

EN LO PRINCIPAL: Téngase presente; OTROSÍ: Acompaña documentos.

SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE



**Sebastián Gil Clasen**, en representación de **Minera Invierno S.A. y Portuaria Otway Limitada**, todos domiciliados para estos efectos en Avenida El Bosque Norte N° 500, piso 23, comuna de Las Condes, ciudad de Santiago, en procedimiento sancionatorio Rol D-050-2016, a esta Superintendencia del Medio Ambiente respetuosamente digo:

Frente a los cargos formulados mediante Res. Ex. N° 1/Rol D-050-2016, de fecha 9 de agosto de 2016, mis representadas en conformidad al artículo 42 de la LOSMA presentaron un programa de cumplimiento, con fecha 8 de septiembre de 2016. Dicho programa de cumplimiento fue objeto de observaciones por parte de esta Superintendencia, las que fueron abordadas en el escrito presentado con fecha 22 de noviembre de 2016. Luego, mediante Res. Ex. N° 6/Rol D-050-2016, esta Superintendencia efectuó nuevas observaciones, las que fueron incorporadas en el programa de cumplimiento refundido presentado con fecha 6 de febrero de 2017.

Finalmente, con fecha 7 de marzo, se realizó una reunión de asistencia al cumplimiento, donde se orientó a mis representadas respecto del contenido del programa de cumplimiento refundido, por lo que mediante esta presentación, y de conformidad al artículo 17 letra f) de la Ley N° 19.880, vengo en formular las siguientes observaciones y complementaciones, según detallo a continuación:

**A. Cargo N° A1 (RCA N° 025/2011 Considerando 7.1.7) y Cargo N° A2 (RCA N° 025/2011 Considerando 8.6)**

En relación al contenido del programa de cumplimiento refundido presentado con fecha 6 de febrero de 2017, cabe señalar que en ambos cargos ya individualizados, se identificó como efecto negativo el *"arrastre de sólidos suspendidos en Chorrillo Invierno 2 que esporádicamente han superado el valor de referencia definido por la DGA en el SUP-8"*.

Los referidos cargos dicen relación con que la implementación de las obras de decantación para las aguas provenientes del rajo y los canales interceptores 1 y 2 no permitieron abatir adecuadamente los sólidos suspendidos, así como a la superación de parámetros físicos y químicos en el SUP-8.

Ahora bien, con el objetivo de poder identificar en forma científica y objetiva la presencia de efectos negativos como consecuencia de dichas infracciones, es que mis representadas encargaron la elaboración de un Informe Experto al Centro de Ecología Aplicada, informe que se acompaña en el otrosí de esta presentación.

En síntesis, las conclusiones del referido Informe Experto, señalan que:

1) El Chorrillo Invierno 2 presenta diversos tipos de ecosistemas acuáticos: i) lótico heterotrófico (tramo superior del Chorrillo Invierno 2, dentro de zona boscosa); ii) lótico autotrófico (tramo medio del Chorrillo Invierno 2, fuera de la zona boscosa); y iii) léntico estuarino (albufera).

2) Cada uno de los ecosistemas acuáticos encontrados presentan características estructurales y funcionales particulares, las cuales determinan respuestas distintas a perturbaciones de origen natural y antrópico.

3) Al analizar aspectos abióticos de los ecosistemas lóticos (ej. morfología, hidráulica, hidrodinámica), se observa que cada uno de ellos presenta una elevada heterogeneidad espacial, con presencia de rápidos, pozas y zonas meandrosas, las cuales permiten una respuesta resiliente diferencial a las perturbaciones.

4) El curso de agua que alimenta el Chorrillo Invierno 2, ha registrado modificaciones en la calidad físico-química del agua respecto de aquellos registrados durante la línea base del EIA. Dichas modificaciones corresponden principalmente a aumento en la concentración de manganeso, sulfato y sólidos totales suspendidos. A partir de los resultados aportados por Mina Invierno, se pudo observar que desde el mes de septiembre de 2016, los valores de SST se han mantenido dentro de los umbrales definidos en la Resolución de Calificación Ambiental (según minuta DGA-DCPRH N°36 del 30 de mayo 2016 y memo N°42 del 17 de Febrero 2017).

5) Estudios científicos internacionales no evidencian efectos negativos de excedencia de manganeso sobre organismos acuáticos a los niveles registrados en el Chorrillo Invierno 2. Para el sulfato existen antecedentes científicos que plantean que niveles superiores a 500 mg/L en aguas duras podrían generar efectos negativos sobre organismos acuáticos. En relación a los sólidos totales suspendidos los efectos sobre los ecosistemas acuáticos están centrados en el sepultamiento de comunidades bentónicas y disminución de la producción primaria acuática por disminución de la transparencia del agua. Este proceso es controlado por el lavado hidráulico que realizan las crecidas anualmente. En términos generales es posible esperar una probabilidad de riesgo ecológico baja, considerando los niveles de excedencia registrados en el Chorrillo Invierno 2 y los bajos tiempos de exposición.

6) Los resultados obtenidos en el programa de monitoreo que realiza la compañía Minera Invierno en el Chorrillo Invierno 2, en función a las directrices establecidas en la RCA, han permitido identificar cambios en la composición y abundancia en las comunidades de microalgas e invertebrados bentónicos. Estos cambios han sido registrados en las 2 estaciones de monitoreo localizadas en el Chorrillo Invierno 2. Es importante señalar que dichas estaciones de muestreo, no representan adecuadamente las características estructurales y funcionales de los ecosistemas acuáticos identificados en este estudio.

7) El análisis de los ecosistemas acuáticos realizado durante el desarrollo de este Informe Experto, arrojó como principales resultados que: i) los 3 ecosistemas acuáticos presentes en el Chorrillo Invierno 2 se encontraban activos; ii) los diferentes ecosistemas acuáticos mantienen un metabolismo ecosistémico acorde con las características naturales de los ecosistemas acuáticos, especialmente las relacionadas con la producción primaria; iii) Los 3 ecosistemas acuáticos presentan una elevada heterogeneidad espacial, es esperable también que presenten importantes cambios temporales en su estructura y funcionamiento relacionados al régimen de caudal.

8) En términos del estado ecológico, es posible señalar que los ecosistemas acuáticos presentes en el Chorrillo Invierno 2, mantienen actualmente características comparables con ecosistemas naturales con patrones de perturbación natural, siendo necesario evaluar de manera representativa y científicamente validada, qué componentes y procesos de los ecosistemas podrían haber sido afectados por las excedencias en la calidad físico-química y su potencial capacidad de recuperación, si esé fuese el caso.

9) Teniendo en consideración la heterogeneidad y variabilidad natural de las ecosistemas acuáticos identificados en Chorrillo Invierno 2, para establecer efectos relevantes de las excedencias de SST, manganeso y sulfato sobre los organismos acuáticos, es necesario evaluar de manera integrada las concentraciones máximas de estos parámetros, tiempos de exposición y la sensibilidad de los organismos. Sin embargo, a partir de los resultados obtenidos en este Informe de Experto, podemos indicar que la probabilidad el riesgo ecológico es baja y se concentra en periodos de bajo caudal (estiaje).

Sobre la base de los antecedentes anteriormente expuestos, es que solicitamos que no se consideren efectos para los cargos A1 y A2. Adicionalmente, la información técnica acompañada permite fundamentar adecuadamente la inexistencia de éstos respecto de los Cargos A3, A5 y A6.

**B. Cargo A2 (RCA N° 025/2011 Considerando 8.6)**

En relación a la acciones 13, 16, 21 y 22 del programa de cumplimiento refundido presentado con fecha 6 de febrero de 2017, cabe señalar que mediante el presente escrito se solicita reemplazar dichas acciones por las siguientes:

Acción y meta			Reportes de avance		Impedimentos
Elaboración de documento para el ingreso al SEIA y obtención de una resolución de calificación ambiental favorable para las acciones 2, 6, 7, 9, 10 y 11 <sup>1</sup> .			<p>Contratación consultor que elaborará el documento para ingresar al SEIA.</p> <p>Se incluirá un reporte semestral que dé cuenta de los avances en la caracterización del componente biótico y en la elaboración del documento del ingreso al SEIA</p>		<p>1. Retraso por parte de las autoridades competentes durante el proceso de evaluación ambiental</p> <p>2. Ampliaciones de plazo realizadas por la autoridad ambiental</p>
<b>Forma de implementación</b>	Ingreso al SEIA: 15 meses.	Carta de Ingreso al SEIA debidamente timbrada.	<b>Reporte final</b>	100.000	<b>Acción y plazo de aviso en caso de ocurrencia</b>
Elaboración, ingreso, tramitación y aprobación ambiental favorable en el SEIA para las acciones 2, 6, 7, 9, 10 y 11, para contar con mecanismos de seguimiento posteriores a la vigencia del programa de cumplimiento. Adicionalmente, se considera incorporar una caracterización del componente biótico, incluyendo un levantamiento en terreno que permita caracterizar la heterogeneidad y variabilidad natural de los ecosistemas acuáticos identificados en el Chorrillo Invierno 2.	Obtención RCA: 9 meses luego del ingreso	Resolución de Calificación Ambiental favorable	Se remitirá a la SMA copia de carta de ingreso firmada al SEIA y copia de la notificación de aprobación de la RCA.		<p>1. Ante el retraso por parte de las autoridades competentes durante el proceso de evaluación ambiental, se informará a la SMA de las gestiones realizadas, dentro de 5 días hábiles antes de finalizado el plazo de ejecución de la acción, proponiendo un nuevo plazo.</p> <p>2. Las ampliaciones de plazo establecidas por el SEA durante el proceso de evaluación serán</p>

<sup>1</sup> La acción N°13 y N°22 se refieren a la elaboración de un mismo documento de ingreso al SEIA.

				informadas a la SMA, en los respectivos informes bimestrales, proponiendo un nuevo plazo para ejecutar la acción.
--	--	--	--	---

16	<b>Acción y Meta</b>	Desde la notificación de la resolución que aprueba el Programa de Cumplimiento y durante su vigencia.	100% de los monitoreos diarios de SST en el punto SUP-8, realizados por ETFA y reportados, acreditando el cumplimiento gradual.  Primer año: máximo 3 excedencias  Segundo año: máximo 2 excedencias	<b>Reportes de avance</b>	No aplica.	<b>Impedimentos</b>
	Aumentar la periodicidad de monitoreo de los SST en el punto SUP-8 de mensual a diario, de conformidad a lo indicado por la Dirección General de Aguas en su Memo N° 42, de 17 de febrero de 2017 <sup>2</sup> , acreditando el cumplimiento gradual de dichos parámetros, considerando que el año base será el 2015, donde hubo 4 excedencias de SST, y que mediante la implementación de este Programa de Cumplimiento, se disminuirán a 3 excedencias al término del primer año y 2 excedencias al término del segundo año (se incluirá anexo explicativo en próximo texto refundido)			En los reportes bimestrales se enviarán: 1. Comprobante de carga del reporte asociado al considerando 8.6 de la RCA N°25/2011 al SSA de la SMA, conforme a la Res. Ex. N°223/2015. 2. Registro consolidado, incluyendo datos históricos, en formato Excel. Los campos mínimos que incluirá el registro son: fecha y hora de las muestras y resultados de SST certificados por ETFA en terreno		En caso de existir condiciones adversas que hagan imposible cumplir la acción (climáticas, accesibilidad), dentro del plazo comprometido, se acreditará a la SMA dicha condición.
	<b>Forma de Implementación</b>			<b>Reporte final</b>		<b>Acción y plazo de aviso en caso de ocurrencia</b>
Los monitoreos adicionales se incorporarán como parte del reporte que se debe efectuar en conformidad al considerando 8.6 de la RCA N°25/2011. El monitoreo se realizará por una EFTA y se reportará en conformidad a la Res. Ex. N°223/2015.	En el reporte final se presentará un informe consolidado con registro consolidado en formato Excel que incluya todos los monitoreos de SST en el punto SUP-8, realizados durante la vigencia del PdC.	Se informará a la SMA dentro del plazo de 5 días hábiles antes del vencimiento del plazo comprometido y se solicitará un nuevo plazo para el cumplimiento de la acción.				

<sup>2</sup> Se acompaña copia del memo N° 42.

21	<b>Acción y Meta</b>	Permanente durante toda la ejecución del Programa de Cumplimiento	Monitoreo de variables limnológicas con frecuencia trimestral en 4 puntos	<b>Reportes de avance</b>	No aplica.	<b>Impedimentos</b>
	Mejoramiento del monitoreo de variables limnológicas en el cauce de Chorrillo Invierno 2.			Se presentarán informes semestrales que den cuenta de los resultados del monitoreo realizado.		En caso de existir condiciones climáticas adversas que hagan imposible cumplir la acción, dentro del plazo comprometido, se acreditará a la SMA dicha condición.
	<b>Forma de Implementación</b>			<b>Reporte final</b>		<b>Acción y plazo de aviso en caso de ocurrencia</b>
Introducir mejoras en el monitoreo de variables limnológicas en el cauce de Chorrillo Invierno 2, aguas abajo del punto SUP-8, pasando de una frecuencia de monitoreo semestral a trimestral y aumentando el número de puntos a muestrear de 2 a 4.	En el reporte final se enviará un consolidado con los resultados del monitoreo.	Se informará a la SMA dentro del plazo de 5 días hábiles antes del vencimiento del plazo comprometido y se solicitará un nuevo plazo para el cumplimiento de la acción.				

22	<b>Acción y Meta</b>	Ingreso al SEIA: 15 meses. Obtención RCA: 9 meses luego del ingreso	Carta de Ingreso al SEIA debidamente timbrada. Resolución de Calificación Ambiental favorable	<b>Reportes de avance</b>	No aplica <sup>3</sup>	<b>Impedimentos</b>
	Elaboración de documento para el ingreso al SEIA y obtención de una resolución de calificación ambiental favorable para las acciones 17, 18, 19 y 20.			Contratación consultor que elaborará el documento para ingresar al SEIA. Se incluirá un reporte semestral que dé cuenta de los avances en la caracterización del componente biótico y de la elaboración del documento del ingreso al SEIA		1. Retraso por parte de las autoridades competentes durante el proceso de evaluación ambiental 2. Ampliaciones de plazo realizadas por la autoridad ambiental
	<b>Forma de Implementación</b>			<b>Reporte final</b>		<b>Acción y plazo de aviso en caso de ocurrencia</b>
Elaboración, tramitación y aprobación ambiental favorable en el SEIA para las	Se remitirá a la SMA copia de carta de ingreso firmada al	1. Ante el retraso por parte de las autoridades				

<sup>3</sup> Los costos asociados a esta acción ya fueron incluidos para la acción N°13.

<p>acciones 17, 18, 19 y 20, para contar con mecanismos de seguimiento posteriores a la vigencia del programa de cumplimiento.</p> <p>Adicionalmente, se considera incorporar una caracterización del componente biótico, incluyendo un levantamiento en terreno que permita caracterizar la heterogeneidad y variabilidad natural de las ecosistemas acuáticos identificados en Chorrillo Invierno 2.</p>	<p>SEIA y copia de la notificación de aprobación de la RCA.</p>	<p>competentes durante el proceso de evaluación ambiental, se informará a la SMA de las gestiones realizadas, dentro de 5 días hábiles antes de finalizado el plazo de ejecución de la acción, proponiendo un nuevo plazo.</p> <p>2. Las ampliaciones de plazo establecidas por el SEA durante el proceso de evaluación serán informadas a la SMA, en los respectivos informes bimestrales, proponiendo un nuevo plazo para ejecutar la acción.</p>
--	---	---

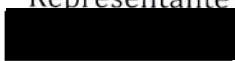
**POR TANTO:**

Se solicita a esta Superintendencia del Medio Ambiente se sirva tener presente las observaciones y complementaciones expuestas respecto del programa de cumplimiento refundido presentado con fecha 7 de febrero de 2017.

**OTROSÍ:** Sírvase esta Superintendencia del Medio Ambiente tener por acompañado el Informe Experto del Centro de Ecología Aplicada, elaborado por los doctores Manuel Contreras e Italo Serey, minuta DGA-DCPRH N°36 del 30 de mayo 2016 y memo N°42 del 17 de Febrero 2017.



