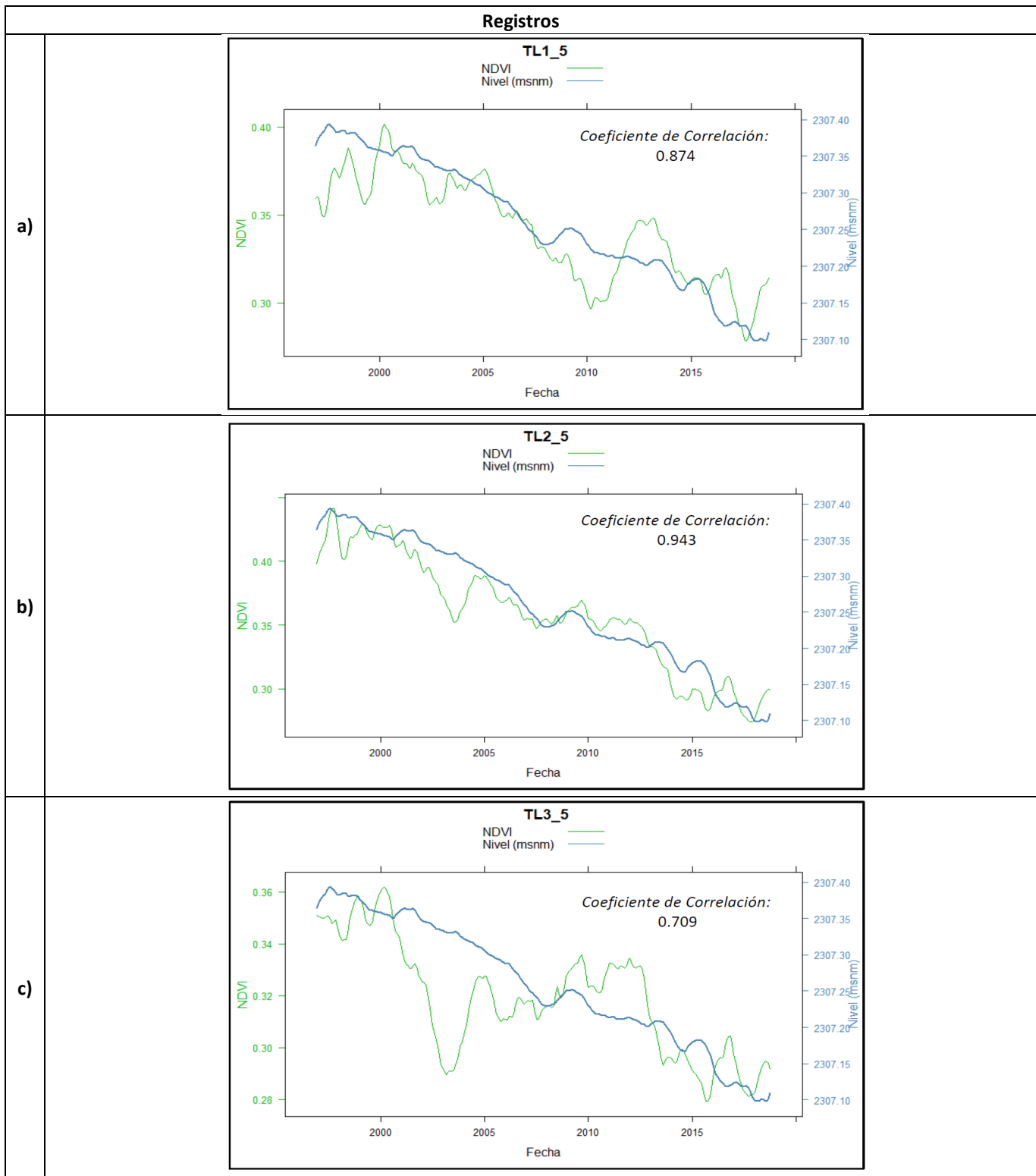
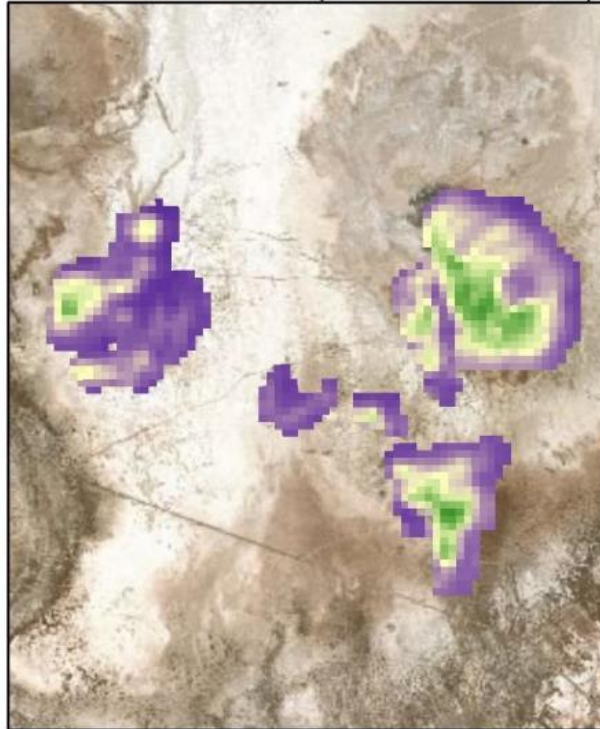


