

Antecedentes para el proceso de elaboración del Plan de Prevención y Descontaminación para la cuenca del río Maipo: pdcuencariomaipo - Outlook - Google Chrome

about:blank

Eliminar Archivar Informar Mover a Responder Responder a todos Reenviar Zoom

Antecedentes para el proceso de elaboración del Plan de Prevención y Descontaminación para la cuenca del río Maipo

CARTA A...MAIPO.pdf Informe de...VF.pdf

D [Redacted]
Para: pdcuencariomaipo

Responder Responder a todos Reenviar

Vie 16/05/2025 23:45

Importancia alta Marcado Comienza el 19/05/2025. Finaliza el día 19/05/2025.

CARTA AA N°120414_INGRES... 237 KB Informe de antecedentes NS... 2 MB

2 archivos adjuntos (2 MB) Guardar todo en OneDrive - Ministerio Del Medio Ambiente Descargar todo

Estimados,

Esperando que se encuentren bien, adjunto antecedentes para el proceso de elaboración del Plan de Prevención y Descontaminación en la cuenca del río Maipo.

Agradezco acusar recibo y agregar al expediente la carta junto con el informe acompañado en este correo.

Saludos cordiales,

[Redacted]

Responder Reenviar

3:13

Señora
María Heloísa Rojas Corradi
Ministra del Medio Ambiente
Presente

Mat: Entrega antecedentes y solicita su consideración en el proceso de elaboración del Plan de Prevención y Descontaminación de la cuenca del río Maipo.

De acuerdo a lo indicado en la Resolución Exenta Núm. 33, publicada en el Diario Oficial el 6 de enero de 2025, y que da inicio al proceso de elaboración del Plan de Prevención por demanda biológica de oxígeno, y de Descontaminación por oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno, cloruro, sulfato, nitrato, ortofosfato, zinc disuelto, para la cuenca del río Maipo, y estando dentro del plazo establecido para aportar antecedentes, adjunto Informe de Calidad del Agua en el Río Maipo, denominado “Calidad del Agua en el Río Maipo: Cloruros y Sulfatos”, elaborado por [REDACTED] en el mes de mayo de este año.

El informe fue elaborado por un consultor externo, con información de monitoreos de calidad del agua, estudios de hidrogeología y su evolución como consecuencia de la mega-sequía, con foco en la parte alta de la cuenca. A continuación, se resumen las principales conclusiones del análisis realizado:

- El río Maipo arrastra cloruros y sulfatos desde su nacimiento. En años secos éstas altas concentraciones no logran ser atenuadas con los aportes de los diferentes afluentes aguas abajo, y la NSCA se ve superada en todo el tramo desde el nacimiento del río hasta la Toma Independiente, desde la cual se capta el agua del río para la producción de agua potable y posterior abastecimiento de gran parte de la población de Santiago.
- Las concentraciones de cloruro y sulfatos en el río Maipo están relacionadas con los caudales: a menor caudal, mayor concentración y viceversa. Esto permite inferir que, en el futuro, debido a los efectos del cambio climático, se evidenciarán de manera natural y reiterada aumentos de concentraciones de cloruros y sulfatos en el río Maipo.
- Aguas Andinas potabiliza el agua que toma del río Maipo, la que cumple con los estándares de la OMS para el agua potable en todos los parámetros, incluso en las épocas de más bajo caudal debido a la mega-sequía.
- Las altas concentraciones de cloruro y sulfato que se evidencian en el río Maipo desde su origen y se mantienen en varias áreas de vigilancia aguas abajo, no están relacionadas con las actividades de provisión de agua potable y tratamiento de aguas



servidas que el Grupo Aguas desarrolla continuamente para asegurar el abastecimiento de la población de Santiago y el saneamiento de la ciudad.

- Cabe tener presente que los PPDA determinan e implementan medidas para la reducción de contaminantes con la finalidad de evitar la superación de normas de calidad o recuperar los niveles establecidos en ellas. De esta manera, constituyen una manera de atribuir al titular de una actividad los costos de su cumplimiento materializando el principio contaminador - pagador, al establecer restricciones impuestas a las emisiones de las fuentes responsables. Conforme demuestra el informe acompañado, las altas concentraciones de cloruro y sulfato que se evidencian en el río Maipo desde su origen no son el resultado de una fuente emisora, son elementos no asociados a las emisiones de los prestadores sanitarios, y que corresponden a una condición natural del río Maipo. En consideración de lo anterior, no existe una razón que permita asignar una carga de control de dichos parámetros a los agentes que no los emiten.
- Reducir y/o eliminar cloruros y sulfatos requiere un tratamiento que implica inversiones y costos operacionales que se traducirían en un alza de la tarifa del agua potable. (Se presenta en el anexo del informe una descripción general del proyecto y sus costos asociados). Sin embargo, conforme se explicó anteriormente, Aguas Andinas no incide en las concentraciones de dichos parámetros, la calidad del agua en la cuenca es determinada por su estado natural, y por ende no es una fuente emisora que deba hacerse cargo de implementar medidas para su control.
- Existen antecedentes en la Norma Secundaria de Calidad Ambiental del río Maipo, DS 53/2013 que establecen, para efectos de evaluar el cumplimiento, que los datos podrán ser excluidos de las mediciones cuando la representatividad de las muestras analizadas se vea afectada por fenómenos excepcionales y/o transitorios tales como inundaciones, sequías o catástrofes naturales, lo cual aplica en el caso de las excedencias que se producen en cloruro y sulfato con ocasión de la reducción de los caudales producto de la mega-sequía.
- Asimismo, existen antecedentes en el expediente de la elaboración de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental del río Aconcagua en que el regulador: 1) reconoce la necesidad de definir diferentes umbrales de superación para diferentes condiciones hidrológicas anuales; 2) indica que la condición de sequía es un criterio que permite considerar la toma de muestras como no representativa, lo cual invalidaría la toma de decisiones con base en dichas muestras; y 3) regula algunos parámetros en áreas de vigilancia específicas en Clase 4 (menos prístinas), argumentando condiciones naturales de calidad de agua en la cuenca, lo que muestra la consideración de las condiciones de la línea de base al momento de definir los objetivos del plan de descontaminación y los responsables de su cumplimiento.



En virtud de lo señalado, solicitamos respetuosamente a usted tenga a bien:

- Considerar la información entregada en el informe respecto del origen de cloruros y sulfatos en la parte alta de la cuenca y la relación de sus concentraciones con el caudal en años extremadamente secos, lo que demuestra que es una condición natural del río Maipo, así como los costos de su abatimiento que se traspasarían a la tarifa que los consumidores deben pagar en el Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES), para no incluir la reducción de cloruros y sulfatos entre los objetivos del Plan de Prevención y Descontaminación de la cuenca del río Maipo.
- Incorporar a Aguas Andinas en el Comité Operativo Ampliado que se establezca para la elaboración del Plan de Prevención y Descontaminación en la cuenca del río Maipo.

Sin otro particular, y poniendo a su disposición nuestras capacidades técnicas y profesionales para colaborar en el proceso de elaboración del Plan de Prevención y Descontaminación de la cuenca del Río Maipo, le saluda cordialmente,

**Secretario General
Aguas Andinas S.A**

Cuadro de Firmas



Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799

Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese el código de verificación: 32736-d0ff99 en:

<https://firmadigital.aguasandinas.cl/validador/>



CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO MAIPO: CLORUROS Y SULFATOS

Informe elaborado por Marina Hermosilla para Aguas Andinas,
para ser presentado a las autoridades en el proceso de elaboración
del Plan de Prevención y Descontaminación del Río Maipo

Mayo 2025

Informe preparado por Marina Hermosilla para Aguas Andinas,
para ser presentado a las autoridades en el proceso de elaboración
del Plan de Prevención y Descontaminación del Río Maipo. Mayo 2025

Contenido

1.	Objetivo.....	3
2.	Efectos de la sequía en la calidad del agua de los ríos.....	3
2.1	El caso de la cuenca alta del Río Mapocho	6
3.	Calidad del agua en el Río Maipo: cloruros y sulfatos.....	8
3.1	Variaciones del caudal del Río Maipo en las últimas décadas	8
3.2	Ubicación de las plantas de tratamiento de agua potable y de aguas servidas de Aguas Andinas.....	10
3.3	Cloruro y sulfato en los procesos de Aguas Andinas.....	12
3.4	Buscando el origen: concentración de cloruros y sulfatos en el Río Maipo Alto	13
3.4.1	Monitoreos en Toma Independiente	14
3.4.2	Monitoreos en la parte alta de la cuenca	17
4.	Algunas consideraciones respecto de las NSCA del río Aconcagua, como antecedente para la elaboración del Plan de Prevención y Descontaminación del Río Maipo.	20
5.	Conclusiones	22
	ANEXO : Alternativa de reducción de concentración de cloruro y sulfatos, y su costo	24