Sebastián Antonio Gil Clasen  
Representante Legal Minera Invierno S.A. y Portuaria Otway Ltda.





## INFORME EXPERTO

# EVALUACIÓN ESTADO ECOLÓGICO DEL CHORRILLO INVIERNO 2, ISLA RIESCO, REGIÓN DE MAGALLANES Y ANTARTICA CHILENA.



Marzo, 2017

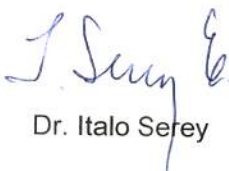






**AUTORIA**

Este documento ha sido elaborado por el Centro de Ecología Aplicada Ltda., bajo la dirección de Dr. Italo Serey y Dr. Manuel Contreras L.

  
Dr. Italo Serey

  
Dr. Manuel Contreras L.

Santiago, 15 de marzo de 2017



## 1 Introducción

Este Informe Experto fue solicitado al Centro de Ecología Aplicada por la empresa Compañía Minera Mina Invierno S.A., para desarrollar un estudio ecológico en el Chorrillo Invierno 2. Lo anterior, con el objetivo de evaluar el estado ecológico actual de los ecosistemas acuáticos presentes en el (sensu Ramsar).

## 2 Objetivo y Enfoque Conceptual

### 2.1 Objetivo

El objetivo de este Informe de Experto es evaluar el estado ecológico actual de los ecosistemas acuáticos existentes en el Chorrillo Invierno 2.

### 2.2 Enfoque

Los sistemas fluviales han sido estudiados de acuerdo a Petts y Amoros (1996) habitualmente desde dos grupos de disciplinas distintas. Desde la hidrología y la geomorfología fluvial, con fundamentos geográficos, geológicos y de ingeniería. Han investigado sobre las vías como los caudales, carga de sedimentos y forma de los canales varía a lo largo del río, desde las cabeceras de las aguas hasta la desembocadura, en escalas de tiempo que van desde horas (en las inundaciones) a un año (patrones estacionales) a 100 años (el periodo principal de impacto humano) y hasta 10.000 años (holoceno). Desde la ecología, biología y ciencias pesqueras, que han examinado los patrones aguas abajo en la estructura y función de las comunidades biológicas – algas, macrófitas, macro invertebrados y peces - desde escalas que van desde microhábitas (piedras individuales) a la totalidad del río, incluyendo la naturaleza de las mallas tróficas y flujos de nutrientes.

Las actividades que alteran de la red hidrográfica y/o calidad de agua en una cuenca hidrográfica, generan perturbaciones en los ecosistemas que se desarrollan en el río. Ecológicamente una perturbación es un cambio en la estructura mínima del ecosistema, causada por un factor externo al nivel de interés (Pickett et al 1989).

Los estudios en ríos han tenido sistemáticamente un fuerte énfasis descriptivo, documentado en importantes obras como las de Hynes (1970), Welcomme (1992) y recientemente Allan (1995). En este contexto, la mayoría de los estudios desarrollados en ecosistemas lóticos establecen como marco conceptual la hipótesis planteada por Cummins et al (1973), basados principalmente en estudios de hábitos alimentarios de invertebrados acuáticos. En ella se plantea un modelo de la estructura trofodinámica de los macroinvertebrados bentónicos, considerando diferentes fuentes alimenticias de materia orgánica (Figura 2.1). En estos ríos exorreicos el metabolismo de los ríos es fundamentalmente heterotrófico (Figura 2.2).

A partir de este modelo, se desarrolló la hipótesis del "Río Continuo" (Vannote et al 1980), donde se postulan los cambios biogeoquímicos que afectan al carbono orgánico

al ser transportado en un gradiente altitudinal. Esta hipótesis postula que la abundancia de los diferentes grupos trofofuncionales y la relación entre P/R (producción/respiración), varía espacialmente en respuesta a los cambios que se producen en las características hidrodinámicas de los ríos y a la disponibilidad de materia orgánica alóctona (Figura 2.3).

La mayor parte de la evidencia empírica que apoya la hipótesis del "Río Continuo", proviene de estudios realizados en ecosistemas lóticos de cabecera de bosques templados del Hemisferio Norte. En éstos, la principal fuente de carbono proviene de materia orgánica alóctona que se acumula estacionalmente en los cursos de agua. Este patrón es recurrente en ecosistemas lóticos de montaña con abundante cobertura de vegetación ripariana, en donde la trama trófica está estructurada principalmente por organismos detritívoros, que degradan y consumen la materia orgánica alóctona (ej. hojas, ramas).

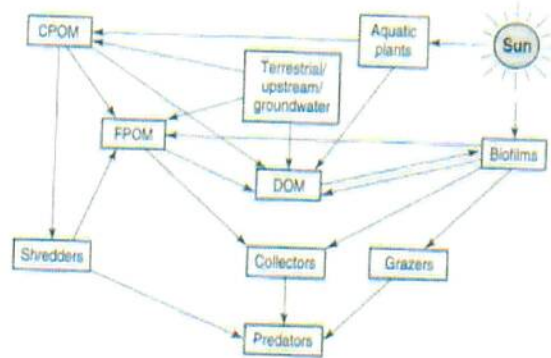


Figura 2.1. Flujo de materia orgánica en los ríos, basado en aportes de materia orgánica alóctona.

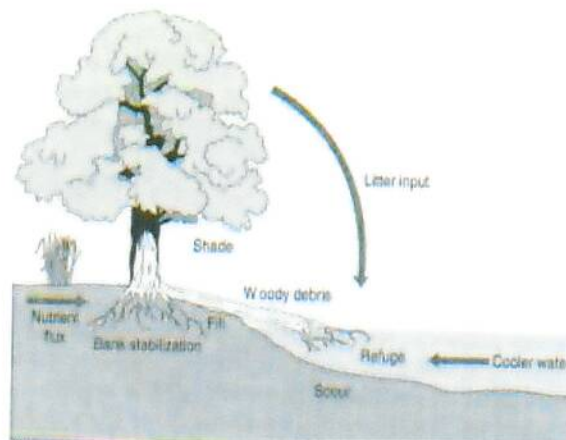


Figura 2.2. Aporte de materia orgánica alóctona a los ríos desde la vegetación terrestre.



En función del régimen temporal de perturbaciones es probable encontrar en la naturaleza un continuo entre ecosistemas lóticos basados en la utilización de materia orgánica alóctona y/o autóctona. En los primeros, las perturbaciones exógenas tales como los eventos hidrológicos estocásticos, serían las principales fuerzas estructuradoras del ecosistema. En cambio, las interacciones biológicas endógenas, como competencia o predación, regularían los ecosistemas lóticos basados principalmente en la materia orgánica autóctona. Este patrón resultaría en una capacidad de respuesta diferencial de los ecosistemas a las perturbaciones, en términos de la estabilidad temporal de las estructuras ecológicas.

Ecosistemas acuáticos basados en la degradación de materia orgánica alóctona son característicos de ambientes fluctuantes, debido a que el material particulado alóctono permanece con biomazas altas en el sedimento, incluso después de incrementos drásticos en el caudal, lo cual permite una rápida recuperación de la estructura de los ecosistemas. En cambio, ecosistemas lóticos basados en la producción de carbono orgánico autóctono (ej. microalgas, macrófitas), son frecuentes en ambientes poco fluctuantes, como los desiertos en zonas de alta evaporación, en donde los autótrofos son la principal fuente de carbono. Los organismos autótrofos requieren mayor tiempo de recuperación después de una perturbación, debido a los lentos tiempos de recambio generacional.

Ríos afectados por crecidas (evento hidrológico), estarían permanentemente regresando a las primeras etapas de la sucesión ecológica, de alguna manera las crecidas eliminarían la "memoria ecológica" de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. Estos resultados permiten plantear una hipótesis en torno al metabolismo de los ecosistemas lóticos, a través de la cual se podrían explicar los cambios espaciales y temporales en las características estructurales y funcionales de los mismos.

En último término, donde el metabolismo de los ecosistemas lóticos está determinado por el régimen de perturbaciones exógenas de meso y macroescala, las variaciones en los patrones climáticos a macroescala (e.g. fenómeno "El Niño"), determinarían la importancia relativa de la utilización de carbono orgánico alóctono (metabolismo heterotrófico) y autóctono (metabolismo autotrófico) en el flujo de materia y energía en los ecosistemas lóticos, mientras que las variaciones intranuales del caudal determinarían la magnitud de los flujos de materia y energía intra e intersistémicos. En general, ecosistemas basados en metabolismos heterotróficos serían característicos de ambientes fluctuantes, en cambio, el metabolismo autotrófico sería dominante en ambientes estables (Figura 2.4).

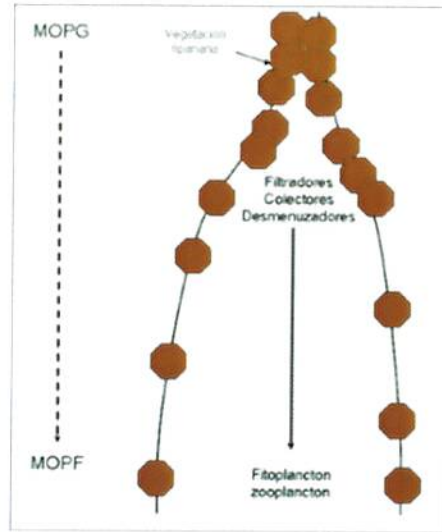


Figura 2.3. Reciclamiento geoquímico de materiales a lo largo del río. MOPG= materia orgánica particulado grueso. MOPF = materia orgánica particulada fina.

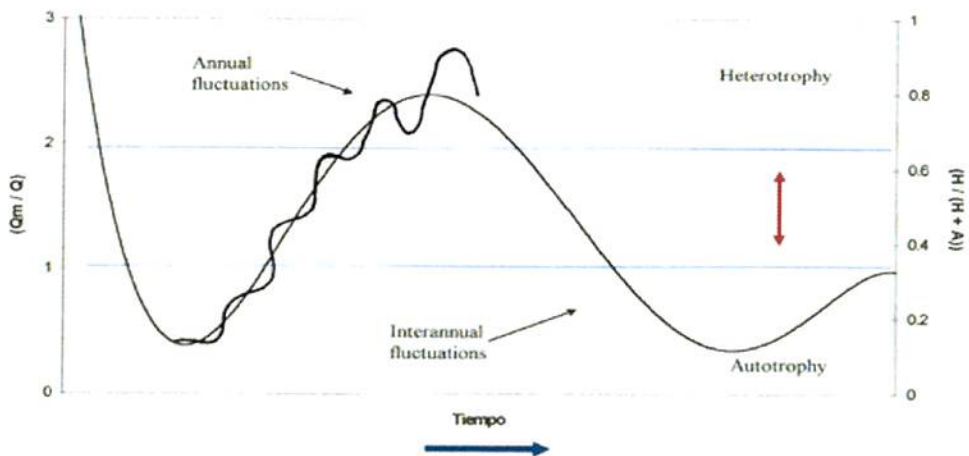


Figura 2.4. Modelo del metabolismo de los ríos en función del grado de perturbación hidrológica.  $Q_m$ = caudal mensual.  $Q$ =caudal promedio.  $H$ = heterotrofia.  $A$ = autotrofia. (Contreras, 1998).

### 2.2.1 Régimen de perturbación natural

En los ríos, desde el punto de vista hidrológico, un concepto fundamental es el régimen del caudal. La Figura 2.5 muestra el régimen del caudal del Chorrillo Invierno 2, en la estación SUP-8. Este régimen determina cambios estacionales que pueden ser considerados perturbaciones propias del sistema fluvial, dependiente globalmente del clima. En el sur de Chile los ríos tienen un régimen pluvial, mostrando crecidas



concentradas principalmente en invierno. Este periodo genera crecidas de distintas magnitudes y en función de oscilaciones climáticas como los fenómenos del Niño y la Niña, ampliamente reconocidos en la literatura científica. Los cambios entre crecidas y estío en el Chorrillo Invierno 2, determinan un régimen de perturbación natural del sistema. Los ríos tienen importantes oscilaciones del caudal y los ecosistemas responden a estas variaciones intra e interanuales.

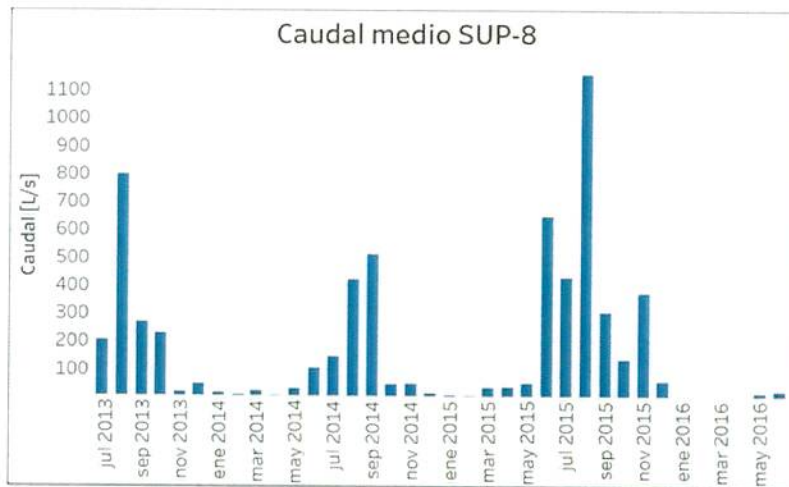


Figura 2.5. Serie caudales medios mensuales Chorrillo Invierno 2 en estación SUP-8.

### 2.2.2 Desarrollo de Ecosistemas y Sucesión Ecológica en Ríos

El ecosistema, es considerado ser la unidad de organización biológica de todos los organismos de un área dada (esto es la comunidad), interactuando con el ambiente físico, así como los flujos de energía y ciclos de materiales tratan de la estructura trófica característica, dentro del sistema (Odum, 1969). El principio de sucesión ecológica, considera de manera importante las relaciones entre la naturaleza y el hombre (Odum, 1969). El concepto de sucesión es uno de los más importantes en ecología porque introduce la dimensión temporal para la evolución de las comunidades biológicas. Las sucesiones son procesos a mediano y largo plazo en una dirección, son secuencias temporales de comunidades de especies dentro del ecosistema (Corembliet et al 2006).

En ríos, los principales parámetros hidrogeomórficos que controlan la sucesión de la vegetación (y del ecosistema), son los caudales y el régimen de transporte de sedimentos, erosión de sedimentos y depositación, topografía y textura del sedimento (Corembliet et al 2006).



### 3 Alcances

Este Informe Experto corresponde a un análisis realizado en marzo de 2017 (Figura 3.1), sobre la base de antecedentes secundarios disponibles en referencias de acceso público y aportados por el titular. Se realizó un levantamiento de información ecológica en terreno durante marzo de 2017 (Figura 3.2), donde participaron especialistas del Centro de Ecología Aplicada y se obtuvieron imágenes de alta resolución del área de estudio. Lo anterior es relevante para determinar la presencia de diferentes ecosistemas acuáticos en el área de estudio.



Figura 3.1. Ubicación de área de estudio en Isla Riesco.



Figura 3.2. Descripción del área de estudio con alta resolución espacial.



#### 4 Aspectos considerados en el informe

A continuación, se describen los resultados obtenidos en el Informe Experto:

##### 4.1 Caracterización geomorfológica e hidráulica

Para la caracterización hidrodinámica del cuerpo de agua Chorrillo Invierno 2, se realizó un levantamiento topobatimétrico del cauce, específicamente desde el punto de monitoreo SUP-8 hasta su desembocadura en el seno de Otway. Se tomó un total de 1383 puntos topográficos, distribuidos espacialmente en un total de 277 perfiles transversales, cada uno con aproximadamente 5 puntos.

Se caracterizó la hidrodinámica tomando en cuenta el Thalweg del cauce, correspondiente al punto más profundo de cada perfil transversal. Con ello se desarrolló el perfil longitudinal y se sectorizó el comportamiento hidráulico en base a la pendiente de fondo y a las características geomorfológicas fluviales, esto es, inspección de la geometría espacial de meandros y sus procesos formativos, como también las características del sector en cuanto a la cantidad de vegetación e inspección de fotografías del lugar.