Figura 20

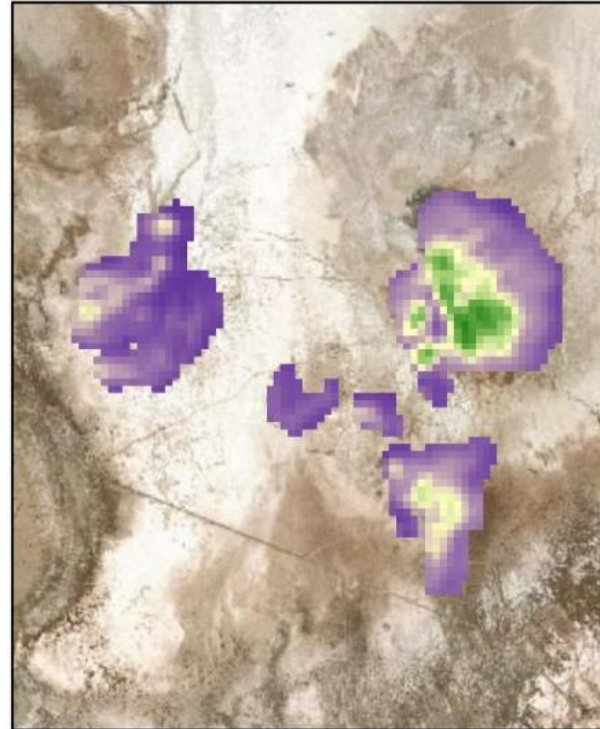
Descripción medio de prueba: Correlación entre niveles de aguas subterráneas en el pozo TP-2 y series temporales del Índice NDVI en los sistemas: **a)** Tilopozo 1 (TL1), Zona 5, **b)** Tilopozo 2 (TL2), Zona 5 y **c)** Tilopozo 3 (TL3), Zona 5. Se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson de 0,874 (TL1), 0,943 (TL2) y 0,709 (TL3). Imágenes extractadas del Informe Técnico 'Reporte Humedal Tilopozo', elaborado por esta Superintendencia.

Humedal Tilopozo - Salar de Atacama

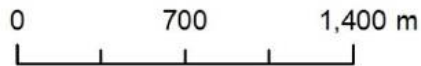
Percentil 90 NDVI (Base 1990-1994)



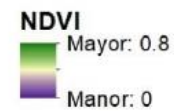
Percentil 90 NDVI 2019



Departamento de Gestión de la Información



Simbología



Service Layer Credits: Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Figura 21

Descripción medio de prueba: Comparación entre imágenes satelitales de los años 1995 y 2019. Imagen extractada del Informe Técnico 'Reporte Humedal Tilopozo', elaborado por esta Superintendencia.

