



Superintendencia del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile

## INFORME TÉCNICO DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL

### Inspección Ambiental

### ROTURA DE RELAVEDUCTO – CODELCO - DIVISIÓN ANDINA

DFZ-2019-179-V-RCA-IA

JUNIO 2019

	Nombre	Firma
Aprobado	<b>Claudia Pastore Herrera</b>	21-06-2019 X  _____ Claudia Pastore H. Jefa(s) División de Fiscalización Firmado por: CLAUDIA PASTORE HERRERA
Revisado	<b>Patricio Walker Huyghe</b>	17-06-2019 X  _____ Patricio Walker H. Encargado Sección de Recursos Hídricos y Ter... Firmado por: Patricio Alejandro Walker Huyghe
Elaborado	<b>Sergio Vilches Enríquez</b>	17-06-2019 X  _____ Sergio Vilches E. Profesional de Fiscalización DFZ Firmado por: Sergio Diego Nolberto Vilches Enríquez

## Contenido

1	RESUMEN.....	3
2	IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD FISCALIZABLE .....	5
2.1	Antecedentes Generales .....	5
2.2	Ubicación y Layout.....	4
3	INSTRUMENTOS DE CARÁCTER AMBIENTAL FISCALIZADOS .....	6
4	ANTECEDENTES DE LA ACTIVIDAD DE FISCALIZACIÓN .....	7
4.1	Motivo de la Actividad de Fiscalización.....	7
4.2	Materia Específica Objeto de la Fiscalización Ambiental .....	7
4.3	Aspectos relativos a la ejecución de la Inspección Ambiental .....	7
4.3.1	Ejecución de la Inspección.....	7
4.3.2	Esquema de Recorrido.....	8
4.3.3	Detalle del Recorrido de la Inspección .....	8
5	HECHOS CONSTATADOS .....	9
5.1	Detalles de la Contingencia .....	9
5.2	Caracterización del Relave Derramado .....	19
5.3	Efectos en la Calidad del Agua.....	24
5.4	Plan de Contingencia Aplicado con Motivo del Incidente.....	42
5.5	Otros Hechos: Estado Ecológico del Ecosistema Fluvial.....	44
6	CONCLUSIONES.....	45
7	ANEXOS.....	46

## 1 RESUMEN

El presente documento da cuenta de los resultados de la actividad de fiscalización ambiental realizada por la Superintendencia del Medio Ambiente, junto a la Dirección General de Aguas y el Servicio de Salud, en respuesta a la situación de contingencia que ocurrió el día 23 de enero de 2019 en instalaciones de la unidad fiscalizable “Codelco - División Andina”, en la comuna y provincia de Los Andes, región de Valparaíso. La contingencia consistió en la rotura del relaveducto de la faena minera a la altura del kilómetro 15 del Camino Saladillo sector río Blanco, provocando un derrame que alcanzó el cauce del río Blanco, afluente del río Aconcagua. La actividad de inspección fue desarrollada el día 23-01-2019 (ver Acta de Inspección Ambiental en ANEXO 1).

La línea del relaveducto afectada por el incidente forma parte del Sistema de Conducción de Relaves (SCR) al Embalse de Relaves Los Leones, el cual es utilizado como respaldo para realizar mantenciones o en situación de contingencias o emergencias del Sistema de Transporte de Relaves (STR) al Tranque de Relaves Ovejería.

En atención a la emergencia ocurrida, se establecieron como materias relevantes objeto de la fiscalización el esclarecer los detalles de la contingencia, caracterizar el relave derramado, evaluar los potenciales efectos en la calidad del agua de los ríos Blanco y Aconcagua, y analizar las acciones del plan de contingencia aplicadas por el Titular con motivo incidente.

Los antecedentes revisados indican que la rotura se produjo a las 13:12 hrs del 23 de enero de 2019, derramándose flujo de relave al río Blanco por un lapso de aproximadamente 2 horas. El volumen de relave derramado producto de la contingencia fue del orden de 1.705 metros cúbicos, del cual un 20% corresponde a relave seco (338 metros cúbicos), mientras que la fracción restante (1.367 metros cúbicos) corresponde al agua necesaria para asegurar el transporte del material.

Como medida de control del evento, los canales de derivación de la Central Hidroeléctrica Blanco y el Embalse Piuquenitos –obras de propiedad de Colbún S.A. ubicadas aguas abajo del punto de rotura– fueron utilizados para captar las aguas del río afectadas por el relave. Sin embargo, una fracción del material derramado –estimada por Codelco División Andina en un 24% del total– no ingresó a las obras señaladas, fluyendo y dispersándose río abajo.

La caracterización físico-química de la fracción sólida del relave derramado arrojó como componentes principales los parámetros Aluminio, Hierro, Potasio, Sodio, Azufre y Magnesio. En cuanto a la fracción líquida, se utilizaron los registros de las aguas claras del Tranque de Relaves Ovejería, cuya composición puede ser considerada representativa de ésta frente a la ausencia de mediciones directas. Los resultados del último trimestre del año 2018 muestran que las aguas claras exceden la Norma Norma NCh. 1.333 para uso en riego en los parámetros Conductividad Eléctrica, Manganeso, Molibdeno, Sólidos Disueltos Totales y Sulfato.

Los resultados de los análisis hidroquímicos en los ríos Blanco y Aconcagua revelan que la calidad de las aguas se vio afectada con posterioridad al incidente. En lo principal, se registró un aumento de las concentraciones de Aluminio, Arsénico, Cobre, Hierro y Manganeso, superándose los valores máximos de los últimos dos años (periodo 2017-2018) y algunos de los límites de las Normas de riego y agua potable. Así también, fue posible determinar que el efecto se extendió aguas abajo de la Central Hidroeléctrica Blanco alcanzando al río Aconcagua, a unos 40 km aguas abajo del punto de rotura del relaveducto, y que las concentraciones comenzaron a disminuir progresivamente hasta retornar a valores sin alteración al día 01 de febrero de 2019. Es importante destacar que el caudal derramado fue significativamente inferior al caudal del cuerpo receptor (río Blanco), por lo que al incorporarse al curso natural experimentó una dilución del orden de 20 a 30 veces.

Ponderados los antecedentes técnicos disponibles, es posible establecer que la alteración observada en los cursos de agua se debió en una proporción relevante al incidente de rotura del relaveducto. Esto se evidencia al menos para el parámetro Conductividad Eléctrica, que se vio incrementado una hora después del inicio del derrame y que está presente en altas concentraciones de las aguas del relave, y para los parámetros Aluminio y Hierro contenidos en porcentajes elevados de su fracción sólida.

En cuanto a las medidas de contingencia realizadas, cabe destacar que el mismo día 23 de enero el Titular comunicó el incidente a las autoridades competentes y adoptó acciones operacionales y de monitoreo con motivo del evento ocurrido. Las actividades ejecutadas incluyeron el retirar el material derramado por medio de un programa de limpieza realizado entre los días 23 y 30 de enero, estimándose en aproximadamente 167 metros cúbicos el volumen de relave extraído.

En complemento a lo anterior, el Titular informó que encargó el desarrollo de un “Estudio del estado ecológico del ecosistema fluvial de la cuenca del Río Aconcagua, en el área de influencia de la fuga de relave de Codelco Andina”, antecedente que será remitido a esta Superintendencia una vez se encuentre culminado.

Finalmente, en lo que respecta a los instrumentos de gestión ambiental de competencia de esta Superintendencia, para el el ducto afectado por el incidente sólo se encuentran establecidos procedimientos comunicacionales internos ante eventos como el ocurrido, sin consignarse acciones o medidas de contingencia adicionales.

## 2 IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD FISCALIZABLE

### 2.1 Antecedentes Generales

<b>Identificación de la Unidad Fiscalizable:</b> Codelco - División Andina	<b>Estado operacional de la Unidad Fiscalizable:</b> En operación
<b>Región:</b> Valparaíso	<b>Ubicación específica de la unidad fiscalizable:</b> La rotura del relaveducto se produjo a la altura del kilómetro 15 del Camino Saladillo, sector río Blanco.
<b>Provincia:</b> Los Andes	
<b>Comuna:</b> Los Andes	
<b>Titular(es) de la unidad fiscalizable:</b> Codelco	<b>RUT o RUN:</b> 61.704.000-k
<b>Domicilio titular(es):</b> Huérfanos 1270, Piso 5, Santiago, Gerencia de Medio Ambiente y Comunidad	<b>Correo electrónico:</b> pgutierr@codelco.cl
	<b>Teléfono:</b> (56-2) 26903945
<b>Identificación representante(s) legal(es):</b> Jorge Lagos Rodríguez	<b>RUT o RUN:</b> 10.502.232-8
<b>Domicilio representante(s) legal(es):</b> Huérfanos 1270, Piso 5, Santiago	<b>Correo electrónico:</b> pgutierr@codelco.cl
	<b>Teléfono:</b> (56-2) 26903945

## 2.2 Ubicación y Layout

Figura 1. Mapa de ubicación local (Fuente: Google Earth Pro 2018).



**Coordenadas UTM de referencia:** DATUM WGS 84

**Huso:** 19

**Norte:** 6.348.298 metros

**Este:** 383.032 metros

**Ruta de acceso:** La rotura del relaveducto se produjo a la altura del kilómetro 15 del Camino Saladillo, sector río Blanco. A este sector se accede desde la Ruta CH 60 que conecta la localidad de Los Andes con el Paso Los Libertadores.

Figura 2. Layout del proyecto (Fuente: Google Earth Pro 2018).



### 3 INSTRUMENTOS DE CARÁCTER AMBIENTAL FISCALIZADOS

Identificación de Instrumentos de Carácter Ambiental fiscalizados						
N°	Tipo de instrumento	N°/ Descripción	Fecha	Comisión / Institución	Título	Comentarios
1	RCA	1808/2006	24/07/2006	Dirección Ejecutiva de CONAMA	Obras Complementarias Proyecto Expansión División Andina para Ampliación Intermedia a 92 Ktpd	En fase de operación (07-03-2013)

## 4 ANTECEDENTES DE LA ACTIVIDAD DE FISCALIZACIÓN

### 4.1 Motivo de la Actividad de Fiscalización

Motivo		Descripción	
X	No programada		Denuncia
			Autodenuncia
		X	De Oficio
			Otro
		<b>Descripción del motivo:</b> Actividad de oficio generada en respuesta a la situación de contingencia producto de la rotura del relaveducto en instalaciones de Codelco División Andina, evento ocurrido el día 23/01/2019	

### 4.2 Materia Específica Objeto de la Fiscalización Ambiental

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detalles de la contingencia</li> <li>• Caracterización del relave derramado</li> <li>• Efectos en la calidad del agua</li> <li>• Plan de Contingencia aplicado con motivo del incidente</li> </ul>
---

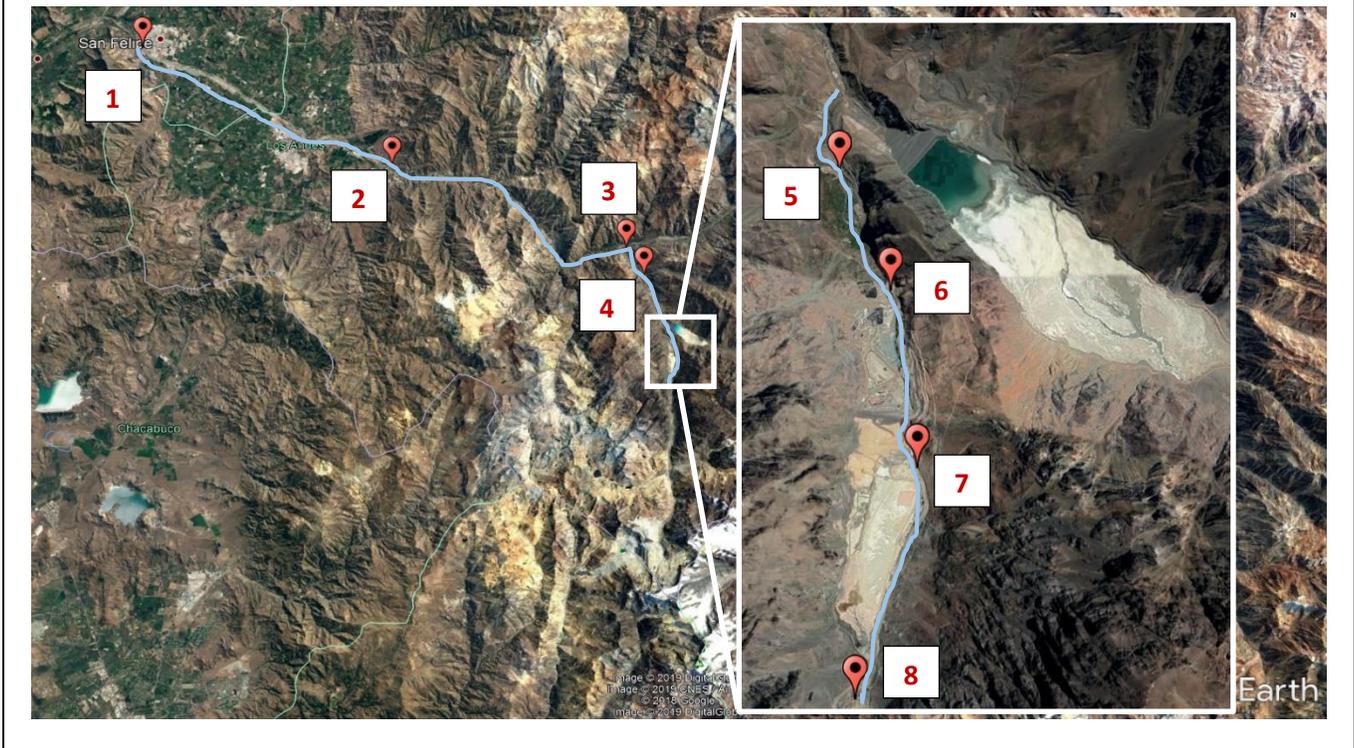
### 4.3 Aspectos relativos a la ejecución de la Inspección Ambiental

#### 4.3.1 Ejecución de la Inspección

<b>Fecha de realización:</b> 23 de enero de 2019	<b>Hora de inicio:</b> 19:00	<b>Hora de finalización:</b> 23:00
<b>Fiscalizador encargado de la actividad:</b> Sergio Vilches E.		<b>Órgano:</b> SMA
<b>Fiscalizadores participantes:</b> Sergio Vilches E. Waldo Solar G. Claudia Abarca C. Jaime Ayala A. José Muñoz V.		<b>Órgano(s):</b> SMA DGA SEREMI Salud SEREMI Salud SEREMI Salud
<b>Existió oposición al ingreso:</b> NO		<b>Existió auxilio de fuerza pública:</b> NO
<b>Existió colaboración por parte de los fiscalizados:</b> SI		<b>Existió trato respetuoso y deferente:</b> SI
<b>Entrega de antecedentes solicitados:</b> NO		<b>Entrega de acta:</b> SI (Disponible en ANEXO 1)
<b>Observaciones:</b> Durante la actividad se entregó una copia del Acta de Inspección del día 23-01-2019 al Sr. Jorge Lagos R., Gerente de Medio Ambiente y Comunidades de Codelco División Andina		

### 4.3.2 Esquema de Recorrido

Figura 3. Recorrido y Estaciones de la actividad de Inspección del día 23/01/2019



### 4.3.3 Detalle del Recorrido de la Inspección

Estación N°	Nombre	Descripción Estación
1	Río Aconcagua en San Felipe	Ubicación de punto de muestreo DGA en el río Aconcagua, a la altura de la ciudad de San Felipe
2	Río Aconcagua en Chacabuquito	Ubicación de punto de muestreo DGA en el río Aconcagua, a la altura de la estación DGA 'Río Aconcagua en Chacabuquito'
3	Río Blanco Aguas Arriba de junta con Río Aconcagua	Ubicación de punto de muestreo DGA en el río Blanco, aguas arriba de la junta con el río Aconcagua
4	Sector Saladillo	Oficinas de Codelco División Andina, donde se sostuvo reunión de inicio con el Titular
5	Central Blanco	Bocatoma de la Central Hidroeléctrica Blanco de Colbún S.A.
6	Río Blanco en BL-10	Ubicación de estación de monitoreo de calidad de aguas del Titular en el río Blanco, 1,5 km aguas abajo del punto de rotura del relaveducto
7	Punto de Rotura Relaveducto	Punto donde ocurrió la rotura del ducto, dando origen al derrame de relaves aguas abajo
8	Río Blanco Aguas Arriba Punto de Rotura	Ubicación de punto de muestreo DGA en el río Blanco, aguas arriba del punto de rotura del relaveducto

## 5 HECHOS CONSTATADOS

### 5.1 Detalles de la Contingencia

<b>Número de hecho constatado: 1</b>	<b>Estación N°: 4, 5 y 7; Examen de Información</b>
<b>Documentación solicitada y entregada:</b> Por medio del Acta de Inspección Ambiental de la actividad, se solicitó a Codelco División Andina: <ol style="list-style-type: none"><li>1. La cuantificación del volumen derramado y el volumen de relave capturado en los canales de derivación de la Central de Colbún S.A.</li><li>2. El registro de presiones del ducto.</li></ol> Mediante Carta GSRI-016-2019, de fecha 29-01-2019, el Titular remitió la documentación requerida (disponible en ANEXO 2).  De manera de complementar estos antecedentes, por medio de la Resolución Ex. SMA N°150, de fecha 29-01-2019, esta Superintendencia requirió la siguiente información a Colbún S.A. sobre el evento ocurrido: <ol style="list-style-type: none"><li>1. Hora en la que tuvo conocimiento del incidente, con el respectivo medio de prueba.</li><li>2. Descripción de las medidas adoptadas durante el evento.</li><li>3. Periodo de tiempo en que se habría colectado el material de relave en las obras hidráulicas de la Central, especificando hora de inicio y hora de término, y acompañando medios de prueba tales como, fotografías fechadas del estado de los canales, compuertas y demás obras anexas de la Central durante el periodo en que se capturó el material. De haberse interrumpido completamente el flujo de relave aguas abajo de la Central, se requirió informar la hora de inicio y hora de término de tal situación y remitir los respectivos medios de prueba.</li><li>4. Registro del programa de limpieza del material de relave capturado en las obras de la Central, especificando el volumen colectado en metros cúbicos y su lugar de disposición final.</li></ol> Mediante Carta GMA N°010, de fecha 08-02-2019, Colbún S.A. remitió la documentación requerida (disponible en ANEXO 3).	
<b>Resultado(s) Examen de Información:</b> A continuación se presenta una síntesis de los resultados informados en la documentación remitida por Codelco División Andina y Colbún S.A., según aspectos de relevancia: <ol style="list-style-type: none"><li>a. <u>Localización</u>: la rotura del relaveducto se produjo a la altura del kilómetro 15 (Estación N°7, ver <b>Fotografía 1</b>), al interior del área industrial de Codelco División Andina, ubicada en el Camino Saladillo.</li><li>b. <u>Descripción de la obra</u>: el ducto que sufrió la falla se utiliza en forma ocasional para desviar parcialmente el flujo de relaves al Embalse Los Leones, con el fin de realizar mantenciones o en situación de contingencias o emergencias del Sistema de Transporte de Relaves (STR) al Tranque de Relaves Ovejería.</li><li>c. <u>Hora del incidente y duración del evento de derrame</u>: el incidente de rotura ocurrió a las 13:12 hrs del día 23 de enero de 2019, y la duración del derrame al río Blanco fue de aproximadamente 2 horas.</li><li>d. <u>Registro de presiones del ducto</u>: a las 13:12 hrs del día 23 de enero se registró una disminución de las presiones en el relaveducto (ver <b>Figura 4</b>), lo cual permite confirmar que esta es la hora en que se produjo su rotura, iniciándose las maniobras para la detención de su operación a las 13:19 horas.</li><li>e. <u>Cantidad derramada</u>: el volumen de relave derramado fue del orden de 1.705 metros cúbicos, del cual un 20% corresponde a relave seco (338 metros cúbicos), mientras que la fracción restante de 80% (1.367 metros cúbicos), corresponde al agua necesaria para asegurar el transporte del material.</li><li>f. <u>Cronología de eventos en instalaciones de Colbún S.A. el día 23 de enero de 2019</u>:<ol style="list-style-type: none"><li>1. Cierre de bocatoma de la Central Hidroeléctrica Blanco:</li></ol></li></ol>	