Se registró un total de 276 perfiles transversales a lo largo de 3,44 km, los cuales permitieron conocer la pendiente de fondo del canal y los anchos representativos de éste. Del análisis de la información se logró determinar tres sectores con características geomorfológicas distintas. La Tabla 4.1 muestra las características geomorfológicas de importancia

**Tabla 4.1 Características morfológicas del cauce Chorrillo Invierno 2, según sectores diferenciados por su pendiente**

Sector del cauce	Longitud	Ancho medio	Pendiente media
	[km]	[m]	[%]
Alto	0,67	0,67	1,162
Medio	1,73	0,88	2,210
Bajo	0,89	1,18	0,767

La Figura 4.1 muestra los puntos tomados en terreno, donde se logró identificar tres sectores diferenciados principalmente por la pendiente de fondo, la cual se presenta en la Figura 4.2. Asimismo, la Figura 4.3 da cuenta de la estimación de los anchos de los perfiles transversales, diferenciados por los sectores identificados.

El primer tramo (sector alto), de aproximadamente 670 m, presenta sinusoides bastante pronunciadas, con radios de giro mayores a 180° (meandros cerrados). Su pendiente de fondo es elevada, del orden del 1%, por lo cual se esperaría un mayor arrastre de sólidos en esta sección, con un flujo preferentemente supercrítico. De la Figura 4.3 se logra apreciar una baja variabilidad en el ancho del cauce, entre 0,5 a 1 m en promedio, lo cual caracteriza a un sistema con un escurrimiento rápido, sin presentar





zonas estancas. Por otro lado, se observan sinusoidales con radios de giro mayores a los  $180^\circ$  los que no responden a una pendiente fuerte pero puede atribuirse a las interferencias asociadas a elementos mayores como vegetación y rocas.

El segundo tramo (sector medio) se caracteriza por una zona de transición en que el cauce cambia de dirección hacia el Este tomando el sentido de la quebrada. En esta zona se logra observar una mayor presencia de rocas, lo cual da cuenta de un probable lavado de finos provocado por un escurrimiento fuerte de alta pendiente. La característica principal de este tramo es el aumento de pendiente a prácticamente el doble (de 11,61 m/km a 22,1 m/km), lo cual condice con lo dicho anteriormente.

En el último tramo (sector bajo), se observa una transición meandrosa entre la sección de pendiente fuerte a una suave, por donde cambia la dirección del flujo hacia el sur nuevamente. En los sectores donde ya el cauce posee baja pendiente pueden observarse zonas de aguas estancas y una mayor cantidad de sedimentos en el lecho del cauce, lo cual indicaría que existen zonas con características menor transporte fluvial y en consecuencia, mayor deposición sedimentaria. A pesar de tener una menor pendiente, esta zona no presenta meandros, lo cual responde a que en este sector ya no existen interferencias de vegetación, siendo un terreno más bien llano. Este último motivo muestra que en el sector bajo exista una alta variabilidad en el ancho del cauce, donde este pierde velocidad, generando zonas estancas. Ya en este lugar el flujo cambia de dirección de sur a oeste, lo cual responde ya que se alcanza la desembocadura, con un sistema geomorfológico semicerrado, uniéndose con Chorrillo Invierno1.

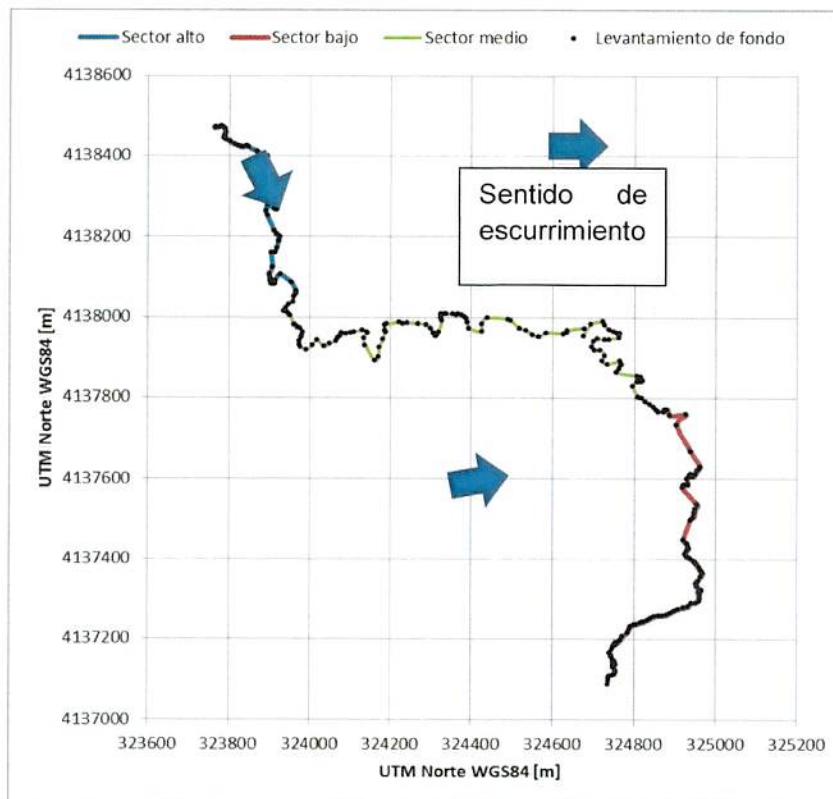




Figura 4.1 Levantamiento topobatimétrico del cauce y sectorización en base a la pendiente del Thalweg.

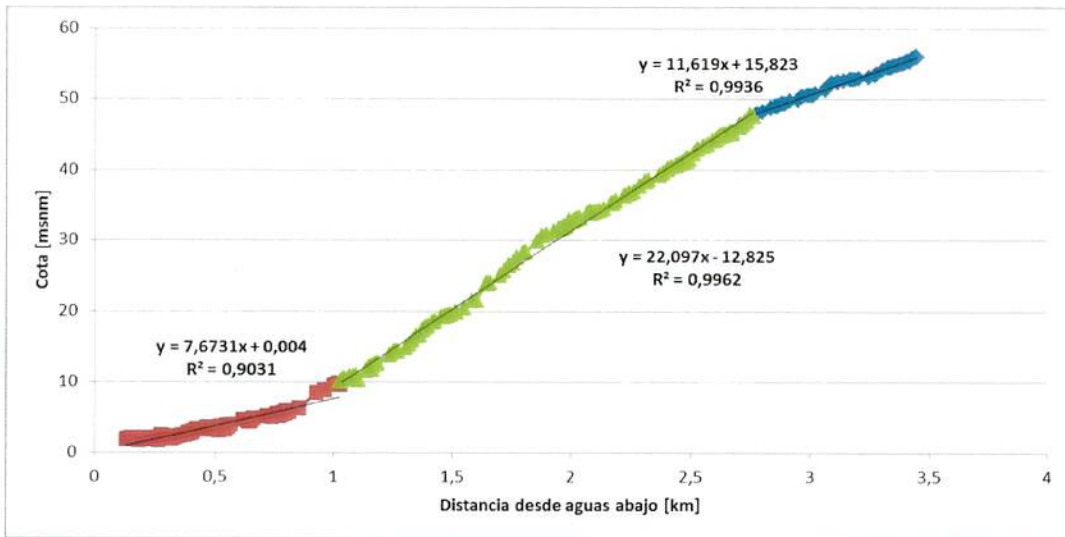


Figura 4.2. Identificación de pendientes características del Thalweg en Chorrillo Invierno 2, desde su desembocadura hasta el punto de monitoreo SUP-8.

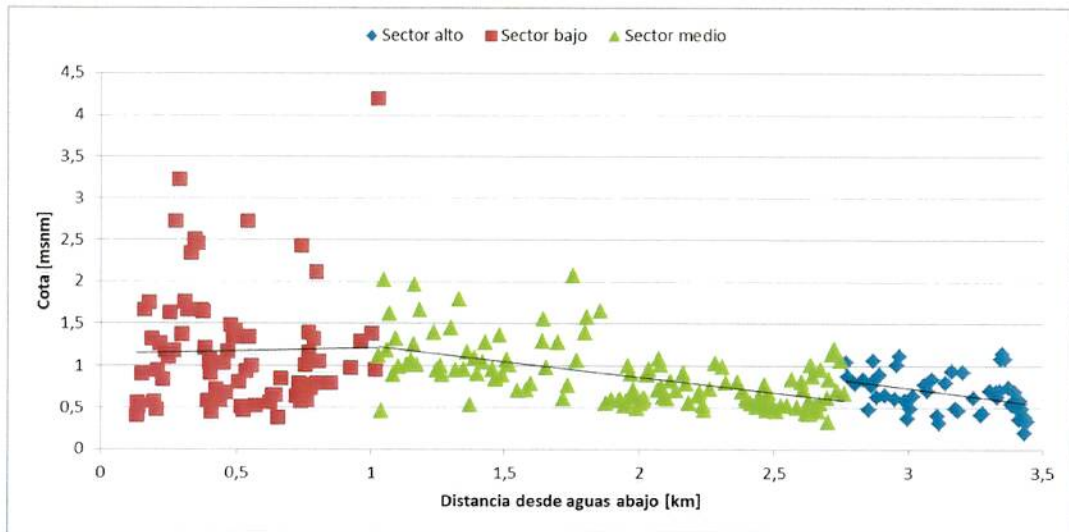


Figura 4.1. Anchos representativos del cauce Chorrillo Invierno 2, desde su desembocadura hasta el punto de monitoreo SUP-8.



## 4.2 Caracterización hidrológica

Los datos meteorológicos obtenidos del EIA desarrollado por Mina Invierno se presentan en la Figura 4.4 a) y b), la cual da cuenta de un patrón relativamente parejo a lo largo del año, no obstante se logra observar una mayor precipitación en los meses otoño - invierno. De la serie de tiempo se observó un valor de 80 mm para el mes de marzo de 2012 (Figura 2.1), valor que se escapa de la tendencia de otros años. Al ser comparados estos datos con el estudio hidrológico de la Línea Base del EIA (Harambour, 2007), se observa que las precipitaciones son entre 10 a 20 mm menor. Por otro lado, en la Figura 4.4 c) se muestra el % de días al mes en los cuales existe precipitación, lo cual permite inferir que durante un año normal, existe un 50% de precipitaciones al mes.

Cabe señalar que en el mismo estudio hidrológico se señala que si bien los resultados de precipitación durante marzo, abril y mayo indican que caería más agua, esto no es necesariamente cierto, debido a que es posible que en las estaciones existentes en la Región no se mida la totalidad de la precipitación que cae durante el invierno, debido a la dificultad existente para captar con los pluviómetros la totalidad de la nieve que generalmente cae durante ese periodo del año. Además de un promedio mensual (Figura 4.5), es posible observar el régimen hidrológico del lugar, que vendría siendo mayoritariamente pluvial.

### Régimen del Caudal

En los ríos, la estructura física del ambiente y así del hábitat (para los organismos) está definido ampliamente por procesos físicos, especialmente el movimiento del agua y sedimento dentro del canal y entre el canal y la planicie de inundación. Para comprender la biodiversidad, producción y sustentabilidad de los ecosistemas en ríos, es necesario apreciar el rol organizativo central jugado por el ambiente físico cambiando dinámicamente. Los componentes críticos del régimen natural del caudal son magnitud, frecuencia, duración, secuencia y tasa de cambio (Poff et al 1997). Los datos proporcionados por Mina Invierno, en SUP-8 muestran que la magnitud del caudal, puede variar ampliamente, desde valores iguales a cero, menores a un litro por segundo hasta valores de 2380 L/s (Figura 4.6). La magnitud de los caudales, muestra la existencia de crecidas anuales e interanuales al igual que valores cero o cercanos a cero. Las crecidas, y las reducciones del caudal representan el régimen de perturbación natural del sistema. En Mina Invierno, los caudales de aportados por los bombeos, son poco significativos en relación al caudal natural, excepto cuando bajan a niveles inferiores a 10 L/s.

Este análisis, muestra que el régimen del caudal, no ha sido modificado de forma significativa por las operaciones mineras. Este hecho es relevante, a escala de los ecosistemas, dado la importancia que tienen las magnitudes del caudal en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y en especial el efecto que tienen los caudales de crecidas en la perturbación de la estructura biológica de los ecosistemas, especialmente en el fitobentos, afectando la biomasa de los grupos funcionales de algas, reduciéndolas en los eventos de crecida (DGA, 2009). Estos *peak* de crecidas deben ser considerados cuando se analiza el estado ecológico de los ecosistemas en estudio.

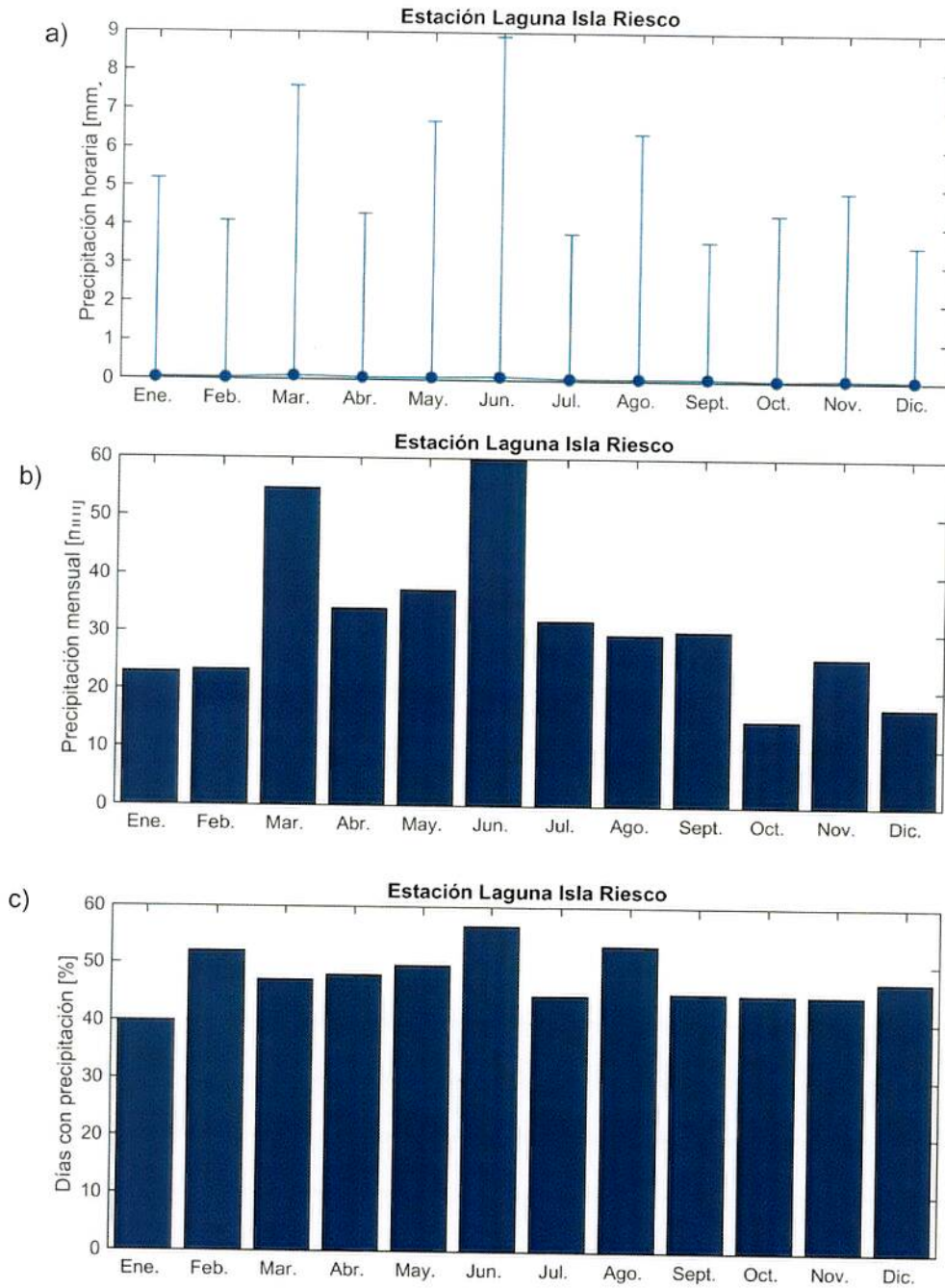


Figura 4.4. Variación mensual de la precipitación en Mina invierno. a) presenta la precipitación horaria registrada por el instrumento; b) precipitación mensual y c) el porcentaje de días con precipitación al mes.