Registros

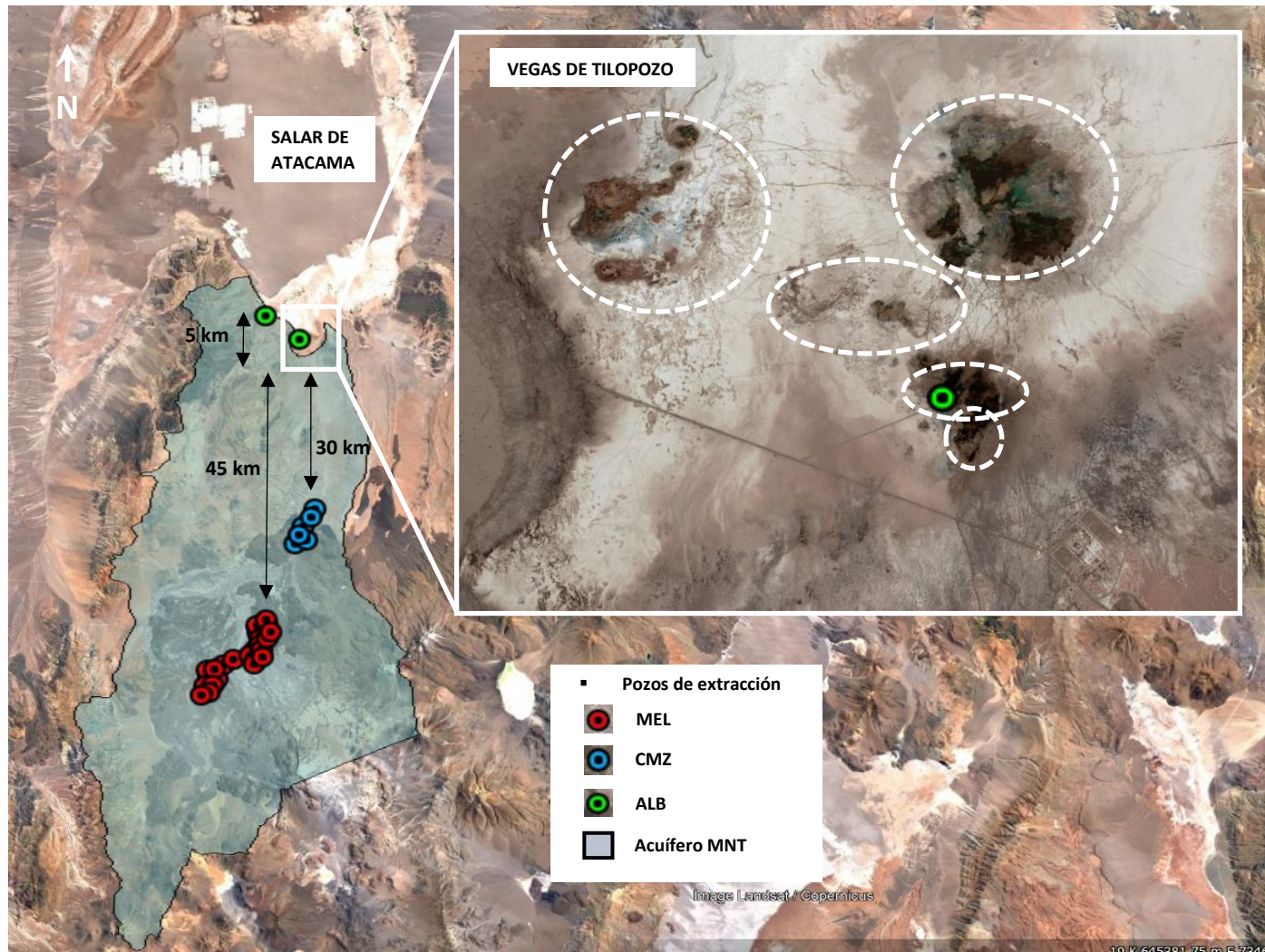


Figura 22

Descripción medio de prueba: Ubicación de puntos de extracción de aguas subterráneas de Minera Escondida Ltda. (MEL), Compañía Minera Zaldívar SpA (CMZ) y Albemarle Ltda. (ALB) en el acuífero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo (MNT) que alimenta al sistema de las vegas de Tilopozo. Elaboración propia en base a los datos informados a esta Superintendencia por los respectivos titulares.