- 14:32 hrs: el operador de la Central visualiza aguas con turbiedad anormal en el río Blanco.
  - 14:43 hrs: conforme al protocolo de seguridad establecido, Colbún S.A. da inicio al cierre de la bocatoma de la Central Blanco para evitar el ingreso de caudales que puedan afectar las instalaciones y operación de la Central.
  - 14:48 hrs: se completa el cierre de la bocatoma de la Central. A partir de esta hora la totalidad de las aguas del río escurren aguas abajo por su cauce natural.
- 2. Uso del Embalse Piuquenitos:**
- 16:10 hrs: Colbún S.A. inicia las maniobras para conducir el caudal del río Blanco al Embalse; dicha acción deriva del requerimiento que hizo Codelco División Andina solicitando utilizar esta obra para mitigar los efectos ambientales del incidente (ver Anexo N°4 de la Carta GMA N°010/2019).
  - 16:18 hrs: el agua del río comienza a ingresar al Embalse.
  - 16:25 hrs: la obra vio superada su máxima capacidad, de modo que un volumen de agua rebalsó retornando al cauce del río Blanco.
  - 23:29 hrs: finaliza el uso del Embalse.
- g. **Destino del relave derramado:** una fracción del relave ingresó al Embalse Piuquenitos de Colbún S.A. (ver **Fotografía 2**), otra fracción ingresó a los canales de derivación de la Central Blanco (Estación N°5, ver **Fotografías 3 y 4**), y el remanente fluyó y se dispersó en el río Blanco depositándose una fracción de él en su cauce, principalmente en el sector inmediatamente aguas abajo de la rotura y alcanzando también la sección del río aguas arriba de la Central Blanco de Colbún S.A. (ver **Fotografía 5**). Codelco División Andina estimó en 1.288 metros cúbicos –de los cuales 255 metros cúbicos corresponde a relave seco– el volumen desviado a las instalaciones de Colbún S.A., lo que representa aproximadamente el 76% del material total derramado. En la **Fotografía 6** se muestra la vista de la sección aguas abajo de la Central Blanco al momento de la inspección ambiental de esta Superintendencia.
- h. **Estado actual de la obra afectada:** en su Informe de Respuestas a lo solicitado en el Acta de Inspección de esta Superintendencia (ANEXO 2), Codelco División Andina reportó lo siguiente: *“A raíz de este lamentable incidente en el SCR, se están realizando las investigaciones internas correspondientes, de la forma más detallada posible, de manera de encontrar sus causas, para así ejercer las acciones correctivas que eviten que este evento se repita nuevamente. A este respecto se hace presente que con fecha 24 de enero de 2019, la PDI retiró el tramo de ducto afectado por la rotura”.*
- i. **Programa de limpieza:** Codelco División Andina ejecutó un programa de limpieza entre los días 23 y 30 de enero en los distintos sectores afectados (ver **Fotografía 7**, sector km 14 río Blanco), estimándose en alrededor de 167 metros cúbicos el volumen de relave seco extraído (el Informe Final de Limpieza del río Blanco se encuentra disponible en el ANEXO 4 del presente informe). Así, el Titular pudo recuperar del orden de un 49% de la fracción sólida del relave total derramado (338 metros cúbicos); el destino del material removido fue el Embalse Los Leones de Codelco División Andina. Entre el 01 y el 08 de febrero, el Titular ejecutó una limpieza complementaria de trazas de relave puntuales identificadas inmediatamente aguas abajo de las instalaciones de la bocatoma de la Central Blanco de Colbún S.A. (ver **Fotografía 8**).

La cronología de los sucesos informados por ambos Titulares es consistente con los datos de caudales instantáneos a escala horaria registrados los días 23 y 24 de enero en las estaciones fluviométricas de transmisión satelital de la Dirección General de Aguas, instaladas en los ríos Blanco y Aconcagua. La ubicación de las estaciones<sup>1</sup> se presenta en la **Figura 5**, mientras que el análisis de los caudales medidos se reporta en la **Figura 6**.

<sup>1</sup> Se utilizaron los registros públicos del link <http://www.dga.cl/Paginas/estaciones.aspx> para las siguientes estaciones DGA:

- Río Blanco antes Junta Río Los Leones (Código BNA 05402015-5)
- Río Blanco en Río Blanco (Código BNA 05402001-5)
- Río Aconcagua en Río Blanco (Código BNA 05403002-9)
- Río Aconcagua en Chacabuquito (Código BNA 05410002-7)

En síntesis respecto de la contingencia ocurrida, es posible indicar que:

1. El incidente de rotura ocurrió a las 13:12 hrs del día 23 de enero de 2019, lo que se ve confirmado con los registros de presiones del relaveducto que muestran una caída brusca a esa hora.
2. La duración del derrame al río Blanco fue de aproximadamente 2 horas, producto de lo cual se liberó al cauce un volumen de relave del orden de 1.705 metros cúbicos, del cual un 20% corresponde a relave seco (338 metros cúbicos), mientras que la fracción restante (1.367 metros cúbicos) corresponde al agua necesaria para asegurar el transporte del material.
3. Como medida de control del evento, los canales de derivación de la Central Hidroeléctrica Blanco y el Embalse Piuquenitos –obras de propiedad de Colbún S.A. ubicadas a 2,5 km y 1 km aguas abajo del punto de rotura, respectivamente– fueron utilizados para captar las aguas del río afectadas por el relave.
4. El relave ingresó a los canales de derivación de la Central Blanco hasta la hora de cierre de la bocatoma (14:48 hrs del día 23 de enero). Considerando que este complejo hidroeléctrico tiene un funcionamiento de pasada, resulta esperable que una parte del caudal líquido del relave captado haya sido restituído con posterioridad al río Aconcagua (punto de restitución de la Central; ver ubicación referencial de la casa de máquinas en la **Figura 6**), y que la fracción restante haya quedado retenida en la pasta del relave sobre los canales de la bocatoma (la **Fotografía 4** muestra signos importantes de humedad en el material).
5. Tras el cierre de la bocatoma, la totalidad de las aguas del río potencialmente afectadas con el derrame escurrieron aguas abajo por su cauce natural. Sin embargo, esto ocurrió a partir de las 14:48 hrs, sobre el final del periodo de derrame (13:12 hrs a 15:12 hrs, aproximadamente), es decir, en un instante en el cual ya había ingresado parte importante del relave a las obras de la Central.
6. En cuanto al Embalse Piuquenitos, éste fue utilizado para contener el relave entre las 16:18 hrs y las 23:29 hrs del día 23 de enero. No obstante, la efectividad de esta medida fue limitada por la capacidad de acumulación de la obra, la cual rebalsó a los pocos minutos de iniciado su llenado.
7. Por las razones anteriores, una fracción del material derramado –estimada por Codelco División Andina en un 24% del total– no fue contenida con las obras antes señaladas, fluyendo y dispersándose río abajo hasta una extensión no determinada. Como medio de prueba de lo antes señalado, cabe mencionar que entre el 01 y el 08 de febrero el Titular identificó restos de relave aguas abajo de las instalaciones de la captación de la Central Blanco de Colbún S.A. (ver **Fotografía 8**).
8. El porcentaje de material que fue retenido (76%) es comparable a la proporción entre la duración del incidente y la duración de la captura del derrame en las instalaciones de la Central Blanco hasta el cierre de su bocatoma (80%).
9. Entre los días 23 y 30 de enero Codelco División Andina ejecutó un programa de limpieza de los sectores afectados, informando que pudo extraerse un volumen de alrededor de 167 metros cúbicos de relave seco, correspondiente a un 49% del total de la fracción sólida del volumen derramado.

Registros



<b>Fotografía 1.</b>	<b>Fecha:</b> 23-01-2019		<b>Fotografía 2.</b>	<b>Fecha:</b> 23-01-2019	
<b>Coordenadas DATUM WGS84 HUSO 19</b>	<b>Norte:</b> 6.348.298 metros	<b>Este:</b> 383.032 metros	<b>Coordenadas DATUM WGS84 HUSO 19</b>	<b>Norte:</b> 6.349.134 metros	<b>Este:</b> 382.664 metros
<b>Descripción de medio de prueba:</b> Vista del punto de rotura del relaveducto a las 20:01 hrs del día 23-01-2019. Se aprecia evidencia de que hubo escurrimiento de relave por el talud subyacente a la obra. Fotografía tomada por el equipo fiscalizador SMA.			<b>Descripción de medio de prueba:</b> Vista del Embalse Piuquenitos de Colbún S.A. a las 16:39 hrs del día 23-01-2019. Se observa coloración café en el agua por efecto del ingreso de aguas con relave a la obra. Fotografía extractada de la Carta GMA N°010/2019 de Colbún S.A.		

**Registros**



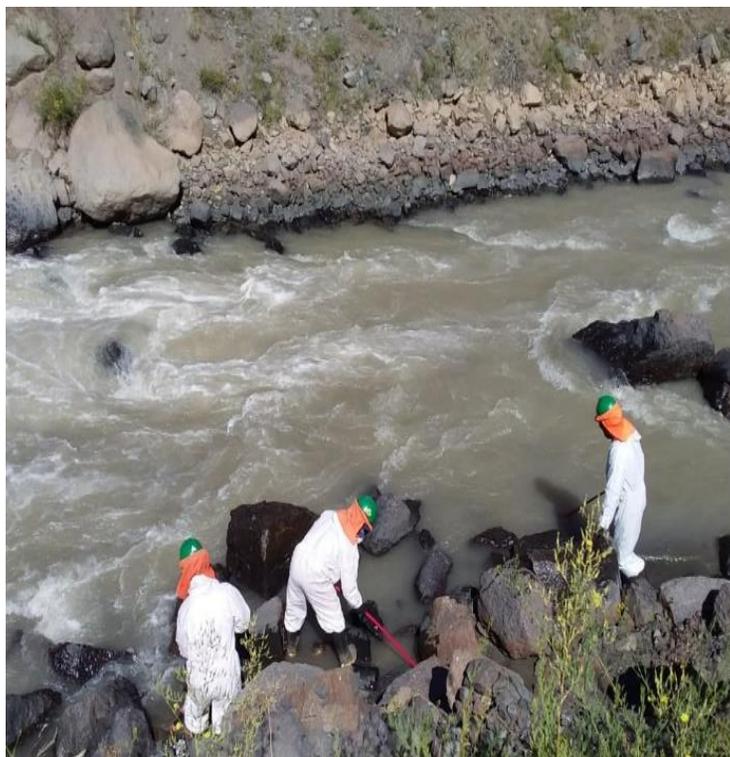
<b>Fotografía 3.</b>	<b>Fecha:</b> 23-01-2019		<b>Fotografía 4.</b>	<b>Fecha:</b> 03-01-2019	
<b>Coordenadas DATUM WGS84 HUSO 19</b>	<b>Norte:</b> 6.350.792 metros	<b>Este:</b> 381.980 metros	<b>Coordenadas DATUM WGS84 HUSO 19</b>	<b>Norte:</b> 6.350.792 metros	<b>Este:</b> 381.980 metros
<b>Descripción de medio de prueba:</b> Vista de canal de derivación de Colbún S.A. a las 15:19 hrs del día 23-01-2019. Fotografía extractada de la Carta GMA N°010/2019 de Colbún S.A.			<b>Descripción de medio de prueba:</b> Vista de canal de derivación de Colbún S.A. a las 20:36 hrs del día 23-01-2019. Fotografía tomada por el equipo fiscalizador SMA.		

**Registros**



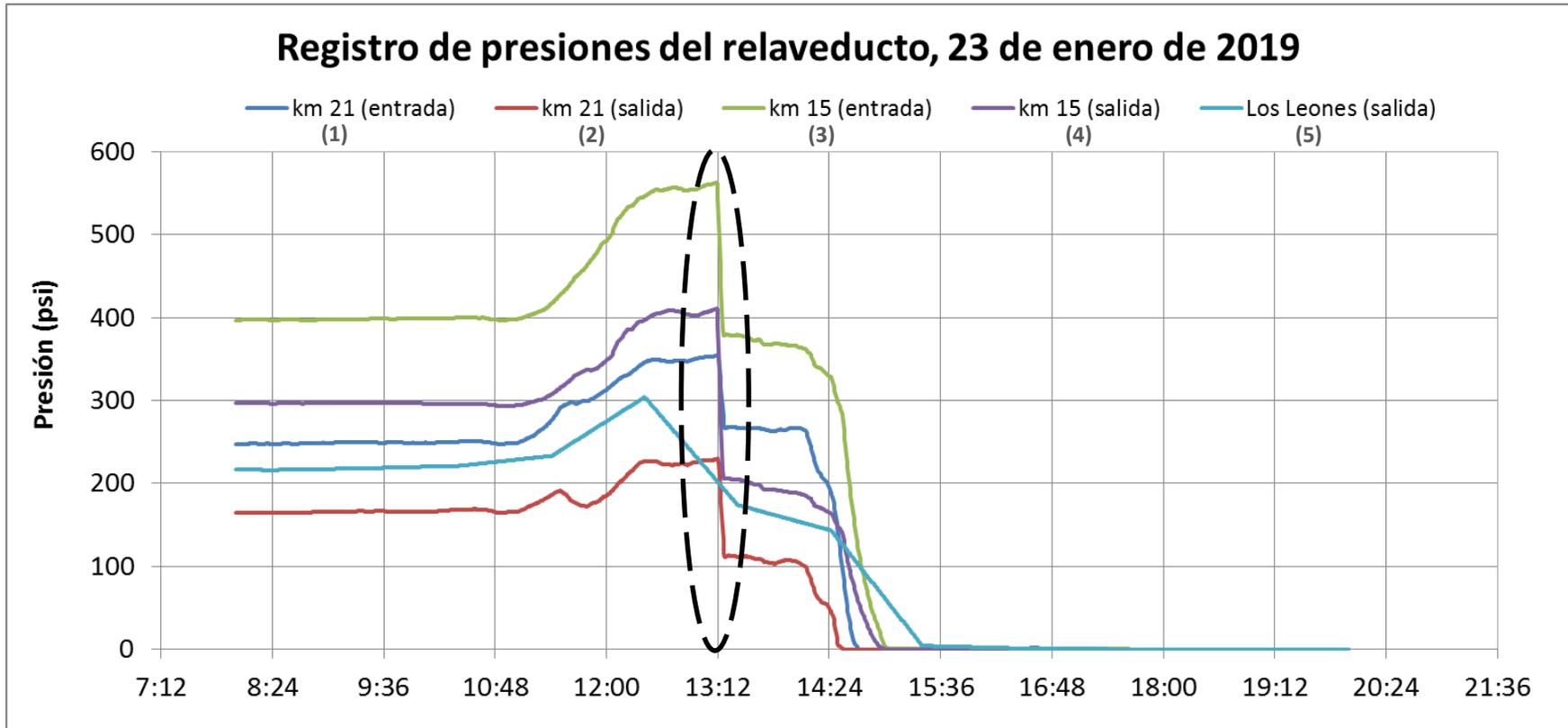
<b>Fotografía 5.</b>	<b>Fecha:</b> 23-01-2019		<b>Fotografía 6.</b>	<b>Fecha:</b> 23-01-2019	
<b>Coordenadas DATUM WGS84 HUSO 19</b>	<b>Norte:</b> 6.350.773 metros	<b>Este:</b> 382.016 metros	<b>Coordenadas DATUM WGS84 HUSO 19</b>	<b>Norte:</b> 6.350.804 metros	<b>Este:</b> 381.990 metros
<b>Descripción de medio de prueba:</b> Vista del sector aguas arriba de la bocatoma de Colbún S.A. a las 20:31 hrs. Se aprecia la acumulación de material de relave en las riberas del cauce del río Blanco. Fotografía tomada por el equipo fiscalizador SMA.			<b>Descripción de medio de prueba:</b> Vista del sector aguas abajo de la bocatoma de Colbún S.A. a las 20:40 hrs. No se observa evidencia de acumulación de relave en el cauce del río Blanco. Fotografía tomada por el equipo fiscalizador SMA.		

Registros



<b>Fotografía 7.</b>	<b>Fecha:</b> 26-01-2019/29-01-2019		<b>Fotografía 8.</b>	<b>Fecha:</b> 01-02-2019/08-02-2019	
<b>Coordenadas DATUM WGS84 HUSO 19</b>	<b>Norte:</b> 6.349.469 metros	<b>Este:</b> 382.681 metros	<b>Coordenadas DATUM WGS84 HUSO 19</b>	<b>Norte:</b> 6.350.804 metros	<b>Este:</b> 381.990 metros
<b>Descripción de medio de prueba:</b> Vista nororiental del tramo km 14 río Blanco; se muestra actividad de limpieza en ejecución. Fotografía extractada del Informe Final de Limpieza remitido por Codelco División Andina.			<b>Descripción de medio de prueba:</b> Vista de trazas de relave aguas abajo de la compuerta de la Central Blanco de Colbún S.A. Fotografía extractada del Informe Final de Limpieza remitido por Codelco División Andina.		

Registros



Fuente: Elaboración propia en base a los datos reportados por el Titular a esta Superintendencia.

Figura 4.