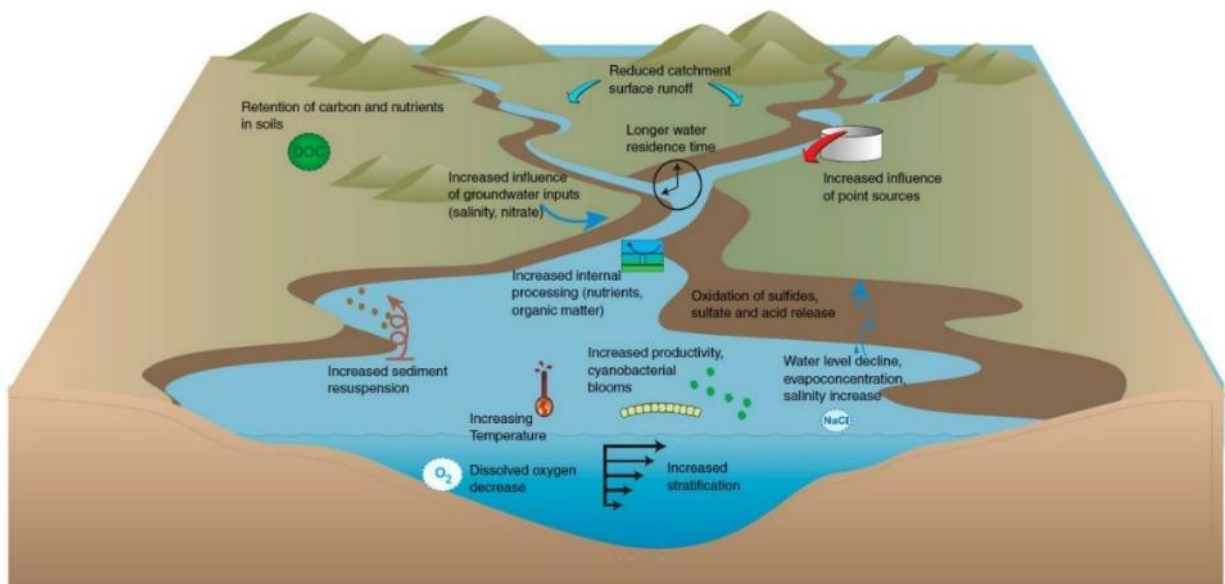
1. Objetivo

El presente informe tiene por objetivo presentar antecedentes a la autoridad para ser considerados en el proceso de elaboración del Plan de Prevención y Descontaminación del Río Maipo, aportando información de monitoreos de calidad del agua, estudios de hidrogeología y su evolución como consecuencia de la mega-sequía, con foco en la parte alta de la cuenca, que demuestran que las concentraciones de cloruro y sulfatos se encuentran en el Río Maipo desde su origen en la alta cordillera, que presentan una correlación negativa con el caudal, y que no están relacionadas con las actividades de provisión de agua potable y tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Santiago.

2. Efectos de la sequía en la calidad del agua de los ríos

Existe amplia información en la literatura, especialmente desde la década de los 90s, respecto de la relación entre concentración de ciertos parámetros y caudal en los ríos, asociado a sequías. A continuación, se presenta un diagrama conceptual de los procesos que determinan la calidad del agua durante una sequía, entre ellos el aumento de temperatura, la reducción de la escorrentía superficial de la cuenca, el aumento de la re-suspensión de sedimentos, aumento de la incidencia de los aportes de aguas subterráneas, aumento del tiempo de residencia, aumento de la incidencia de las fuentes puntuales, aumento de la estratificación, aceleración de los procesos biológicos internos del sistema y reducción del oxígeno disuelto (Figura 1).

Figura 1: Diagrama conceptual que resume los procesos comunes que determinan los resultados de la calidad del agua durante una sequía



Fuente: Mosley, Luke M. 2015. "Drought Impacts on the Water Quality of Freshwater Systems; Review and Integration." *Earth-Science Reviews* 140:203

Así, observaciones realizadas en las últimas décadas sugieren que condiciones más secas y cálidas derivadas del cambio climático son responsables del deterioro de la calidad de las aguas en zonas de montaña alrededor del mundo.

Por otra parte, si las rocas mineralizadas quedan expuestas a la superficie de manera natural, estas son meteorizadas por el ambiente y, en presencia de agua (lluvia o deshielo), pueden generar aguas ácidas ricas en metales y sulfatos, denominadas Drenaje Ácido de Roca¹, y dada la relación entre los procesos de drenaje ácido con la hidrología, es esperable que cambios en el clima impacten en la calidad de aguas de ciertos ambientes de montaña².

Mosley, Luke M. publicó en 2015 un reporte³ que consideró 10 estudios en diferentes partes del mundo, donde determinó los factores que influyen directamente en la calidad del agua durante las sequías, los que se explican a continuación:

- **Factores hidrológicos y balance de masa**

Las sequías tienden a reducir tanto las entradas como las salidas de los sistemas de agua dulce, lo que aumenta el tiempo de residencia hidráulica y, en muchos casos, provoca reducciones del nivel del agua (volumen del sistema).

La mayoría de las masas de agua mostraron aumentos de concentración que podrían atribuirse a reducciones del caudal o del volumen durante las sequías. En primer lugar, esto es particularmente evidente en ríos y arroyos, donde el agua subterránea proporciona una carga significativa y más constante, y las concentraciones de parámetros asociados (salinidad) aumentan durante las sequías. En segundo lugar, cuando las fuentes puntuales contribuyen significativamente a las cargas totales en los ríos y se mantienen relativamente constantes durante la sequía, la calidad del agua generalmente se deteriora porque la dilución se reduce.

- **Rol de la temperatura**

El balance térmico de las masas de agua está determinado por el flujo térmico a través de la interfaz aire-agua, la advección de calor a través de afluentes u otras entradas, y las pérdidas por salidas. El parámetro del flujo térmico resulta particularmente importante ya que el aumento de la temperatura del agua durante las sequías se produce cuando se registran aumentos locales de la temperatura del aire. Este hallazgo es consistente con investigaciones previas que han demostrado una fuerte correlación entre la temperatura del aire y la temperatura del agua. Es probable que los efectos de la temperatura en los cuerpos de agua

¹ Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad – CAPES, Ecosistemas de Montaña de la Cuenca Alta del Río Mapocho, Diciembre 2021, elaborado para Anglo American.

² Zarroca, M. et al. Natural acid rock drainage in alpine catchments: A side effect of climate warming, *Science of The Total Environment*, Volume 778, 2021, 146070, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146070>

³ Mosley, Luke M. 2015. "Drought Impacts on the Water Quality of Freshwater Systems; Review and Integration." *Earth-Science Reviews* 140:203–14. doi:10.1016/j.earscirev.2014.11.010.

durante las sequías aumenten en el futuro hasta alcanzar el aumento de la temperatura base global del aire determinada por el cambio climático.

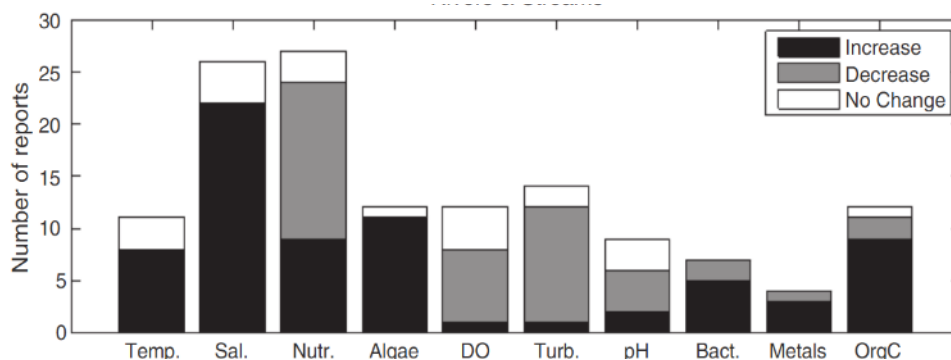
- Procesos internos y re-suspensión

La reducción de los caudales durante la sequía aumenta el tiempo de residencia del material soluble y particulado. Varios estudios observaron que esto provoca que los procesos internos se volvieran más dominantes en la determinación de la calidad del agua superficial.

En efecto, existen varios procesos internos que potencialmente influyen en la calidad del agua durante una sequía, como los que se producen en presencia de algas bentónicas y macrófitos. Flujos de material hacia y desde el sedimento probablemente tendrán mayor influencia en la calidad del agua superficial durante los flujos bajos. El mayor tiempo de residencia hidráulica también permite prolongar la sedimentación y la eliminación de la columna de agua de materiales inorgánicos y orgánicos particulados.

En la siguiente figura se grafica la cantidad de estudios, de un total de diez, que reportan si hay cambio en los parámetros de temperatura, salinidad, nutrientes, algas, oxígeno disuelto, turbidez, pH, bacterias, y metales y carbono orgánico, en períodos de sequía, y si estos cambios son aumentos o disminuciones.

Figura 2: Resumen de los cambios en la calidad del agua en períodos de sequía (aumento, disminución, ningún cambio notable) para temperatura (Temp.), salinidad (Sal.), nutrientes (Nutr.), algas, oxígeno disuelto (DO), turbidez (Turb.), pH, bacterias (Bact.), metales y carbono orgánico (OrgC), documentados en diez estudios en distintas partes del mundo.



Fuente: Mosley, Luke. (2014). Drought impacts on the water quality of freshwater systems; review and integration. Earth-Science Reviews. 140. 10.1016/j.earscirev.2014.11.010.

Como puede observarse en la Figura 2, en el caso de las sales existe amplia evidencia del incremento de las concentraciones en períodos de sequía.

2.1 El caso de la cuenca alta del Río Mapocho

Los procesos de afectación de la calidad del agua en condiciones de sequía también han sido estudiados en Chile. En el caso de la cuenca del Río Mapocho se ha determinado la importancia de los antecedentes geoquímicos y mineralógicos locales en la calidad del agua. Así, en la subcuenca Yerba Loca se han evidenciado umbrales superiores significativamente diferentes entre estaciones húmedas y secas, mientras que otra de sus subcuencas, Molina, no lo muestra.

Se destaca asimismo que las fluctuaciones climáticas de mediano plazo (por ejemplo, largos períodos de sequía) pueden aumentar la exposición de rocas portadoras de sulfuros sometidas a ambientes oxidantes superficiales, afectando la calidad de las aguas⁴.

Otro estudio reciente⁵ caracteriza la cuenca alta del Río Mapocho por: su gran altura, lo que define que los procesos de derretimiento nival y glaciar sean determinantes en el régimen hidrológico y la calidad de las aguas; y la presencia de Drenaje Ácido de Roca⁶ en una de sus cuencas de cabecera, lo que condiciona la calidad de aguas del sistema.

Dicho estudio evidencia procesos de contaminación de las aguas debido a la sequía. Muestra que la calidad de las aguas está fuertemente relacionada con la hidrología de la cuenca, en particular con los procesos nivo-glaciares, y la geología de sus cuencas de cabecera. Proyecciones de cambio hidrológico sugieren una disminución importante de la escorrentía y un aumento del derretimiento glaciar como consecuencia del incremento de las temperaturas. En el futuro, esto se traduciría en un empeoramiento en la calidad de las aguas de la cuenca.

La generación de Drenaje Ácido de Roca ocurre en la parte alta de Yerba Loca y su impacto en la cuenca está sujeto a las variaciones hidrológicas. El retroceso de los glaciares, plantea el estudio, puede exponer nuevas áreas a procesos de meteorización, aumentando así las fuentes de Drenaje Ácido de Roca.

Durante el periodo de acumulación, esta zona se encuentra congelada y no realiza mayores aportes a la escorrentía superficial. Cuando comienza el deshielo, los aportes de la zona alta logran ser neutralizados por distintos tributarios de aguas alcalinas que tienden a aumentar sus caudales por el derretimiento de nieve. Sin embargo, la mega-sequía marca un hito de interés dado que en este periodo se intensifica el efecto de Drenaje Ácido de Roca en la cuenca de Yerba Loca, llegando a impactar la calidad de las aguas del Río Mapocho.

Tomando como base registros de concentraciones de cobre total, el que puede considerarse un buen indicador de Drenaje Ácido en cuencas asociadas a pórfidos de cobre (Cu), se observa un leve aumento en las concentraciones de Cu posterior al año 2010 en la subcuenca Yerba Loca,

⁴ Valenzuela-Díaz, M. et al. Research papers Hydrogeochemical and environmental water quality standards in the overlap between high mountainous natural protected areas and copper mining activities (Mapocho river upper basin, Santiago, Chile), In Journal of Hydrology. Volume 588, September 2020, 12506.

⁵ Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad – CAPEs, UC de Chile. Ecosistemas de Montaña de la Cuenca Alta del Río Mapocho, 2021, elaborado para Anglo American.

⁶ El Drenaje Ácido de Roca se produce cuando las rocas mineralizadas quedan expuestas a la superficie y estas son meteorizadas por el ambiente, lo que en presencia de agua (lluvia o deshielo), genera aguas ácidas ricas en metales y sulfatos.

principalmente en los valores extremos, posiblemente atribuible a la baja de caudales durante el período de mega-sequía.

En general, los balances de masa de metales en la cuenca baja del Río Mapocho no calzan si no se consideran los procesos de precipitación mineral, debido a que los metales, en particular hierro (Fe), aluminio (Al) y cobre (Cu), pueden quedar retenidos como precipitados en el lecho durante periodos de bajos y/o medios caudales, ser re-suspendidos durante eventos de crecida o disueltos producto de bajas en las condiciones de pH. De esta manera, los sedimentos del lecho pueden actuar como fuentes o sumideros de metales dependiendo de las condiciones locales de caudal y acidez.

Figura 3: Fotografías de terreno en la cuenca alta del Río Mapocho con precipitados en el lecho del río: **a)** Precipitados rojizos asociados a minerales de Fe observados en la parte alta de la cuenca del Río Yerba Loca. **b)** Precipitados blanquecinos en la zona alta de Yerba Loca asociados a minerales de Al encontrados en la confluencia de Yerba Loca con un aporte lateral alcalino. **c)** Precipitados blanquecinos y verdosos en la confluencia del Río San Francisco y Molina.



Fuente: Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad – CAPES, UC de Chile. Ecosistemas de Montaña de la Cuenca Alta del Río Mapocho, 2021, elaborado para Anglo American.

3. Calidad del agua en el Río Maipo: cloruros y sulfatos

Como se ha descrito en el capítulo anterior, la relación entre condiciones de sequía y calidad del agua en los ríos está ampliamente documentada en la literatura, así como en estudios recientes realizados en la cuenca del Río Mapocho, vecina del Río Maipo. En este capítulo se busca entender el origen de los niveles de cloruro y sulfato que se han registrado en los últimos años y que dieron pie a la declaración de la cuenca como saturada para varios elementos, entre ellos estas sales.

Para ello, se analizan las variaciones del caudal que se han registrado durante las últimas décadas y en diferentes épocas del año en el Río Maipo, los niveles de cloruro y sulfato en diferentes partes de la cuenca bajo diferentes condiciones hidrológicas, y se describe el procesamiento del agua para hacerla potable, así como las descargas al río después del uso por parte de la ciudad.

3.1 Variaciones del caudal del Río Maipo en las últimas décadas

El estudio de la evolución del caudal del Río Maipo durante las últimas dos décadas ha puesto en evidencia de forma dramática los efectos del cambio climático. La reducción del caudal en los diferentes afluentes del Río Maipo en la década 2010-2021 respecto del que tenían en la década anterior es entre 29 y 59% en invierno, y entre 37 y 59% en verano, lo que se traduce en una reducción del caudal del Río Maipo superior al 40% durante todo el año (Tabla 1).

Tabla 1: Variación Caudal (Normalized Difference Q Index) entre las décadas 2000-2009 y 2010-2021 en los principales afluentes de la sección alta del Río Maipo

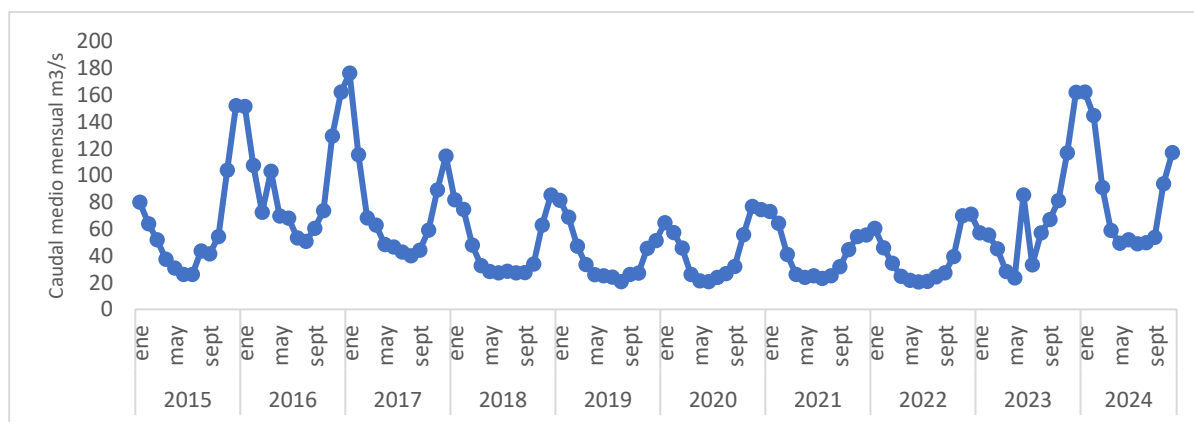
Subcuenca	Periodo	Qmed 2000-2009	Qmed 2010-2021	Variación %
Maipo en el Manzano	Año completo	125,971	71,536	-43,212
	Invierno	73,349	42,609	-41,909
	Verano	168,931	98,410	-41,745
Colorado antes Maipo	Año completo	33,085	20,225	-38,871
	Invierno	18,296	11,381	-37,793
	Verano	49,870	31,397	-37,042
Volcán en Queltehués	Año completo	8,675	3,568	-58,876
	Invierno	1,831	1,138	-37,847
	Verano	15,615	6,281	-59,774
Colorado antes Olivares	Año completo	7,758	3,617	-53,377
	Invierno	3,762	1,534	-59,238
	Verano	12,115	6,717	-44,556
Olivares antes Colorado	Año completo	3,263	1,883	-42,298
	Invierno	1,015	0,718	-29,268
	Verano	7,008	4,346	-37,986

Fuente: CETAQUA CHILE, DICTUC – CEDEUS, Entregable 2 – Informe con análisis co-variables y modelo hidroquímico conceptual para la cuenca alta del río Maipo. Estudio de la Degradación de la Calidad del agua en el río Maipo – Etapa I, Entregable 2, Dic. 2021, pág. 16.

Informe preparado por Marina Hermosilla para Aguas Andinas,
para ser presentado a las autoridades en el proceso de elaboración
del Plan de Prevención y Descontaminación del Río Maipo. Mayo 2025

El régimen mixto y pluvial del Río Maipo en el sector de la Toma Independiente (Pirque⁷) se refleja claramente en la variación estacional de los caudales. El caudal aumenta significativamente en período estival (del orden de 3 y 5 veces respecto del caudal en invierno) debido al aporte del derretimiento de las nieves en la Cordillera de los Andes. Este comportamiento puede verse claramente en la Figura 4.

Figura 4: Caudal medio mensual del Río Maipo en la Toma Independiente, entre los años 2015 y 2024

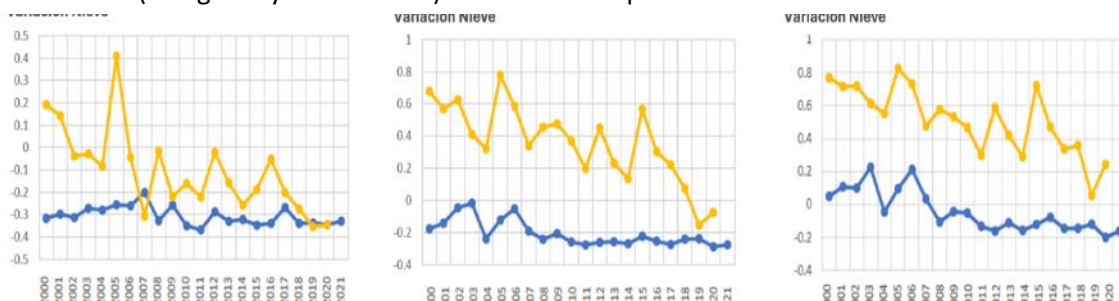


Fuente: Aguas Andinas

Consecuentemente con los aumentos de temperatura y reducción de la pluviometría derivados del cambio climático, la precipitación de agua sólida también se ha reducido, y aún más significativamente que la pluviometría, como puede verse en la Tabla 2.

Por otra parte, la reducción de la cantidad de nieve es más evidente en primavera que en verano. El Río Maipo tiene un régimen mixto y pluvial en la zona de Pirque, y un régimen nival en la parte alta, lo que determina el comportamiento estacional en los diferentes sectores. (Figura 5).

Figura 5: Variación de la cantidad de nieve en la parte baja (Toma Independiente) y en la parte alta de la cuenca (El Ingenio y Las Melosas) en diferentes épocas del año.



Fuente: Fuente: CETAQUA CHILE, DICTUC – CEDEUS, Entregable 2 – Informe con análisis co-variables y modelo hidroquímico conceptual para la cuenca alta del río Maipo. Estudio de la Degradación de la Calidad del agua en el Río Maipo – Etapa I, Entregable 2. Dic. 2021

⁷ La ubicación exacta de la Toma Independiente se puede ver en <https://maps.app.goo.gl/kXs3gDBiZU3HcULW6>

Informe preparado por Marina Hermosilla para Aguas Andinas,
para ser presentado a las autoridades en el proceso de elaboración
del Plan de Prevención y Descontaminación del Río Maipo. Mayo 2025

Tabla 2: Variación Nieve (Normalized Difference Snow Index, NDSI) entre las décadas 2000-2009 y 2010-2021

N°	Nombre subcuenca	Promedio 2000-2009	Promedio 2010-2021	Variación entre décadas (%)
1	Río Maipo en Toma Independiente	-0,13	-0,27	-99,11
2	Río Maipo en El Manzano	0,06	-0,11	-294,51
3	Río Colorado antes junta río Maipo	0,08	-0,09	-217,57
4	Río Olivares antes junta río Colorado	0,17	-0,04	-125,69
5	Río Colorado antes junta río Olivares	0,46	0,28	-40,61
6	Río Yeso salida embalse	0,17	0,03	-85,47
7	Estero Manzanito	0,45	0,28	-36,47
8	Estero San Nicolás	0,65	0,51	-22,46
9	Río Maipo en El Ingenio	0,34	0,11	-68,56
10	Estero San Gabriel	0,11	-0,06	-154,78
11	Río Yeso antes junta río Maipo	0,15	-0,07	-143,85
12	Río Volcán en Queltehues	0,54	0,38	-42,88
13	Río Maipo en Las Melosas	0,27	0,05	-82,91
14	Río Maipo en Las Hualtatas	0,39	0,19	-52,37
	PROMEDIO	0,26	0,08	-68,61

Fuente: Fuente: CETAQUA CHILE, DICTUC – CEDEUS, Entregable 2 – Informe con análisis co-variables y modelo hidroquímico conceptual para la cuenca alta del río Maipo. Estudio de la Degradación de la Calidad del agua en el río Maipo – Etapa I, Entregable 2, Dic. 2021, pág. 26.

3.2 Ubicación de las plantas de tratamiento de agua potable y de aguas servidas de Aguas Andinas

En este acápite se presenta la ubicación de las instalaciones de toma de agua, de la planta de potabilización y de las plantas de tratamiento de aguas servidas de Aguas Andinas en la Región Metropolitana; así como el contenido de cloruro y sulfato en el agua que toma la empresa desde el río y su evolución en los procesos de Aguas Andinas.

La Toma Independiente, la Planta de Tratamiento de agua potable y los Estanques de Reserva y de agua potable de Aguas Andinas se ubican en las comunas de San José de Maipo, Puente Alto y Pirque, respectivamente, todas en la sección MA-3 del Río Maipo. Las plantas de tratamiento de aguas servidas: Biofactorías La Farfana y El Trebal se encuentran en el sector poniente de Santiago, en las comunas de Maipú y Padre Hurtado respectivamente, ambas en la sección MP-2 del Río Mapocho. En la Figura 6 se puede ver el emplazamiento general de estas instalaciones, y en la Figura 7 se muestra la ubicación de todas las plantas de agua potable y de tratamiento de aguas servidas de Aguas Andinas en la Región Metropolitana.

Fuente: Aguas Andinas

En la Toma Independiente se capta el agua cruda y es pretratada para disminuir su turbiedad eliminando sedimentos de mayor tamaño mediante mecanismo físico de decantación en unidades desarenadoras.

Los Estanques de Reserva, inaugurados en 2020, tienen una capacidad para almacenar un volumen estimado de 1.500.000 m³ y ocupan una superficie aproximada de 71 hectáreas (Figura 7). Su objetivo es abastecer de agua potable la ciudad de Santiago durante eventos de alta turbiedad en el Río Maipo, los que se producen cada vez con mayor intensidad y frecuencia debido al cambio climático, permitiendo mantener en funcionamiento las plantas de tratamiento de agua potable durante 35 horas de autonomía.

Figura 7: Toma Independiente y Estanques de Reserva de Aguas Andinas en Las Vertientes

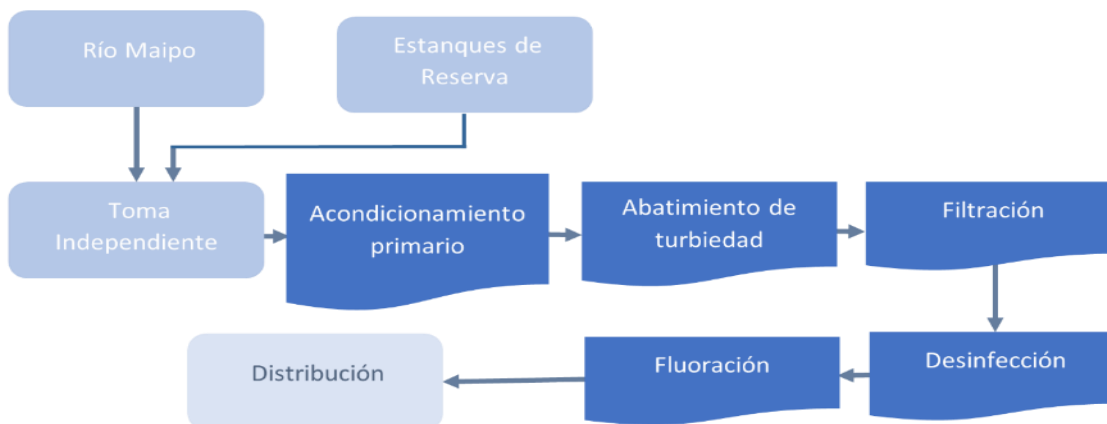


3.3 Cloruro y sulfato en los procesos de Aguas Andinas

En la Toma Independiente, Aguas Andinas extrae aproximadamente el 20% del caudal que lleva el Río Maipo en invierno y alrededor del 15% en verano. Posteriormente la potabiliza en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Las Vizcachas.

La potabilización del agua cruda consiste en sucesivos procesos físicos de decantación y filtrado, al que se agrega cloruro férrico como coagulante para eliminar sólidos suspendidos, materia orgánica, turbiedad y metales pesados, y flúor como medida de salud pública para prevenir las caries dentales. Durante el proceso de potabilización los cloruros y sulfatos no son removidos. La concentración de cloruros en la descarga que se devuelve al Río Maipo después de la potabilización es algo superior a la concentración en la Toma Independiente debido a la adición de cloruro férrico. La concentración de sulfatos no cambia en la descarga después de la potabilización respecto del agua en la Toma Independiente en el Río Maipo. Un diagrama del proceso de potabilización se muestra en la Figura 8.

Figura 8: Diagrama del proceso de potabilización en la Planta de Tratamiento de agua potable Las Vizcachas



Fuente: Aguas Andinas

Posteriormente, las concentraciones de cloruro pueden variar en el efluente debido al tratamiento de las aguas servidas y al aporte de la ciudad.

En efecto, los tratamientos físicos y/o químicos utilizados en la depuración de agua servida pueden aportar a las concentraciones de cloruro, puesto que se utiliza cloruro férrico como coagulante para decantación y para evitar que se produzca H_2S en el biogás. El hierro reacciona y precipita, quedando el cloruro que incrementa levemente los valores en la salida.

En el caso de sulfato, la depuración de las aguas servidas no aporta ningún elemento que pueda explicar un aumento en el efluente.

3.4 Buscando el origen: concentración de cloruros y sulfatos en el Río Maipo Alto

Estudios recientes en la cuenca del Río Maipo muestran la ocurrencia de procesos que suceden durante períodos de sequía y que inciden en la calidad del agua, confirmando los hallazgos de los estudios realizados en otras partes del mundo. Se destaca la importancia de las características de la cuenca en el efecto en la calidad del agua en las sequías -mineralogía, pendientes, altitud, etc- por lo que cada cuenca debe ser estudiada en su particularidad. Sin embargo, coinciden en que se evidencia una disminución de los caudales y aumento en los tiempos de residencia del agua, así como aumento de la evaporación, reducción en las tasas de descarga de cuerpos de agua, e interrupción del transporte de sedimentos, materia orgánica y nutrientes⁸.

⁸ Peña-Guerrero, M. D., A. Nauditt, C. Muñoz-Robles, L. Ribbe, and F. Meza. 2020. "Drought Impacts on Water Quality and Potential Implications for Agricultural Production in the Maipo River Basin, Central Chile." *Hydrological Sciences Journal* 65(6):1005–21. doi:10.1080/02626667.2020.1711911; y CETAQUA-CHILE, DICTUC – CEDEUS: Análisis de co-variables y modelo hidroquímico conceptual para la cuenca alta del río

Por su parte, Aguas Andinas también ha realizado monitoreos en la parte alta de la cuenca, cuyos resultados se presentan a continuación.

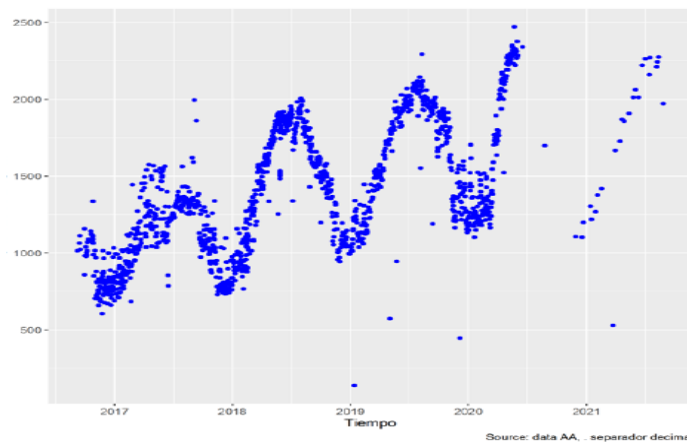
3.4.1 Monitoreos en Toma Independiente

Al igual que los otros estudios realizados en la cuenca del Río Maipo, los monitoreos realizados por Aguas Andinas también evidencian una relación con la estacionalidad: tanto conductividad eléctrica como cloruros y sulfatos se encuentran en concentraciones mayores en invierno y menores en verano.

En el caso de los cloruros, la concentración en invierno es 3 a 5 veces mayor que en los meses de verano, y su tendencia es al alza a medida que aumentan los años de sequía. La concentración de sulfatos también varía según la época del año: en invierno es 0,5 a 2 veces mayor que en los meses de verano. Su tendencia es levemente al alza a medida que la sequía se mantiene. Lo anterior se muestra en las figuras siguientes.

Este aumento en la concentración de iones es coherente con un proceso de menor dilución asociado a la disminución del agua circulante en el sistema andino, proceso similar al documentado en la cuenca del río Mapocho para un periodo similar⁹.

Figura 9: Evolución de la Conductividad Eléctrica en Toma Independiente, entre los años 2016 y 2024



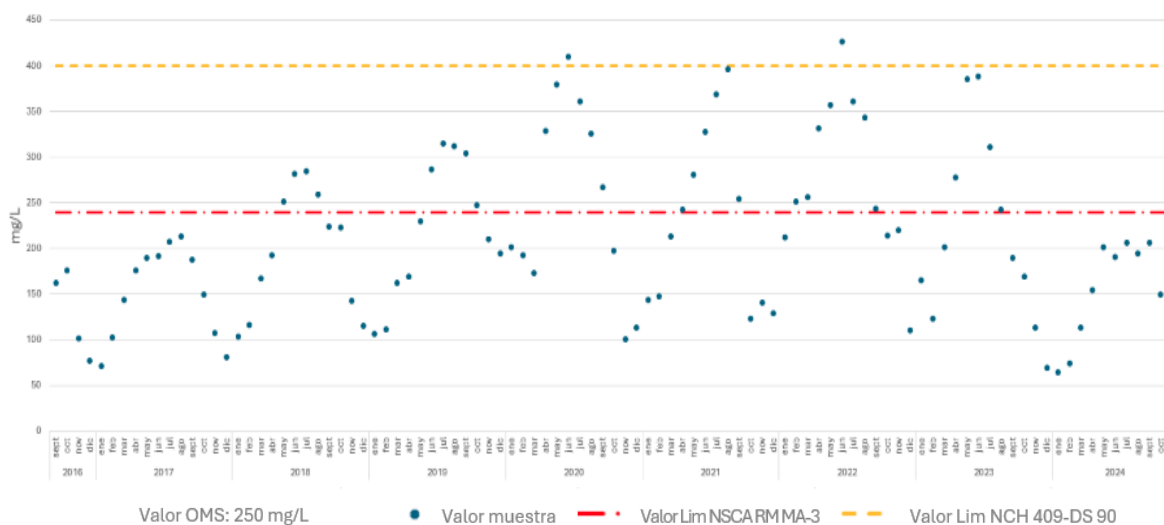
Fuente: Aguas Andinas

Maipo. Estudio de la Degradación de la Calidad del agua en el Río Maipo – Etapa I, Dic. 2021. Elaborado para Aguas Andinas

⁹ Fuente: CETAQUA-CHILE, DICTUC – CEDEUS: Análisis de co-variables y modelo hidroquímico conceptual para la cuenca alta del río Maipo. Estudio de la Degradación de la Calidad del agua en el Río Maipo – Etapa I, Dic. 2021. Elaborado para Aguas Andinas

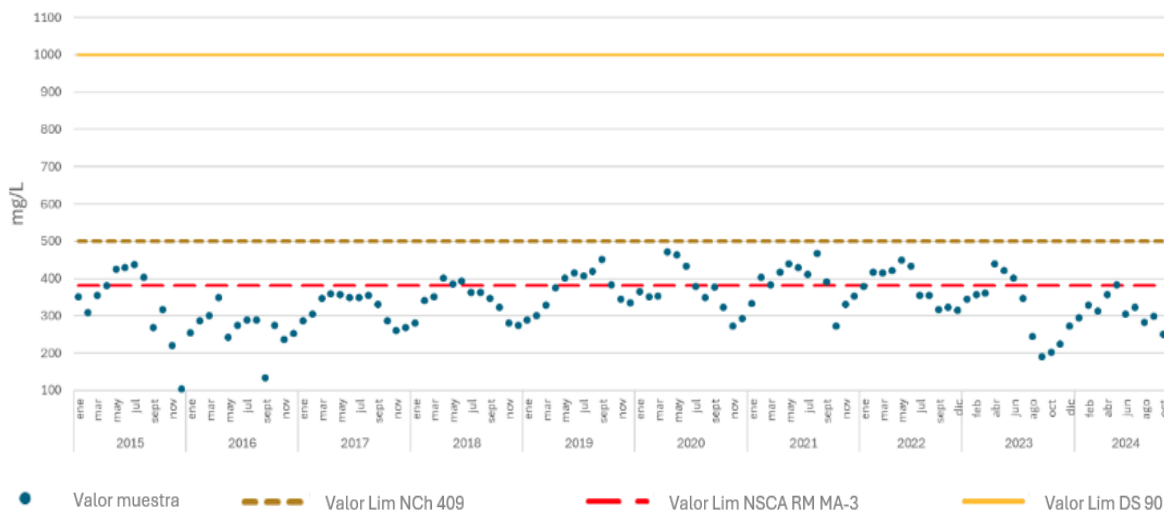
Informe preparado por Marina Hermosilla para Aguas Andinas,
para ser presentado a las autoridades en el proceso de elaboración
del Plan de Prevención y Descontaminación del Río Maipo. Mayo 2025

Figura 10: Evolución de la concentración de Cloruro en Toma Independiente, entre los años 2016 y 2024



Fuente: Aguas Andinas

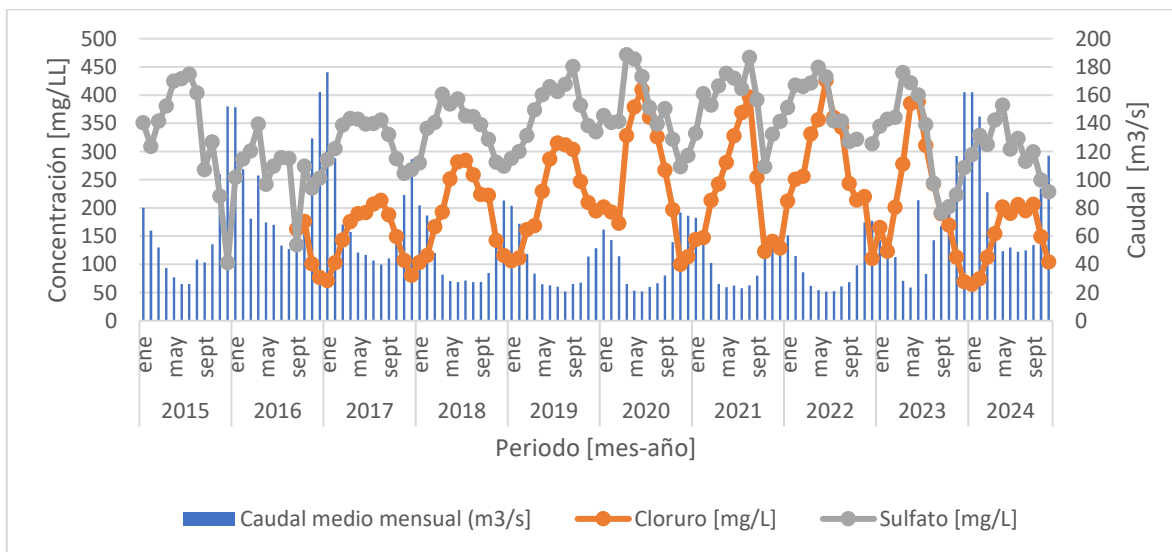
Figura 11: Evolución de la concentración de Sulfatos en Toma Independiente, entre los años 2016 y 2024



Fuente: Aguas Andinas

Al analizar los caudales para las diferentes épocas del año y relacionarlo con la concentración de cloruros y sulfatos, se evidencia claramente una relación inversa entre caudal y estos componentes (Figura 12).

Figura 12: Evolución de la concentración de Cloruro, Sulfatos y caudal en Toma Independiente, entre los años 2016 y 2024

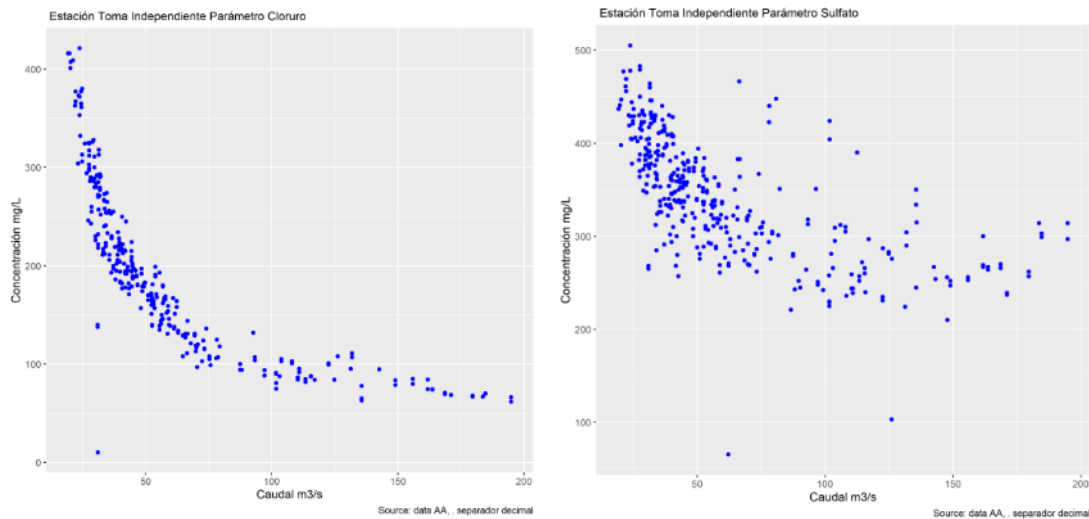


Fuente: Aguas Andinas

Se observa que se mantiene la tendencia al alza de las concentraciones de cloruro y sulfatos en el año 2024, a pesar de que durante ese invierno la pluviometría alcanzó 395 mm, lo que sería considerado un año normal para la década anterior a la mega-sequía. Esto, probablemente, se debe a la movilización y lavado de componentes acumulados en las laderas durante la sequía, como describe Mosley en su investigación en diversas partes del mundo (ver página 2 de este Informe).

Como se explicó en el capítulo 1, esta relación inversa entre caudal y algunos iones ha sido ampliamente observada por diversos autores. Por otra parte, la información recopilada en los monitoreos de Aguas Andinas es consistente con la información reportada en otro estudio reciente en la cuenca, en el que ambos iones se correlacionan negativamente con el caudal en el Río Maipo (Figura 13).

Figura 13: Estudio DICTUC – CEDEUS muestra que el caudal se relaciona negativamente con las concentraciones de Cloruro y Sulfatos en el Río Maipo



Fuente: CETAQUA-CHILE, DICTUC – CEDEUS: Análisis de co-variables y modelo hidroquímico conceptual para la cuenca alta del río Maipo. Estudio de la Degradación de la Calidad del agua en el Río Maipo – Etapa I, Dic. 2021. Elaborado para Aguas Andinas

3.4.2 Monitoreos en la parte alta de la cuenca

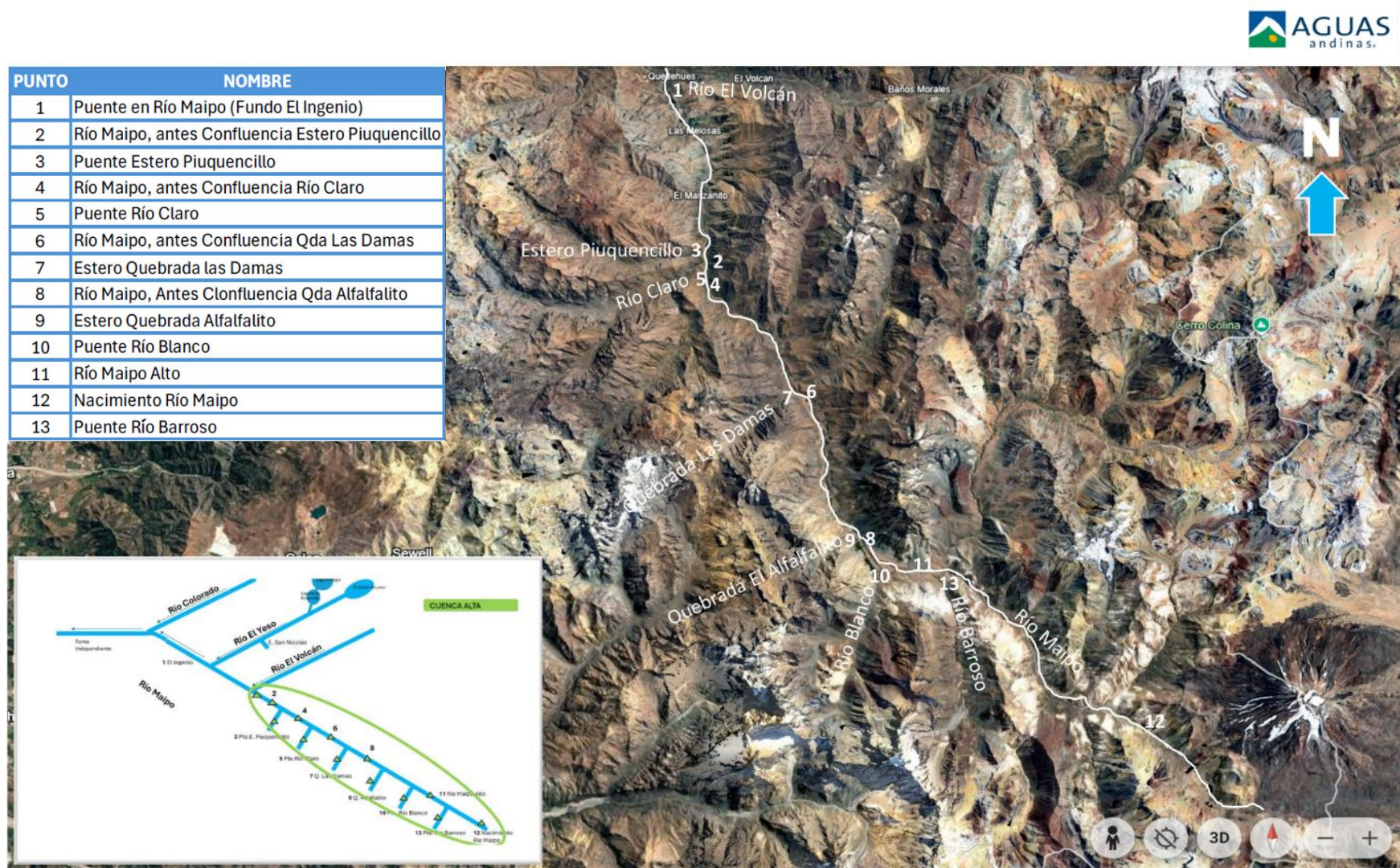
Con el objetivo de encontrar el origen de cloruros y sulfatos que se detectan en la Toma Independiente, en 2023 Aguas Andinas inició monitoreos en la parte alta y en los tributarios del Río Maipo. Para ello se definieron 7 puntos de muestreo en el Río Maipo, antes de la confluencia con sus afluentes, y 6 puntos de muestreo en sus afluentes principales. La ubicación de estos puntos de muestreo se puede ver en la Figura 14.

Estos monitoreos se realizaron en dos campañas: junio del año 2023 y enero del año 2024. Debido a la falta de infraestructura en la parte alta de la cuenca, en ambas campañas el caudal del Río Maipo impidió el muestreo¹⁰, no así es sus afluentes. A pesar de lo anterior, es posible analizar el aporte de cloruro y sulfato desde el nacimiento del Río Maipo y desde los afluentes, lo que se desarrolla a continuación.

¹⁰ Los informes de terreno contienen registros del personal a cargo de la toma de muestras que indican, con texto y fotografías, la imposibilidad de tomar las muestras en el Río Maipo debido “a la falta de acceso provocada por las condiciones del terreno y el elevado riesgo de accidentes asociados”.

Informe preparado por Marina Hermosilla para Aguas Andinas,
para ser presentado a las autoridades en el proceso de elaboración
del Plan de Prevención y Descontaminación del Río Maipo. Mayo 2025

Figura 14: Puntos de muestreos en parte alta de la cuenca del Río Maipo



Fuente: Aguas Andinas

Informe preparado por Marina Hermosilla para Aguas Andinas,
para ser presentado a las autoridades en el proceso de elaboración
del Plan de Prevención y Descontaminación del Río Maipo. Mayo 2025

Como era esperable, tanto la concentración de cloruros como de sulfatos en invierno es significativamente mayor que en verano, asociada al mayor caudal en época estival.

Sin embargo, la Norma Secundaria de Calidad Ambiental, en el tramo de la Toma Independiente (MA-3) y aguas arriba, tanto para cloruros como para sulfatos es más exigente que la NCh409 (240 mg/L para cloruros y 380 mg/L para sulfatos), por lo que, en los muestreos de invierno en época de sequía, la NSCA se sobrepasa con creces desde el nacimiento del Río Maipo. Las altas concentraciones de cloruros y sulfatos que aporta el nacimiento del Río Maipo y su afluente Barroso, se mantienen durante todo el trayecto y se verifican en El Ingenio y en la Toma Independiente, a pesar del caudal con bajo contenido de estos compuestos que aportan los demás afluentes en el trayecto. Esto se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3: Evolución de la concentración de Cloruro y Sulfato (mg/L) en la parte alta de la cuenca del Río Maipo y sus principales aportes: campaña junio 2023

		NSCA Tramo MA-3 - Cl: 240 mg/L - S: 380 mg/L			NSCA Tramo MA-1 - Cl: 300 mg/L - S: 430 mg/L				
	Toma Independiente	1 Río Maipo El Ingenio	2 Río Maipo aguas arriba confluencia Estero Piuquencillo	4 Río Maipo aguas arriba confluencia Río Claro	6 Río Maipo aguas arriba confluencia Qda. Las Damas	8 Río Maipo aguas arriba confluencia Qda. Alfalfalito	11 Río Maipo Alto	12 Nacimiento Río Maipo	
		Junio 23	Junio 23	Junio 23*	Junio 23**	Junio 23***	Junio 23****	Junio 23	
Cloruros	388,6	656,4	806,2					461,1	
Sulfatos	430,2	480	512,6					1138,7	
			3 Estero Piuquencillo	5 Río Claro	7 Estero Quebradas Las Damas	9 Estero Quebrada Alfalfalito	10 Puente Río Blanco	13 Río Barroso	
			Junio 23	Junio 23	Junio 23	Junio 23	Junio 23	Junio 23	
			2,4	2,2	7,8	17,8	6,8	2081,2	
			25,0	69,8	60,9	42,2	289,0	984,8	

* Sin acceso por condiciones del terreno y elevado riesgo de accidente

** Sin acceso por condiciones del terreno y elevado riesgo de accidente

*** Sin acceso por condiciones del terreno y elevado riesgo de accidente

**** Sin acceso por condiciones del terreno y elevado riesgo de accidente

Fuente: Aguas Andinas

Asimismo, en período de sequía a pesar de los mayores caudales de la época estival (enero 2024), la NSCA para cloruro y sulfatos no se cumple en el primer tramo, es decir desde el nacimiento del Río Maipo. Sin embargo, el bajo aporte de estas sales de los tributarios es suficiente para que en el tramo MA-3, donde se encuentra la toma para el agua potable de Santiago, se verifique cumplimiento tanto la NCh 409 como la NSCA para cloruro y para sulfatos (Tabla 4).

Informe preparado por Marina Hermosilla para Aguas Andinas,
para ser presentado a las autoridades en el proceso de elaboración
del Plan de Prevención y Descontaminación del Río Maipo. Mayo 2025

Tabla 4: Evolución de la concentración de Cloruro y Sulfato (mg/L) en la parte alta de la cuenca del Río Maipo y sus principales aportes: campaña enero 2024

NSCA Tramo MA-3 - Cl: 240 mg/L - S: 380 mg/L			NSCA Tramo MA-1 - Cl: 300 mg/L - S: 430 mg/L					
	Toma Independiente	1 Río Maipo El Ingenio	2 Río Maipo aguas arriba confluencia Estero Piuquencillo	4 Río Maipo aguas arriba confluencia Río Claro	6 Río Maipo aguas arriba confluencia Qda. Las Damas	8 Río Maipo aguas arriba confluencia Qda. Alfalfalito	11 Río Maipo Alto	12 Nacimiento Río Maipo
		Enero 24	Enero 24*	Enero 24	Enero 24**	Enero 24***	Enero 24****	Enero 24
Cloruros	214	100						324,3
Sulfatos	313	282,3						438,5
* No fue posible llevar a cabo el muestreo debido al alto caudal. Se identificaron socavones en el terreno, lo que representó un impedimento para la realización segura de las actividades de muestreo. ** No se pudo realizar el muestreo debido a la falta de acceso provocada por las condiciones del terreno y el elevado riesgo de accidentes asociados. *** No fue posible llevar a cabo el muestreo debido a la falta de acceso ocasionada por las condiciones del terreno y el elevado riesgo de accidentes asociados. **** No es posible realizar el muestreo debido a la carencia de acceso provocada por las condiciones del terreno y el consiguiente elevado riesgo de accidentes.			3 Estero Piuquencillo	5 Río Claro	7 Estero Quebradas Las Damas	9 Estero Quebrada Alfalfalito	10 Puente Río Blanco	13 Río Barroso
			Enero 24	Enero 24	Enero 24	Enero 24	Enero 24	Enero 24
			3,6	3,8	6	6,1	6,7	101,6
			19,1	25,8	36,9	30,0	96	454,7

Fuente: Aguas Andinas

4. Algunas consideraciones respecto de las NSCA del río Aconcagua, como antecedente para la elaboración del Plan de Prevención y Descontaminación del Río Maipo.

La NSCA del Río Maipo se publicó hace ya más de diez años, período durante el cual la normativa ambiental ha evolucionado de la mano del conocimiento y la experiencia de los diferentes actores tanto públicos y privados.

Dado lo anterior, se considera valioso analizar los criterios con que se elaboraron las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Aconcagua dado que son recientes (DS 41 de 2023), que además contiene una definición de criterios de cumplimiento que resultan útiles para el caso que nos ocupa.

A continuación, se presentan aspectos que se consideran relevantes, de cara al proceso de elaboración del mencionado Plan de Descontaminación.