Registros

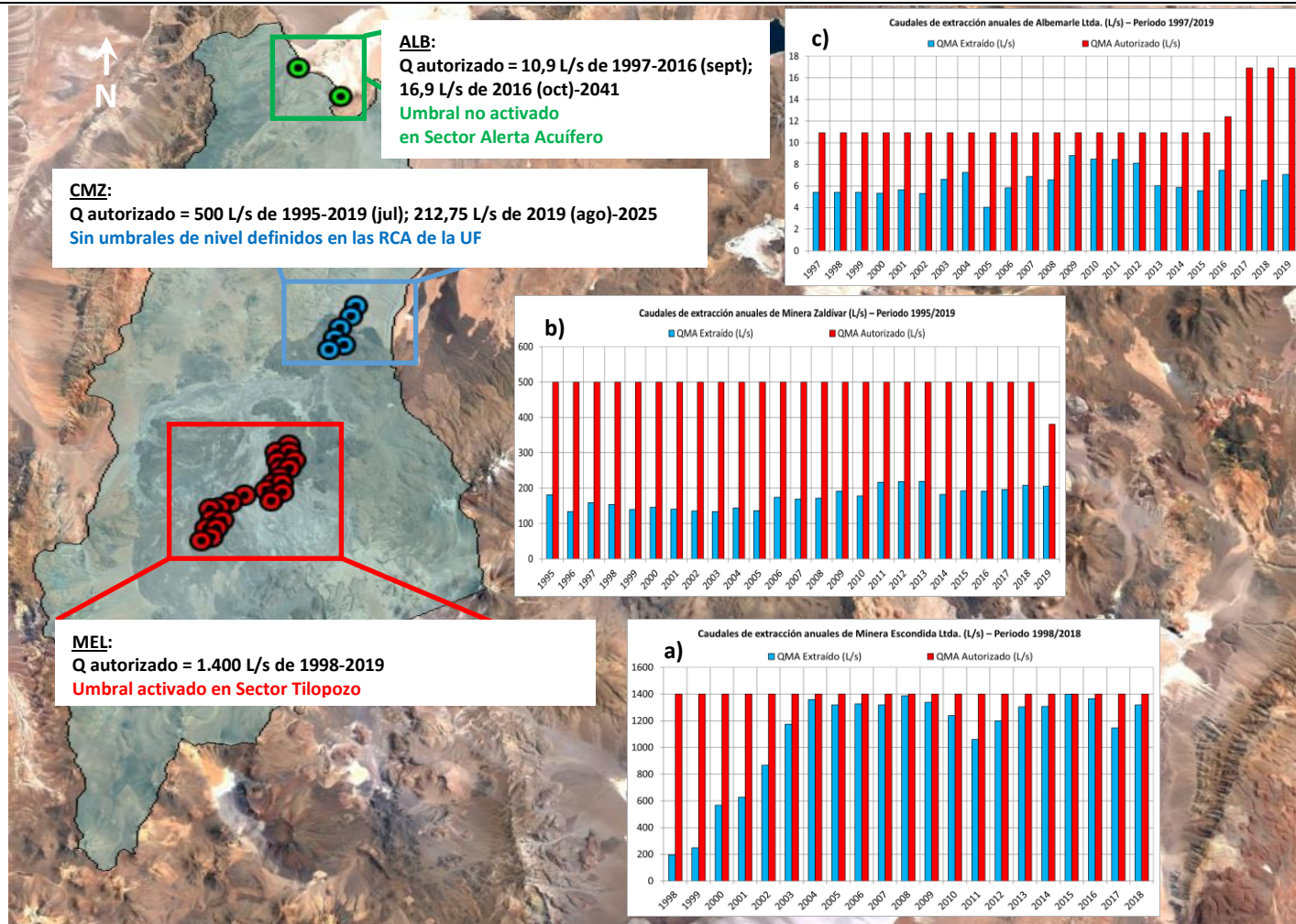


Figura 23

Descripción medio de prueba: Identificación de caudales autorizados ambientalmente y extracciones históricas de: **a)** Minera Escondida Ltda. (MEL), **b)** Compañía Minera Zaldívar SpA (CMZ) y **c)** Albemarle Ltda. (ALB):

- MEL: 1.400 L/s hasta el año 2019; umbral de nivel activado según el análisis expuesto en el **Apartado B.2.2** del presente Informe (RCA N° 01/1997).
- CMZ: 212,75 L/s hasta el año 2025; sin umbrales de nivel consignados en las RCA de la Unidad Fiscalizable. Más detalles en el Informe DFZ-2019-2150-II-RCA.
- ALB: 16,9 L/s hasta el año 2041; umbral de nivel no activado según lo expuesto en la **Figura 25** (RCA N° 021/2016).