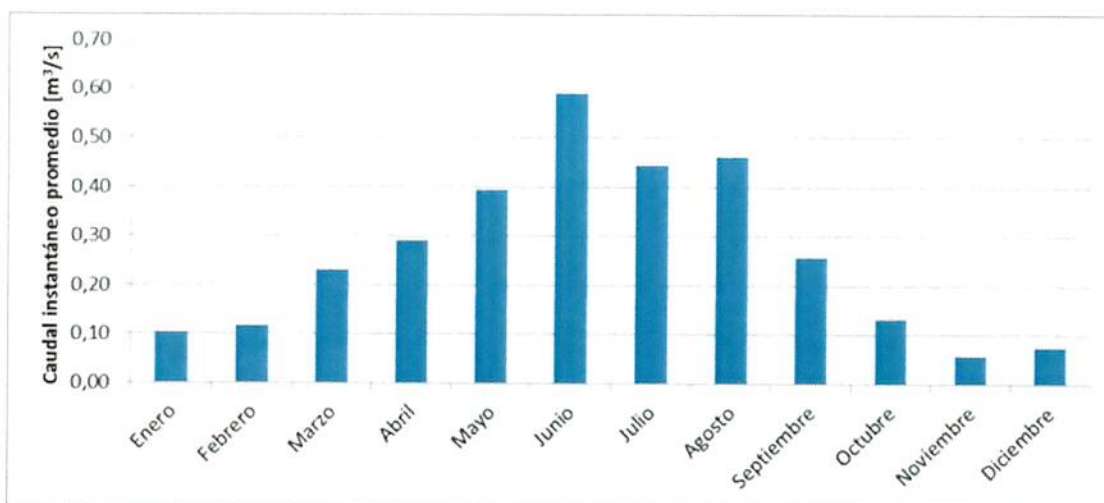


Figura 4.5. Caudal instantáneo promedio en SUP-8 por mes.

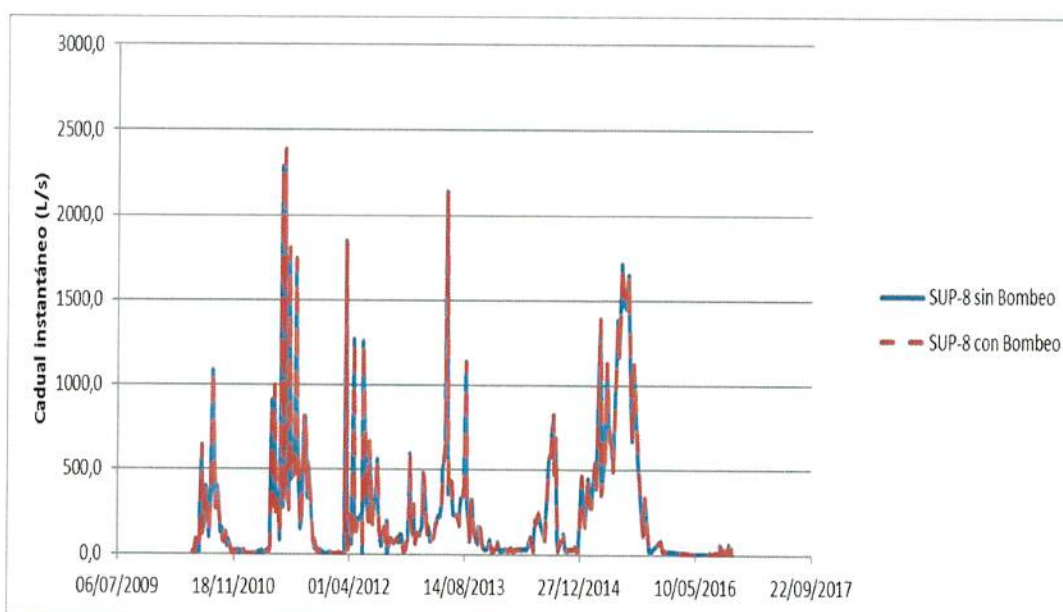


Figura 4.6. Caudal instantáneo en días específicos, muestra las crecidas y reducción de caudal, muestra el patrón del régimen de perturbación especialmente para los ecosistemas reófilos heterotróficos.

#### 4.3 Efecto de la excedencia de variables ambientales sobre los ecosistemas acuáticos.

A continuación se detallan sintéticamente los principales resultados aportados por Mina Invierno, respecto a variables que registraron excedencia en las aguas del Chorrillo Invierno 2 durante la operación del proyecto, respecto de su línea de base.



Basado en mediciones operacionales diarias de sólidos suspendidos totales (SST), realizadas por Mina Invierno durante los años 2014, 2015 y 2016 es posible concluir que en términos de promedios mensuales, generalmente los valores se encuentran dentro del límite máximo establecido por la DGA (905 mg/L como promedio mensual). No obstante lo anterior, es posible observar valores puntuales que superan el valor de referencia de 905 mg/L, concentradas principalmente en los meses de invierno, según se muestra en Figuras 4.7, 4.8 y 4.9. Los registros diarios aportados por Mina Invierno señalan que este límite no ha sido superado durante gran parte del año 2016 (Figura 4.10) ni en los primeros meses del año 2017 (Figura 4.10).

Es importante señalar que en el Estudio de Impacto Ambiental, se indicó que existiría un aumento de los SST durante la fase de operación, generando un aumento de la concentración de SST en el Chorrillo Invierno 2.

**Tabla 4.2. Concentración media mensual de SST en el Chorrillo Invierno 2, medidos en la estación SUP-8 (Fuente: Base de datos Mina Invierno).**

SST media mensual (según Memo N° 42 DGA 17/2/2017, mg/l)			
Mes	2014	2015	2016
ene	5	77	8
feb	15	26	30
mar	30	776	9
abr	26	654	21
may	65	365	6
jun	369	1.173	10
jul	153	672	23
ago	402	815	58
sep	817	279	21
oct	144	141	10
nov	302	76	5
dic	130	39	6
Umbral		905	905

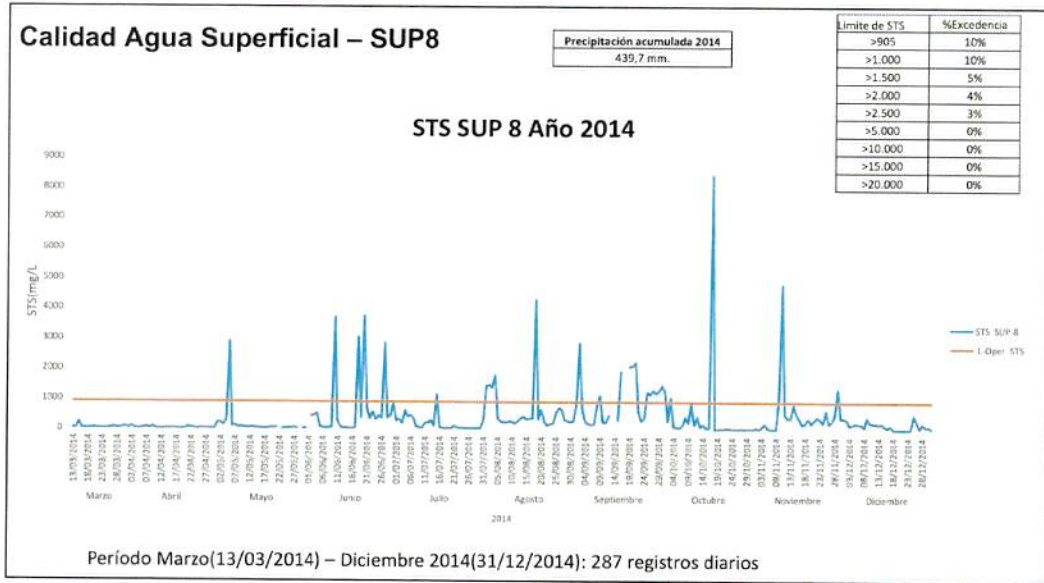


Figura 4.7. Concentración STS (mg/L) en punto SUB-8 durante año 2014. (Fuente: Base de datos Mina Invierno).

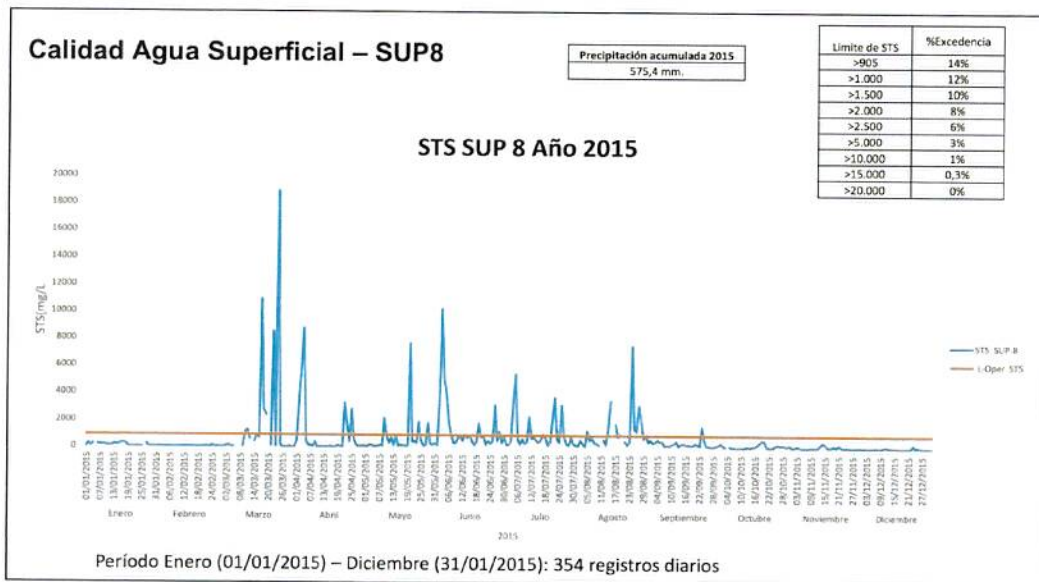


Figura 4.8. Concentración STS (mg/L) en punto SUB-8 durante año 2015. (Fuente: Base de datos Mina Invierno).

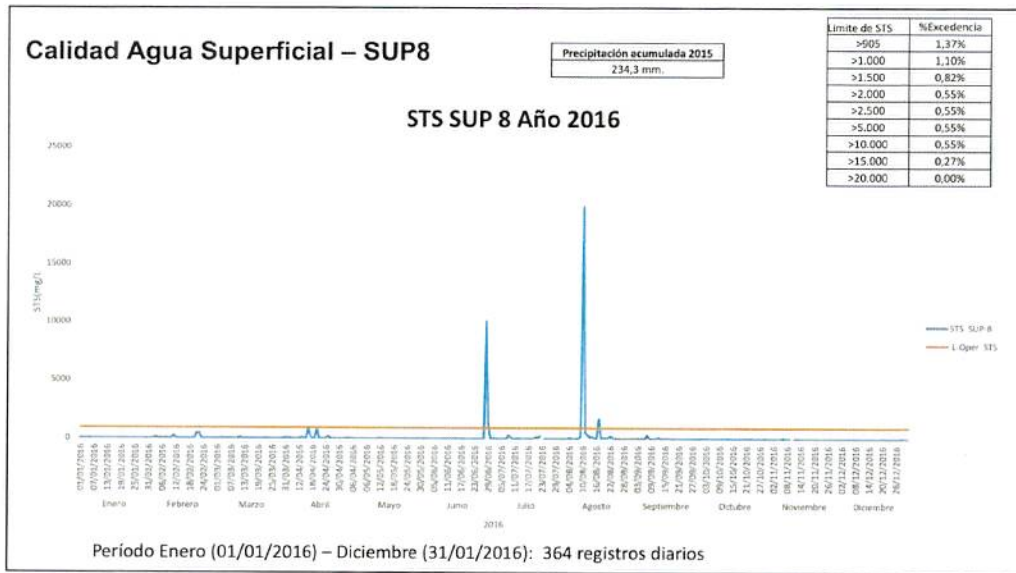


Figura 4.9. Concentración STS (mg/L) en punto SUB-8 durante año 2016. (Fuente: Base de datos Mina Invierno).

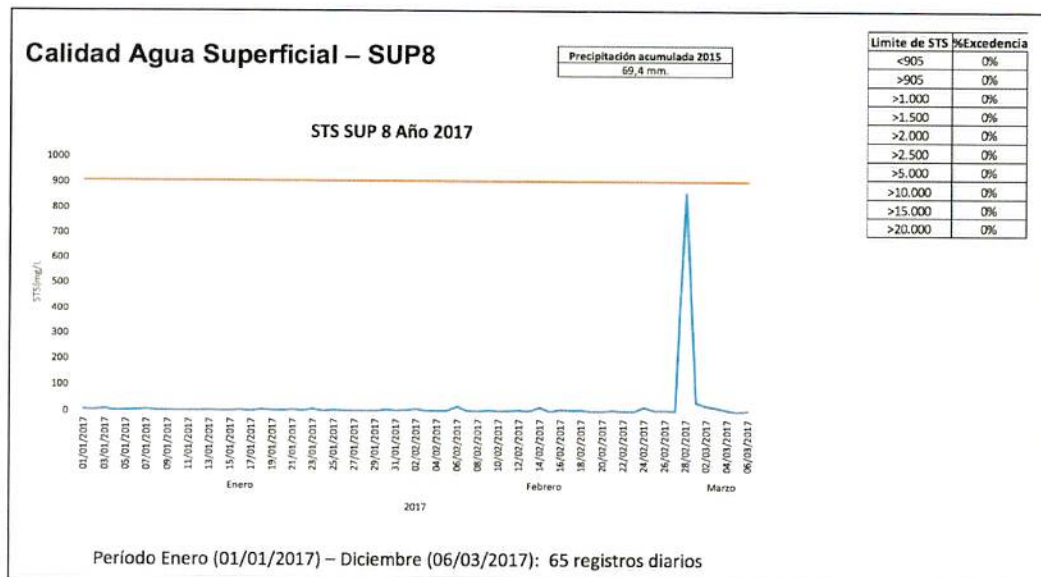


Figura 4.10. Concentración STS (mg/L) en punto SUB-8 durante año 2017. (Fuente: Base de datos Mina Invierno).





Respecto del manganeso, durante la elaboración de la línea de base en el EIA, la concentración de este elemento se mantuvo por debajo del límite establecido (0,51 mg/L). Sin embargo, en el punto de muestreo SUP-8 a partir de agosto de 2013, este umbral ha sido superado en el 16,7% de las mediciones, principalmente durante los meses de febrero y marzo (Figura 4.11). De acuerdo a los antecedentes recopilados, el aporte del manganeso provendría de las aguas subterráneas que se extraen desde los pozos ubicados en la periferia del rajo.

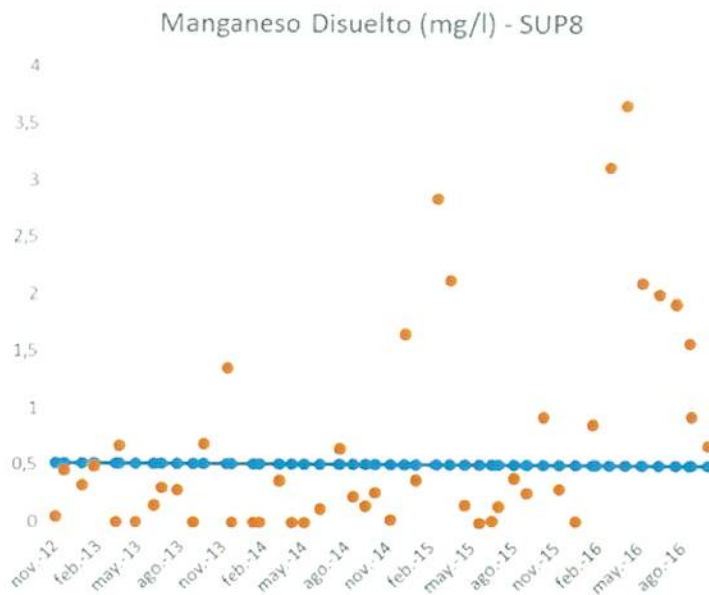


Figura 4.11. Concentraciones históricas de manganeso disuelto (mg/L) en el punto de control SUP-8. (Fuente: Base de datos Mina Invierno).