NSCA Río Aconcagua, DS 41 de 2021 del MMA

- Artículo 7°.- Establece las condiciones de excedencia de los parámetros, y aumenta de 85 a 75 el percentil para varios parámetros si se constatará la ocurrencia de, al menos, un año definido hidrológicamente como húmedo según la metodología que para ello se establezca en el Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua. **Lo anterior muestra la necesidad de definir diferentes umbrales de superación para diferentes condiciones hidrológicas anuales.**
- Artículo 8°.- Define los requisitos de representatividad de las muestras y que exige que el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental se debe analizar con muestras representativas. Establece que una muestra es representativa cuando las condiciones ambientales de la cuenca no se vean afectadas por situaciones excepcionales o por fenómenos naturales tales como sequías, lo cual debe ser certificado, de manera fundada, por la Superintendencia del Medio Ambiente. **Lo anterior indica que la condición de sequía es un criterio que permite considerar la toma de muestras como no representativa, lo cual invalidaría la toma de decisiones con base en dichas muestras.**
- Lo anterior se presenta también pero de forma menos estructurada en la Norma Secundaria de Calidad Ambiental del Río Maipo, DS 53/2013¹¹ que establece, para efectos de evaluar el cumplimiento, **que los datos podrán ser excluidos de las mediciones cuando la representatividad de las muestras analizadas se vea afectada por fenómenos excepcionales y/o transitorios tales como inundaciones, sequías o catástrofes naturales,** lo cual aplicaría en el caso de las excedencias que se producen en cloruro y sulfato con ocasión de la reducción de los caudales producto de la mega-sequía.
- Ciertos parámetros fisicoquímicos no se norman para determinadas áreas de vigilancia de la cuenca, ya sea porque no existía suficiente información para caracterizarlas, o por la dificultad de reflejar la variabilidad propia del sistema. **En esos casos, se determinó que se buscará normar dichos parámetros fisicoquímicos en una revisión posterior de la norma, una vez se haya recopilado más información.**
- En general, la norma considera como límite máximo aceptable la Clase 3, con el objetivo de mantener las buenas condiciones de calidad y resguardo de la biodiversidad. No obstante, algunos parámetros en áreas de vigilancia específicas fueron normados en Clase 4, debido a condiciones naturales de calidad de agua en la cuenca. **Esto refleja la necesidad de tomar**

¹¹ NSCA Río Maipo, DS 53 de 2013 del MMA, Artículo 8°.- Establece que para efectos de evaluar el cumplimiento los datos podrán ser excluidos de las mediciones cuando la representatividad de las muestras analizadas se vea afectada por fenómenos excepcionales y/o transitorios tales como inundaciones, sequías o catástrofes naturales.

en consideración las condiciones de la línea de base al momento de definir el objetivo del plan de descontaminación.

- La metodología General del AGIES considera tanto los costos de fiscalización y monitoreo para las autoridades, como los costos de abatimiento por rubro de las fuentes aportantes.

En resumen, existen antecedentes en el expediente de la elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Aconcagua que permiten concluir que el regulador podría considerar las condiciones naturales del Río Maipo, la hidrología, así como las diferentes tecnologías y sus costos de abatimiento para definir el futuro Plan de Prevención y Descontaminación de las aguas de la cuenca del Río Maipo.

5. Conclusiones

A continuación, se exponen las principales conclusiones de los análisis realizados en este Informe:

- **El Río Maipo arrastra cloruros y sulfatos desde su nacimiento, los que aumentan significativamente su concentración debido a los aportes desde Río Barroso**, tributario en la parte alta de la cuenca. En período de **invierno de años secos estas altas concentraciones no logran ser atenuadas con los aportes de los diferentes afluentes aguas abajo, y la NSCA se ve superada en todo el tramo desde el nacimiento del río hasta el área MA-3**, donde se encuentra la Toma Independiente, que abastece de agua potable a la ciudad.
- Las concentraciones de cloruro y sulfatos en el Río Maipo están relacionadas con los caudales: **a menor caudal, mayor concentración y viceversa**. Esto permite inferir que, en el futuro, debido a los efectos del cambio climático, se evidenciarán de manera natural y reiterada aumentos de concentraciones de cloruros y sulfatos en el Río Maipo.
- Aguas Andinas potabiliza el agua que toma del Río Maipo, la que **cumple con los estándares de la OMS para el agua potable en todos los parámetros, incluidos cloruros y sulfatos, incluso en las épocas de más bajo caudal debido a la mega-sequía**.
- **Las altas concentraciones de cloruro y sulfato** que se evidencian en el Río Maipo desde su origen y se mantienen en varias áreas de vigilancia aguas abajo, **no están relacionadas con las actividades de provisión de agua potable y tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Santiago**.
- Reducir y/o eliminar cloruros y sulfatos requiere un **tratamiento que implica inversiones y costos operacionales que se traducirían en alza de la tarifa del agua potable** (una descripción general del proyecto y sus costos asociados se presenta en Anexo 1).

Informe preparado por Marina Hermosilla para Aguas Andinas,
para ser presentado a las autoridades en el proceso de elaboración
del Plan de Prevención y Descontaminación del Río Maipo. Mayo 2025

- Existen antecedentes en la Norma Secundaria de Calidad Ambiental del Río Maipo, DS 53/2013 que establecen, para efectos de evaluar el cumplimiento, **que los datos podrán ser excluidos de las mediciones cuando la representatividad de las muestras analizadas se vea afectada por fenómenos excepcionales y/o transitorios tales como inundaciones, sequías o catástrofes naturales**, lo cual aplica en el caso de las excedencias que se producen en cloruro y sulfato con ocasión de la reducción de los caudales producto de la mega-sequía.
 - Existen antecedentes en el expediente de la elaboración de las Norma Secundaria de Calidad Ambiental del Río Aconcagua en que el regulador: 1) reconoce la necesidad de definir **diferentes umbrales de superación para diferentes condiciones hidrológicas anuales**; 2) indica que la condición de **sequía es un criterio que permite considerar la toma de muestras como no representativa**, lo cual invalida la toma de decisiones con base en dichas muestras; y 3) **norma algunos parámetros en áreas de vigilancia específicas en Clase 4** (menos prístinas), argumentando condiciones naturales de calidad de agua en la cuenca, lo que muestra la **consideración de las condiciones de la línea de base al momento de definir los objetivos del plan de descontaminación**.
-

Informe preparado por Marina Hermosilla para Aguas Andinas,
para ser presentado a las autoridades en el proceso de elaboración
del Plan de Prevención y Descontaminación del Río Maipo. Mayo 2025

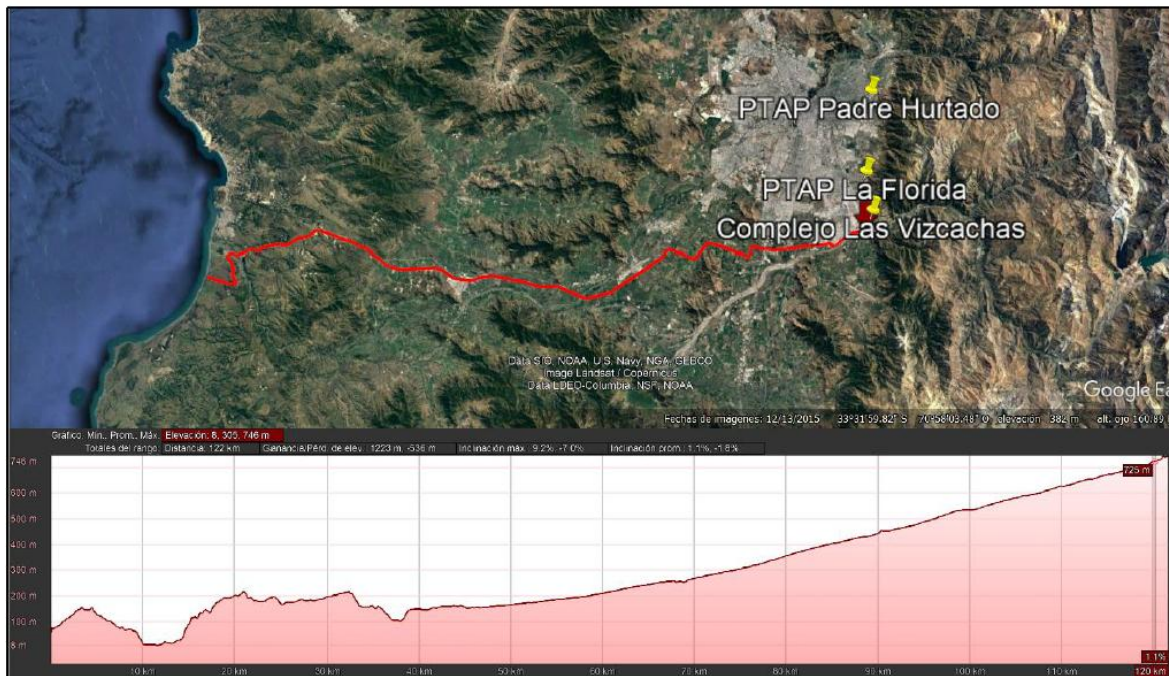
ANEXO : Alternativa de reducción de concentración de cloruro y sulfatos, y su costo

Aguas Andinas encargó a la empresa Hidrosan el diseño y determinación de costos de inversión y de operación para una planta de ósmosis inversa para la remoción de cloruros y sulfatos en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Las Vizcachas.

Un análisis de sensibilidad técnico-económico para la construcción de una planta de tratamiento de agua potable en el Complejo Las Vizcachas, ha estimado un costo de inversión de aproximadamente USD 360 millones y USD 50 millones/año para su operación. Estos costos serían traspasados a los clientes mediante tarifa del agua potable.

Adicionalmente sería necesario construir un ducto para eliminar la descarga (salmuera) en el mar, lo que no se ha evaluado económicamente. Sin embargo, es necesario considerar que para transportar la salmuera es necesario que ésta contenga aproximadamente 15% de agua, la que iría al mar, en circunstancias en que, para hacer frente a los efectos del cambio climático en la Zona Central de Chile, estamos buscando todas las formas de obtener más agua para abastecer las necesidades de los habitantes la ciudad.

Figura: Diseño preliminar de un ducto al mar para eliminar la salmuera de una planta de ósmosis inversa en Las Vizcachas



Fuente: Aguas Andinas