Registros

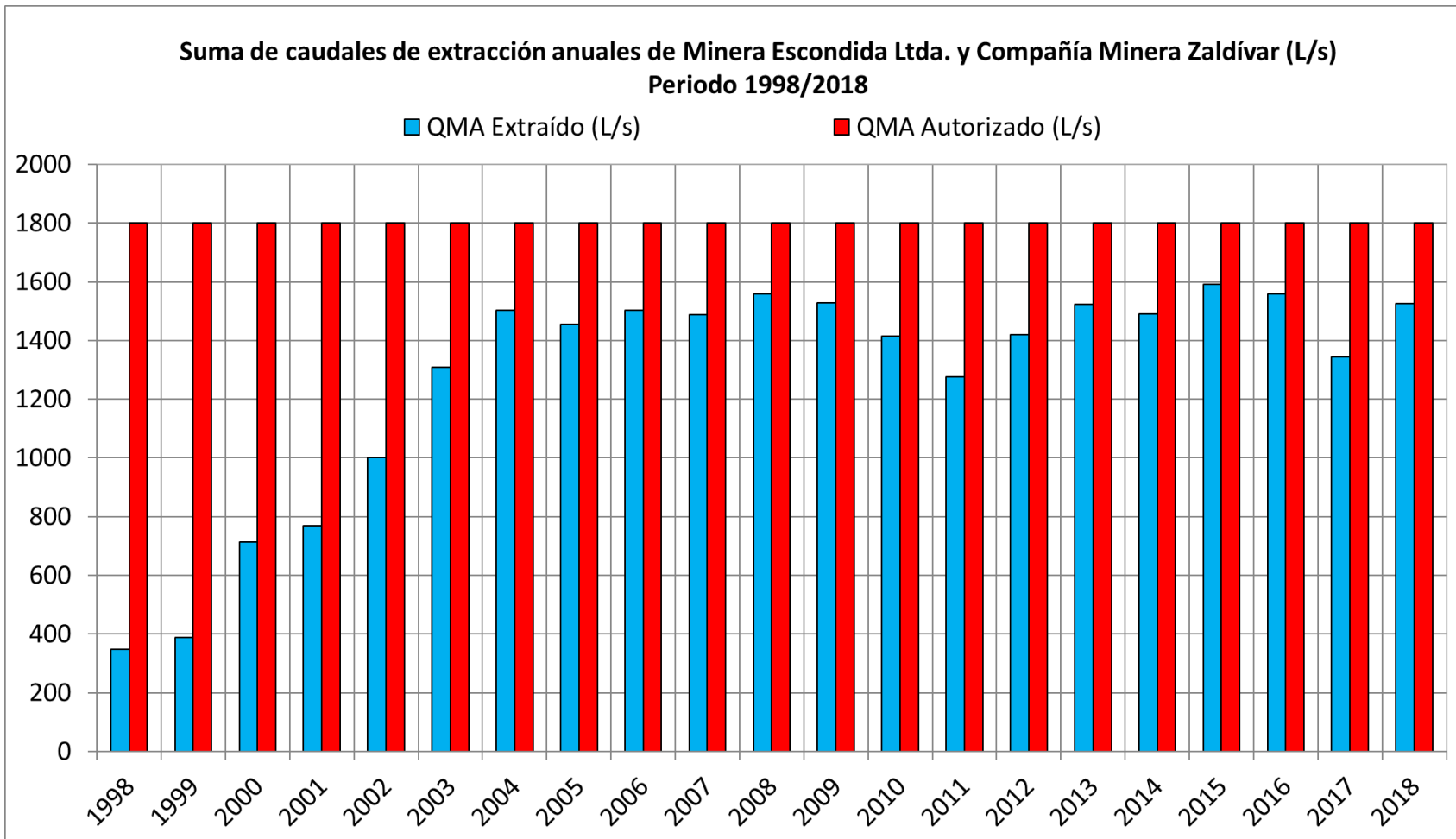


Figura 24

Descripción medio de prueba: Suma de caudales de agua subterránea extraídos por los titulares Minera Escondida Ltda. y Compañía Minera Zaldívar SpA, periodo 1998 – 2018. Se observa que el bombeo conjunto de ambos titulares a escala anual no ha excedido el caudal de 1.800 L/s