Las concentraciones de sulfato registradas en el punto de control SUP-8, han superado el límite máximo establecido por la DGA en 38 % de las mediciones mensuales (78 mg/L). Esta condición ha sido registrada fundamentalmente en los meses de abril y agosto durante los años 2015 y 2016 (Figura 4.12).

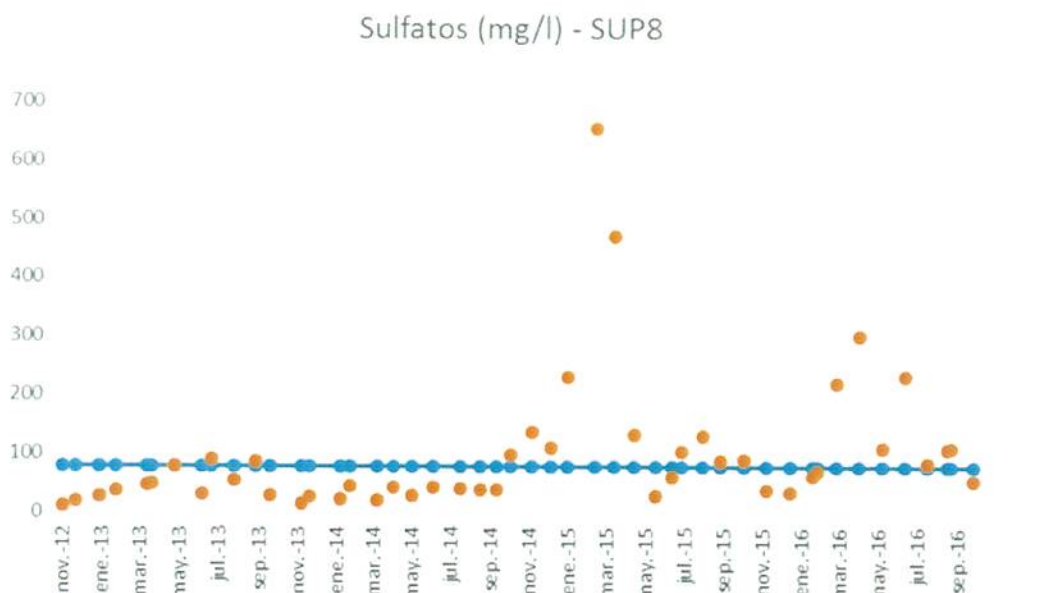


Figura 4.12. Concentración SO<sub>4</sub> (mg/L) en punto SUP-8 durante año 2016-2017. (Fuente: Base de datos Mina Invierno).

Una vez iniciadas las operaciones las variables antes indicadas, estructuran un patrón de perturbaciones de tipo físico-químico para los ecosistemas acuáticos, las cuales deben ser consideradas con atención, debido a las complejas relaciones in situ entre ese tipo de variables.

En relación a los sólidos totales suspendidos los efectos sobre los ecosistemas acuáticos están centrados en el sepultamiento de comunidades bentónicas y disminución de la producción primaria acuática por disminución de la transparencia del agua. Proceso que debería concentrarse durante la condición de estiaje (flujo base), ya que durante el periodo de lluvias el aumento del caudal (crecidas), se produce un "autolavado" del curso de agua.

En la literatura científica no se encontraron evidencias de efectos negativos del manganeso sobre organismos acuáticos, considerando las concentraciones de excedencia registradas en el Chorrillo Invierno 2.

El sulfato es ubicuo en ambientes dulceacuícolas y es una fuente común de azufre para bacterias y plantas. El sulfato se encuentra comúnmente en bajas concentraciones en la mayoría de los sistemas dulceacuícolas, aunque se pueden encontrar concentraciones altas en minerales o donde existen actividades antrópicas (Davies, 2007). En la literatura científica existen pocos estudios sobre los efectos del sulfato en organismos acuáticos, estos se han focalizado especialmente en tres grupos: algas y plantas acuáticas, invertebrados acuáticos y peces (May & Nordin, 2013). En un estudio específico realizado en el río Feale en Norteamérica, se estableció como umbral de seguridad que el promedio anual sulfato no excediera en el curso de agua



valores superiores a 100 mg/L y que concentraciones de 250 mg/L no fueran superadas en promedio durante 4 días (County Kerry, 2005). Los datos obtenidos por Elphick et al, 2011, muestran que la toxicidad del sulfato es dependiente de las concentraciones de otros iones mayores, con una reducción general de la toxicidad asociada con un incremento en la dureza del agua. Así, la dureza sirve de factor modificador de la toxicidad y requiere ser considerado en el establecimiento de lineamientos de calidad de agua para este anión. La guía de British Columbia (2015), sugiere que los valores de sulfato en aguas duras no deben ser superiores a 429 mg/L en promedio de largo plazo. Valor que fue excedido en 2 ocasiones en el Chorrillo Invierno 2, según lo indicado en la Figura 4.12.

Análisis con varios grupos de organismos, entre ellos cladóceros, rotíferos, anfípodos, peces (salmónidos y no salmónidos), anfibios, algas y musgos (Figura 4.13), permitió determinar la curva de respuesta de la proporción de especies que son afectadas por el aumento de la concentración de sulfato con distintos niveles de dureza del agua (Elphick et al, 2011). Es interesante destacar que el aumento de la proporción de especies afectadas sigue una forma sigmoidea, pero en función de concentraciones en escala logarítmica.

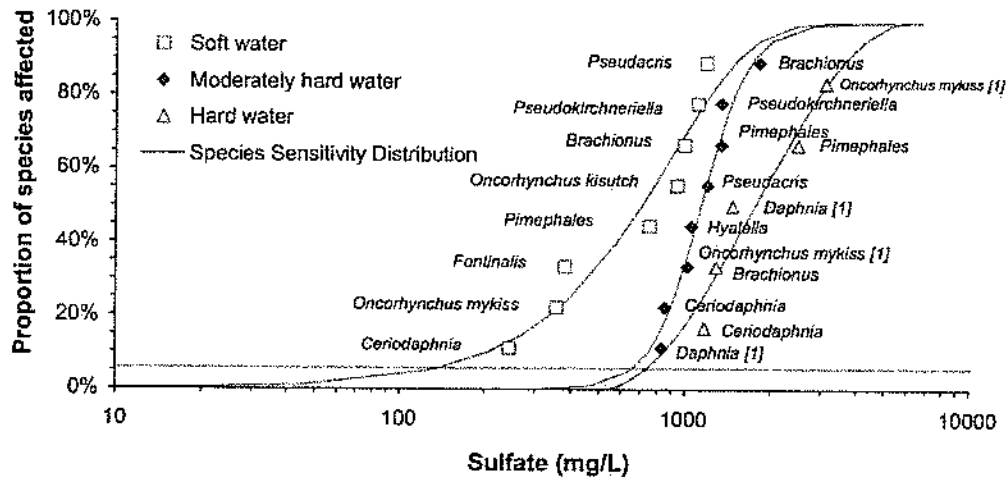


Figura 4.13. Distribución de sensibilidad de especies al sulfato en condiciones de aguas blandas (10-40 mg/L), moderadas (80-100 mg/L) y duras (150-250 mg/L). (Elphick et al, 2011).

Es importante destacar que los efectos de las variables que registran excedencias, sobre los organismos y ecosistemas acuáticos presentes en el Chorrillo Invierno 2, van a depender de las concentraciones, los tiempos de exposición y la sensibilidad de los receptores. El cruce entre estos aspectos determina la existencia de una probabilidad de riesgo ecológico sobre los ecosistemas acuáticos.



#### 4.4 Análisis espacial de los ecosistemas acuáticos presentes en Chorrillo Invierno 2.

Los distintos tipos de ecosistemas se muestran en Figura 4.6. Dentro de los de tipo dulceacuícolas, en el Chorrillo Invierno 2 y aguas abajo del punto SUP-8 se encuentran **ecosistemas reófilos heterotróficos (ERH)**, que se caracterizan porque la columna de agua se desplaza rápidamente, la energía y carbono disponibles para los organismos heterotróficos como los microorganismos y los macroinvertebrados bentónicos proviene de los ecosistemas vecinos y de ahí que se diga que son ecosistemas heterotróficos. Luego se desarrollan **ecosistemas reófilos autotróficos (ERAu)**, con un curso de agua más meándrico, donde la energía y el carbono disponible en el ecosistema provienen de la producción primaria hecha en la columna de agua por parte del fitoplancton y por las macrófitas. Finalmente, entre los ecosistemas de agua dulce se desarrolla **la albufera** que es un ecosistema de tipo léntico, con un brazo hacia el este, paralelo a la línea de costa sin salida directa al mar y otro brazo hacia el oeste, que es más importante y por donde se descarga el agua al mar. Entre los ecosistemas de agua salada, se encuentra el **marino**.



Figura 4.6. Localización de los tipos de ecosistemas en Chorrillo Invierno 2.

#### 4.5 Estado ecológico ecosistemas acuáticos presentes en Chorrillo Invierno 2

Para evaluar el estado ecológico de los ecosistemas acuáticos presentes en el Chorrillo Invierno 2, se midieron los patrones de actividad fotosintética, que provee una estimación directa de cantidad de fotosíntesis que puede ocurrir en los ecosistemas en los componentes columna de agua y sedimentos. Se realizaron mediciones in situ de fluorescencia de pigmentos (Figura 4.14), mediante el uso de un espectrofluorómetro Fluoroprobe BBE (<http://www.bbe-moldaenke.de>), que es un equipo que utiliza una serie de LEDs que emiten luz en 6 longitudes de onda seleccionadas (370nm, 470nm, 525nm, 570nm, 590nm y 610nm). Los patrones de respuesta de cada longitud de onda (también conocidos como huella o firma espectral), permite estimar la abundancia total, como también abundancia de distintos grupos taxonómicos de microalgas (clorófitas, diatomeas y cianobacterias, Figura 4.15).



Figura 4.14. Medición de muestras mediante Espectrofluorómetro Fluoroprobe BBE.

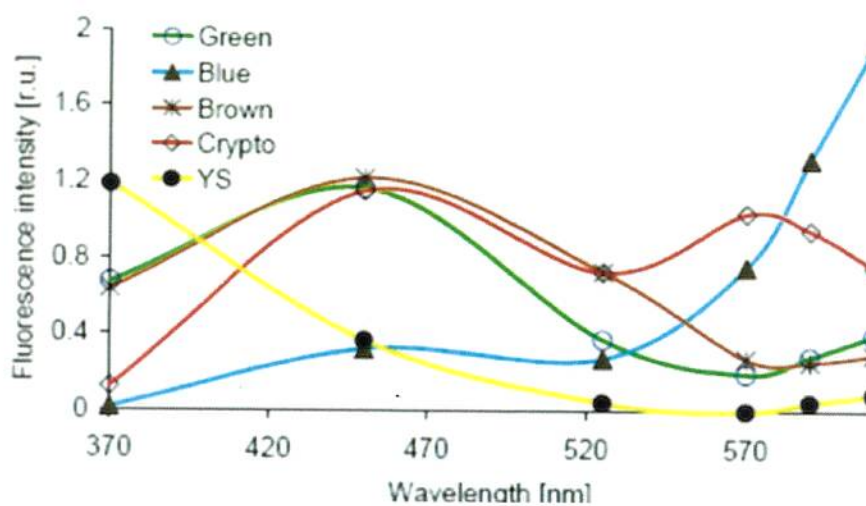


Figura 4.15. Firma espectral de fluorescencia para medir grupos de microalgas.



Las muestras de la columna de agua se tomaron en tubos Falcon de 50ml (Figura 4.16), y al momento de efectuar la medición se trasvasian a la cubeta de vidrio que recibe la serie de luces emitidas por el instrumento, que producen la excitación y posterior respuesta fluorométrica del contenido del agua (ver Anexo 1).



Figura 4.16. Toma de muestra de sedimentos.

El análisis se realizó en el mes de marzo de 2017, donde se evaluaron las características de la columna de agua y el sedimento en 32 puntos en el Chorrillo Invierno 2 (Figura 4.17). Los puntos de muestreo se localizaron entre el punto SUP-8 y la albufera adyacente al mar (ver Anexo 2).



Figura 4.17. Diseño de muestreo en Chorrillo Invierno 2.



La medición en columna de agua entregó resultados respecto a: 1) Florescencia de clorofila; 2) Grupos funcionales de microalgas estimados mediante fluorescencia de pigmentos; 3) Sustancias amarillas como aproximación de contenido de materia orgánica disuelta. El diseño de muestreo utilizado se indica en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Diseño del muestreo para estimar la cantidad de clorofila por fluorescencia como indicador de actividad fotosintética, para tipos de ecosistemas para los componentes columna de agua y sedimento de los ecosistemas de Chorrillo Invierno 2.

Tipos de Ecosistemas	Ecosistema reófilo heterotrófico (ERH)	Ecosistema reófilo autotrófico (ERAu)	Ecosistema de la Albufera (EA)
Variables fluorométricas			
Fluorescencia de Clorofila <i>a</i>	001,002,003,004,005, 006,007,008,009,010, 011,012,013,014,015, 016,017,018,019	020,021,022,024,025, 026,027,028,029	028,029,030,031,032
Grupos funcionales de microalgas por pigmentos	001,002,003,004,005, 006,007,008,009,010, 011,012,013,014,015, 016,017,018,019	020,021,022,024,025, 026,027,028,029	028,029,030,031,032
Substancias amarillas	001,002,003,004,005, 006,007,008,009,010, 011,012,013,014,015, 016,017,018,019	020,021,022,024,025, 026,027,028,029	028,029,030,031,032

#### Componente Columna de Agua

Los valores relativos de **clorofila a** de los ecosistemas **ERH** y **ERAu** indican valores bajos, esperables en una columna de agua en movimiento. A medida que se avanza aguas abajo, cuando el ecosistema se transforma de heterótrofo a autótrofo (**ERAu**) hay un aumento de la cantidad de clorofila *a* en la columna de agua (Figura 4.18 y 4.19). Los puntos de la albufera indican, como es de esperar un aumento notable en la clorofila *a*, al hacerse más léntico.

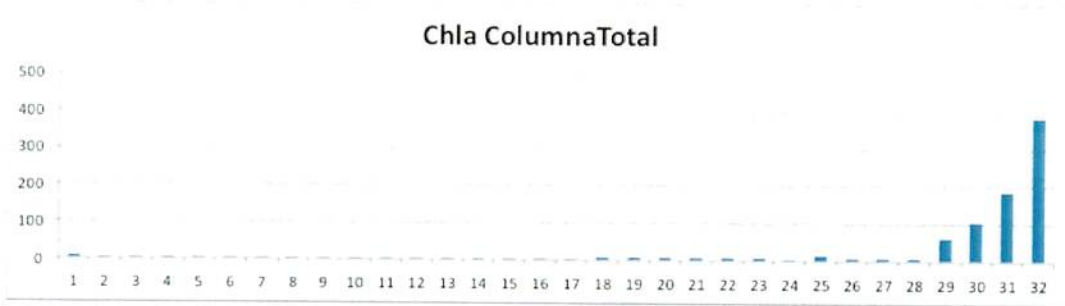


Figura 4.18. Concentración de Clorofila a en columna de agua, considerando el total de las estaciones.