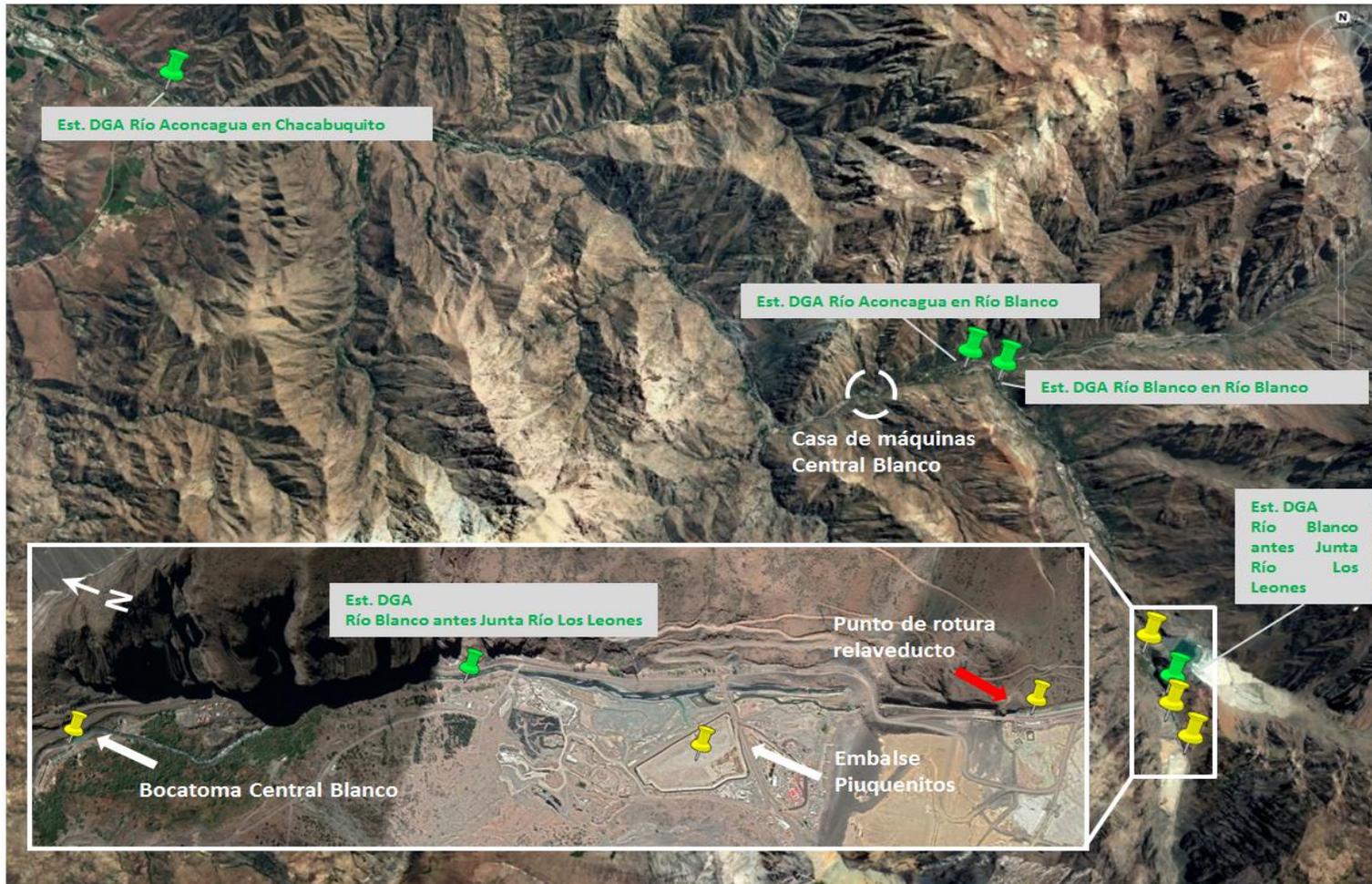
Fecha: 23-01-2019

**Descripción de medio de prueba:**

Registro de presiones del relaveducto el día del incidente, en unidades de psi (libra de fuerza por pulgada cuadrada, por sus siglas en inglés *pounds-force per square inch*). Se destacan las presiones en cinco puntos de interés ordenados de aguas arriba a aguas abajo, a saber: **(1)** entrada Estación Disipadora km 21, **(2)** salida Estación Disipadora km 21, **(3)** entrada Estación Disipadora km 15, **(4)** salida Estación Disipadora km 15, y **(5)** salida a Embalse Los Leones.

Se observa que a las 13:12 hrs se produjo una disminución brusca de las presiones en todos los puntos, atribuible a la rotura del ducto.

## Registros



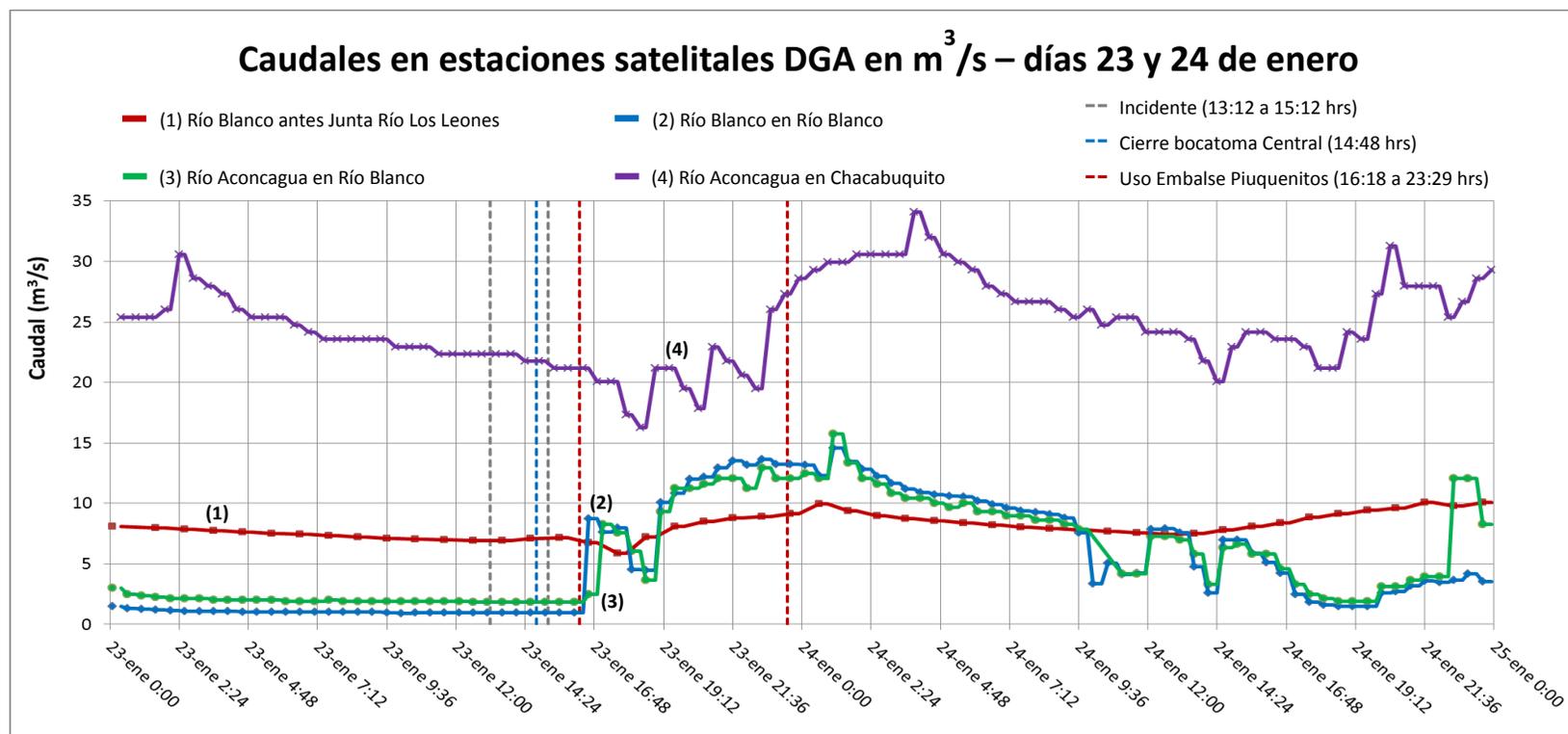
Fuente: Elaboración propia en base a la ubicación de las estaciones DGA, informada en el link <http://www.dga.cl/productosyservicios/mapas/Paginas/default.aspx>

Figura 5.

Fecha: 23-01-2019 y 24-01-2019

### Descripción de medio de prueba:

Ubicación de estaciones fluviométricas de la Dirección General de Aguas en los ríos Blanco y Aconcagua (marcadores de color verde). La estación 'Río Blanco antes Junta Ríos Los Leones' se sitúa aguas abajo del Embalse Piuquenitos; las estaciones restantes se ubican aguas abajo de la bocatoma de la Central Blanco de Colbún S.A. Como referencia se destaca la ubicación del sector de la casa de máquinas de la Central Blanco, en el río Aconcagua.



Fuente: Elaboración propia en base a los datos de las estaciones fluviométricas DGA y los hitos temporales informados por Codelco División Andina y Colbún S.A.

Figura 6.

Fecha: 23-01-2019 y 24-01-2019

**Descripción de medio de prueba:**

Caudales medidos en las estaciones satelitales de la DGA en los ríos Blanco y Aconcagua. Se distinguen dos situaciones relevantes por el evento de derrame, a saber:

- Efecto por el uso del Embalse Piuquenitos: mientras fue utilizado el Embalse para recibir las aguas del río Blanco y contener el derrame (entre las 16:18 y las 23:29 hrs del día 23 de enero), se observa una disminución inicial del caudal del río y luego un incremento paulatino (ver curva 1), atribuible al rebalse de la obra por haber sido superada su máxima capacidad, según informó Colbún S.A.

- Efecto por el cierre de la Central Blanco: a las 14:48 hrs del día 23 de enero Colbún S.A. dejó de operar la Central, cerrando la bocatoma del proyecto y dejando escurrir la totalidad del caudal del río aguas abajo. Este efecto puede ser apreciado en los caudales de las estaciones 'Río Blanco en Río Blanco' (curva 2) y 'Río Aconcagua en Río Blanco' (curva 3), ubicadas a unos 8 y 9 kilómetros aguas abajo de la Central, respectivamente. En ambos casos se pasó bruscamente de una condición de caudal estabilizado (con la Central Blanco operando) a un aumento importante del flujo circulante con posterioridad al cierre de la bocatoma (sin operación de la Central); en 'Río Blanco en Río Blanco' el caudal subió de cerca de 1 m<sup>3</sup>/s a 8 m<sup>3</sup>/s a las 16:36, 108 minutos después del cese de operación; en 'Río Aconcagua en Río Blanco' el caudal subió de cerca de 2 m<sup>3</sup>/s a 8 m<sup>3</sup>/s a las 17:06 hrs, 138 minutos después del cese de operación.

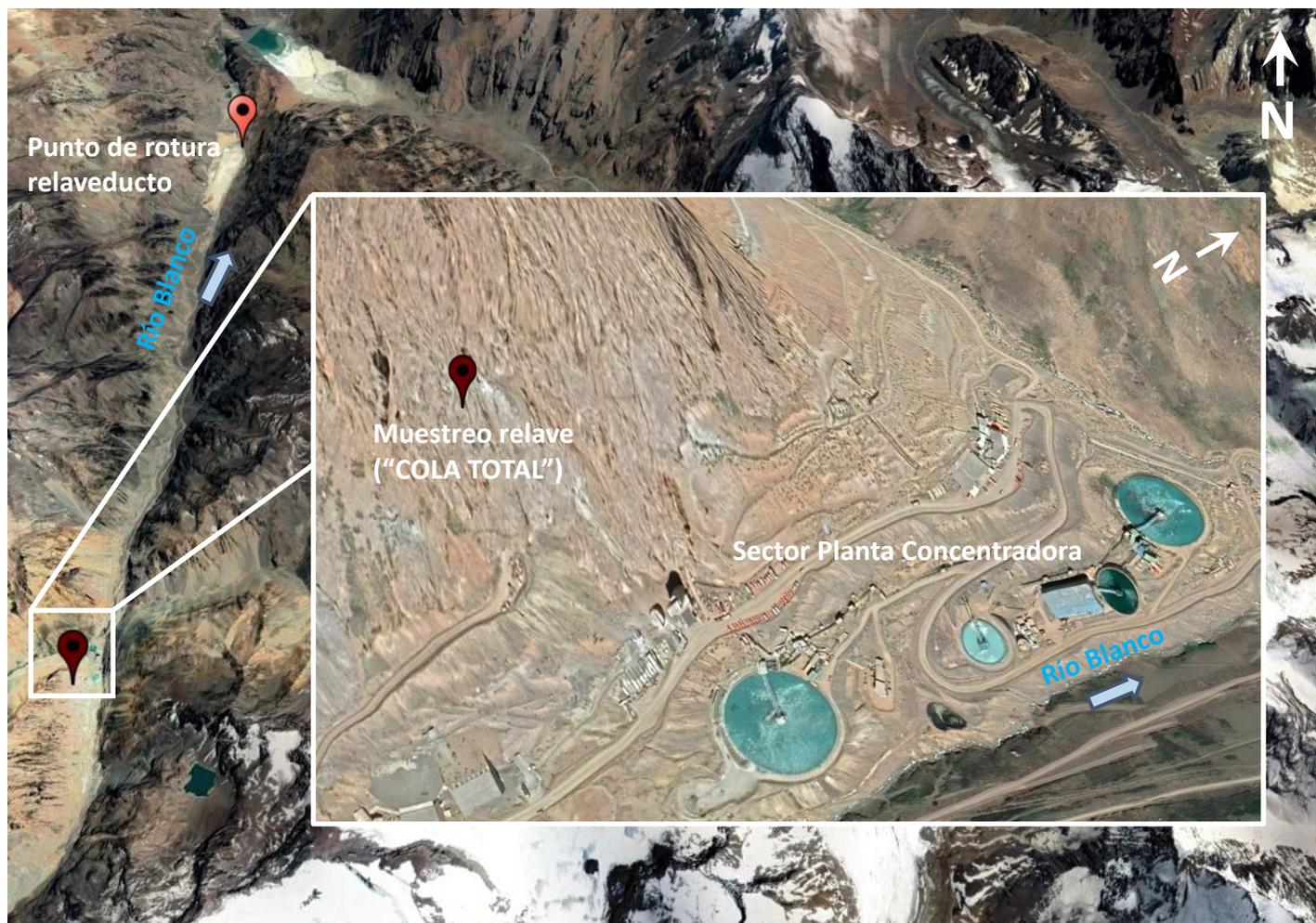
La última estación con control fluviométrico se sitúa a unos 35 km aguas abajo de la Central (ver curva 4, 'Río Aconcagua en Chacabuquito').

## 5.2 Caracterización del Relave Derramado

<b>Número de hecho constatado: 2</b>	<b>Estación N°: 7; Examen de Información</b>
<b>Documentación solicitada y entregada:</b> Por medio del Acta de Inspección Ambiental de la actividad, se solicitó a Codelco División Andina informar la caracterización físico-química del relave derramado.  Mediante Carta GSRI-016-2019, de fecha 29-01-2019, el Titular remitió los resultados e informes de ensayo de los muestreos de los meses de agosto, septiembre y octubre de 2018, en los puntos denominados “CAB.CONV A”, “CAB. SAG”, “CAB.CONV E”, “COLA TOTAL”, “CONC FINAL SECADO”, “CONC MO LIXI S/A”, “CONC MO AC S/A” y “CAB ALIM RO MO”. No fueron entregadas las coordenadas UTM de dichos puntos.  Por medio de la Resolución Ex. SMA N°348, de fecha 11-03-2019, se requirió al titular: <b>1.</b> especificar las coordenadas UTM DATUM WGS 84 de los puntos de muestreo antes indicados, incluyendo una descripción de cada uno de ellos, y <b>2.</b> presentar el consolidado de los resultados de los informes de ensayo en formato de planilla digital editable EXCEL. Mediante Carta GSRI-065-2019, de fecha 09-04-2019, el Titular presentó la información solicitada.  Los antecedentes antes citados se incorporan en el ANEXO 5 del presente informe.	
<b>Resultado(s) Examen de Información:</b> En el Informe de Respuestas adjunta a la Carta GSRI-065-2019, el Titular aclaró que la única muestra que caracteriza el relave es la denominada “COLA TOTAL”, la cual es colectada en túneles o cavernas de la Planta Concentradora (ver ubicación en <b>Figura 7</b> ). En tanto, las muestras restantes corresponden a otros controles operacionales de División Andina (“CAB.CONV A”, “CAB. SAG”, “CAB.CONV E” corresponden a muestras de pulpa que provienen de la molienda de mineral previo a su flotación, mientras que “CONC FINAL SECADO”, “CONC MO LIXI S/A”, “CONC MO AC S/A” y “CAB ALIM RO MO” corresponden a muestras de concentrado procesado por la Planta de Molibdeno y Filtrado de Cobre).  En la <b>Tabla 1</b> se presentan los resultados de la caracterización físico-química del relave en su fracción sólida y seca, la que arrojó como componentes principales los parámetros Silicio (59,8%), Aluminio (15,1%), Potasio (8,5%), Hierro (7,2%), Sodio (4,1%), Azufre (2,6%) y Magnesio (1,5%). En la <b>Figura 8</b> se ilustra gráficamente la composición de los parámetros del relave detectados, como porcentaje relativo.  En cuanto a la caracterización de la fracción líquida del relave derramado, se cotejó la calidad de las aguas claras del Tranque de Relaves Ovejería. La composición de estas aguas representa una condición de permanente contacto con los relaves, vale decir, puede ser considerada representativa de la fracción líquida del relave frente a la ausencia de mediciones directas.  En la <b>Tabla 2</b> se muestran los resultados de los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2018 <sup>2</sup> , pudiendo observarse que la Norma NCh. 1.333 para uso en riego se ve excedida en los parámetros Conductividad Eléctrica, Manganeso, Molibdeno, Sólidos Disueltos Totales y Sulfato.	

<sup>2</sup> Los datos fueron extractados del Informe de monitoreo de aguas claras, periodo octubre – diciembre 2018, remitido por Codelco División Andina a esta Superintendencia en el marco del seguimiento ambiental de la RCA N°275-B/1994 que aprobó el EIA “Sistema de Disposición de Relaves a Largo Plazo. Proyecto Embalse Ovejería”.

## Registros



Fuente: Elaboración propia en base a los datos remitidos por el Titular a esta Superintendencia.

**Figura 7.**

**Fecha:** Agosto, septiembre y octubre de 2018

**Descripción de medio de prueba:**

Ubicación de punto de muestreo "COLA TOTAL" de caracterización físico-química de la fracción sólida del relave. Coordenadas UTM Norte: 6.337.276 metros y Este: 382.789 metros, DATUM WGS84 HUSO 19.

### Registros

Parámetro	Símbolo	Unidad	Resultado Agosto 2018	Resultado Septiembre 2018	Resultado Octubre 2018	Promedio	Porcentaje relativo <sup>(1)</sup>
Aluminio	Al	%	7,21	7,24	7,77	7,41	15,1%
Arsénico	As	%	<0,005	<0,005	<0,005	0,00	0,0%
Bismuto	Bi	%	<0,005	<0,005	<0,005	0,00	0,0%
Calcio	Ca	%	0,505	0,443	0,427	0,46	0,9%
Cadmio	Cd	%	<0,001	<0,001	<0,001	0,00	0,0%
Cloruro	Cl	%	<0,005	<0,005	0,006	0,00	0,0%
Cobalto	Co	%	<0,001	<0,001	0,001	0,00	0,0%
Cobre	Cu	%	0,102	0,082	0,099	0,09	0,2%
Hierro	Fe	%	3,72	3,46	3,43	3,54	7,2%
Potasio	K	%	4,217	4,123	4,155	4,16	8,5%
Magnesio	Mg	%	0,707	0,769	0,696	0,72	1,5%
Manganeso	Mn	%	0,050	0,041	0,046	0,05	0,1%
Molibdeno	Mo	%	0,007	0,008	0,009	0,01	0,0%
Sodio	Na	%	1,971	1,877	2,259	2,04	4,1%
Níquel	Ni	%	0,001	<0,001	0,001	0,00	0,0%
Plomo	Pb	%	0,001	0,001	0,002	0,00	0,0%
Azufre	S	%	1,36	1,14	1,29	1,26	2,6%
Antimonio	Sb	%	<0,005	<0,005	0,006	0,00	0,0%
Selenio	Se	%	<0,005	<0,005	<0,005	0,00	0,0%
Silicio	Si	%	29,61	31,14	27,39	29,38	59,8%
Estaño	Sn	%	<0,005	<0,005	<0,005	0,00	0,0%
Telurio	Te	%	<0,005	<0,005	<0,005	0,00	0,0%
Cinc	Zn	%	0,01	0,008	0,01	0,01	0,0%

(1) Se calculó como la proporción entre el promedio de cada parámetro y la suma total de los promedios de todos los parámetros contenidos en el relave.

Fuente: Elaboración propia en base a los datos remitidos por el Titular a esta Superintendencia.

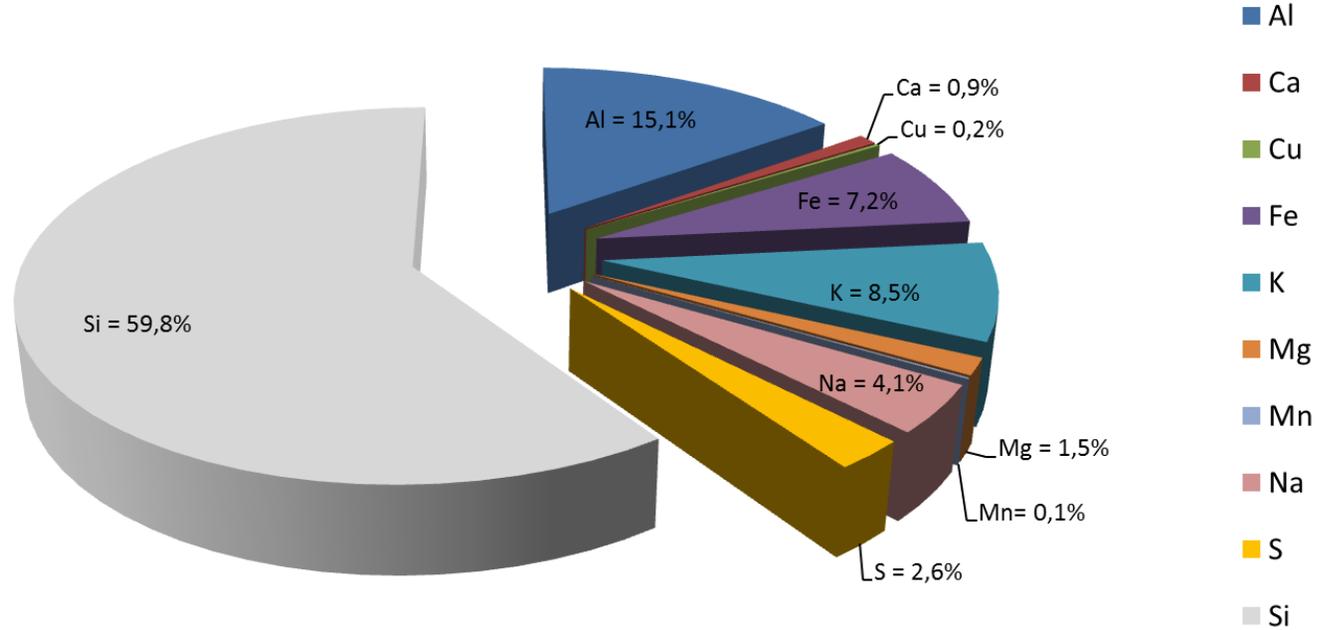
**Tabla 1.**

**Fecha:** Agosto, septiembre y octubre de 2018

**Descripción de medio de prueba:**

Resultados de los muestreos físico-químicas de relave efectuados por el Titular, fracción sólida. Se destacan los parámetros mayoritarios presentes en el material, a saber: Silicio (59,8%), Aluminio (15,1%), Potasio (8,5%), Hierro (7,2%), Sodio (4,1%), Azufre (2,6%) y Magnesio (1,5%); valores expresados como porcentaje relativo.

## Composición química promedio del relave (Agosto - Septiembre - Octubre 2018)



Fuente: Elaboración propia en base a los datos remitidos por el Titular esta Superintendencia.

Figura 8.

Fecha: Agosto, septiembre y octubre de 2018

**Descripción de medio de prueba:**

Gráficas de composición físico química de los parámetros presentes en la fracción sólida del relave, valores expresados como porcentaje relativo.

**Registros**

Parámetro	Unidad	Resultado 11/10/2018	Resultado 24/10/2018	Resultado 08/11/2018	Resultado 30/11/2018	Resultado 06/12/2018	Resultado 18/12/2018	Promedio valores detectados	Valor referencial NCh. 1.333
Aluminio	mg/l	0,10	0,23	0,11	0,14	0,16	0,42	0,19	5
Arsénico	mg/l	0,00870	0,00447	0,00467	0,00411	0,00535	0,00458	0,00531	0,1
Berilio	mg/l	<0,000196	<0,000196	<0,000196	<0,000196	<0,000196	<0,000196	-	0,1
Bario	mg/l	0,0580	0,0635	0,0630	0,0720	0,0635	0,0545	0,0624	4
Boro	mg/l	0,1023	0,2747	0,0827	0,3390	0,3361	0,6053	0,2900	0,75
Cadmio	mg/l	0,00171	0,00151	0,00177	0,00136	0,00194	0,00229	0,00176	0,01
Cianuro	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	0,2
Cloruro	mg/l	111	115	110	113	114	118	114	200
Cobalto	mg/l	0,0022	0,0023	0,0018	0,0016	0,0036	0,0035	0,0025	0,05
Cobre	mg/l	<0,014	0,145	0,08	<0,014	<0,014	0,286	0,170	0,2
Conductividad Eléctrica	µs/cm	3.456	3.475	3.529	3.573	3.544	3.568	3.524	750
Cromo	mg/l	0,00216	0,00247	0,00207	0,00234	0,00402	0,00122	0,00238	0,1
Fluoruro	mg/l	1,272	1,229	1,151	1,290	1,360	1,360	1,277	1,5
Hierro	mg/l	0,03	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	0,21	0,10	5
Litio	mg/l	0,00975	0,00775	0,00875	0,00790	0,00970	0,01025	0,00902	2,5
Manganeso	mg/l	0,217	0,261	0,223	0,238	0,269	0,281	0,248	0,2
Mercurio	mg/l	<0,00013	<0,00013	<0,00013	<0,00013	<0,00013	<0,00013	-	0,001
Molibdeno	mg/l	0,630	0,635	0,590	0,590	0,630	0,580	0,609	0,01
Níquel	mg/l	0,04730	0,03020	0,03615	0,01800	0,02880	0,02525	0,03095	0,2
pH	upH	7,5	7,4	7,6	7,6	7,7	7,6	7,6	5,5-9
Plata	mg/l	<0,00034	<0,00034	<0,00034	<0,00034	0,00049	<0,00034	0,00049	0,2
Plomo	mg/l	<0,00045	0,00073	<0,00045	<0,00045	0,00054	<0,00045	0,00064	5
Selenio	mg/l	0,00705	0,00535	0,00595	0,00555	0,00675	0,00474	0,00590	0,02
Sodio Porcentual	%	11,682	14,355	14,142	14,127	14,113	14,506	13,821	35
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	2.730	3.054	3.276	2.628	2.772	2.750	2.868	500
Sulfato	mg/l	1.908	1.876	1.920	1.882	2.010	1.857	1.909	250
Vanadio	mg/l	0,003870	0,001740	0,001705	0,002855	0,00520	0,001945	0,002886	0,1
Zinc	mg/l	<0,022	<0,022	<0,022	0,062	<0,022	<0,022	0,062	2

Fuente: Elaboración propia en base a los datos remitidos por el Titular a esta Superintendencia en la plataforma de seguimiento ambiental, *link ID 79633*.

**Tabla 2.**

**Fecha:** Octubre, noviembre y diciembre de 2018

**Descripción de medio de prueba:**

Resultados de las muestras de calidad de aguas de la laguna de aguas claras del Tranque Ovejería, periodo octubre – diciembre 2018. En rojo se destacan los resultados que exceden el límite de referencia establecido en la NCh. 1.333 para uso en riego.

### 5.3 Efectos en la Calidad del Agua

<b>Número de hecho constatado: 3</b>	<b>Estación N°: 1, 2, 3, 6 y 8; Examen de Información</b>
<b>Documentación solicitada y entregada:</b> <p>Por medio del Acta de Inspección Ambiental de la actividad, se solicitó a Codelco División Andina:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Los registros de medición continua de calidad de aguas en el punto BL-10, antes, durante y después del incidente de rotura.</li><li>2. Los resultados de los muestreos realizados en el río Blanco, antes, durante y después del incidente.</li><li>3. Los resultados de los parámetros <i>in situ</i> medidos en el río Blanco, antes, durante y después del incidente.</li></ol> <p>Mediante Carta GSRI-016-2019, de fecha 29-01-2019, el Titular remitió la documentación para dar respuesta a los requerimientos <b>1 y 3</b>.</p> <p>La información referida al requerimiento <b>2</b> fue acompañada por el Titular en la Carta GSRI-047-2019, de fecha 26-02-2019, que incluyó el documento “Informe: Resultados muestras de agua monitoreo externo Río Blanco y Aconcagua 23 Enero – 3 Febrero de 2019”. Este antecedente integró el análisis de los resultados de los muestreos hidroquímicos ejecutados en el periodo indicado, adjuntó los respectivos informes de ensayo y de terreno, e incorporó la documentación para acreditar que los muestreos y análisis fueron realizados por entidades ETFA debidamente autorizadas.</p> <p>No obstante lo anterior, de la revisión realizada por esta Superintendencia se relevaron algunas inconsistencias en la ubicación de algunos muestreos, además de identificarse un informe de ensayo y un informe de terreno faltantes. Así, por medio de la Resolución Ex. SMA N°348/2019 se requirió al titular corregir estos aspectos, además de presentar el consolidado de la información levantada en formato de planilla digital editable EXCEL.</p> <p>Mediante Carta GSRI-065-2019, de fecha 09-04-2019, el Titular acompañó la información solicitada.</p> <p>Los antecedentes antes citados se consolidan en el ANEXO 6 del presente informe.</p> <p>Por medio del Oficio Ord. SMA N°489, de fecha 11-02-2019, se solicitaron a la Dirección General de Aguas los resultados de los muestreos de calidad de aguas efectuados por personal de dicho Servicio el día 23-01-2019 en los ríos Blanco y Aconcagua, como parte de la actividad de inspección ambiental realizada. Mediante el Oficio Ord. DGA N°270, de fecha 28-03-2019, la Dirección General de Aguas acompañó la información solicitada por esta Superintendencia (disponible en ANEXO 7).</p> <p>Por medio del Oficio Ord. SMA N°490, de fecha 11-02-2019, se solicitaron al Servicio de Salud los resultados de los muestreos de calidad de aguas efectuados por personal de dicho Servicio el día 23-01-2019 en los ríos Blanco y Aconcagua, como parte de la actividad de inspección ambiental realizada. Mediante el Oficio Ord. SEREMI Salud N°0371, de fecha 26-02-2019, el Servicio de Salud presentó los resultados de calidad de aguas. Sin embargo, no fueron remitidas las coordenadas UTM DATUM WGS 84 de los puntos de muestreo, ni tampoco se especificó si fueron registrados parámetros <i>in situ</i> el día de la inspección. En consecuencia, mediante el Oficio Ord. SMA N°899, de fecha 19-03-2019, se solicitó al Servicio de Salud esta información, la cual fue remitida por medio del Oficio Ord. SEREMI Salud N°728, de fecha 17-04-2019. Los antecedentes antes indicados se integran en el ANEXO 8.</p>	
<b>Resultado(s) Examen de Información:</b> <p>Se hizo una recopilación de los resultados de los muestreos de calidad de aguas obtenidos tanto por el Titular como por la DGA y el Servicio de Salud después del incidente. También se incorporaron los resultados de medición continua de calidad de aguas en la sonda del punto BL-10 registrados los días 22, 23 y 24 de enero, además de los parámetros pH y Conductividad Eléctrica medidos <i>in situ</i> por el Titular los días 23 y 24 de enero en los puntos BL-10, BL-20, AC-23 y AC-22.3.</p> <p>La ubicación de todos los puntos de monitoreo se presenta en la <b>Figura 9</b>. Espacialmente, éstos fueron agrupados en seis secciones (S1 a S6), ordenadas de aguas</p>	

arriba a aguas abajo en los ríos Blanco y Aconcagua (ver **Tabla 3**). La bocatoma de la Central Blanco se ubica entre las secciones S2 y S3.

Para el análisis se seleccionaron<sup>3</sup> los parámetros Aluminio (Al), Arsénico (As), Cobre (Cu), Conductividad Eléctrica (CE), Hierro (Fe), Magnesio (Mg), Manganeseo (Mn), Molibdeno (Mo), Oxígeno Disuelto (OD), pH, Sólidos Disueltos Totales (SDT) y Sulfato (SO<sub>4</sub>). En la **Tabla 4** se expone cuáles de estos 12 parámetros fueron medidos en cada punto de monitoreo del Titular, DGA y el Servicio de Salud.

Para cada sección estudiada se contrastaron los resultados obtenidos con los datos de un punto de control de monitoreo histórico de calidad de aguas (ver ubicación en **Figura 9**), tomando como referencia los últimos dos años de registros (2017 y 2018) previos al evento de rotura del relaveducto.

**Tabla 3.** Descripción de puntos de monitoreo hidroquímico en los ríos Blanco y Aconcagua.

Río/Sección	Descripción	Puntos de Muestras Post-Incidente	Parámetros de interés medidos	Punto de Monitoreo Histórico de Comparación <sup>(1)</sup>	Parámetros de interés monitoreados en 2017-2018
Blanco/Sección 1	Río Blanco aguas arriba del punto de rotura del relaveducto	DGA-1	As, Cu, CE, Fe, Mg, Mn, OD, pH y SO <sub>4</sub>	BB-8	Al, As, Cu, CE, Fe, Mn, Mo, pH, SDT y SO <sub>4</sub>
Blanco/Sección 2	Río Blanco aguas abajo del punto de rotura del relaveducto	Titular-1 (BL-10), DGA-2, Salud-1	Al, As, Cu, CE, Fe, Mg, Mn, Mo, OD, pH, SDT y SO <sub>4</sub>	BL-10	Al, As, Cu, CE, Fe, Mg, Mn, Mo, pH, SDT y SO <sub>4</sub>
Blanco/Sección 3	Río Blanco aguas arriba de la junta con el río Aconcagua	Titular-2 (BL-20), DGA-3, Salud-2	As, Cu, CE, Fe, Mg, Mn, OD, pH y SO <sub>4</sub>	Estación DGA 'Río Blanco en Blanco' Código BNA 05402001-5	Al, As, Cu, CE, Fe, Mg, Mn, Mo, OD, pH y SO <sub>4</sub>
Aconcagua/Sección 4	Río Blanco en sector Los Quilos	Titular-3 (AC-23), Salud-3, Salud-4, Salud-5	Al, As, Cu, CE, Fe, Mg, Mn, Mo, OD, pH, SDT y SO <sub>4</sub>	AC-23	Al, As, Cu, CE, Fe, Mn, Mo, pH, SDT y SO <sub>4</sub>
Aconcagua/Sección 5	Río Blanco en sector Chacabuquito	Titular-4 (AC-22.3), DGA-4	Al, As, Cu, CE, Fe, Mg, Mn, Mo, OD, pH, SDT y SO <sub>4</sub>	Estación DGA 'Río Aconcagua en Chacabuquito' Código BNA 05410002-7	Al, As, Cu, CE, Fe, Mg, Mn, Mo, OD, pH y SO <sub>4</sub>
Aconcagua/Sección 6	Río Blanco a la altura de la ciudad de San Felipe	DGA-5	As, Cu, CE, Fe, Mg, Mn, pH y SO <sub>4</sub>	Estación DGA 'Río Aconcagua en San Felipe' Código BNA 05410005-1	As, Cu, CE, Fe, Mg, Mn, Mo, OD, pH y SO <sub>4</sub>

(1) Se consideraron los datos públicos disponibles en el periodo 2017-2018. Los registros de las estaciones DGA fueron extractados de la página web <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes>, mientras que los registros de las estaciones del titular BB-8, BL-10 y AC-23 fueron obtenidos del Anexo 3-15 de la Adenda N°1 del EIA "Adecuación de Obras Mineras de Andina para Continuidad Operacional Actual", link: [http://seia.sea.gob.cl/elementosFisicos/enviados.php?id\\_documento=2141826434](http://seia.sea.gob.cl/elementosFisicos/enviados.php?id_documento=2141826434).

<sup>3</sup> Para analizar el estado y evolución de las aguas se seleccionaron los parámetros según su relevancia por la actividad minera de la cuenca, teniendo en consideración la caracterización físico-química del relave derramado (ver **Hecho Constatado N°2** del presente informe, numeral 5.2, **Tabla 1** y **Tabla 2**). El parámetro Arsénico también fue incluido por percepción e interés de dicho elemento, así como el parámetro Oxígeno Disuelto como indicador de vida acuática.

**Tabla 4.** Parámetros monitoreados en los ríos Blanco y Aconcagua con posterioridad al evento de rotura del relaveducto.

Entidad	Punto de monitoreo	Parámetros											Período monitoreado	
		Al	As	Cu	CE	Fe	Mg	Mn	Mo	OD	pH	SDT		SO4
Titular <sup>4</sup>	Titular-1	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	23-01-2019 al 03-02-2019
	Titular-2				X						X			23-01-2019 al 24-01-2019
	Titular-3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	23-01-2019 al 03-02-2019 <sup>(1)</sup>
	Titular-4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	23-01-2019 al 03-02-2019 <sup>(1)</sup>
DGA	DGA-1		X	X	X	X	X	X		X	X		X	23-01-2019
	DGA-2		X	X	X	X	X	X		X	X		X	23-01-2019
	DGA-3		X	X	X	X	X	X		X	X		X	23-01-2019
	DGA-4		X	X	X	X	X	X		X	X		X	23-01-2019
	DGA-5		X	X	X	X	X	X			X		X	23-01-2019
Salud	Salud-1		X	X		X		X			X			23-01-2019
	Salud-2		X	X		X		X			X			23-01-2019
	Salud-3		X	X		X		X			X			23-01-2019
	Salud-4		X	X		X		X			X			23-01-2019
	Salud-5		X	X		X		X			X			23-01-2019

(1) En los puntos de monitoreo Titular-3 y Titular-4 el parámetro Oxígeno Disuelto fue medido entre los días 24-01-2019 al 28-01-2019.

- Medición continua de calidad de aguas en el punto BL-10 del río Blanco, antes, durante y después del incidente de rotura

En la **Figura 10** se presentan los resultados de pH y Conductividad Eléctrica registrados cada una hora en la sonda de la estación BL-10 ubicada 1,5 km aguas abajo del punto de rotura del relaveducto y 1 km aguas arriba de la bocatoma de la Central Blanco, desde las 00:26 hrs del día 22 de enero (antes del incidente) hasta las 23:26 hrs del día 24 de enero (después del incidente). Se destaca la ocurrencia de un *peak* de pH (8,7) y Conductividad Eléctrica (334  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) a las 14:26 hrs del día 23 de enero, aproximadamente una hora después de la rotura del relaveducto que originó el derrame (ver **Hecho Constatado N°1**, numeral 5.1 del presente informe); dichos valores representan un alza del orden de un 10% (pH) y 80% (Conductividad) respecto del promedio de los registros previos de los días 22 y 23 de enero. A partir de las 16:26 hrs ambos parámetros retornan a su condición previa, la que se mantiene hasta la última medición informada por el Titular el día 24 de enero a las 23:26 hrs.

- Análisis de los muestreos y mediciones realizadas en los ríos Blanco y Aconcagua después del incidente de rotura

En las **Figuras 11, 12, 13, 14, 15 y 16** se sintetiza el análisis integrado de los muestreos de calidad de aguas efectuados con posterioridad al incidente. Como punto de comparación referencial se consideró la NCh. 1.333<sup>5</sup> (requisitos de calidad para uso en riego), la NCh. 409 (norma de agua potable) y el rango de valores medido en el periodo 2017-2018 en los puntos de monitoreo histórico indicados en la **Tabla 3**<sup>6</sup>.

<sup>4</sup> Se verificó que las muestras de agua del Titular fueron tomadas y analizadas por entidades certificadas (SGS Chile Ltda. y ANAM S.A.), con la debida autorización ETFA de esta Superintendencia para el muestreo y análisis de los parámetros indicados. Así también, fueron remitidos los documentos de declaración jurada del inspector ambiental y del representante legal de la ETFA para cada muestreo ejecutado.

<sup>5</sup> En el caso del parámetro Oxígeno Disuelto se utilizó el valor mínimo de 5 mg/L, considerado como requisito general para aguas destinadas a vida acuática.

En la **Tabla 5** se muestra una comparación entre los registros del periodo 2017-2018 y los registros posteriores al incidente, para los estadígrafos promedio (Prom), máximo (Máx) y mínimo (Mín<sup>7</sup>). La data del periodo post-incidente incluye todos los resultados obtenidos luego de ocurrido el derrame, a saber: muestreos ejecutados por el Titular, DGA y el Servicio de Salud; registros de pH y Conductividad Eléctrica en la sonda del punto BL-10; y las mediciones *in situ* de estos mismos parámetros efectuadas por el Titular con sonda multiparámetro en los puntos BL-10, BL-20, AC-23 y AC-22.3.

Del examen de información realizado, es posible observar lo siguiente:

1. **Río Blanco:** en forma posterior al incidente se registró un aumento de las concentraciones de Aluminio (Sección S2), Arsénico (Sección S2 y S3), Cobre (Sección S3), Hierro (Sección S2 y S3), Magnesio (Sección S2 y S3), Manganeseo (Sección S2 y S3) y pH (Sección S2 y S3), superándose el valor máximo del rango 2017-2018 medido en las estaciones de control (ver **Tabla 5**). Del total de estas superaciones, las siguientes además significaron sobrepasar un límite de referencia según uso igual o superior al valor máximo del rango 2017-2018, a saber: cinco registros de Arsénico excedieron el límite de la Norma de agua potable (ver **Figura 11 b**), Secciones S2 y S3); un registro de Cobre excedió el límite de la Norma de riego (ver **Figura 12 a**), Sección S3); tres registros de Hierro excedieron el límite de la Norma de riego (ver **Figura 13 a**), Secciones S2 y S3); dos registros de Manganeseo excedieron conjuntamente el límite de la Norma de riego y de agua potable (ver **Figura 14 a**), Sección S3); y tres registros de pH excedieron el límite máximo de la Norma de agua potable (ver **Figura 10**, Sección S2 y **Figura 15 b**), Sección S3).
2. **Río Aconcagua:** en forma posterior al incidente se registró un aumento de las concentraciones de Arsénico (Sección S5), Cobre (Sección S4), Hierro (Sección S4 y S5), Manganeseo (Sección S5) y pH (Sección S4), superándose el valor máximo del rango 2017-2018 medido en las estaciones de control. Del total de estas superaciones, las siguientes además significaron sobrepasar un límite de referencia según uso igual o superior al valor máximo del rango 2017-2018, a saber, tanto un registro de Arsénico como de pH excedieron el límite máximo de la Norma de agua potable (ver **Figura 11 b**), Sección S5 y **Figura 15 b**), Sección S4, respectivamente).
3. **Parámetros que históricamente superan las normas de referencia:** los datos analizados en el periodo 2017-2018 confirman que en algunos sectores de los ríos Blanco y Aconcagua existen elementos químicos que con anterioridad al derrame han superado los límites de las Normas de referencia (por ejemplo, Aluminio en S4 y S5; Arsénico en S4 y S6; Hierro en S4 y S6; Manganeseo en S1, S2, S4, S5 y S6; y Molibdeno en S1, S2 y S4).
4. **Resumen del efecto sobre la calidad de las aguas superficiales:**
  - Magnitud: con posterioridad al derrame se excedieron los límites máximos del periodo de comparación de los últimos dos años previos al incidente (2017-2018); en el río Blanco esto ocurrió para 7 de los 12 parámetros de interés analizados, mientras que en el río Aconcagua esto ocurrió para 5 de estos 12 parámetros.
  - Extensión: el efecto alcanzó al menos<sup>8</sup> al río Aconcagua en la sección de análisis S5, a unos 40 km aguas abajo del punto de rotura del relaveducto.
  - Duración: los primeros signos de alteración se detectaron el mismo día del incidente (23 de enero), lo que queda de manifiesto tanto en los registros horarios de la sonda instalada en el punto BL-10 (ver **Figura 10**) como en los muestreos realizados por el Titular, la DGA y el Servicio de Salud. Por su parte, según se

<sup>6</sup> De acuerdo a lo indicado en la **Tabla 3**, no se cuenta con valores de comparación 2017-2018 para el parámetro Aluminio (Sección S6), Magnesio (Secciones S1 y S4), Oxígeno Disuelto (Secciones S1, S2 y S4) y Sólidos Disueltos Totales (Secciones S3, S5 y S6).

<sup>7</sup> Este estadígrafo fue calculado para el Oxígeno Disuelto, toda vez que la normativa de referencia empleada define un valor mínimo de comparación.

<sup>8</sup> Los resultados obtenidos en la última sección analizada (S6) no develan un efecto sobre la calidad de las aguas; sin embargo, en este sector sólo se cuenta con datos del mismo día del incidente (23 de enero) sin haber registros en los días posteriores. De acuerdo al análisis efectuado, el efecto de alteración hidroquímica habría demorado al menos 2 días en llegar a la Sección S5 (los valores de concentraciones máximas se producen en general el día 25 de enero), razón por la cual es posible inferir que los datos medidos por DGA el día 23 de enero en la Sección S6 –ubicada aguas abajo de S5– no capturaron el efecto del derrame de relaves.

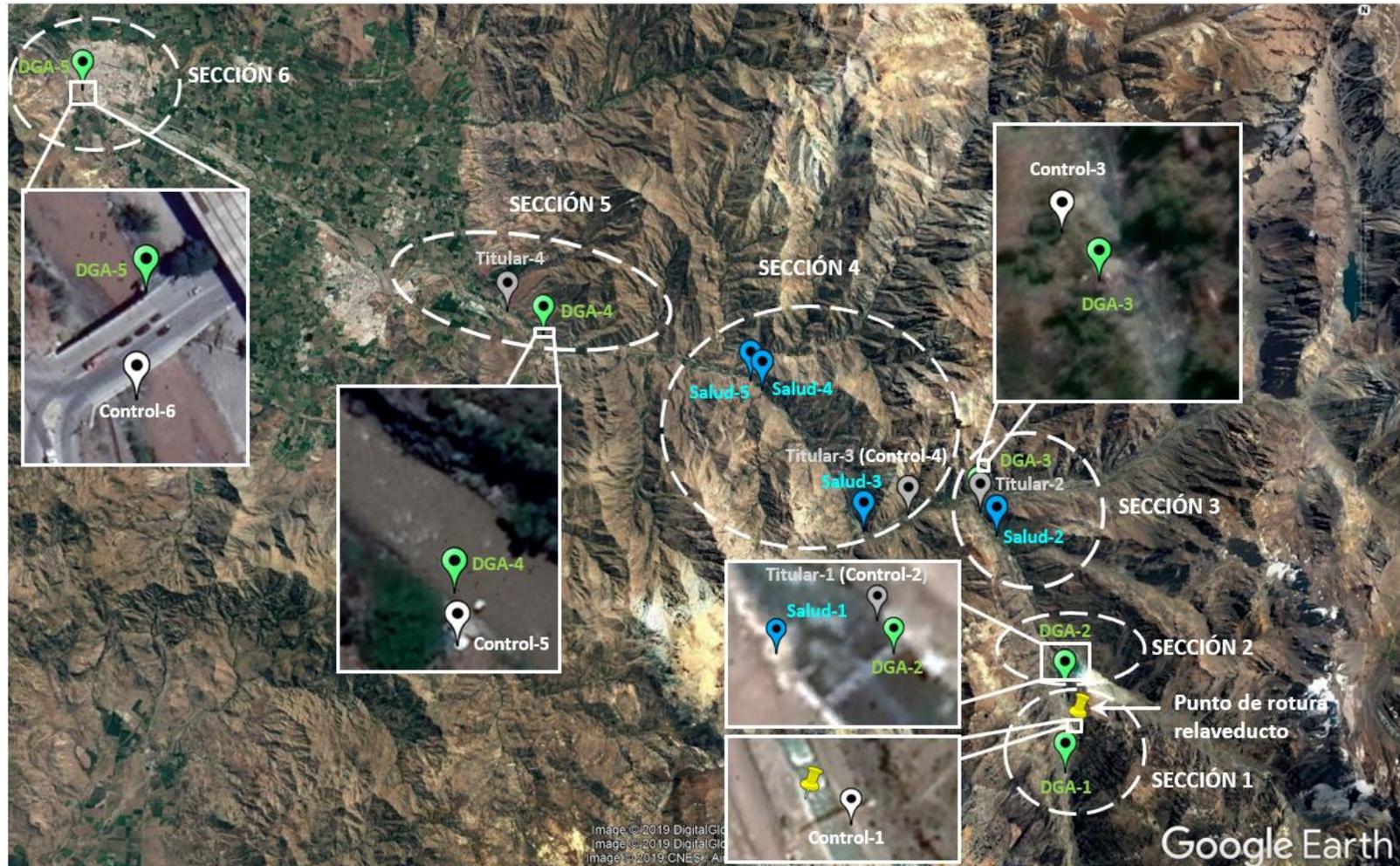
aprecia en las gráficas de evolución temporal de calidad de aguas (ver **Figuras 11 a 16**), las concentraciones de los parámetros excedidos comenzaron a disminuir progresivamente hasta retornar a valores sin alteración al día 01 de febrero.

5. **Relación de causalidad con el evento de derrame:** ponderados todos los antecedentes técnicos disponibles, es posible establecer que la alteración observada en la calidad de las aguas se debió en una proporción relevante al incidente de rotura del relaveducto, lo que se fundamenta en los siguientes factores:
  - **Una proporción del material de relave no fue capturada:** como se indicó en el **Hecho Constatado N°1** del presente informe, un 24% del relave total derramado no fue retenido en las obras de Colbún S.A., fluyendo y dispersándose río abajo hasta una extensión no determinada. Junto con lo anterior, el programa de limpieza llevado a cabo por Codelco División Andina recuperó sólo un 49% de la fracción sólida del relave. Ambos hechos develan que la fuente de potenciales impactos sobre la calidad de aguas del río no fue completamente eliminada tras la contingencia.
  - **Efecto de la fracción líquida del relave:** aproximadamente una hora después de la rotura del relaveducto que originó el derrame, en el punto BL-10<sup>9</sup> se registró un incremento del orden de un 80% en el parámetro Conductividad Eléctrica respecto del promedio de los registros del mismo punto en los dos días previos (ver **Figura 10**), lo cual es atribuible a la fracción líquida del relave que contiene este parámetro en concentraciones que pueden –referencialmente– superar los 3.000  $\mu\text{s/cm}$  (ver **Hecho Constatado N°2** del presente informe, numeral 5.2, **Tabla 2**). Las concentraciones de las aguas claras en los demás parámetros que se vieron afectados en los ríos Blanco y Aconcagua no sugieren un efecto evidente de las aguas contenidas en el relave, toda vez que los registros medidos en los cursos de agua son en general un orden de magnitud superiores a los monitoreadas en la cubeta del Tranque (ver **Tabla 6**).
  - **Efecto de la fracción sólida del relave:** con posterioridad al incidente se midió un aumento de los parámetros Aluminio y Hierro<sup>10</sup> (ver **Tabla 5**), ambos contenidos en porcentajes elevados de la fracción sólida del relave (ver **Hecho Constatado N°2** del presente informe, numeral 5.2, **Tabla 1**). Lo anterior puede verse relacionado con el 51% de relave seco que no fue recuperado tras ejecutarse el programa de limpieza, siendo probable que parte de este material haya podido resuspender en la columna de agua, aportando altas concentraciones de los parámetros indicados. Este diagnóstico es coherente con lo concluido por Codelco División Andina en su Informe “Resultados muestras de agua monitoreo externo Río Blanco y Aconcagua 23 Enero – 3 Febrero de 2019”, el cual establece que *“Integrando los resultados obtenidos, se concluye que el principal efecto del derrame de relaves se habría producido en relación al transporte y depositación de sólidos”*.
6. **Comportamiento del elemento Arsénico:** si bien luego de ocurrida la contingencia se registró un aumento más allá del rango histórico de los últimos dos años, no ha sido posible establecer el mecanismo que lo vincula a efectos del derrame. Lo anterior, toda vez que tanto la fracción líquida como la fracción sólida del relave tienen bajos contenidos de este parámetro (ver **Hecho Constatado N°2** del presente informe, numeral 5.2, **Tabla 1 y Tabla 2**).
7. Finalmente, cabe destacar que el régimen hidrológico de los ríos Blanco y Aconcagua es eminentemente nival, como se expone en la **Figura 17**. Particularmente el mes de enero en que ocurrió el incidente representa el segundo valor máximo a nivel de caudales medios mensuales en las estaciones DGA analizadas (ver ubicación en **Figura 5**), lo cual se traduce en capacidad de dilución frente al evento de derrame ocurrido.
8. Al hacer un balance de masa para el día 23 de enero a las 14:26 hrs –hora de mayor efecto del derrame según lo observado en los registros de Conductividad Eléctrica (ver **Figura 10**)– se obtuvo que un caudal de 0,26  $\text{m}^3/\text{s}$  fue descargado desde el relaveducto al río Blanco (ver **Figura 18 y Tabla 7**), resultado muy similar al caudal de 0,24  $\text{m}^3/\text{s}$  estimado con los datos de volumen de relave (1.705 metros cúbicos) y tiempo de derrame (2 horas) informados por Codelco División Andina (ver **Hecho Constatado N°1**, numeral 5.1). Este rango de caudal derramado (0,24  $\text{m}^3/\text{s}$  a 0,26  $\text{m}^3/\text{s}$ ) es significativamente inferior al caudal del cuerpo receptor (aproximadamente 7  $\text{m}^3/\text{s}$ ), por lo que al incorporarse al curso natural experimentó una dilución del orden de 20 a 30 veces.

<sup>9</sup> Cabe destacar que el punto BL-10 se ubica 1 km aguas arriba de la bocatoma de la Central Blanco, por lo que sus registros de calidad de aguas no reflejan el efecto de esta instalación como medida de control del derrame.

<sup>10</sup> Después del Manganeseo, el Hierro es el parámetro que registra el mayor incremento relativo en comparación con los registros 2017-2018 (ver **Tabla 5**). En el río Blanco su concentración aumentó más de 20 y 10 veces como valor máximo en las Secciones S2 y S3, respectivamente, y más de 8 y 24 veces como valor promedio en los mismos tramos.

## Registros



Fuente: Elaboración propia en base a las ubicaciones informadas por el Titular, DGA y el Servicio de Salud a esta Superintendencia.

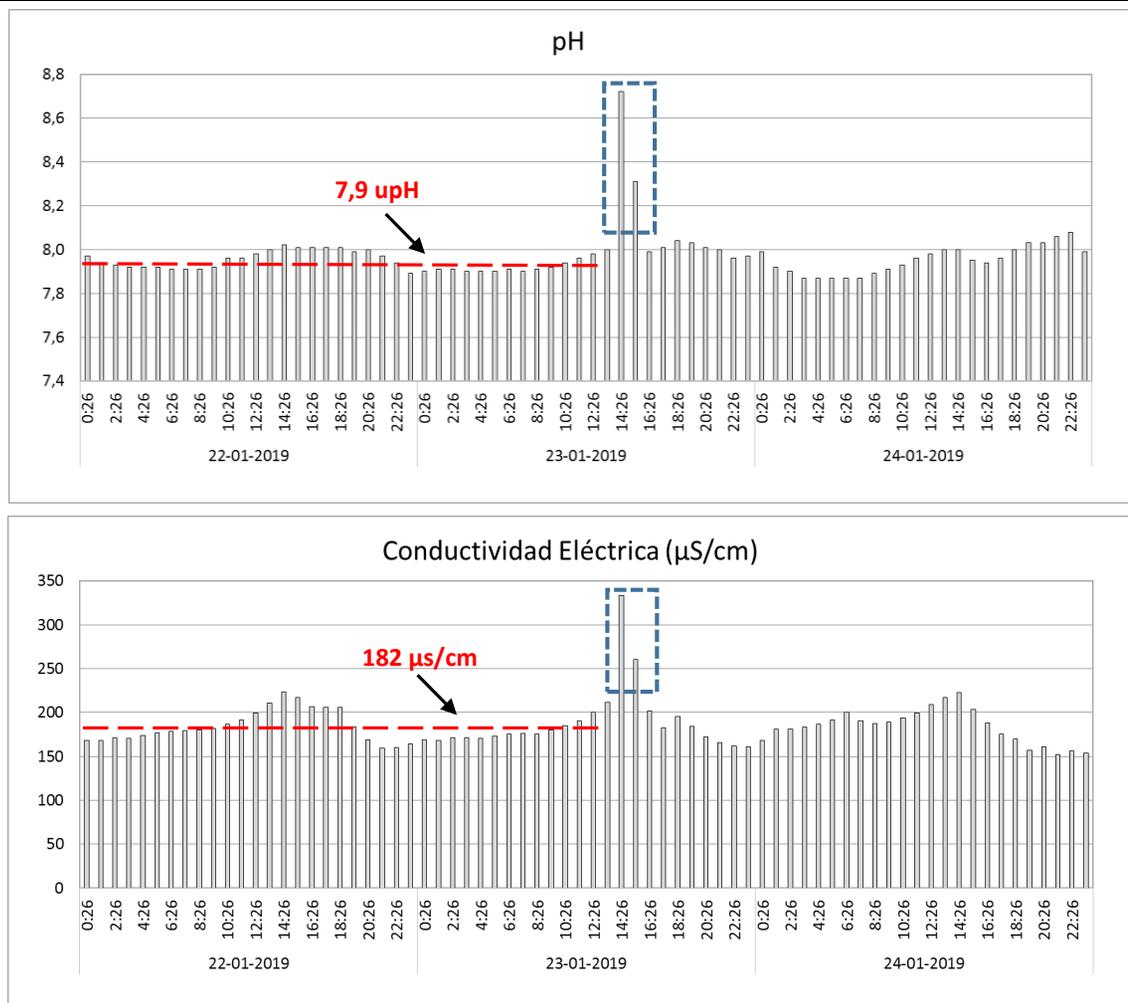
Figura 9.

Fecha: 23-01-2019 al 03-02-2019

### Descripción de medio de prueba:

Ubicación de puntos de muestreo y medición de calidad de aguas en el río Blanco (Sección 1, Sección 2 y Sección 3) y en el río Aconcagua (Sección 4, Sección 5 y Sección 6). En cada sección se definió un punto de control de monitoreo histórico a modo de comparación (puntos Control-1 a Control-6).

### Registros



Fuente: Elaboración propia en base a los datos remitidos por el Titular a esta Superintendencia.

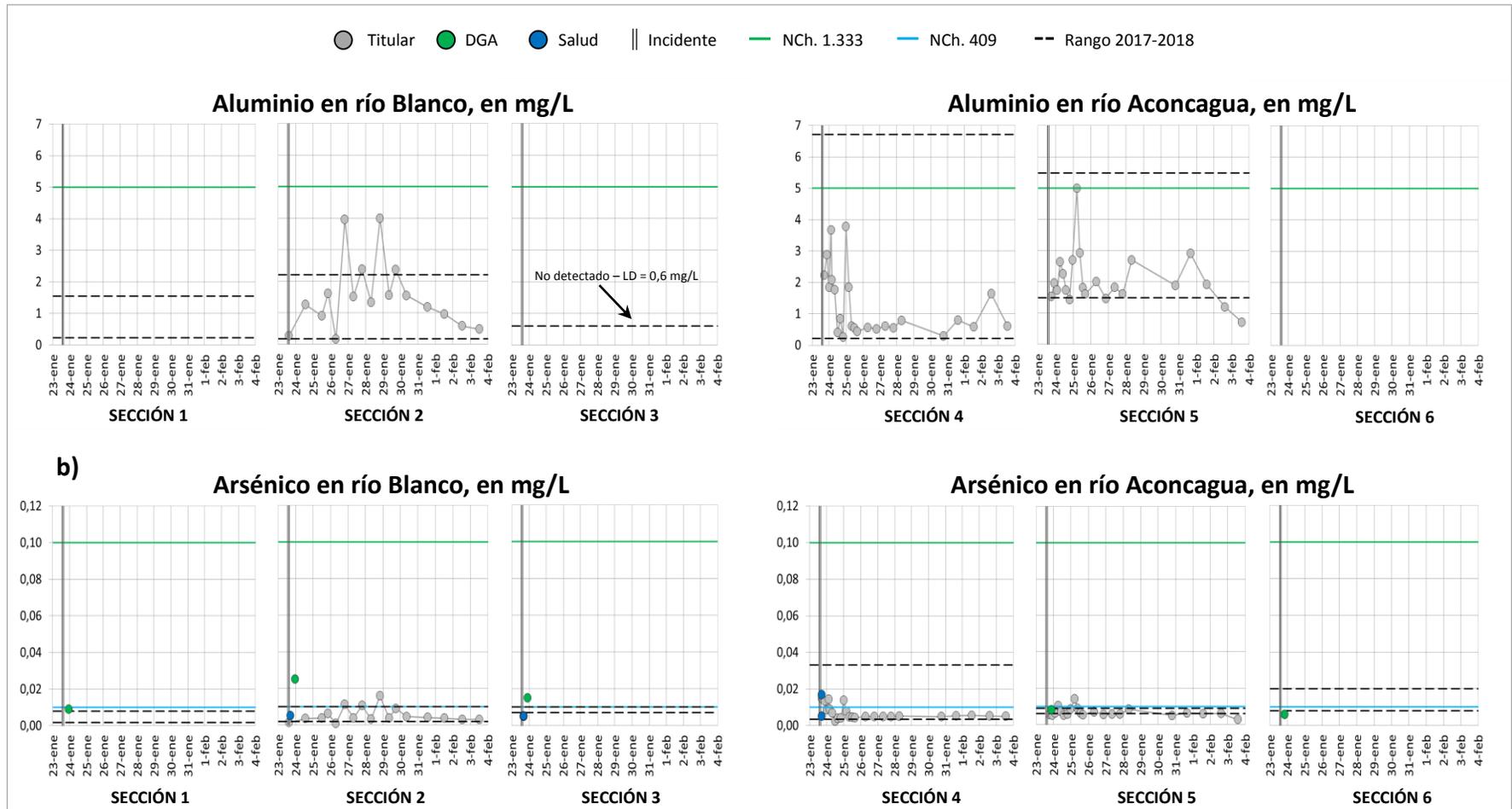
**Figura 10.**

**Fecha:** 22-01-2019, 23-01-2019 y 24-01-2019

**Descripción de medio de prueba:**

Registros de pH y Conductividad Eléctrica medidos en la sonda del punto BL-10 los días 22, 23 y 24 de enero de 2019. En azul se destacan los registros horarios de las 14:26 y 15:26 hrs del día 23 de enero, con valores *peak* de 8,7 para el pH y de 334 µS/cm para la Conductividad Eléctrica, ambos a las 14:26 hrs. En rojo se muestra el valor promedio de los registros previos al incidente.

Registros



Fuente: Elaboración propia en base a los datos remitidos por el Titular, DGA y el Servicio de Salud a esta Superintendencia.

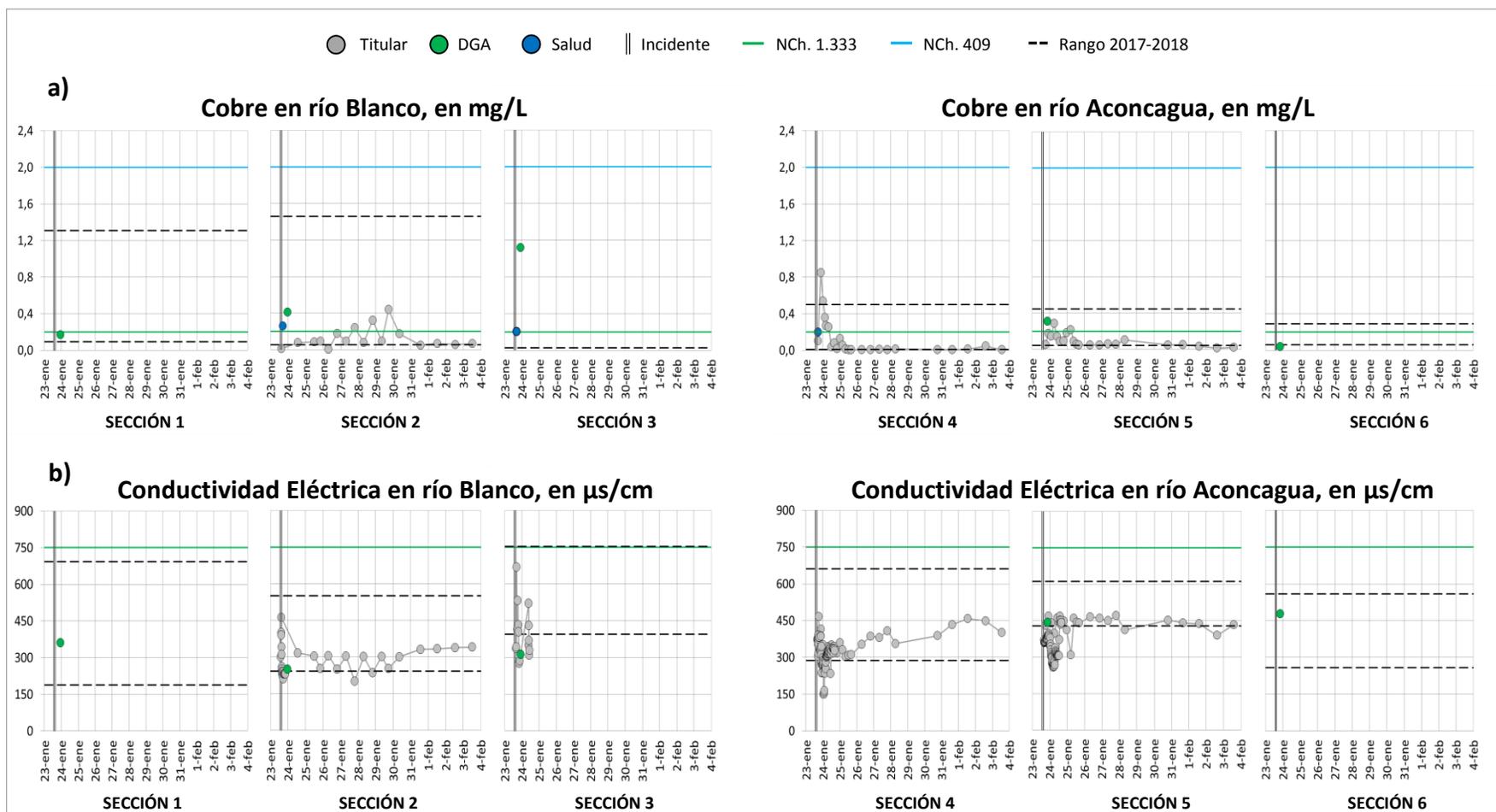
Figura 11.

Fecha: 23-01-2019 al 03-02-2019

Descripción de medio de prueba:

Gráficas de concentración de: a) Aluminio y b) Arsénico en los ríos Blanco y Aconcagua; registros entre los días 23 de enero al 03 de febrero de 2019.

Registros



Fuente: Elaboración propia en base a los datos remitidos por el Titular, DGA y el Servicio de Salud a esta Superintendencia.

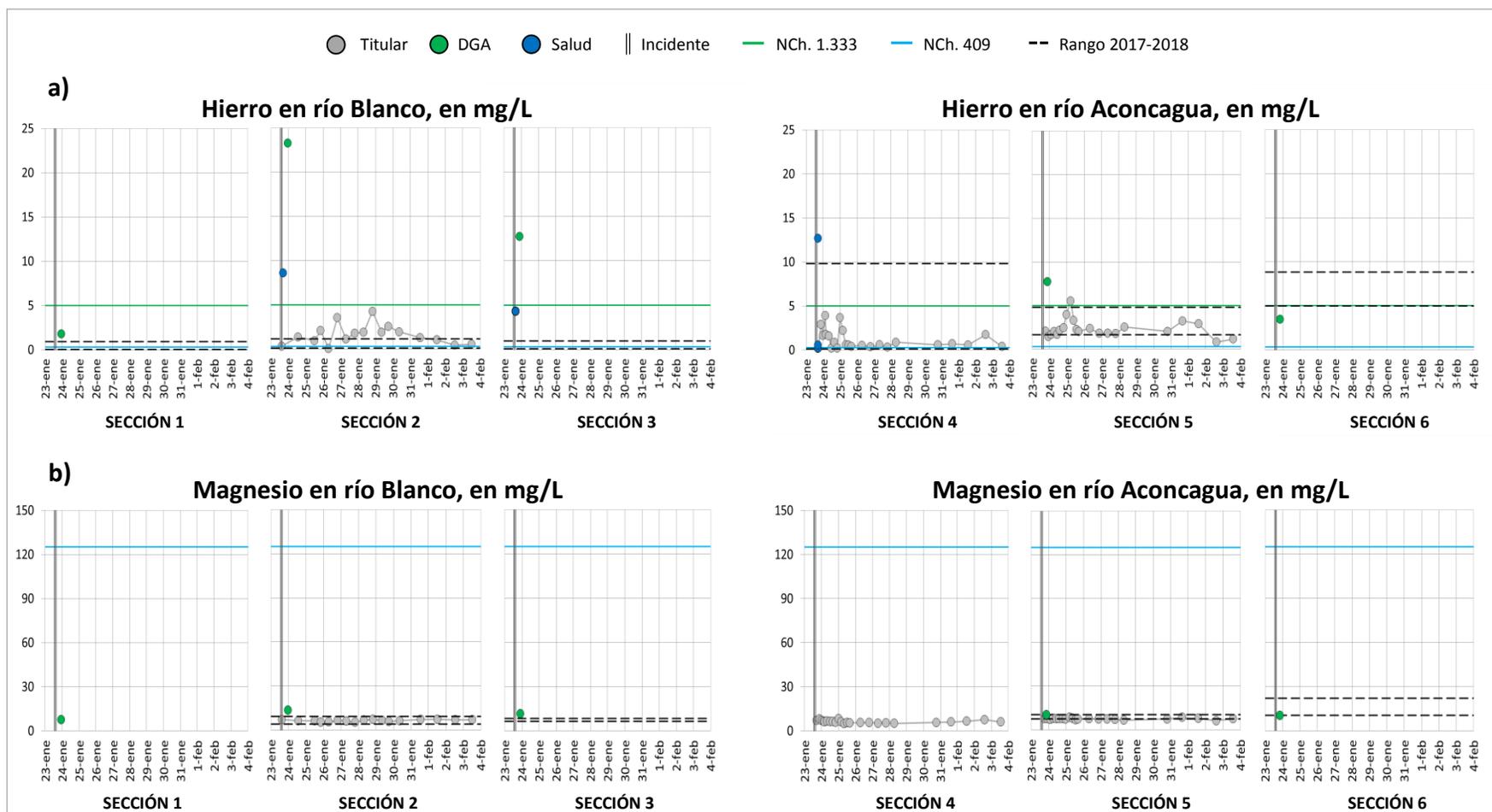
Figura 12.

Fecha: 23-01-2019 al 03-02-2019

Descripción de medio de prueba:

Gráficas de concentración de: a) Cobre y b) Conductividad Eléctrica en los ríos Blanco y Aconcagua; registros entre los días 23 de enero al 03 de febrero de 2019.

Registros



Fuente: Elaboración propia en base a los datos remitidos por el Titular, DGA y el Servicio de Salud a esta Superintendencia.

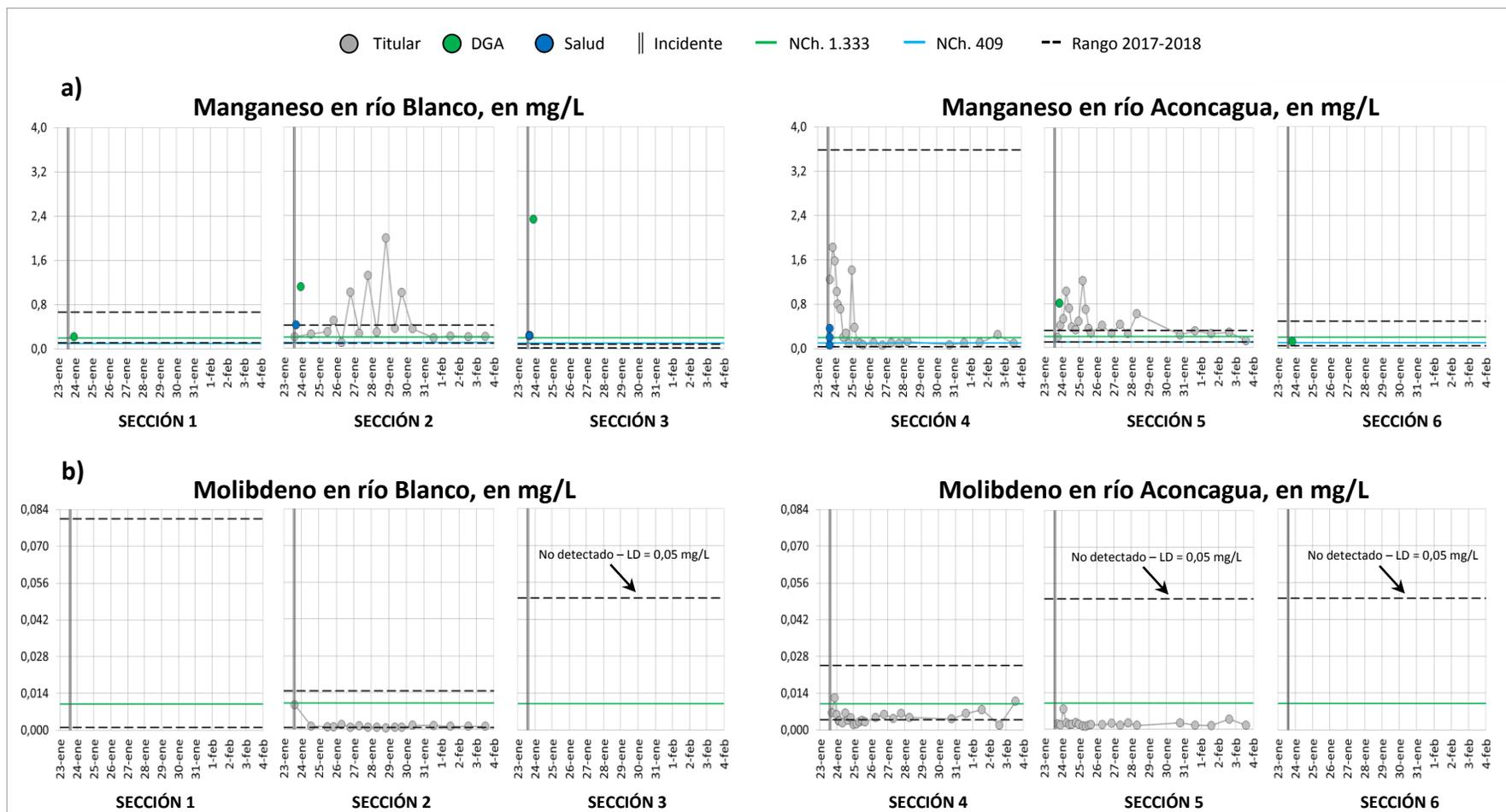
Figura 13.

Fecha: 23-01-2019 al 03-02-2019

Descripción de medio de prueba:

Gráficas de concentración de: a) Hierro y b) Magnesio en los ríos Blanco y Aconcagua; registros entre los días 23 de enero al 03 de febrero de 2019.

Registros



Fuente: Elaboración propia en base a los datos remitidos por el Titular, DGA y el Servicio de Salud a esta Superintendencia.

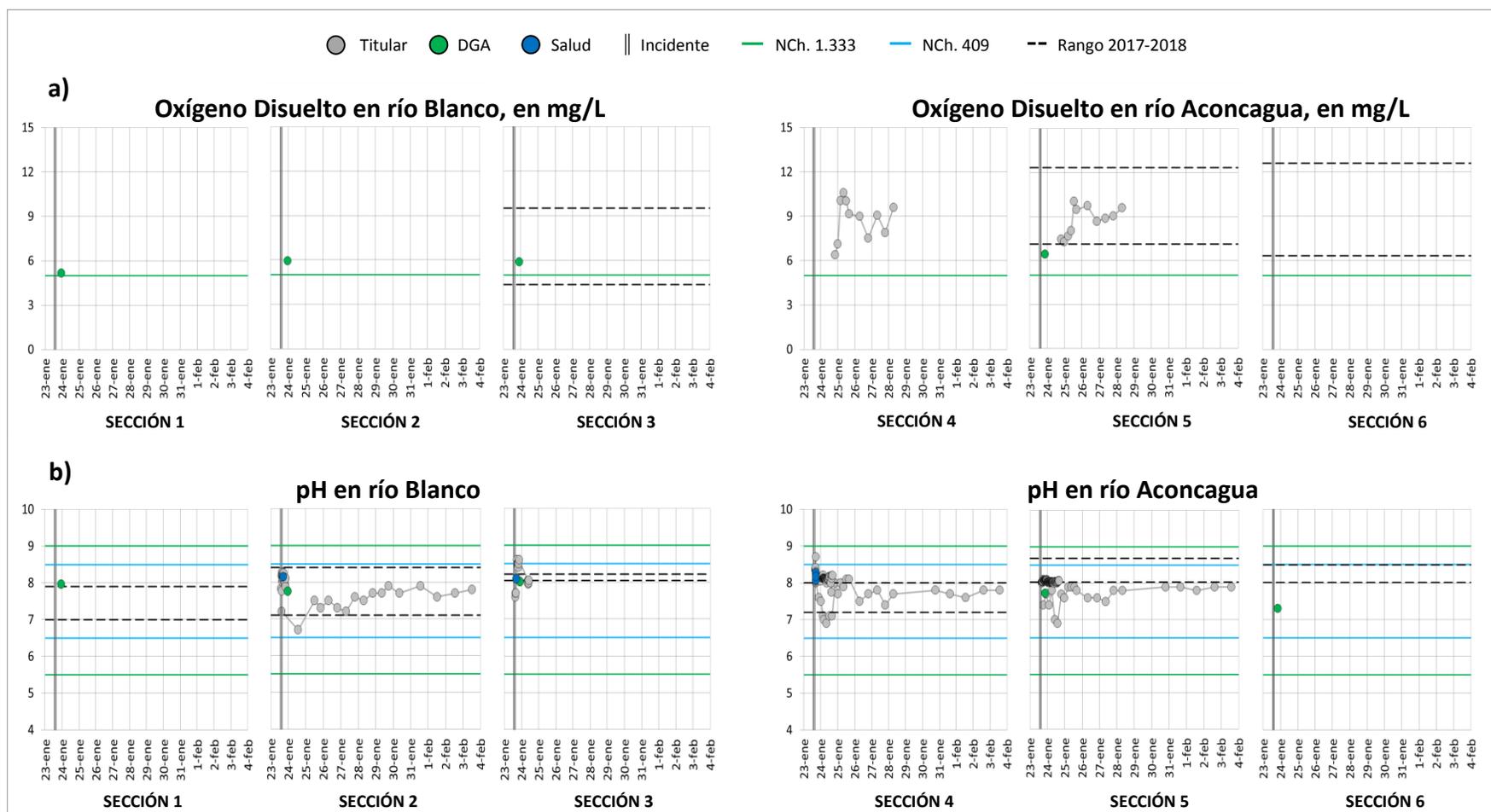
Figura 14.

Fecha: 23-01-2019 al 03-02-2019

Descripción de medio de prueba:

Gráficas de concentración de: a) Manganeseo y b) Molibdeno en los ríos Blanco y Aconcagua; registros entre los días 23 de enero al 03 de febrero de 2019.

Registros



Fuente: Elaboración propia en base a los datos remitidos por el Titular, DGA y el Servicio de Salud a esta Superintendencia.

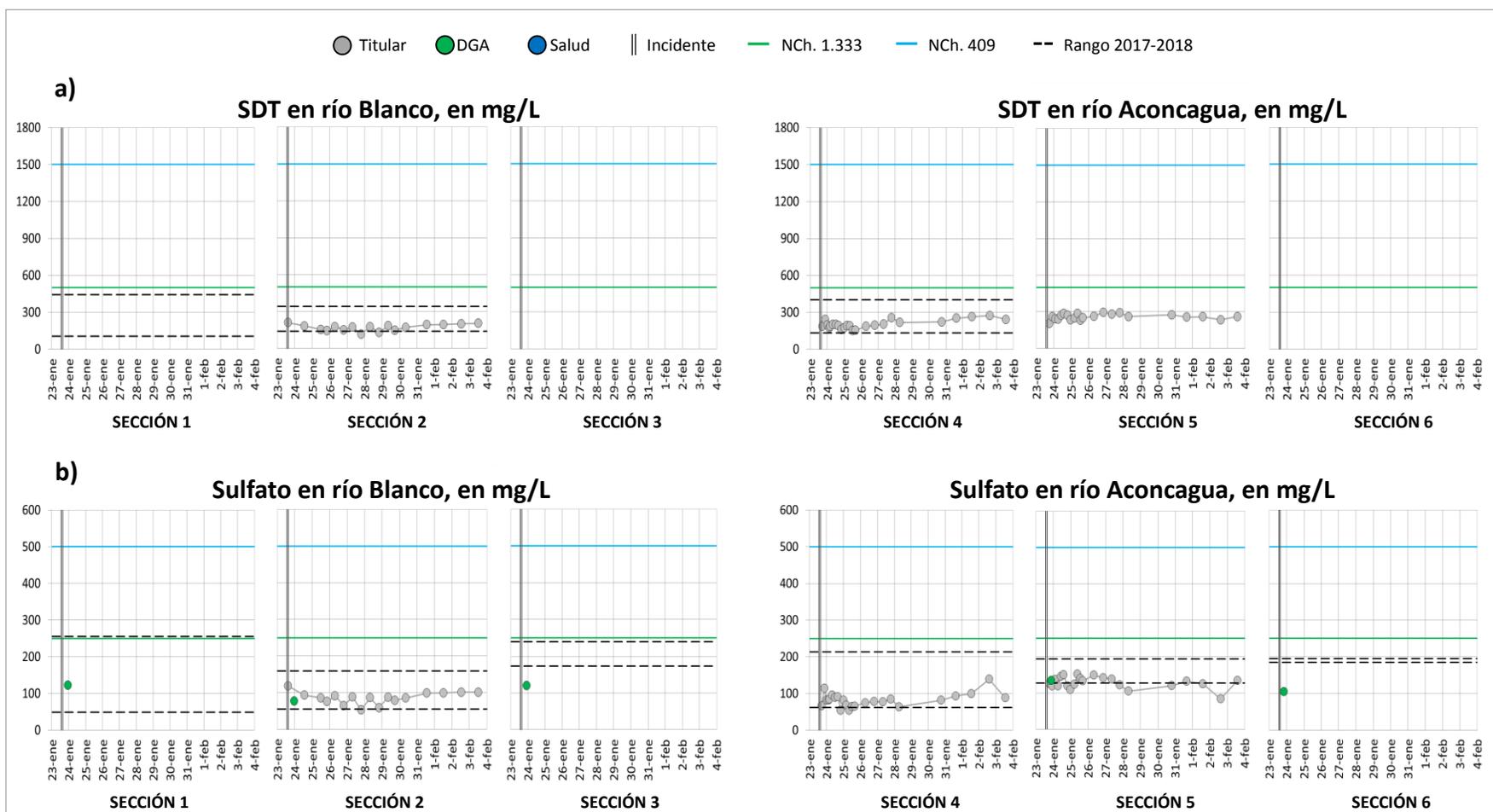
Figura 15.

Fecha: 23-01-2019 al 03-02-2019

Descripción de medio de prueba:

Gráficas de concentración de: a) Oxígeno Disuelto y b) pH en los ríos Blanco y Aconcagua; registros entre los días 23 de enero al 03 de febrero de 2019.

Registros



Fuente: Elaboración propia en base a los datos remitidos por el Titular, DGA y el Servicio de Salud a esta Superintendencia.

Figura 16.

Fecha: 23-01-2019 al 03-02-2019

Descripción de medio de prueba:

Gráficas de concentración de: **a)** Sólidos Disueltos Totales (SDT) y **b)** Sulfato en los ríos Blanco y Aconcagua; registros entre los días 23 de enero al 03 de febrero de 2019.

**Registros**

Río/Sección	Periodo	Al (mg/L)		As (mg/L)		Cu (mg/L)		CE (µs/cm)		Fe (mg/L)		Mg (mg/L)		Mn (mg/L)		Mo (mg/L)		OD (mg/L)		pH		SDT (mg/L)		SO4 (mg/L)	
		Máx	Prom	Máx	Prom	Máx	Prom	Máx	Prom	Máx	Prom	Máx	Prom	Máx	Prom	Máx	Prom	Mín	Prom	Máx	Prom	Máx	Prom	Máx	Prom
Blanco/S1 <sup>(1)</sup>	2017-2018 <sup>(2)</sup>	1,54	0,86	0,008	0,002	1,310	0,468	693	432	0,91	0,31	-	-	0,67	0,33	0,081	0,011	-	-	7,9	7,5	443	260	255,1	147,3
	Post-incidente <sup>(3)</sup>	-	-	0,009	0,009	0,170	0,170	361	361	1,78	1,78	7,43	7,43	0,22	0,22	-	-	5,16	5,16	8,0	8,0	-	-	122,1	122,1
Blanco/S2	2017-2018	2,20	0,62	0,010	0,002	1,458	0,363	551	399	1,12	0,36	9,22	7,08	0,41	0,18	0,015	0,004	-	-	8,4	7,7	341	241	159,0	113,5
	Post-incidente	3,99	1,53	0,025	0,001	0,438	0,146	462	237	23,29	3,09	13,42	6,75	1,99	0,54	0,009	0,002	5,94	5,94	8,7	7,9	210	171	118,0	85,7
Blanco/S3	2017-2018	<0,60	<0,60	0,010	0,007	0,025	0,014	753	599	0,96	0,34	8,32	7,65	0,08	0,05	<0,05	<0,05	4,36	7,00	8,2	8,1	-	-	239,0	215,7
	Post-incidente	-	-	0,015	0,005	1,120	0,660	669	390	12,73	8,52	11,50	11,50	2,33	1,28	-	-	5,89	5,89	8,6	8,1	-	-	120,3	120,3
Aconcagua/S4	2017-2018	6,72	1,61	0,033	0,004	0,500	0,119	661	460	9,82	1,74	-	-	3,59	0,50	0,025	0,010	-	-	8,0	7,6	401	271	213,9	117,1
	Post-incidente	3,78	1,25	0,017	0,002	0,850	0,128	467	322	12,70	1,52	8,26	6,10	1,83	0,43	0,012	0,005	6,40	8,77	8,7	8,0	274	205	139,0	82,3
Aconcagua/S5	2017-2018	5,48	3,48	0,009	0,006	0,445	0,132	612	502	4,81	2,69	10,38	8,77	0,32	0,18	<0,05	<0,05	7,13	10,03	8,7	8,2	-	-	193,4	170,0
	Post-incidente	4,99	2,07	0,014	0,003	0,310	0,103	471	361	7,71	2,55	10,27	7,62	1,22	0,46	0,008	0,002	6,44	8,53	8,1	8,0	294	259	152,0	128,6
Aconcagua/S6 <sup>(1)</sup>	2017-2018	-	-	0,020	0,008	0,288	0,188	558	442	8,82	6,93	21,99	13,93	0,49	0,29	<0,05	<0,05	6,33	9,21	8,5	8,2	-	-	194,7	189,8
	Post-incidente <sup>(2)</sup>	-	-	0,006	0,006	0,040	0,040	478	478	3,44	3,44	10,36	10,36	0,12	0,12	-	-	-	-	7,3	7,3	-	-	104,7	104,7

- (1) En las Secciones S1 y S6 se dispone de sólo un muestreo con posterioridad al incidente (datos de la Dirección General de Aguas), por lo que el valor promedio resulta equivalente al valor máximo.
- (2) De acuerdo a lo indicado en la **Tabla 3** del presente informe, no se cuenta con valores de comparación 2017-2018 para el parámetro Aluminio (Sección S6), Magnesio (Secciones S1 y S4), Oxígeno Disuelto (Secciones S1, S2 y S4) y Sólidos Disueltos Totales (Secciones S3, S5 y S6).
- (3) De acuerdo a lo indicado en la **Tabla 4**, no fueron monitoreados post-incidente los parámetros Aluminio (Secciones S1, S3 y S6), Molibdeno (Secciones S1, S3 y S6), Oxígeno Disuelto (Sección S6) y Sólidos Disueltos Totales (Secciones S1, S3 y S6).

Fuente: Elaboración propia en base a los datos remitidos por el Titular, DGA y el Servicio de Salud a esta Superintendencia.

**Tabla 5.** Fecha: 23-01-2019 al 03-02-2019

**Descripción de medio de prueba:**

Comparación entre los estadígrafos promedio (Prom), máximo (Máx) y mínimo (Mín) de los parámetros de calidad de aguas analizados. Los estadígrafos fueron calculados para dos periodos, a saber, registros años 2017-2018 (puntos de control) y registros post-incidente (23 de enero al 3 de febrero) en los puntos de monitoreo de cada sección de los ríos fiscalizados.

En gris se destacan los resultados que comparados con el rango 2017-2018 denotan una alteración de la calidad de las aguas luego del derrame, dada por un incremento de las concentraciones de Aluminio (S2), Arsénico (S2, S3 y S5), Cobre (S3 y S4), Hierro (S2, S3, S4 y S5), Magnesio (S2 y S3), Manganeseo (S2, S3 y S5), y pH (S2, S3 y S4).

**Registros**

Parámetro	Unidad	Máximo detectado en aguas claras (periodo octubre a diciembre 2018)	Máximo detectado en cursos de agua (post-incidente: 23 de enero al 3 de febrero de 2019)	Factor de diferencia <sup>(1)</sup>
Aluminio	mg/l	0,42	3,99	9,5
Arsénico	mg/l	0,009	0,025	2,9
Cobre	mg/l	0,286	1,120	3,9
Hierro	mg/l	0,21	23,29	110,9
Manganeso	mg/l	0,28	2,33	8,3
pH	upH	7,7	8,7	1,1

(1) Calculado como el cociente entre el valor máximo detectado en los cursos de agua y el valor máximo de la laguna de aguas claras.

Fuente: Elaboración propia en base a los datos remitidos por el Titular, DGA y el Servicio de Salud a esta Superintendencia.

**Tabla 6.** Fecha: Octubre, noviembre y diciembre de 2018 (aguas claras); 23-01-2019 al 03-02-2019 (cursos de agua)

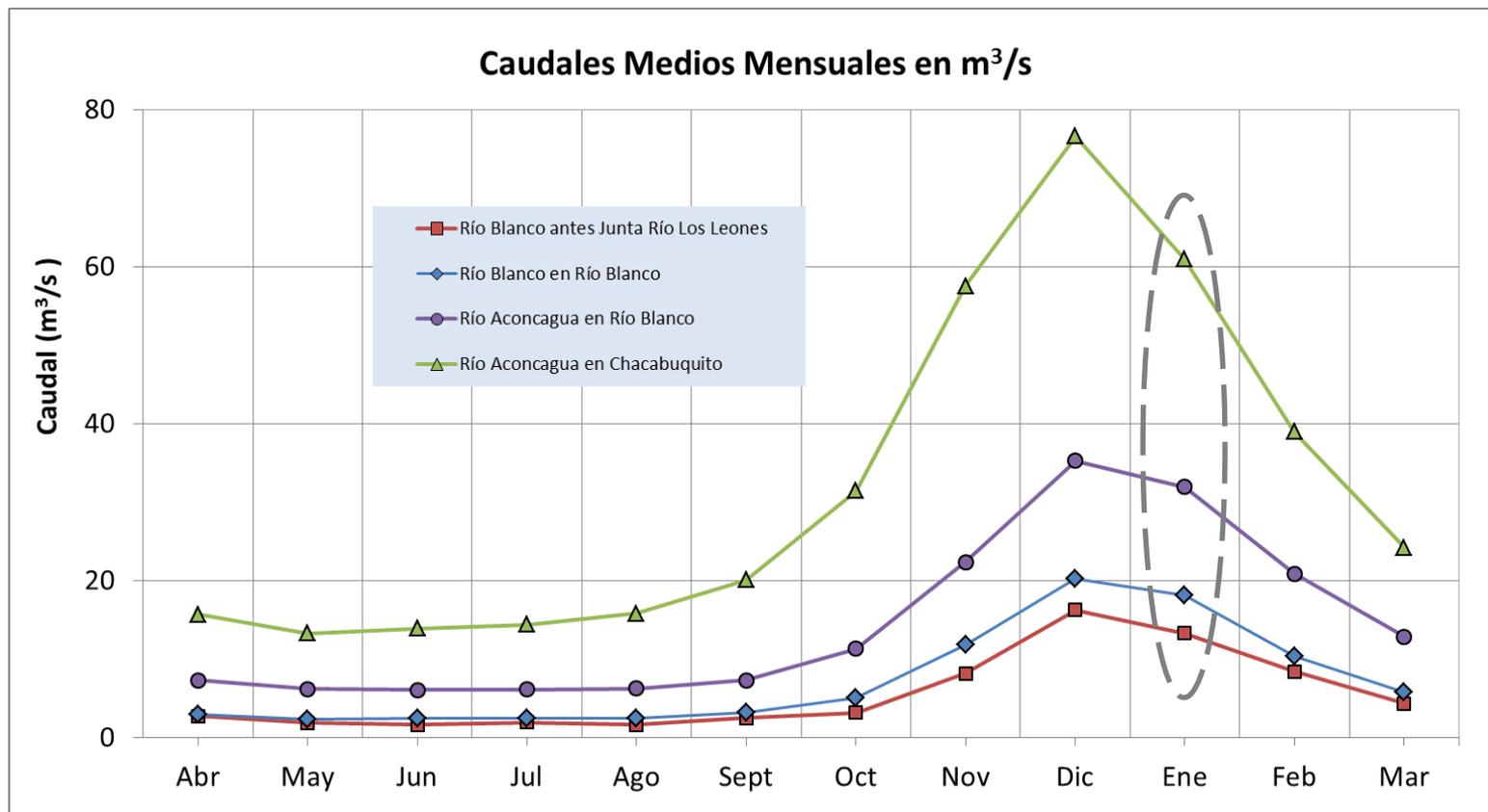
**Descripción de medio de prueba:**

Comparación entre las concentraciones máximas medidas en la laguna de aguas claras del Tranque Ovejería y en los cursos de agua afectados con posterioridad a la rotura del relaveducto. Se seleccionaron aquellos parámetros que vieron aumentadas sus concentraciones luego del derrame, excluyéndose al Magnesio por no contarse con información en los registros de aguas claras.

Se observan dos aspectos de interés, a saber:

- La totalidad de los valores máximos se produce en el río Blanco, ya sea en la sección S2 o en la sección S3 ubicadas aguas abajo del inicio del derrame.
- Los registros medidos en el río Blanco son en general un orden de magnitud superiores a los monitoreados en la cubeta del Tranque, con diferencias que oscilan entre un factor de 1,1 (pH) y un factor de más de 100 veces (Hierro).

Registros



Fuente: Elaboración propia en base a los datos de caudales medios mensuales de las estaciones DGA.

Figura 17.

Fecha: Serie histórica de las estaciones DGA<sup>11</sup>

**Descripción de medio de prueba:**

Gráfica de caudales medios mensuales en las estaciones DGA 'Río Blanco antes Junta Río Los Leones', 'Río Blanco en Río Blanco', 'Río Aconcagua en Río Blanco' y 'Río Aconcagua en Chacabuquito', ordenadas de aguas arriba a aguas abajo. Se destaca el caudal promedio del mes de enero de cada serie, correspondiente al segundo valor máximo en el año hidrológico.

<sup>11</sup> Estación 'Río Blanco antes Junta Río Los Leones' (periodo 2015-2018); Estación 'Río Blanco en Río Blanco' (periodo 1970-2018); Estación 'Río Aconcagua en Río Blanco' (periodo 1970-2018); y Estación 'Río Aconcagua en Chacabuquito' (periodo 1936-2018).

## Registros



Fuente: Elaboración propia en base a las ubicaciones informadas por el Titular y DGA a esta Superintendencia.

Figura 18.

Fecha: 23-01-2019

### Descripción de medio de prueba:

Ubicación de estaciones de caudal y calidad de aguas utilizadas para hacer el balance de masa asociado al derrame del relaveducto. En la Figura se muestran los parámetros involucrados en la determinación del balance de masa, cuya ecuación gobernante es:  $Q_m \cdot C_m = Q_d \cdot C_d + Q_r \cdot C_r$ .

**Registros**

Parámetro	Unidad	Resultado	Descripción
Qd	m <sup>3</sup> /s	0,26	Caudal derramado, parámetro despejado de la ecuación de balance de masa <sup>(1)</sup>
Cd	μs/cm	3.524	Concentración representativa del derrame <sup>(2)</sup>
Qr	m <sup>3</sup> /s	7,43	Caudal del río Blanco (cuerpo receptor) sin la influencia del derrame <sup>(3)</sup>
Cr	μs/cm	223	Concentración del río Blanco (cuerpo receptor) sin la influencia del derrame <sup>(4)</sup>
Qm	m <sup>3</sup> /s	0,26 + 7,43	Caudal de la mezcla (río Blanco + derrame) luego del incidente <sup>(5)</sup>
Cm	μs/cm	334	Concentración de la mezcla (río Blanco + derrame) luego del incidente <sup>(6)</sup>

- (1)  $Q_m \cdot C_m = Q_d \cdot C_d + Q_r \cdot C_r \rightarrow Q_d = Q_r \cdot (C_r - C_m) / (C_m - C_d)$ .
- (2) Se tomó el promedio de los registros del último trimestre del año 2018 para las aguas claras del Tranque Ovejería (ver **Tabla 2**).
- (3) Promedio de los caudales registrados en la estación DGA 'Río Blanco antes Junta Río Los Leones' a las 12:36 hrs de los días 22 y 24 de enero.
- (4) Promedio de las Conductividades eléctricas registradas en la sonda del punto BL-10 a las 12:26 hrs de los días 22 y 24 de enero (ver **Figura 10**).
- (5) Corresponde a la suma entre el caudal derramado (incógnita a despejar) y el caudal del río Blanco sin la influencia del relave (7,43 m<sup>3</sup>/s).
- (6) Conductividad eléctrica registrada en la sonda del punto BL-10 a las 14:26 hrs del día 23 de enero, con la influencia del derrame (ver **Figura 10**).

Fuente: Elaboración propia en base a los datos remitidos por el Titular y DGA a esta Superintendencia.

**Tabla 7.**

**Fecha:** 23-01-2019

**Descripción de medio de prueba:**

Cálculo del caudal derramado al río Blanco en base a un balance de masa realizado para las 14:26 hrs del día 23 de enero de 2019. Se efectuó el balance para el parámetro Conductividad Eléctrica; ante la ausencia de datos de la fracción líquida del relave se utilizaron los registros de las aguas claras del Tranque Ovejería para caracterizar al derrame (ver **Tabla 2**).

Para la determinación de los términos 'Qr' y 'Cr' se consideró el promedio de los registros disponibles en los días 22 y 24 alrededor de las 14:30 hrs (tiempo de referencia del balance), de manera de representar una situación sin la influencia del derrame.

Del análisis realizado es posible relevar lo siguiente:

- La estimación del caudal derramado con el balance de masa (0,26 m<sup>3</sup>/s) es consistente con el caudal calculado a partir de los datos de volumen derramado y duración del evento reportados por el Titular (ver **Hecho Constatado N°1**). En efecto, Codelco División Andina informó un volumen derramado de 1.705 metros cúbicos en una duración de aproximadamente 2 horas, lo que resulta en un caudal promedio de 0,24 m<sup>3</sup>/s.
- El rango de caudales de derrame calculado (0,24 m<sup>3</sup>/s a 0,26 m<sup>3</sup>/s) es significativamente inferior al caudal del cuerpo receptor (7,43 m<sup>3</sup>/s), siendo posible calcular una dilución del orden de 20 a 30 veces.

## 5.4 Plan de Contingencia Aplicado con Motivo del Incidente

<b>Número de hecho constatado: 4</b>	<b>Estación N°:</b> Examen de Información
<b>Documentación solicitada y entregada:</b> Por medio del Acta de Inspección Ambiental de la actividad, se solicitó a Codelco División Andina presentar el protocolo y registros de aplicación del Plan de Contingencia adoptado con motivo del incidente ocurrido.  Mediante Carta GSRI-016-2019, de fecha 29-01-2019, el Titular presentó la información solicitada.	
<b>Exigencia(s):</b> El EIA “Obras Complementarias Proyecto Expansión División Andina para Ampliación Intermedia a 92 Ktpd”, aprobado por medio de la RCA N°1808/2006, define dos protocolos de comunicación interna ante situaciones de contingencia por derrames a cursos de agua ocasionados por rotura de las líneas de relave al Embalse Los Leones. A saber, protocolo SGI-P-A-RE-002 ‘Comunicación en caso de derrame de relaves (División Andina)’ y protocolo PROC-OPM-03 ‘Comunicación en caso de derrame de relaves (Minería y Montajes CON-PAX S.A)’. Ambos protocolos se encuentran establecidos en el Anexo B <sup>12</sup> de la Adenda N°1 del referido EIA, y tienen por objetivo consignar las responsabilidades y flujos de comunicación al interior de División Andina ante situaciones de contingencia como la ocurrida el día 23 de enero.	
<b>Resultado(s) examen de Información:</b> En el Informe de Respuestas adjunta a la Carta GSRI-016-2019, el Titular indicó que el Plan de Contingencia aplicable al incidente está contenido en los instrumentos SIGO-M-MF-104: ‘Manual de Operaciones Sistema Conducción de Relaves’ y SGRA-P-GE-004: ‘Gestión de Incidentes Operacionales con Consecuencia Ambientales’ (ambos disponibles en el ANEXO 9).  A continuación se presenta una síntesis de cómo el Titular atendió cada uno de los aspectos establecidos en el Plan:  <b>1. Acciones de comunicación.</b> Una vez detectada la contingencia la tarde del 23 de enero, Codelco División Andina dio aviso a ESVAL, Colbún S.A. y a los regantes de la Junta de Vigilancia de la primera sección del río Aconcagua para los resguardos pertinentes. Además, se emitió un comunicado a los medios de comunicaciones locales y nacionales.  <b>2. Aviso inmediato a las autoridades sectoriales.</b> El mismo día 23 de enero el Titular reportó el incidente al SERNAGEOMIN, DGA, SEREMI de Medio Ambiente, SAG, Ministerio de Minería y esta Superintendencia, además de informar de lo ocurrido a autoridades locales (Gobernadora y Alcalde de Los Andes).  <b>3. Acciones operativas.</b> Luego de verificada la rotura, el día 23 de enero Codelco procedió a: <b>1.</b> efectuar el corte total de carga de la Planta Concentradora (13:36 hrs), <b>2.</b> detener la alimentación del espesador que sostenía la operación de la línea afectada del relaveducto (14:01 hrs), <b>3.</b> cerrar la válvula de descarga del espesador (14:11 hrs), y <b>4.</b> mantener cerrados los puntos de alimentación de aguas de lavado durante el manejo de la contingencia, de manera de minimizar el derrame generado.	

<sup>12</sup> Link: [http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?id\\_expediente=1085524&idExpediente=1085524](http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?id_expediente=1085524&idExpediente=1085524)

#### **4. Acciones de monitoreo.**

Según lo expuesto en el **Hecho Constatado N°3** del presente Informe, a raíz del incidente el Titular llevó a cabo un programa de monitoreo especial de la calidad de las aguas de los ríos Blanco y Aconcagua entre los días 23 de enero y 3 de febrero. Dicho programa incluyó monitoreo de parámetros físico-químicos *in situ* con sondas multiparámetros, así como muestreos de aguas para su análisis en laboratorios acreditados.

#### **5. Programa de limpieza.**

De acuerdo a lo señalado en el **Hecho Constatado N°1** del presente informe, Codelco realizó un programa de limpieza para retirar el relave del cauce de los ríos afectados y de las instalaciones que contuvieron el derrame, entre los días 23 y 30 de enero. De acuerdo a lo informado, se estima en alrededor de 167 metros cúbicos el volumen de relave extraído, equivalente a un 49% del relave total derramado (338 metros cúbicos); el destino del material removido fue el Embalse Los Leones del propio Titular.

Como queda de manifiesto en los puntos anteriores, las acciones de contingencia ejecutadas por el Titular exceden el alcance de la RCA N°1808/2006, instrumento que ante eventos como el ocurrido sólo consigna procedimientos comunicacionales internos para Codelco División Andina.

## 5.5 Otros Hechos: Estado Ecológico del Ecosistema Fluvial

<b>Número de hecho constatado: 5</b>	<b>Estación N°:</b> Examen de Información
<b>Resultado(s) examen de Información:</b> <p>En el Informe de Respuestas adjunta a la Carta GSRI-016-2019, de fecha 29-01-2019, Codelco División Andina informó que en complemento a las acciones de contingencia ejecutadas, se encargó al centro científico EULA de la Universidad de Concepción la realización de un “Estudio del estado ecológico del ecosistema fluvial de la cuenca del Río Aconcagua, en el área de influencia de la fuga de relave de Codelco Andina”. De acuerdo a lo señalado por el Titular, el estudio considera inspecciones y muestreos físicos, químicos y biológicos durante seis meses en una serie de puntos a lo largo de los ríos Blanco y Aconcagua.</p> <p>Mediante la Resolución Ex. SMA N°285, de fecha 22 de febrero de 2019, se solicitó al Titular reportar el estado de avance del referido estudio. Por medio de la Carta GSRI-051-2019, de fecha 07 de marzo de 2019, Codelco División Andina indicó que, considerando los plazos de los análisis de laboratorio necesarios para el estudio, se estima que los informes con sus resultados estarán disponibles en mayo y octubre del presente año 2019, comprometiendo la remisión de los documentos a esta Superintendencia.</p> <p>En el ANEXO 10 del presente informe se incluyen los antecedentes citados, así como dos reportes de avance del Centro EULA sobre el estudio mencionado.</p>	

## 6 CONCLUSIONES

El día 23 de enero de 2019 se produjo una situación de contingencia desencadenada por la rotura del relaveducto de la faena minera Codelco División Andina a la altura del kilómetro 15 del Camino Saladillo sector río Blanco. En respuesta a dicho incidente se realizaron diversas actividades de fiscalización, las que incluyeron inspecciones en terreno, toma de muestras de calidad del agua y examen de información. En el marco de la actividad participaron la Dirección General de Aguas, el Servicio de Salud y esta Superintendencia. Los resultados de las actividades de fiscalización dan cuenta de lo siguiente:

### Causas y detalles de la emergencia

- La rotura se produjo a las 13:12 hrs del 23 de enero, derramándose flujo de relave al río Blanco por un lapso de aproximadamente 2 horas. El volumen de relave derramado producto de la contingencia fue del orden de 1.705 metros cúbicos, del cual un 20% corresponde a relave seco (338 metros cúbicos), mientras que la fracción restante (1.367 metros cúbicos) corresponde al agua necesaria para asegurar el transporte del material.
- Como medida de control del evento, los canales de derivación de la Central Hidroeléctrica Blanco y el Embalse Piuquenitos –obras de propiedad de Colbún S.A. ubicadas aguas abajo del punto de rotura– fueron utilizados para captar las aguas del río afectadas por el relave. Sin embargo, una fracción del material derramado –estimada por Codelco División Andina en un 24% del total– no ingresó a las obras señaladas, fluyendo y dispersándose río abajo.

### Consecuencias

- Efectos en la calidad del agua: los resultados revelan que la componente hidroquímica se vio afectada a raíz del incidente, particularmente en los parámetros Aluminio, Arsénico, Cobre, Hierro y Manganeseo, superándose los valores máximos de los últimos dos años (periodo 2017-2018) y algunos de los límites de las Normas de riego y agua potable. El efecto se extendió aguas abajo de la Central Hidroeléctrica Blanco alcanzando al río Aconcagua, a unos 40 km aguas abajo del punto de rotura del relaveducto. Las concentraciones comenzaron a disminuir progresivamente hasta retornar a valores sin alteración al día 01 de febrero de 2019. Es importante destacar que el caudal derramado fue significativamente inferior al caudal del cuerpo receptor (río Blanco), por lo que al incorporarse al curso natural experimentó una dilución del orden de 20 a 30 veces.
- Ponderados los antecedentes técnicos disponibles, es posible establecer que la alteración observada en los cursos de agua se debió en una proporción relevante al incidente de rotura del relaveducto. Esto se evidencia al menos para el parámetro Conductividad Eléctrica, que se vio incrementado una hora después del inicio del derrame y que está presente en altas concentraciones de las aguas del relave, y para los parámetros Aluminio y Hierro contenidos en porcentajes elevados de su fracción sólida.

### Acciones adoptadas por el Titular

- Plan de Contingencias: con posterioridad al derrame el Titular adoptó acciones e implementó un plan de monitoreo específico con motivo del evento ocurrido. Las acciones ejecutadas incluyeron el retirar el material derramado por medio de un programa de limpieza realizado entre los días 23 y 30 de enero, estimándose en aproximadamente 167 metros cúbicos el volumen de relave extraído.
- En complemento a lo anterior, el Titular encargó el desarrollo de un “Estudio del estado ecológico del ecosistema fluvial de la cuenca del Río Aconcagua, en el área de influencia de la fuga de relave de Codelco Andina”, antecedente que será remitido a esta Superintendencia una vez se encuentre culminado.

En lo que respecta a los instrumentos de gestión ambiental de competencia de esta Superintendencia, para el tramo de relaveducto del SCR sólo se encuentran establecidos procedimientos comunicacionales internos ante eventos como el ocurrido, sin consignarse acciones o medidas de contingencia adicionales a las ejecutadas por el Titular.

## 7 ANEXOS

N° Anexo	Nombre Anexo
1	Acta de Inspección Ambiental (SMA)
2	Antecedentes sobre el volumen derramado y registro de presiones del ducto (Codelco)
3	Antecedentes sobre el uso de las instalaciones de Colbún S.A. con motivo del incidente (Colbún S.A.)
4	Informe Final de Limpieza del río Blanco (Codelco)
5	Antecedentes sobre la caracterización físico-química del relave derramado (Codelco)
6	Resultados de los muestreos y mediciones de calidad de aguas en los ríos Blanco y Aconcagua (Codelco)
7	Resultados de los muestreos y mediciones de calidad de aguas en los ríos Blanco y Aconcagua (DGA)
8	Resultados de los muestreos de calidad de aguas en los ríos Blanco y Aconcagua (Salud)
9	Protocolo y registros de aplicación del Plan de Contingencia adoptado (Codelco)
10	Antecedentes sobre el estudio del ecosistema fluvial de la cuenca del río Aconcagua (Codelco)