establecido en el numeral 10.4.2.2 del EIA “Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado”. Elaboración propia en base a los datos remitidos por ambos titulares.

Registros

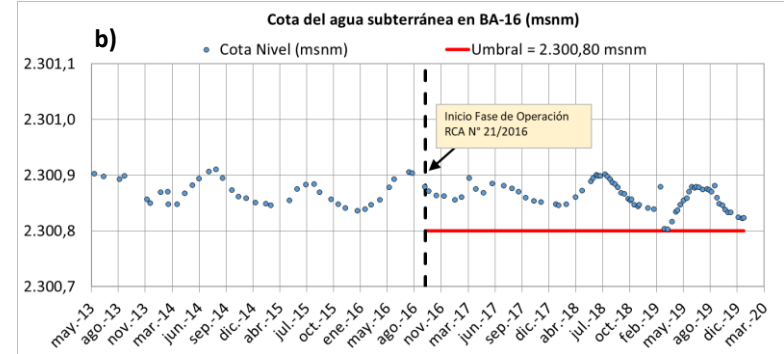
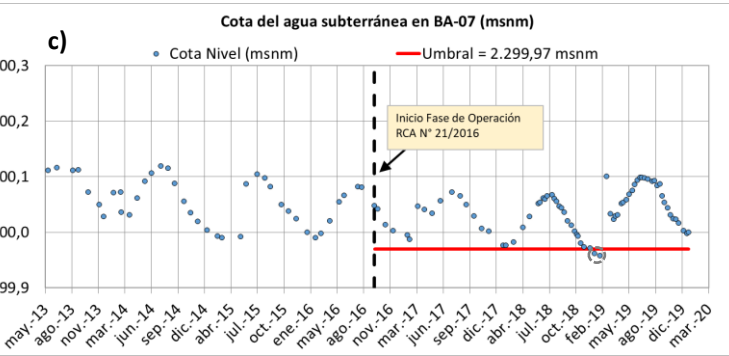
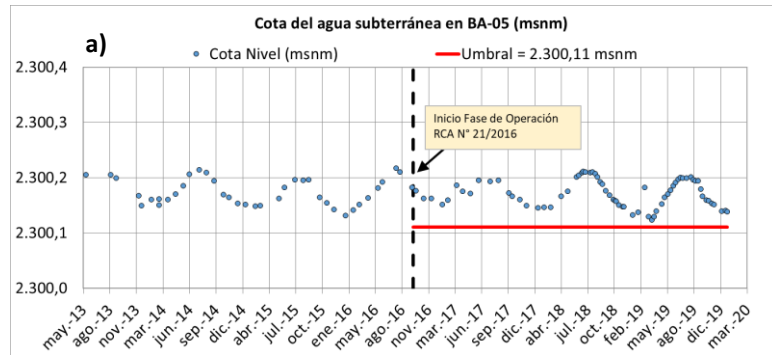
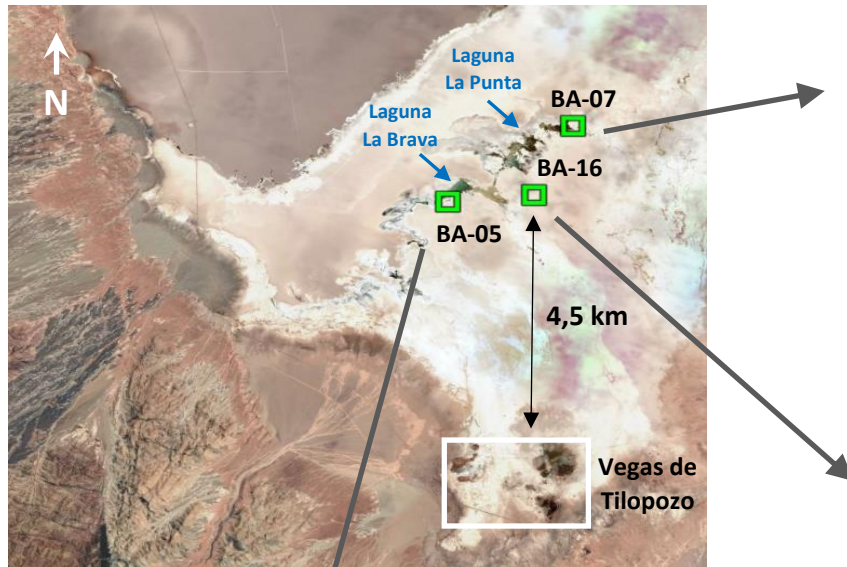


Figura 25

Descripción medio de prueba: Nivel del agua subterránea en indicadores del Plan de Alerta Temprana – Sector de Alerta Acuífero del titular Albemarle Ltda., en unidades de metros sobre el nivel del mar (msnm), periodo mayo/2013 – diciembre/2019: **a)** BA-05, **b)** BA-16 y **c)** BA-07. En gris se destacan las únicas dos mediciones que están bajo el umbral aplicable, pero sin que se cumpla con el ciclo de al menos tres medidas consecutivas que se requiere para la activación de la Fase Única de la PAT. En línea segmentada se muestra el inicio de la fase de operación informada por Albemarle Ltda. para el proyecto “EIA Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama”, autorizado por la RCA N° 21/2016; a partir de esta fecha –28 de septiembre de 2016– empiezan a ser aplicables los valores umbrales a contrastar con las mediciones. Elaboración propia en base a los datos informados por Albemarle Ltda.

Registros

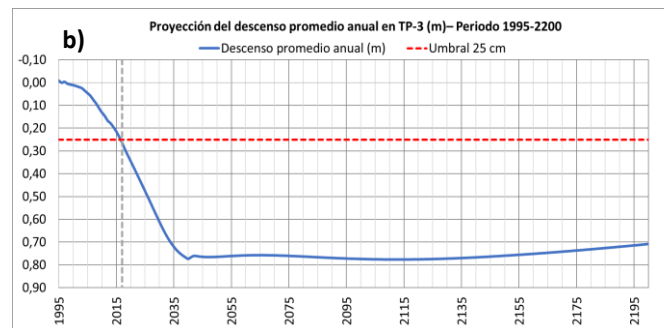
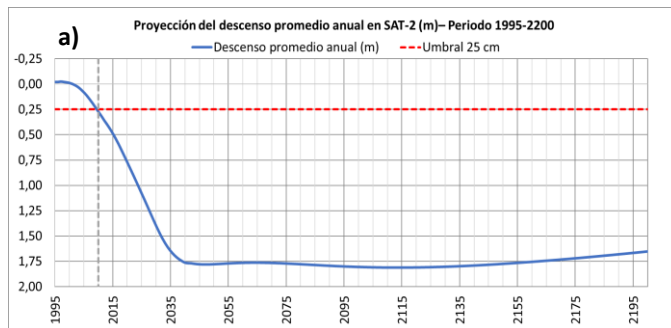
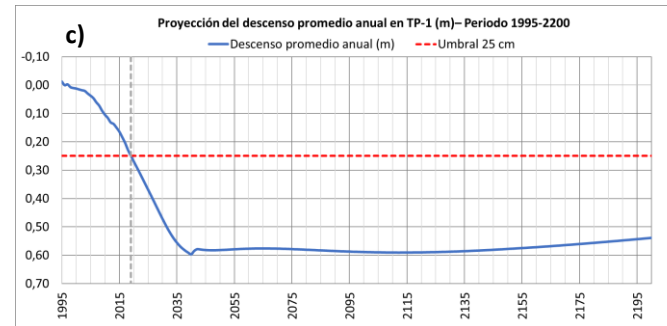
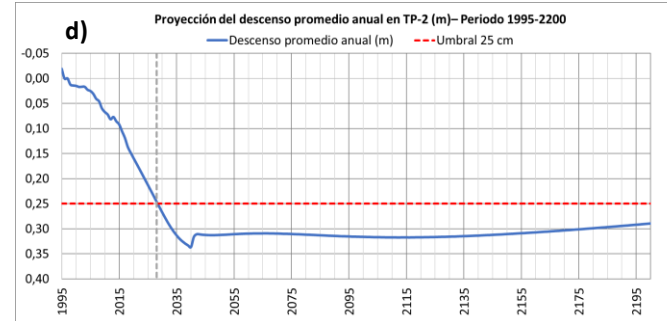
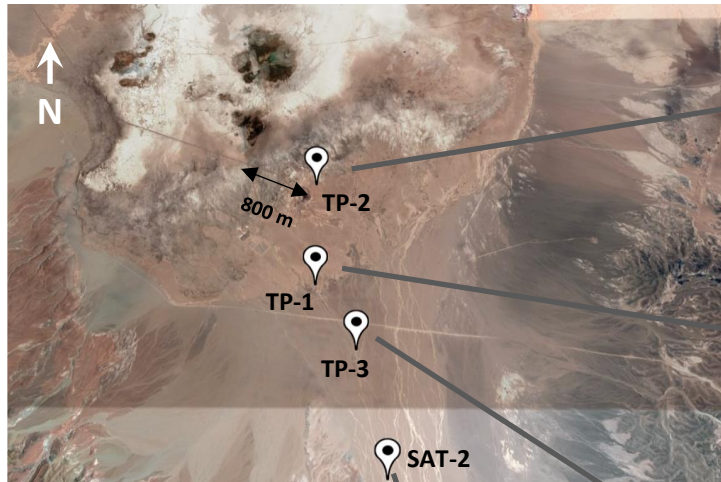


Figura 26

Descripción medio de prueba: Resultados del modelo hidrogeológico presentado por Minera Escondida Ltda. en el EIA “Proyecto Monturaqui”, para el parámetro ‘descenso de agua subterránea’ en los puntos de observación del Sector de Tilopozo: **a)** SAT-2, **b)** TP-3, **c)** -1 y **d)** TP-2. Se observa que el modelo predice un descenso sostenido del nivel hasta el año 2040. En tanto, el descenso de 25 centímetros (ver líneas segmentadas en rojo) es superado en todos los puntos de observación sin retornar a valores inferiores a dicho umbral en el resto del periodo modelado (en gris se ilustra la fecha a partir de la cual el umbral es superado: 2010 en SAT-2; 2017 en TP-3; 2019 en TP-1; y 2028 en TP-2). Elaboración propia en base a lo informado por el titular en el Apéndice A ‘Caso Base’, Anexo 4 de la Adenda Complementaria N° 2 del referido EIA.

6 CONCLUSIONES

Los resultados de las actividades de fiscalización, asociadas a los Instrumentos de Carácter Ambiental indicados en el punto 3 del presente Informe permitieron identificar los siguientes hallazgos:

N° Hecho constatado	Materia específica objeto de la fiscalización ambiental	Exigencia asociada	Hallazgo
5.2	Manejo y explotación de aguas subterráneas	<p>Numeral 10.4.2.1 del EIA, ‘Determinación del Impacto Hidrogeológico Máximo Aceptable en Tilopozo’: <i>(...) es posible plantear que en general las plantas estudiadas en el sector Sur del Salar de Atacama, podrían soportar una disminución en el nivel de la napa freática de alrededor de 25 centímetros, sin que esto implique extinción local de las poblaciones.</i> <i>Por lo tanto, para los efectos de este EIA, se considera, en forma conservadora, que la disminución máxima aceptable del nivel freático en el sector de Tilopozo, puede ser de 25 cm. Se considera que esta disminución no causaría impactos importantes en la flora y, consecuentemente en la fauna del lugar.</i></p>	<p>Disminución de nivel freático en el Sector de Tilopozo mayor a 25 centímetros, superando con ello el umbral impuesto en el EIA “Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado”. La primera superación se produjo el año 2005 en el punto de monitoreo SAT-2, luego en el año 2011 en TP-3 y TP-1, y finalmente el año 2017 en TP-2. Dichas superaciones se han mantenido en el tiempo hasta la fecha (año 2019) y, de acuerdo con el modelo hidrogeológico de Minera Escondida Ltda., la proyección esperada es que la tendencia de descenso persista hasta el año 2040, y que no se retorne a valores inferiores al umbral de 25 centímetros aun después del cese de todas las extracciones en el acuífero (año 2041) y hasta más allá del año 2200.</p> <p>De la totalidad de los compromisos ambientales del Salar de Atacama que fijan límites al nivel del agua subterránea en los sectores cercanos a las vegas de Tilopozo, se constató que el referido valor de 25 centímetros es el único umbral que ha sido infringido a la fecha.</p>
5.2	Manejo y explotación de aguas subterráneas	<p>Numeral 10.4.2.3 del EIA, ‘Medidas de Mitigación’ <i>(...) las sucesivas evaluaciones hidrogeológicas efectuadas como parte de este EIA y el estudio del impacto hidrogeológico ambientalmente aceptable en Tilopozo, como consecuencia del bombeo en el sector de Monturaqui-Negrillar, han tenido por objetivo reducir dicho impacto. En este sentido, la limitación del tiempo de bombeo es una medida efectiva de mitigación, que se considerará en la explotación de dicho acuífero por parte de MEL. Su validez y efectividad en el tiempo se confirmará mediante los monitoreos respectivos los que establecerán un sistema de alerta temprana que indicará el tiempo posible de bombeo, el que podría corresponder a menos o más de los 21 años establecidos en este EIA.</i></p>	<p>No ejecución de la medida establecida en el numeral 10.4.2.3 del EIA “Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado”, consistente en reducir el periodo de explotación a menos de 21 años frente a una disminución del nivel freático superior al referido umbral de 25 centímetros. Según lo informado por Minera Escondida Ltda., la extracción de agua subterránea se mantuvo hasta el final del periodo de 21 años (diciembre/2019).</p> <p>Del análisis de las variables ambientales relevantes fue posible constatar que los niveles de agua subterránea han experimentado un descenso sostenido en el tiempo desde el inicio de los bombeos del mismo titular, lo que ha gatillado una disminución de la cobertura y vigor de la vegetación presente en el Sector de Tilopozo.</p>

Tras ponderar los antecedentes técnicos revisados, es posible sostener que el comportamiento observado en los niveles del Sector de Tilopozo se debería a un efecto combinado de las extracciones de Minera Escondida Ltda., Compañía Minera Zaldívar SpA y Albemarle Ltda., quienes extraen agua desde el mismo acuífero. Sin perjuicio de lo anterior, el análisis de los hechos asociados a los hallazgos antes indicados permite concluir que la extracción particular de Minera Escondida Ltda. ha contribuido a la generación de un impacto ambiental significativo sobre las aguas subterráneas y sobre el estado de la vegetación en Tilopozo, provocando una disminución de su vigor y cobertura.

7 ANEXOS

N°	Nombre Anexo
1	DGA: ORD. N° 23 de fecha 17 de abril de 2018. Denuncia ID 31-II-2018
2	SMA: ORD. AFTA N° 56/2019 de fecha 12 de abril de 2019.
3	SMA: Acta de inspección ambiental de fecha 17 de abril de 2019.
4	SMA: Acta de inspección ambiental de fecha 18 de abril de 2019.
5	SMA: ORD. AFTA N° 66/2019 de fecha 24 de abril de 2019.
6	MEL: carta s/n° de fecha 03 de mayo de 2019.
7	MEL: Minuta técnica.
8	MEL: Levantamiento y nivelación de pozos.
9	MEL: Monitoreo histórico pozos sector Tilopozo.
10	SERNAPESCA: Oficio/Ord. /II/N°140999 de fecha 05 de septiembre de 2019.
11	DGA: ORD. N° 628 de fecha 18 de diciembre de 2019.
12	SMA: archivo Excel 'Extracciones_MEL'.
13	MEL: carta HSE 496/2019 de fecha 30 de diciembre de 2019.
14	MEL: carta HSE 042/2020 de fecha 27 de enero de 2020.
15	MEL: Actas Notariales con registros gráficos de los flujómetros.
16	DGA: Res. DGA N°1972/2001, que aprueba Plan de Alerta Temprana para el acuífero Monturaqui-Negrillar-Tilopozo.
17	SMA: ORD. AFTA N° 75/2019 de fecha 23 de abril de 2019.
18	DGA: ORD. N° 120 de fecha 28 de febrero de 2020.
19	SMA: archivo Excel 'Niveles_Sector_Tilopozo'.
20	SMA: Informe Técnico 'Reporte Humedal Tilpozo'.
21	SMA: archivo Excel 'Extracciones_MEL_CMZ_ALB'.
22	SMA: archivo Excel 'Niveles_ALB'.
23	SMA: archivo Excel 'Descensos_Modelo_MEL'.
24	Publicación: <i>Soto, J., Román-Figueroa, C., and Paneque, M. 2019. A Model for Estimating the Vegetation Cover in the High-Altitude Wetlands of the Andes (HAWA). Land 2019.</i>