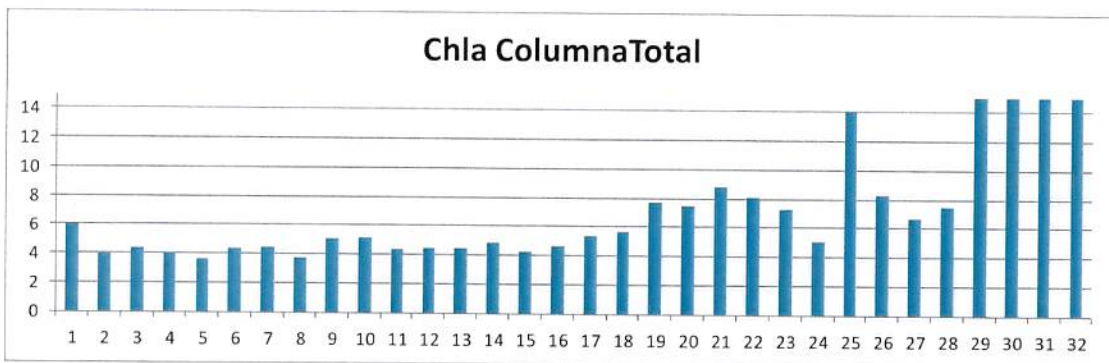


Figura 4.19. Concentración de Clorofila a en columna de agua, considerando solamente las estaciones localizadas en el chorrillo (sin considerar estaciones en la albufera).

La identificación de la columna de agua de diatomeas como un grupo funcional, indica el desarrollo de un sistema de mayor autotofía, tal como se indicó en los tipos de ecosistemas y corresponde al ecosistema ERAu (Figura 4.20).

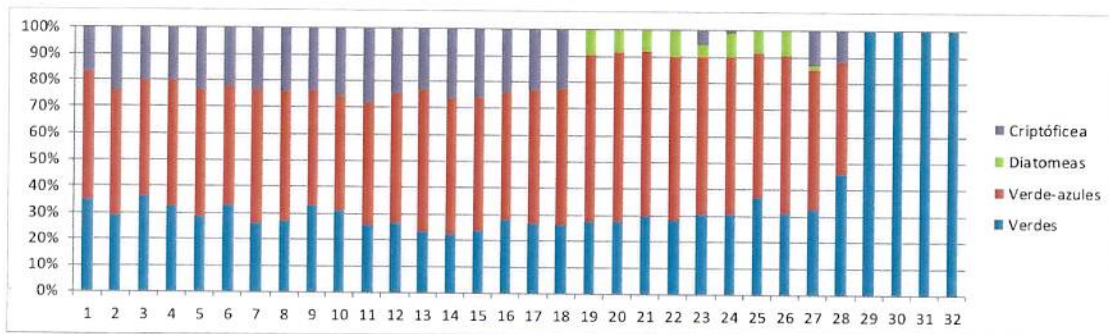


Figura 4.20. Distribución de grupos funcionales de microalgas en columna de agua.





Los ácidos húmicos se encuentran en la columna de agua de una manera continuo en los ERH y ERAu (Figura 4.21), en concentraciones relativas bastante similares, pero tienden a ser degradados o enmascarados en ecosistema de la Albufera. La presencia de ácidos húmicos en los ecosistemas acuáticos, da cuenta de los aportes que provienen de la degradación de materia orgánica que ingresa desde la cuenca de avenamiento, en la forma de material alóctono, desde el bosque en galería y plantas perennes herbáceas. La presencia de ácidos húmicos es importante, porque es una fuente de materia orgánica alóctona (energía) que entra en forma disuelta a la columna de agua, disponible para los microorganismos descomponedores. Estos resultados muestran el acoplamiento que existe entre el ecosistema terrestre y el acuático, siendo también un indicador de salud de los ecosistemas.

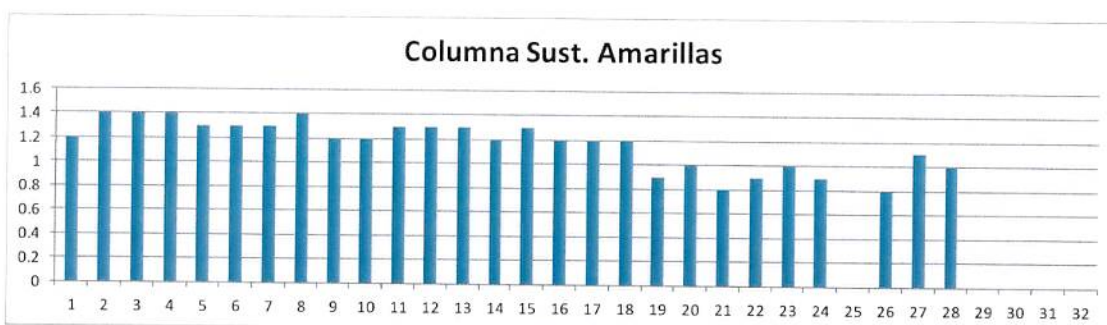


Figura 4.21. Distribución de sustancias amarillas en columna de agua (ácidos húmicos).

### Componente Sedimento

Las mediciones de clorofila a en sedimentos se realizaron en una muestra extraída del fondo del curso de agua (5ml), las cuales fueron disueltas en 40ml de agua, homogeneizada y decantada por aproximadamente 8 horas. La medición se realizó en el agua sobrenadante, la que entregó resultados respecto a: 1) Fluorescencia de clorofila; 2) Grupos de microalgas determinados mediante fluorescencia de pigmentos; 3) Sustancias amarillas como aproximación de contenido de materia orgánica disuelta. Adicionalmente, se analizó la presencia de diversos tipos de sustratos.

La distribución granulométrica de los sedimentos, muestra que a lo largo del curso de agua, existen diferentes tipos de sustratos desde materiales finos hasta bolones, condición que debería ser considerada para explicar la variabilidad en la riqueza de organismos en los ecosistemas acuáticos (Figura 4.22).

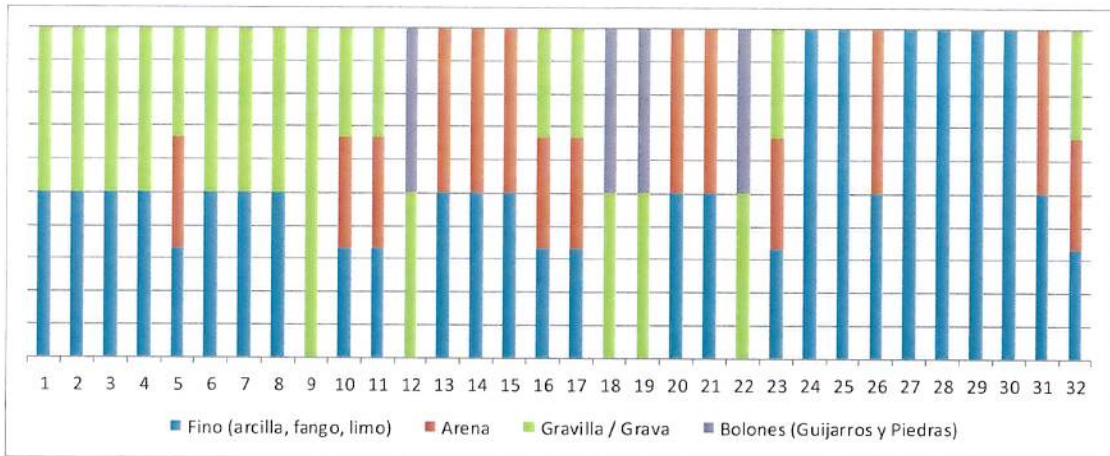


Figura 4.22. Distribución granulométrica de los sedimentos a lo largo del Chorrillo Invierno 2 (valores relativos %).

Los ácidos húmicos en el agua intersticial de los sedimentos, muestra una presencia escasa y heterogénea en el espacio, solamente se detectan en algunos puntos a lo largo de agua (Figura 4.23).

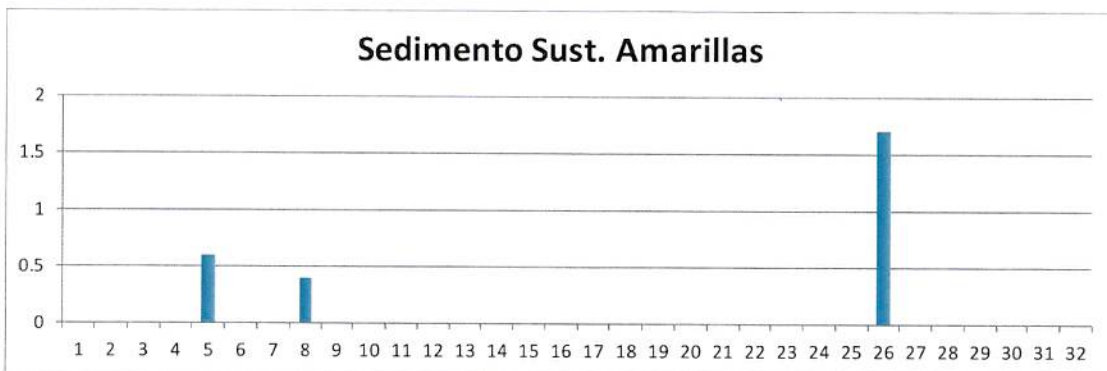


Figura 4.23. Distribución de sustancia amarillas en los sedimentos (ácidos húmicos).

Los niveles de clorofila a en los sedimentos, como es de esperar en el lecho del Chorrillo Invierno 2, son mayores a los observados en la columna de agua en movimiento (Figura 4.24 y 4.25). Lo anterior como resultado de la presencia de una comunidad epipélica de microalgas, características de este tipo de cursos de agua.

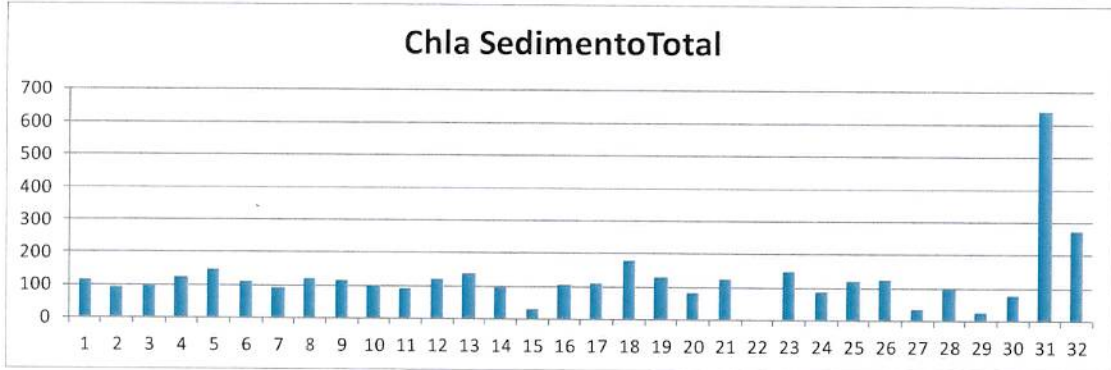


Figura 4.24. Distribución de Clorofila a en el sedimento (perifiton), considerando el total de las estaciones de muestreo.

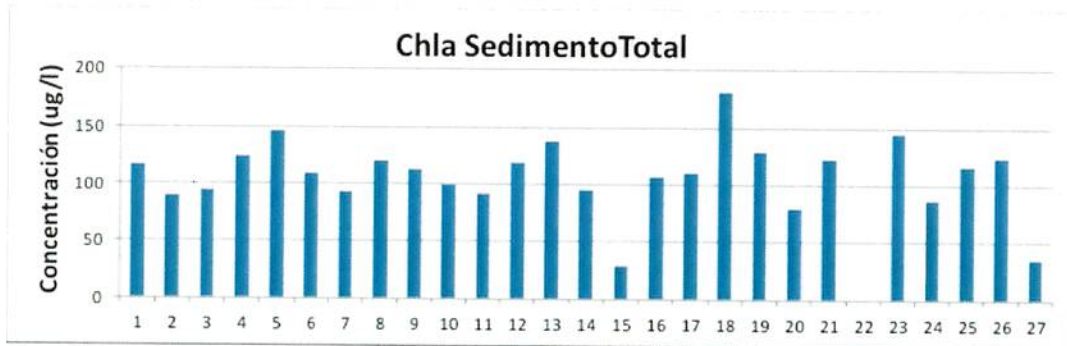


Figura 4.25. Distribución de Clorofila a en el sedimento (perifiton), considerando solamente las estaciones de muestreo localizadas en el (sin considerar estaciones de la albufera).

Desde el punto de los grupos funcionales de microalgas, en los sedimentos, las criptófitas se hacen menos importantes en relación a los otros grupos de algas, aumentando la importancia relativa de las diatomeas, verdes-azuladas y verdes (Figura 4.26).

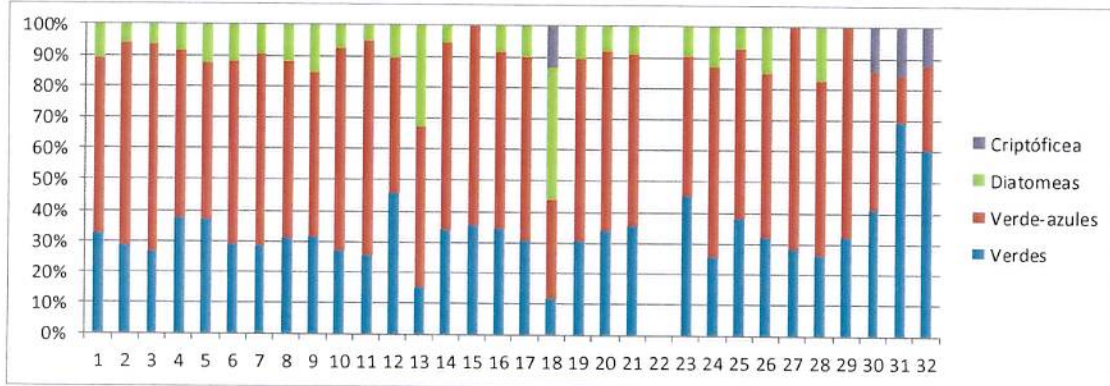


Figura 4.26. Distribución de grupos funcionales de microalgas en los sedimentos (perifiton).



El análisis de procesos ecosistémicos, cómo son las mediciones de producción de Clorofila *a* en los diferentes ecosistemas acuáticos presentes en el Chorrillo Invierno 2, corresponden a variables de estado que dan cuenta de la salud de los ecosistemas (Estado Ecológico). Los resultados obtenidos en el desarrollo de este estudio de variables de estado, permitieron establecer lo siguiente: i) se encontraron diferentes ecosistemas acuáticos, los cuales se encontraban activos en toda su extensión, durante el periodo de medición (estiaje); ii) se determinó actividad fotosintética en la columna de agua y sedimentos, siendo esta última el componente dominante en cuanto a la magnitud de la producción; iii) se determinó la existencia de grupos funcionales que utilizan materia orgánica disuelta proveniente de los ecosistemas terrestres (ácidos húmicos), poniendo en evidencia el acoplamiento funcional entre ambos tipos de ecosistemas; y iv) los ecosistemas acuáticos presentes en el Chorrillo Invierno 2, presentaron un estado ecológico acorde al régimen de perturbaciones naturales y de origen antrópico observado en el área de estudio.

## 5 Conclusiones

A continuación, se señalan las principales conclusiones obtenidas en este Informe Experto, respecto de la evaluación de estado ecológico de los ecosistemas acuáticos presentes en el Chorrillo Invierno 2:

- 1) El Chorrillo Invierno 2 presenta diversos tipos de ecosistemas acuáticos: i) lótico heterotrófico (tramo superior del Chorrillo Invierno 2, dentro de zona boscosa); ii) lótico autotrófico (tramo medio del Chorrillo Invierno 2, fuera de la zona boscosa); y iii) léntico estuarino (albufera).
- 2) Cada uno de los ecosistemas acuáticos encontrados presentan características estructurales y funcionales particulares, las cuales determinan respuestas distintas a perturbaciones de origen natural y antrópico.
- 3) Al analizar aspectos abióticos de los ecosistemas lóticos (ej. morfología, hidráulica, hidrodinámica), se observa que cada uno de ellos presenta una elevada heterogeneidad espacial, con presencia de rápidos, pozas y zonas meandrosas, las cuales permiten una respuesta resiliente diferencial a las perturbaciones.
- 4) El curso de agua que alimenta el Chorrillo Invierno 2, ha registrado modificaciones en la calidad físico-química del agua respecto de aquellos registrados durante la línea base del EIA. Dichas modificaciones corresponden principalmente a aumento en la concentración de manganeso, sulfato y sólidos totales suspendidos. A partir de los resultados aportados por Mina Invierno, se pudo observar que desde el mes de septiembre de 2016, los valores de SST se han mantenido dentro de los umbrales definidos en la Resolución de Calificación Ambiental.
- 5) Estudios científicos internacionales no evidencian efectos negativos de excedencia de manganeso sobre organismos acuáticos a los niveles registrados en el Chorrillo Invierno 2. Para el sulfato existen antecedentes científicos que plantean niveles superiores a 500 mg/L en aguas duras podrían generar efectos negativos sobre organismos acuáticos. En relación a los sólidos totales suspendidos los efectos sobre los ecosistemas acuáticos están centrados en el sepultamiento de comunidades



bentónicas y disminución de la producción primaria acuática por disminución de la transparencia del agua. Este proceso es controlado por el lavado hidráulico que realizan las crecidas anualmente. En términos generales es posible esperar una probabilidad de riesgo ecológico baja, considerando los niveles de excedencia registrados en el Chorrillo Invierno 2 y los bajos tiempos de exposición.

6) Los resultados obtenidos en el programa de monitoreo que realiza la Compañía Mina Invierno en el Chorrillo Invierno 2, en función a las directrices establecidas en la RCA, han permitido identificar cambios en la composición y abundancia en las comunidades de microalgas e invertebrados bentónicos. Estos cambios han sido registrados en las 2 estaciones de monitoreo localizadas en el Chorrillo Invierno 2. Es importante señalar que dichas estaciones de muestreo, no representan adecuadamente las características estructurales y funcionales de los ecosistemas acuáticos identificados en este estudio.

7) El análisis de los ecosistemas acuáticos realizado durante el desarrollo de este Informe Experto, arrojó como principales resultados que: i) los 3 ecosistemas acuáticos presentes en el Chorrillo Invierno 2 se encontraban activos; ii) los diferentes ecosistemas acuáticos mantienen un metabolismo ecosistémico acorde con las características naturales de los ecosistemas acuáticos, especialmente las relacionadas con la producción primaria; iii) Los 3 ecosistemas acuáticos presentan una elevada heterogeneidad espacial, es esperable también que presenten importantes cambios temporales en su estructura y funcionamiento relacionados al régimen de caudal.

8) En términos del estado ecológico, es posible señalar que los ecosistemas acuáticos presentes en el Chorrillo Invierno 2, mantienen actualmente características comparables con ecosistemas naturales con patrones de perturbación natural, siendo necesario evaluar de manera representativa y científicamente validada, qué componentes y procesos de los ecosistemas podrían haber sido afectados por las excedencias en la calidad físico-química y su potencial capacidad de recuperación, si ese fuese el caso.

9) Teniendo en consideración la heterogeneidad y variabilidad natural de las ecosistemas acuáticos identificados en Chorrillo Invierno 2, para establecer efectos relevantes de las excedencias de SST, manganeso y sulfato sobre los organismos acuáticos, es necesario evaluar de manera integrada las concentraciones máximas de estos parámetros, tiempos de exposición y la sensibilidad de los organismos. Sin embargo, a partir de los resultados obtenidos en este Informe de Experto, podemos indicar que la probabilidad el riesgo ecológico es baja y se concentra en periodos de bajo caudal (estiaje).

## 6 Recomendaciones

- 1) Implementar medidas para disminuir la perturbación físico-química originada por las operaciones mineras, sean de ingeniería o ingeniería ecológica.
- 2) Introducir mejoras en el plan seguimiento ambiental, en relación a las variables a medir y en especial a la frecuencia de las observaciones.
- 3) Realizar una evaluación de riesgo ecológico en el Chorrillo Invierno 2, en relación a las excedencias de SST, manganeso y sulfato.



## 7 Referencias

- Allan JD. 1995. Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters. Dordrecht, Neth.: Kluwer. 388 pp.
- Contreras M. 1998. Flujo de carbono en el ecosistema de río Clarillo: autotrofia v/s heterotrofia. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias con mención en Biología. Universidad de Chile. 130 pp.
- Corenblit D, E Tabacchi, J Steiger, AM Gurnell. 2007. Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: A review of complementary approaches. *Earth-Science Reviews* 84, 56–86.  
<http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.en.18.010173.001151>
- County Kerry. 2005. Assessment of the Impact of Increased Effluent Sulphate Concentrations from Kerry Ingredients on the River Feale. Listowel. EPA Export 25-07-2013.
- Cummins, K. W. 1973. Trophic relations of aquatic insects. *Annual Review in Entomology*, 18, 183-206. Disponible en:
- Dirección General de Aguas. DGA. 2009. Determinación de caudales ecológicos en cuencas con fauna íctica nativa y en estado de conservación. Informe técnico N° 187. Ministerio de Obras Públicas. 160 pp.
- Elphick JR., G. Gilron and H. Bailey. 2011. An aquatic toxicological evaluation of sulfate: The case for considering hardness as a modifying factor in setting water quality guidelines. *Environmental Toxicology and Chemistry* 30(1): 247-53.
- Hynes HBN. 1970. *The Ecology of Running Waters*. Liverpool University Press, England. p. 555.
- M&W Ambientales 2016. Proyecto Mina Invierno. Análisis estadístico de datos de calidad de agua de chorrillos periodo 2011-2016.
- May C & R Nordin, 2013. Ministry of Environment, Province of British Columbia. Ambient Water Quality Guidelines for Sulphate, Technical Appendix Update 2013.
- Odum, EP. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science*, 164, 262-270.
- Petts GE & C Amoros. 1996. *Fluvial Hydrosystems*, Chapman & Hall, 322 pp.
- Pickett, STA, J Kolasa, JJ. Armesto & SL Collins. 1989. The ecological concept of disturbance and its expression at various Hierarchical levels. *Oikos*, 54: 129-136.
- Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegard, K.L., Richter, B.D., Sparks, R.E., Stromberg, J.C., 1997. The natural flow regime. *Bioscience* 47, 769–784.
- Welcomme R. 1992. Pesca fluvial. Documento técnico de pesca FAO N°: 262. 330 pp.
- Vannote RL, Minshall W G, Cummins KW, Sedell JR, Cushing CE. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:130-37. Disponible en:



<http://www.stroudcenter.com/about/pdfs/Vannote1980-CJFAS-RiverContinuumConcept-R0715.pdf>.

Van Der Welle Mew, AJP Smolders, HJM Op Den Camp, JGM Roelofs & LPM Lamers. 2007. Biogeochemical interactions between iron and sulphate in freshwater wetlands and their implications for interspecific competition between aquatic macrophytes. *Freshw. Biol.* 52, 434–447



## ANEXO 1





TABLA DE DATOS

N° muestra	Columna de agua					Sedimentos										Coordenadas (WGS84 Huso 19F)					Observaciones		
	Columna Total	Columna Chla	Verde-azules	Diatomeas	Columna Sust. Amarillo	Sedimento Transmisión	Chla Sedimento	Verde-azules	Diatomeas	Criptófitos	Sust. Amarillos	Fiho (arcilla, limo)	Arena /Grava	Gravillas y Piedras	Bolones (Gujarralos y Piedras)	UTM Norte	UTM Este	UTM Sur	UTM Oeste	Altitud GPS		Altitud Navegado	Altitud Google Earth
1	65	6	2.1	2.9	0	1.2	2.1	116.1	37.8	65.7	12.6	0	0	1	322795	4138455	-57.87471	-71.61876	57.3			70	
2	63	4	1.2	1.9	0	1.4	6.1	89.1	25.2	57.6	5.4	0	0	1	323840	4138439	-52.87487	-71.61761	61.3			72	
3	63	4.4	1.6	1.9	0	0.9	1.4	94.5	25.2	63	6.3	0	0	1	323879	4138351	-52.87567	-71.61708	58.2			69	
4	82	4.1	1.3	1.9	0	0.8	1.4	128.2	46.8	67.5	10.8	0	0	1	323909	4138295	-52.87619	-71.61666	56.7			67	
5	75.7	3.7	1.1	1.8	0	0.9	1.3	1.9	146.7	53.1	71.1	18	0	0.6	1	323903	4138247	-52.87662	-71.61678	57.9			66
6	59.9	4.4	1.5	2	0	1.3	1.2	109.8	33.3	66.6	13.5	0	0	1	323930	4138195	-52.87709	-71.6164	62.8			64	
7	58.9	4.5	1.1	2.1	0	1.3	3.8	92.7	27	58.5	9	0	0	1	323898	4138128	-52.87768	-71.61692	53.3			65	
8	63.5	3.8	1	1.8	0	0.9	1.4	2.5	120.6	36.9	14.4	0	0.4	1	323955	4138083	-52.87811	-71.6161	51.2			63	
9	78	5.1	1.7	2.2	0	1.2	6.2	113.4	35.1	58.5	17.1	0	0	1	323963	4137990	-52.87894	-71.61602	48.2			62	
10	55.8	5.2	1.6	2.2	0	1.3	1.2	0.6	99.9	27	64.8	7.2	0	0	1	323980	4137945	-52.87935	-71.6158	50			60
11	60.5	4.4	1.1	2	0	1.2	1.3	0.7	91.8	23.4	63.9	4.5	0	0	1	324058	4137937	-52.87945	-71.61464	46			59
12	58.8	4.5	1.2	2.2	0	1.1	1.3	20.4	118.8	54.9	52.2	12.6	0	0	1	324133	4137942	-52.87943	-71.61353	42.1			58
13	58	4.5	1.1	2.5	0	1.1	1.3	137.7	20.7	70.2	44.1	0	0	1	324194	4137981	-52.87991	-71.6126	37.2			54	
14	55.5	4.9	1.1	2.5	0	1.3	1.2	0.2	95.4	32.4	56.7	5.4	0	0	1	324316	4137952	-52.87994	-71.6108	39			52
15	60.4	4.3	1	2.1	0	1.1	1.3	0	28.8	9.9	18	0	0	1	324394	4137986	-52.87917	-71.60963	31.4			48	
16	75	4.7	1.3	2.2	0	1.1	1.2	0.2	107.1	36.9	60.3	9	0	0	1	324496	4137989	-52.87913	-71.60812	32			45
17	53.2	5.4	1.4	2.6	0	1.2	1.2	1.1	110.7	34.2	65.7	10.8	0	0	1	324604	4137961	-52.87941	-71.60652	26.8			42
18	49.5	5.7	1.5	2.9	0	1.3	1.2	12.7	180.9	21.6	57.6	75.6	24.3	0	1	324725	4137982	-52.87926	-71.60472	34.7			37
19	29.5	7.7	2.1	4.8	0.7	0.9	3.8	129.6	38.7	73.8	13.5	0	0	0	1	324760	4137839	-52.88056	-71.60428	41.5			30
20	40	7.5	2	4.6	0.6	0	1	4.8	80.1	26.1	44.1	6.3	0	0	1	324919	4137772	-52.88121	-71.60195	6.7			30
21	25.7	8.8	2.6	5.4	0.7	0	0.8	3.4	122.4	43.2	67.5	10.8	0	0	1	324900	4137650	-52.88223	-71.60223	-4.6			26
22	35	8.1	2.3	5	0.8	0	0.9	-	-	-	-	-	-	0	1	324933	4137499	-52.88367	-71.60189	15.5			19
23	43	7.3	2.2	4.3	0.3	0.4	1	0.6	145.8	65.7	64.8	13.5	0	0	1	324960	4137374	-52.88448	-71.60155	2.7			11
24	29	5.1	2.5	4.9	0.7	0.1	0.9	1.6	87.3	21.6	51.3	10.8	0	0	1	324939	4137289	-52.88556	-71.60191	0.6			8
25	7.3	14.1	5.2	7.7	1.2	0	0	1.4	117	45	64.8	8.1	0	0	1	324826	4137245	-52.88592	-71.60361	0			8
26	29.1	8.3	2.6	5	0.8	0	0.8	3.5	124.2	38.7	63	18	0	1.7	1	324750	4137184	-52.88644	-71.60478	-1.5			9
27	40	6.7	2.2	3.5	0.1	0.9	1.1	0.07	35.1	9.9	25.2	0	0	0	1	324735	4137094	-52.88733	-71.60506	-1.8			7
28	53.6	7.5	3.5	3.2	0	0.9	1	0.2	97.2	26.1	55.8	17.1	0	0	1	324753	4137027	-52.88785	-71.60481	-2.1			5
29	51.8	62.3	63	0	0	0.2	0	0	24.3	8.1	17.1	0	0	0	1	324832	4137064	-52.88754	-71.60363	-1.5			3
30	46.6	104	104	0	0	0	0	0	74.7	30.6	33.3	0	10.8	0	1	324926	4137104	-52.88721	-71.60221	-4.3			5
31	58.3	187	187	0	0	0	0	0	69	448.2	95.4	0	103.5	0	1	325047	4137139	-52.88703	-71.6004	-2.1			3
32	45.7	386	386	0	0	0	0	0	275.4	172.8	77.4	0	35.1	0	1	325153	4137148	-52.88689	-71.59881	-2.1			3



## **ANEXO 2**

### **FOTOGRAFÍAS DE PUNTOS DE MUESTREO**



Punto 1



Punto 2



Punto 3



Punto 4



Punto 5



Punto 6



Punto 7



Punto 8



Punto 9



Punto 10



Punto 11



Punto 12



Punto 13



Punto 14



Punto 15



Punto 16



Punto 17



Punto 18



Punto 19



Punto 20



Punto 21



Punto 22



Punto 23



Punto 24



Punto 25



Punto 26



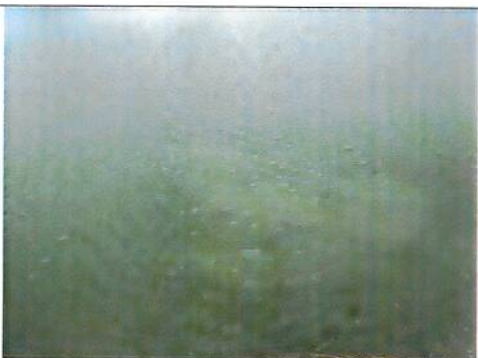
Punto 27



Punto 28



Punto 29



Punto 30

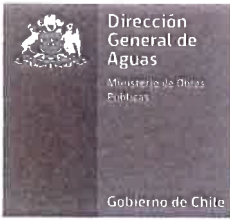


Punto 31



Punto 32





**ORD.:** N° 105

**ANT.:** No hay

**MAT.:** Envía copia de respuesta informe Técnico denominado "Análisis del umbral de STS a la luz de la serie de concentraciones medidas en el punto SUP – 8 del Chorrillo Invierno 2".

**PUNTA ARENAS,** 07 de marzo de 2017

**DE :** DIRECTORA REGIONAL DE MAGALLANES Y ANTÁRTICA CHILENA,  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

**A :** MINA INVIERNO SA.

Junto con saludarle, por intermedio del presente, se envía copia de Memorándum N° 42 de fecha 17 de febrero de 2017, de Jefe (S) Depto Conservacion y Proteccion de Recursos Hídricos de la Dirección General de Aguas.

Saluda atentamente a Ud.,

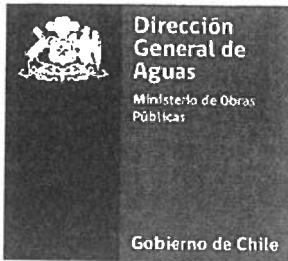
  
**Tania González Pizarro**  
Directora Regional  
Dirección General de Aguas  
Magallanes y Antártica Chilena  
  
María Hernández Cicarelli  
Mina Invierno

TGP/DRO/kpl

**DISTRIBUCIÓN**

- Destinatario
- Fiscalizador Regional Superintendencia Medio Ambiente, Región de Magallanes
- Oficina de Partes D.G.A. Región de Magallanes y Antártica Chilena.

**N° Proceso: 10714798**



MEMO : N° 42 /

ANT. : Memorandum DGA XII N°06/2017.

MAT. : Envía respuesta a Informe Técnico denominado "Análisis del umbral de STS a la luz de la serie de concentraciones medidas en el punto SUP-8 del Chorrillo Invierno 2"

SANTIAGO, 17 de febrero de 2017

**DE: JEFE (S) DEPTO. CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

**A: DIRECTORA REGIONAL , DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS  
REGIÓN DE MAGALLANES Y LA ANTÁRTICA CHILENA**

Por medio del presente, adjunto a Ud. las observaciones referidas a la revisión del Informe Técnico denominado "Análisis del umbral de STS a la luz de la serie de concentraciones medidas en el punto SUP-8 del Chorrillo Invierno 2".

Este Departamento analizó cada una de las alternativas planteadas para la verificación del cumplimiento del umbral de STS en el punto SUP-8, presentándose las siguientes observaciones:

- Se acepta efectuar la comparación del valor de referencia de los STS consignado en la Tabla 2 de la Minuta DCPRH N°36/2016 con el promedio mensual de las mediciones diarias, pudiéndose eliminar el 10% de los valores más altos registrados durante cada mes. Cabe señalar, que no podrán descartarse aquellos valores que sean consecuencia de un efecto adverso del proyecto. Con el objetivo de poder pesquisar lo anterior, el titular deberá entregar todos los antecedentes levantados, incluido los valores descartados, y deberá investigar, justificar e informar fundadamente el origen de todas las excedencias de valores diarios de STS sobre el valor umbral, poniendo énfasis en los aspectos operacionales de la faena minera.
- Junto con lo anterior, el titular deberá regularizar con la Autoridad la modificación de la frecuencia de medición, de la escala mensual establecida en la RCA a la escala diaria.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS XIIª REGIÓN
<b>OFICINA DE PARTES</b>
Recibido el: <u>21 FEB. 2017</u>
N° <u>106698 (2 (155))</u>
Para: <u>RSC</u>

- Complementariamente, se estima que el titular deberá implementar un sistema de alerta para supervisar continuamente el comportamiento del Chorrillo Invierno 2 y para tomar anticipadamente las acciones pertinentes a fin de evitar su contaminación. Este Departamento entiende que ésta es una materia que podrá discutirse en detalle en el contexto del Plan de Cumplimiento que se encuentra actualmente en análisis con la Autoridad Competente.

Por su parte, para la verificación del cumplimiento de los demás parámetros hidroquímicos, este Departamento recomienda realizar la comparación entre el valor medido en cada mes y el valor umbral definido. A mayor detalle, se hace presente que de esta forma este procedimiento tendrá una escala de verificación similar a aquella utilizada para la verificación del cumplimiento de los STS (un mes), no habiendo el titular acompañado una justificación técnicamente fundada para considerar periodos de tiempo superiores.

En caso de que exista una superación de algún umbral que el titular estime que haya sido provocada de manera natural, se deberán presentar todos los antecedentes técnicos para justificarlo, asunto que deberá ser evaluado en su mérito por la Autoridad.



Saluda atentamente a Ud.,

**DIEGO SAN MIGUEL**  
INGENIERO JEFE SUBROGANTE DEL  
DEPTO. DE CONSERVACIÓN Y P.R.H.



**DSM/SVE/MHS**  
**DISTRIBUCIÓN:**

- Destinatario
- Archivo DCPRH

Proceso N° 10669812 /

**ORD. :** N° 226

**MAT.:** Adjunta minuta DCPRH 36.

**PUNTA ARENAS, 10 Junio 2016.**


**DE :** DIRECTORA REGIONAL DE MAGALLANES Y ANTÁRTICA CHILENA  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

**A :** MINA INVIERNO S.A.

Junto con saludar, adjunto envío a usted Minuta DCPRH N° 36, en relación al documento "Respuestas a observaciones DGA formuladas en minuta DCPRH N° 55 de fecha 16 de noviembre del año 2015 al informe técnico "Cumplimiento Ambiental de Calidad de Aguas punto control SUP-8. Versión 2.

Saluda atentamente a Ud.,

  
Fabiola Hernández Carrasco  
RUT: 9.029.369-X  
Mina Invierno

  
Tania González Pizarro  
Directora Regional  
Dirección General de Aguas  
Magallanes y Antártica Chilena

TGP/jng

**DISTRIBUCIÓN:**

- Mina Invierno S.A., Ignacio Carrera Pinto N° 185, Punta Arenas.
- Archivo DGA XIIª Región.

**N° Proceso: 9942234**



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS  
DEPTO. DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS  
PROCESO N° 9905439

## MINUTA DCPRH N° \_\_\_36\_\_\_/

**MAT.:** Observaciones al documento “Respuesta a observaciones DGA formuladas en Minuta DCPRH N° 55 de fecha 16 de Noviembre de 2015 al Informe Técnico: Cumplimiento Ambiental de Calidad de Aguas Punto de Control SUP-8. Versión 2”.

SANTIAGO, 30 MAY 2016

### 1. Introducción

El titular del proyecto Mina Invierno presentó a la Dirección General de Aguas de la Región de Magallanes y Antártica Chilena un documento que consolida las respuestas a las observaciones formuladas por la DGA en la Minuta DCPRH N° 55, de fecha 16 de Noviembre de 2015, al Informe Técnico: “Cumplimiento Ambiental de Calidad de Aguas Punto de Control SUP-8. Versión 2”. En este sentido, y en el marco del apoyo que este Departamento está brindando a la Dirección Regional, se analizó y revisó la nueva documentación aportada por el titular. Las observaciones de esta nueva revisión se sistematizan en la presente Minuta.

### 2. Objetivo

Esta Minuta busca sistematizar las observaciones del DCPRH para apoyar el pronunciamiento de la Dirección Regional.

### 3. Antecedentes.

- 3.1. El titular durante el proceso de evaluación declaró que la componente calidad de aguas se vería afectada indicando que existiría el siguiente impacto “IH-3: Cambio en la calidad físico-química de las aguas”. Se precisó que impacto se circunscribía únicamente al aumento del contenido de gasto sólido y turbidez en las aguas que escurren, generado por el arrastre de material particulado en este tipo de zonas en donde existe una pluviosidad persistente.
- 3.2. El impacto mencionado en el punto anterior fue ponderado como no significativo planteándose las siguientes medidas de mitigación, a saber; i) implementación de un sistema de abatimiento de sólidos suspendidos mediante un total de 6 piscinas

de decantación a la salida de los canales interceptores (4 piscinas) y en el rajo (2 piscinas), y ii) Programa de recuperación de cubierta vegetal.

3.3. En la RCA N°025/2011 se consignó el Plan de Seguimiento Ambiental asociado a la componente calidad de agua, según se detalla a continuación:

3.3.1. Considerando 8.6 "Plan de Vigilancia Ambiental de calidad de agua superficial", cuyo objetivo es verificar evolución de la calidad de las aguas, en los puntos SUP-1 al SUP-8 (Descritos en el Capítulo 7 del EIA, Plan de Seguimiento Ambiental). Respecto de este Plan, quedó comprometido el cumplimiento de valores referenciales que se deberían acordar con la autoridad antes del inicio de la etapa de operación del proyecto, definición objeto de esta Minuta.

3.3.2. Considerando 8.22 "Plan de Vigilancia Ambiental para alerta temprana calidad del agua", cuyo objetivo es verificar la variación de la calidad química de las aguas proveniente de los botaderos y rajo a la salida de cada piscina de decantación.

3.3.3. Considerando 8.26 "Plan de Vigilancia Ambiental para control arrastre de sólidos", cuyo objetivo es verificar el gasto sólido en la nueva red de cauces a la salida de cada piscina de decantación.

La RCA indica que para los considerandos 8.22 y 8.26 sólo se analizaría la tendencia, pues este plan de monitoreo se utilizaría para establecer una alerta temprana, no para verificar cumplimiento de objetivos de calidad.

3.4. Otros documentos:

- El expediente de evaluación ambiental del proyecto.
- La RCA N°025 de fecha 21 de febrero de 2011.
- Ord. SMA N°1345/2014 que encomienda actividades de seguimiento ambiental.
- Ord. DGA-DCPRH N°142/2014 que apoya al examen de la información del seguimiento ambiental.
- Ord. DGA Región de Magallanes y la Antártica Chilena N°461/2014 que responde encomendación solicitada por la SMA mediante Ord. SMA N°1345/2014
- **Informe Técnico: "Cumplimiento Ambiental de Calidad de Aguas Punto de Control SUP-8. Versión 1", presentado por Minera Invierno S.A.**
- Minuta DCPRH N° 17, de fecha 05 de Mayo de 2014, que consolida los antecedentes del proceso de evaluación y post – RCA y entrega argumentos técnicos objetivos para apoyar el pronunciamiento de la Dirección Regional respecto del Informe Técnico: "Cumplimiento Ambiental de Calidad de Aguas Punto de Control SUP-8. Versión 1" presentado por Minera Invierno.

- **Informe Técnico: "Cumplimiento Ambiental de Calidad de Aguas Punto de Control SUP-8. Versión 2", presentado por Minera Invierno S.A.**
- Minuta DCPRH N° 55, de fecha 16 de Noviembre de 2015, revisa y analiza el Informe Técnico: "Cumplimiento Ambiental de Calidad de Aguas Punto de Control SUP-8. Versión 2" presentado por Minera Invierno con objeto de apoyar el pronunciamiento de la Dirección Regional.
- **Documento Respuesta a Observaciones DGA formuladas en Minuta DCPRH N°55 de fecha 16 de Noviembre de 2015 al Informe Técnico "Cumplimiento Ambiental de Calidad de Aguas Punto de Control SUP-8, Versión 2", presentado por Minera Invierno S.A.**

3.5. La DGA solicitó en Noviembre de 2014 aclaración e interpretación de la RCA N°025/2011 al SEA Región de Magallanes mediante Oficio Ordinario DGA XII región N°460/2014. A la fecha este oficio no ha sido respondido, por lo que se elevó la solicitud al SEA Nivel Central mediante Oficio Ordinario DCPRH-DGA N° 32/2016.

#### 4. Análisis de las respuestas a las observaciones presentadas en la Minuta DCPRH N° 55 de fecha 16 de Noviembre de 2015 al Informe Técnico: "Cumplimiento Ambiental de Calidad de Aguas Punto de Control SUP-8. Versión 2".

4.1. En materia del compromiso relacionado con la definición de los valores referenciales en el punto SUP-8 consignado en el considerando 8.6 de la RCA N° 025/011, se indica lo siguiente:

4.1.1. Este Departamento considera adecuada la metodología propuesta por el titular para definir los umbrales de los valores referenciales para los parámetros físicos e inorgánicos (a saber, pH y alcalinidad total) y para los metales disueltos (a saber, aluminio, hierro y manganeso). Dichos valores referenciales serán los dispuestos en la última columna de la Tabla 1 siguiente.

Tabla 1. Estadígrafos de parámetros físicos y químicos en Sup-8

Parámetro	N	Min	Max	Prom.	Desviación estándar (DS)	Valor referencial a cumplir
pH	30	6,4	8,2	7,4	0,494	6,0-9,0
Alcalinidad total (CaCO <sub>3</sub> ) (mg/l)	28	14	158	62	48,78	>15
Aluminio (mg/l)	26	0,005	0,304	0,084	0,085	<1,53
Hierro (mg/l)	26	0,03	0,419	0,155	0,107	<1,83
Manganeso (mg/l)	29	0,00025	0,0409	0,00748	0,01029	<0,51

4.1.2. Para los sólidos suspendidos totales existen 33 datos medidos entre octubre de 2009 y mayo de 2012, además se cuenta con la predicción realizada en base a los modelos estocásticos para generar series de larga data. Así, este Departamento aceptará los valores referenciales propuestos por el titular. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Estadígrafos de parámetros físicos y químicos en Sup-8<sup>1</sup>

Parámetro	N	Min	Max	Prom.	Desviación estándar (DS)	Año	Factor	Valor referencial a cumplir
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	33	3	81	11,848	14,263	2016	20,1	905
						2017	19,9	896
						2018	19,7	887
						2019	19,3	869
						2020	18,7	842
						2021	18,0	810
						2022	17,0	765
						2023	16,1	725
						2024	15,1	680
						2025	14,1	635
						2026	13,4	603
						2027	11,9	536
						2028	9,9	446
						2029	7,6	342
2030	5,2	234						
2031	2,9	131						
2032	1,0	45						

<sup>1</sup> Datos extraídos del documento "Respuesta a observaciones DGA formuladas en Minuta DCPRH N° 55 de fecha 16 de Noviembre de 2015 al Informe Técnico: Cumplimiento Ambiental de Calidad de Aguas Punto de Control SUP-8. Versión 2".

4.1.3. En cuanto a los parámetros Conductividad eléctrica, Sólidos disueltos totales y sulfatos este Servicio no acepta lo propuesto por el titular, esto es *"establecer los umbrales para estos tres parámetros como el valor promedio (prom) de las concentraciones registradas hasta mayo del 2012, más 3 veces la desviación estándar (DS)"*. Lo anterior, debido a que en el proceso de evaluación ambiental del proyecto el titular indicó que el impacto en la calidad físico química de las aguas está particularmente referido al aumento en gasto sólido y turbidez, por lo que no se esperarían diferencias en los demás parámetros, entre la situación 'sin proyecto' y 'con proyecto'.

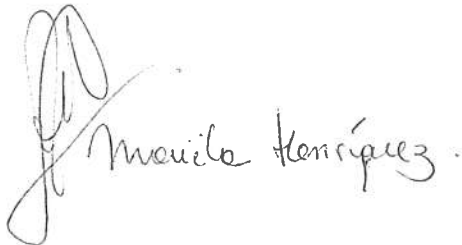
Así, y luego de estudiar los antecedentes disponibles, los valores referenciales deberán corresponder a los máximos valores registrados entre el período octubre de 2009 a mayo de 2012. Ver Tabla 3.

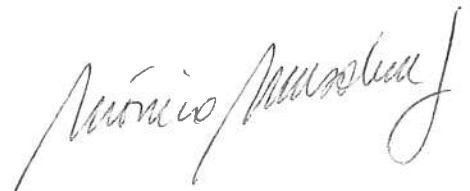
Tabla 3. Estadígrafos de parámetros físicos y químicos en Sup-8 Umbrales para CE, STD y Sulfatos en Sup-8



Parámetro	N	Min	Max	Prom.	Desviación estándar (DS)	Valor referencial a cumplir
Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	30	77	429	197,8	114,948	429
Sólidos disueltos totales (mg/l)	34	33	303	122,0	73,450	303
Sulfatos (mg/l)	28	10	78	20,93	13,735	78

- 4.2. La urgencia de disponer de un umbral fiscalizable ambientalmente en SUP-8 sumado a la competencia técnica de este organismo, permiten exigir - sin más trámite - los valores umbrales antes individualizados. Sin perjuicio de la consulta formulada al SEA para comprender la RCA, se aclara que la decisión adoptada por DGA intenta ser coherente con la RCA que calificó ambientalmente favorable el proyecto y ha tenido a la vista los documentos previamente individualizados.
- 4.3. Respecto de la verificación del cumplimiento de los parámetros utilizados para caracterizar el estado o evolución de la calidad de las aguas, a saber; pH, alcalinidad, aluminio, hierro, manganeso, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, sulfatos y sólidos suspendidos totales, se indica que se deberán monitorear estas variables el primer lunes de cada mes y bastaría que se supere tan sólo una vez cualquier parámetro para haber sobrepasado el umbral.
- 4.4. Este documento da por finalizado el proceso para definir umbrales consignado en el Considerando 8.6 de la RCA N°25/2011, lo que le permitiría proceder de inmediato a la revisión de los registros desde junio de 2012, fecha posterior al inicio del pre-stripping aguas arriba del SUP-8, a fin de evaluar el cumplimiento de los compromisos ambientales. Se debe tener presente que en la RCA N°025/2011 quedó establecido que el monitoreo en los puntos SUP-1 al SUP-8 se efectuaría tres meses antes de inicio de la construcción y durante la construcción y operación de este.

  
Marcelo Henríquez

  
**MÓNICA MUSALEM JARA**  
INGENIERA JEFA  
DEPTO. CONSERVACIÓN Y  
PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS