



Consumo de agua en la minería del cobre al 2015

DEPP 06/2016

Registro Propiedad Intelectual

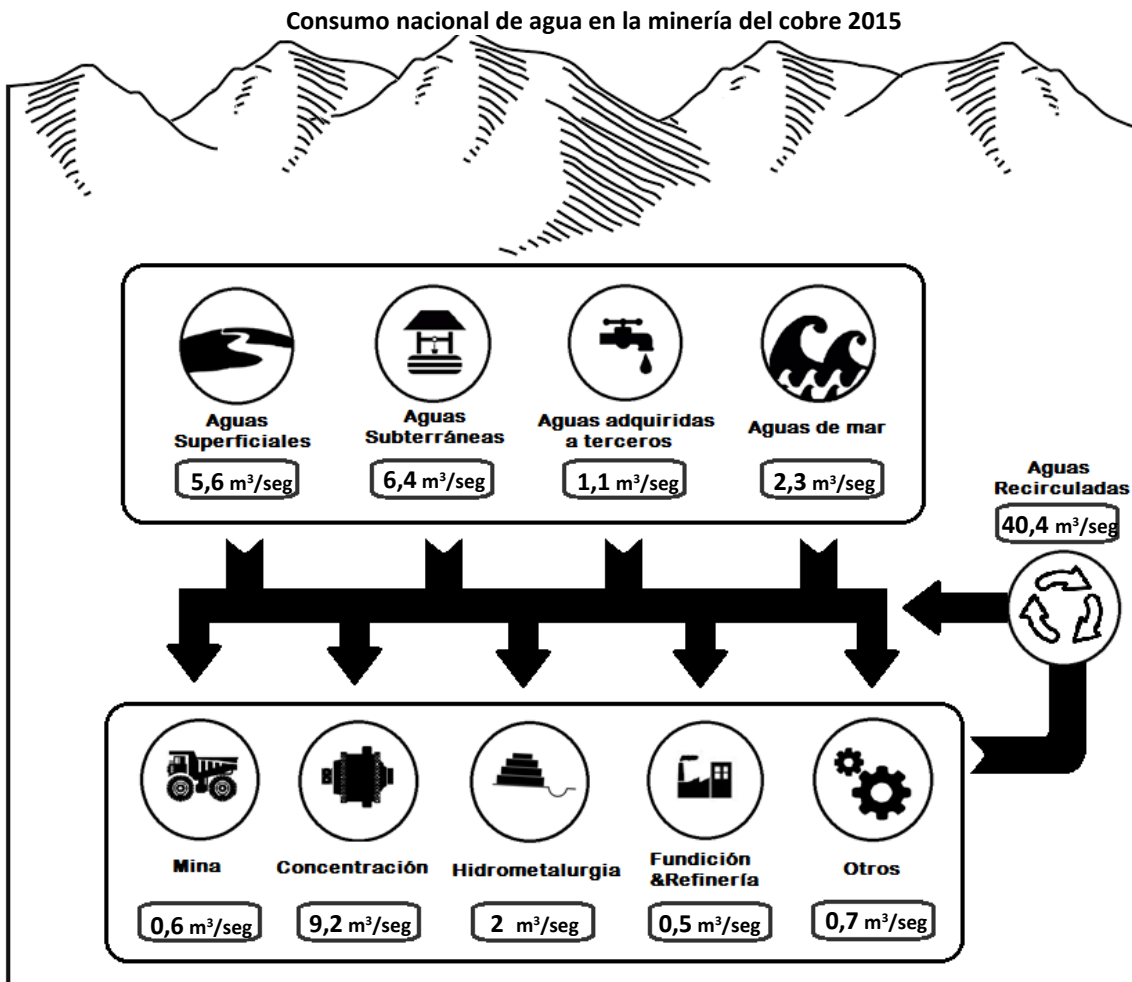
N° 267 122

Resumen Ejecutivo

¿Cuánta agua se utiliza en la industria minera?, ¿Por qué la industria minera necesita agua?, ¿De dónde proviene el agua que utilizan?, ¿Cómo ha mejorado la eficiencia en el consumo del agua?, son algunas de las preguntas que este informe busca dar a conocer, de manera simple y explicativa.

Durante el 2015 la minería del cobre en Chile utilizó 13,07 m³/seg de aguas continentales, ya sean provenientes de aguas superficiales, aguas subterráneas y/o adquiridas a terceros, este consumo aumento en un 0,93% respecto al 2014. Otras fuentes de extracción son las aguas de mar y las aguas recirculadas, las cuales han presentado un aumento considerable en los últimos años. La región de Antofagasta se mantiene como la región con el mayor consumo de agua para la minería del cobre, debido a que es la que presenta mayor actividad minera.

Desde el punto de vista de la eficiencia, más allá del incremento en el consumo, se observa un compromiso de la industria, logrando mejoras en la eficiencia del consumo unitario, disminuyendo la cantidad de agua necesaria para procesar una tonelada de mineral. Por otra parte el consumo de agua de mar presentó un aumento de un 33% respecto al año anterior.



Fuente: Elaboración Cochilco



Índice

Resumen Ejecutivo	1
Introducción	2
Capítulo 1: El uso del agua en la industria minera	4
1.1 ¿Por qué la industria minera necesita agua?	4
1.2 ¿Cuánta agua es consumida por la industria minera?	7
1.3 ¿De dónde proviene el agua utilizada en la industria minera?	10
1.4 ¿Qué tan intensivos en uso de agua son los principales procesos mineros?.....	13
Capítulo 2: Tendencias del consumo de agua en la minería del cobre	16
2.1 Tendencias del consumo de agua total.....	16
2.2 Tendencia del consumo de agua continental por región.....	17
2.3 Tendencia del consumo de agua continental por proceso minero.....	19
2.4 Tendencia del consumo de agua por fuente de abastecimiento	21
Capítulo 3: Mejoras de eficiencia en la gestión del agua.....	23
3.1 Coeficientes unitarios a nivel nacional.....	23
3.2 Coeficientes unitarios a nivel regional	24
3.3 Coeficientes unitarios según tamaño de minería.....	26
3.3.1 <i>Distribución en quintiles consumo de agua según mineral procesado</i>	<i>27</i>
3.4 Recirculación	29
3.4.1 <i>Recirculación en operaciones</i>	<i>29</i>
3.4.2 <i>Recirculación en concentradora</i>	<i>30</i>
Capítulo 4: Agua de Mar.....	32
4.1 Tendencia en el uso del agua de mar.....	32
4.2 Operaciones y proyectos mineros con agua de mar	33
Capítulo 5: Comentarios finales.....	36
5.1 Conclusiones e implicancias en el desarrollo de políticas públicas.....	36
Anexos	39



Índice de figuras

Figura 1: Ciclo del agua en operaciones mineras	4
Figura 2: Procesos mineros	5
Figura 3: Tipos de agua	7
Figura 4: Entradas de agua a nivel nacional para la minería año 2015	8
Figura 5: Consumo de agua total en minería por región 2015	9
Figura 6: Fuentes de abastecimiento de agua para la minería a nivel nacional 2015	11
Figura 7: Fuentes de abastecimiento de agua a nivel regional para la minería del cobre 2015	12
Figura 8: Consumo de agua continental por proceso minero 2015	13
Figura 9: Distribución regional de los consumos de agua continental por proceso minero 2015	14
Figura 10: Consumo de agua total en la minería del cobre vs mineral procesado 2012-2015	17
Figura 11: Tendencia en el consumo de aguas continentales en la minería del cobre a nivel regional 2012-2015	18
Figura 12: Tendencia en el consumo de aguas continentales en la minería del cobre según proceso productivo 2012-2015	19
Figura 13: Tendencia en el consumo de aguas en la minería del cobre según fuente de origen 2012-2015	21
Figura 14: Coeficientes unitarios en concentración en la minería del cobre 2012-2015	24
Figura 15: Coeficientes unitarios en hidrometalurgia en la minería del cobre 2012-2015	25
Figura 16: Curva quintiles para mineral sulfuros 2015	27
Figura 17: Curva quintiles para mineral oxidos	28
Figura 18: Tendencia en tasa de recirculación en operaciones de la minería del cobre 2012-2015	29
Figura 19: Tendencia en tasa de recirculación en concentradora de la minería del cobre 2012-2015	30
Figura 20: Uso de agua de mar en la minería del cobre 2010-2015	32

Índice de tablas

Tabla 1: Consumos de aguas continentales en la minería del cobre 2010-2015	16
Tabla 2: Principales fuentes de pérdidas de agua	20
Tabla 3: Coeficientes unitarios por proceso en la minería del cobre 2010-2015	23
Tabla 4: Coeficientes unitarios por tamaño de minería 2010-2015	26
Tabla 5: Catastro plantas desaladoras y sistemas de impulsión (SIAM) en la minería	33



Introducción



Introducción

En la minería, el agua se utiliza en una amplia gama de actividades, la industria del cobre ha tomado conciencia de sus responsabilidades y está constantemente evaluando la mejor manera de utilizar el agua, a través de la búsqueda de mejoras tanto en la conservación y reutilización. Al aumentar el reciclaje y el uso de agua de menor calidad los productores de cobre han sido capaces de reducir el uso y consumo considerablemente.

En las últimas décadas, la industria minera ha avanzado mucho en el desarrollo de enfoques de circuito cerrado que maximicen la conservación del agua. Al mismo tiempo, las operaciones suelen estar ubicados en zonas en las que las demandas por distintos sectores industriales están compitiendo con el uso de agua doméstica.

La industria minera se enfrenta a tres riesgos estratégicos a largo plazo en relación con el agua: a) asegurar suficiente agua para satisfacer el aumento de la producción, b) reducir el consumo de agua, consumo de energía y las emisiones debido a las presiones sociales, ambientales y económicos, c) y la comprensión de los vínculos entre el agua, energía y emisiones, para que una mejora en un área no cree un mayor efecto adverso en otra área.

Para la elaboración de una política pública se requiere de información clara, transparente y precisa. Cochilco levanta esta información gracias a la continua colaboración de las empresas mineras que año a año han informado su consumo de agua en cada proceso, lo que permite recabar información fundamental para realizar un análisis global. El alcance de este análisis comprende las empresas productoras de cobre entre las regiones centro norte del país, desde la XV Región de Arica y Parinacota, hasta la VI Región de O'Higgins, en donde se desarrolla la mayor actividad cuprífera.

Para el presente informe las operaciones catastradas corresponden al 99,6% de la producción chilena el cobre durante el 2015. De esta manera es necesario extrapolar el consumo de agua para la totalidad de la producción del país, de modo de poder comparar anualmente las variaciones en el consumo. Para ello se consideran los totales regionales indicados anualmente por el SERNAGEOMIN y el porcentaje de representatividad de las encuestas.

Considerando el contexto previamente descrito, el estudio del consumo de agua en minería se presenta como un trabajo de carácter permanente para la Comisión Chilena del Cobre, el cual tiene por objetivo monitorear el uso de agua en los distintos procesos de la minería del cobre, aumentar la disponibilidad y transparencia del sector en temas críticos y servir como base para el análisis de las discusiones públicas.



Capítulo 1:

El uso del agua en la industria minera



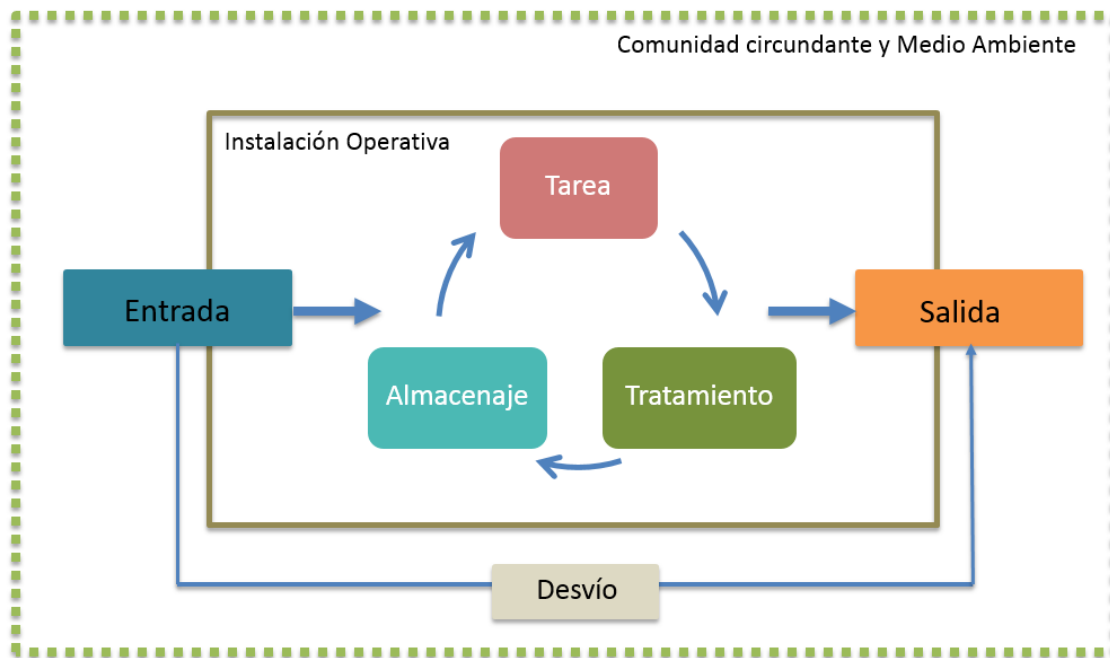
Capítulo 1: El uso del agua en la industria minera

La minería ha jugado un papel importante en el desarrollo de nuestro país y la elaboración de un sinfín de productos, ya sea para la construcción, electrodomésticos, tecnologías, etc. Todos estos productos no serían posibles sin el uso de agua en la minería. Pero, ¿Por qué se necesita agua en el procesamiento de los minerales?, ¿Cuánta agua fue utilizada por la industria para la obtención de 5.764 miles de toneladas producidas en 2015?, ¿Cuáles son las principales fuentes de extracción de agua en la industria cuprífera?, son algunas de las interrogantes que examinaremos a continuación.

1.1 ¿Por qué la industria minera necesita agua?

Al igual que las demás industrias, las empresas mineras necesitan agua para hacer que la roca renuncie a sus valiosos minerales. Para ello la minería utiliza el agua en una serie de actividades que incluyen el procesamiento de minerales y sus servicios anexos tales como la supresión de polvo en caminos, el transporte de concentrados, y necesidades de los empleados, entre otras.

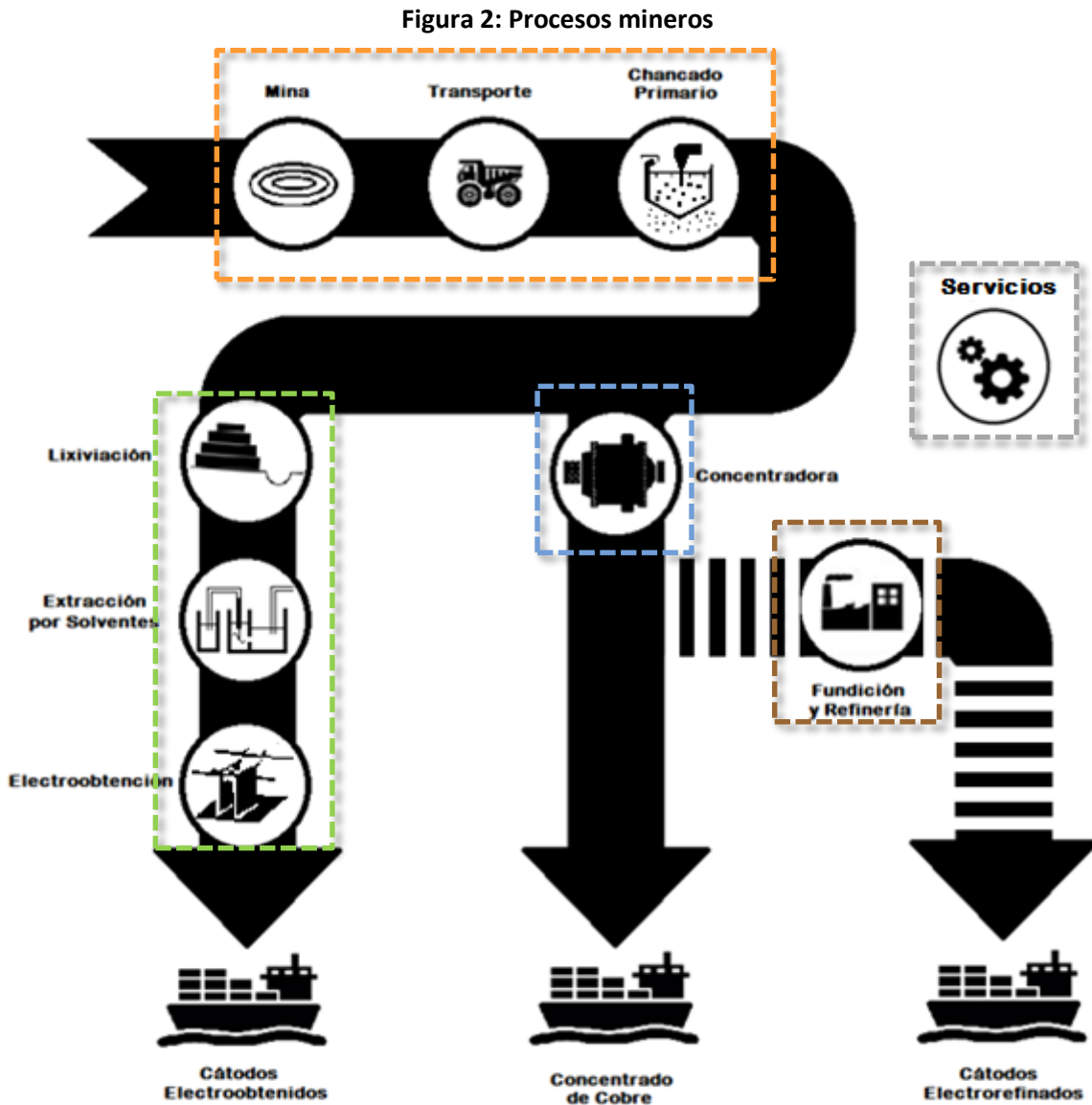
Figura 1: Ciclo del agua en operaciones mineras



Fuente: WAF, Centre for Water in the minerals industry (CWIMI), Queensland University.



La utilización de agua en el proceso minero es descrita brevemente en la siguiente figura. Para la estructuración de la información, se han considerado los distintos procesos involucrados en la producción de cobre en el país. Cada uno de estos puntos representa un centro de consumo de agua, unos más intensivos que otros, pero que a fin de cuentas requieren del recurso hídrico para realizar su tarea.



Fuente: Elaboración Cochilco

De manera general, se identifican 5 distintas áreas de consumo de agua de la industria minera del cobre; el área mina, el área planta concentradora, área planta hidrometalurgia, fundición y refinación y el área servicios.



En el caso del área mina este incluye la mina, ya sea a cielo abierto o subterránea y el transporte del material hasta el chancado primario. En esta área el agua es utilizada principalmente para la supresión de polvo en caminos, y en la extracción y bombeo desde labores subterráneas.

El área de planta concentradora comprende el procesamiento de minerales, el cual representa el mayor consumo de agua con respecto a los volúmenes totales. Esta área involucra la conminución del mineral, luego la flotación, clasificación y espesamiento. Según la distancia entre la concentradora y las instalaciones de filtrado y almacenaje, las aguas residuales pueden o no ser recirculadas al proceso. Una parte importante del agua que se utiliza en la flotación pasa a formar parte de los relaves, que se envían a la etapa de espesamiento para recuperar una parte del agua que contienen.

Por su parte, el área planta hidrometalurgia considera los procesos de lixiviación en pilas, la extracción por solventes y la electro obtención para la producción de cátodos. En este proceso los principales consumos de agua resultan como consecuencia de la evaporación de las pilas de lixiviación donde se vierte una solución ácida, de agua con ácido sulfúrico en la superficie de las pilas. Esta solución se infiltra en la pila disolviendo el cobre contenido en los minerales oxidados.

En cuarto lugar está la fundición y refinería. El concentrado seco se somete a un proceso de pirometalurgia para obtener placas gruesas, de forma de ánodos. Este es comercializado directamente o enviado al proceso de refinación la cual se lleva a cabo en las celdas electrolíticas en una solución de ácido sulfúrico. Se le aplica una corriente eléctrica, que hace que se disuelva el cobre del ánodo y se deposite en el cátodo inicial, lográndose cátodos de alta pureza.

Finalmente el área servicios, comprende aquellas actividades con volúmenes de consumo de agua poco significativos frente al total consumido en una operación minera. El principal uso del agua es para bebida, cocción, lavado, riego y baños en los campamentos, las plantas de molibdeno en operaciones que tengan, y otros consumos menores.



1.2 ¿Cuánta agua es consumida por la industria minera?

Chile es reconocido como un país minero, y ha sido parte importante del desarrollo de nuestra nación, y para que lo siga siendo es necesario superar las limitaciones para que la minería prospere su aporte al país y continúe siendo motor del desarrollo nacional.

Durante el 2015 la minería chilena produjo 5.764 miles de toneladas de cobre, y para ello inevitablemente fue necesario el uso de agua, pero ¿Cuánta agua es necesaria para la el proceso de producción de cobre a nivel país?, ¿Cómo varia este requerimiento en las regiones? Como hemos mencionado anteriormente la disponibilidad de agua es una limitante para el desarrollo de la industria y como tal es preciso contar con un valor, de manera de poder tomar decisiones, comparar el valor, y gestionar el recurso de manera sustentable. En general, los minerales con mayor nivel de leyes requieren menos agua para el procesamiento y viceversa. Con el agotamiento de los recursos, la explotación de minerales de baja ley va en aumento, lo que genera un aumento en la demanda de agua. El enfoque debe ir en buscar alternativas de eficiencia o nuevas fuentes de abastecimiento de manera que el consumo de agua continental no aumente, y mejor aún, disminuya.

En esta sección se presenta el total de agua que es consumida por parte de la minería del cobre durante el año 2015.

A grandes rasgos tenemos tres tipo de agua; el agua continental, el agua de origen oceánico y las aguas recirculadas. La primera considera todos los cuerpos de agua permanentes que se encuentran en el interior, alejados de las zonas costeras. Algunas aguas continentales son ríos, lagos, llanuras de inundación, reservas, humedales y sistemas salinos de interior. Mientras que las aguas de origen oceánico, provienen del mar y tienen un alto contenido salobre. Por su parte las aguas recirculadas corresponden a todos aquellos flujos que son reinyectados al sistema, estos puedes ser previamente tratados o no.

Figura 3: Tipos de agua

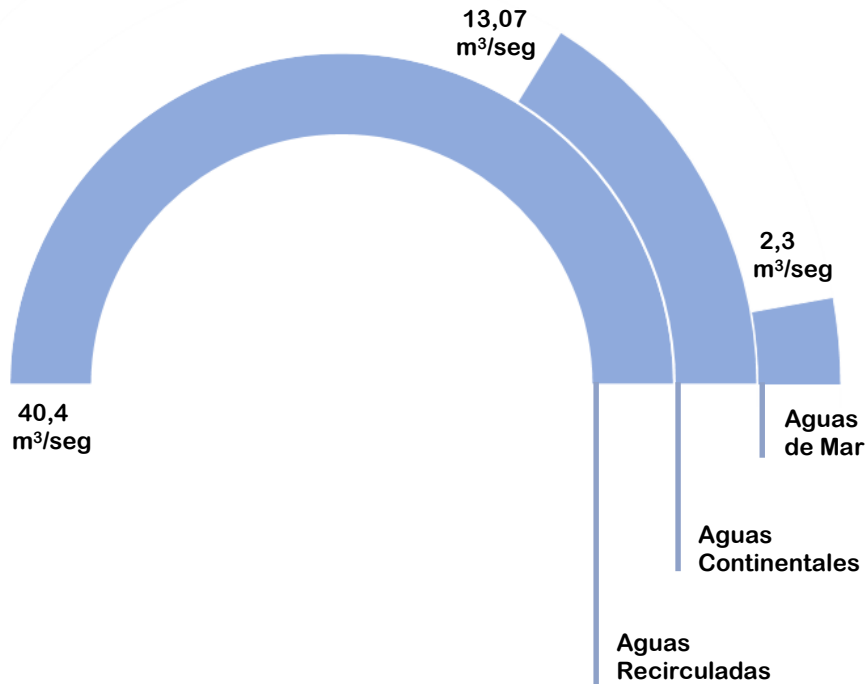


Fuente: Elaboración Cochilco

El agua total es aquella necesaria para mantener a régimen el proceso productivo. Corresponde al total de entrada de aguas la cual puede provenir de distintas fuentes.

Al analizar el año 2015 en la figura 4, vemos que el agua de origen continental alcanzó los 13,07 m³/seg, por su parte el agua de mar fue de 2,27 m³/seg y el agua recirculada fue de 40,38 m³/seg, lo que en total suma 55,73 m³/seg de agua para la minería.

Figura 4: Entradas de agua a nivel nacional para la minería año 2015



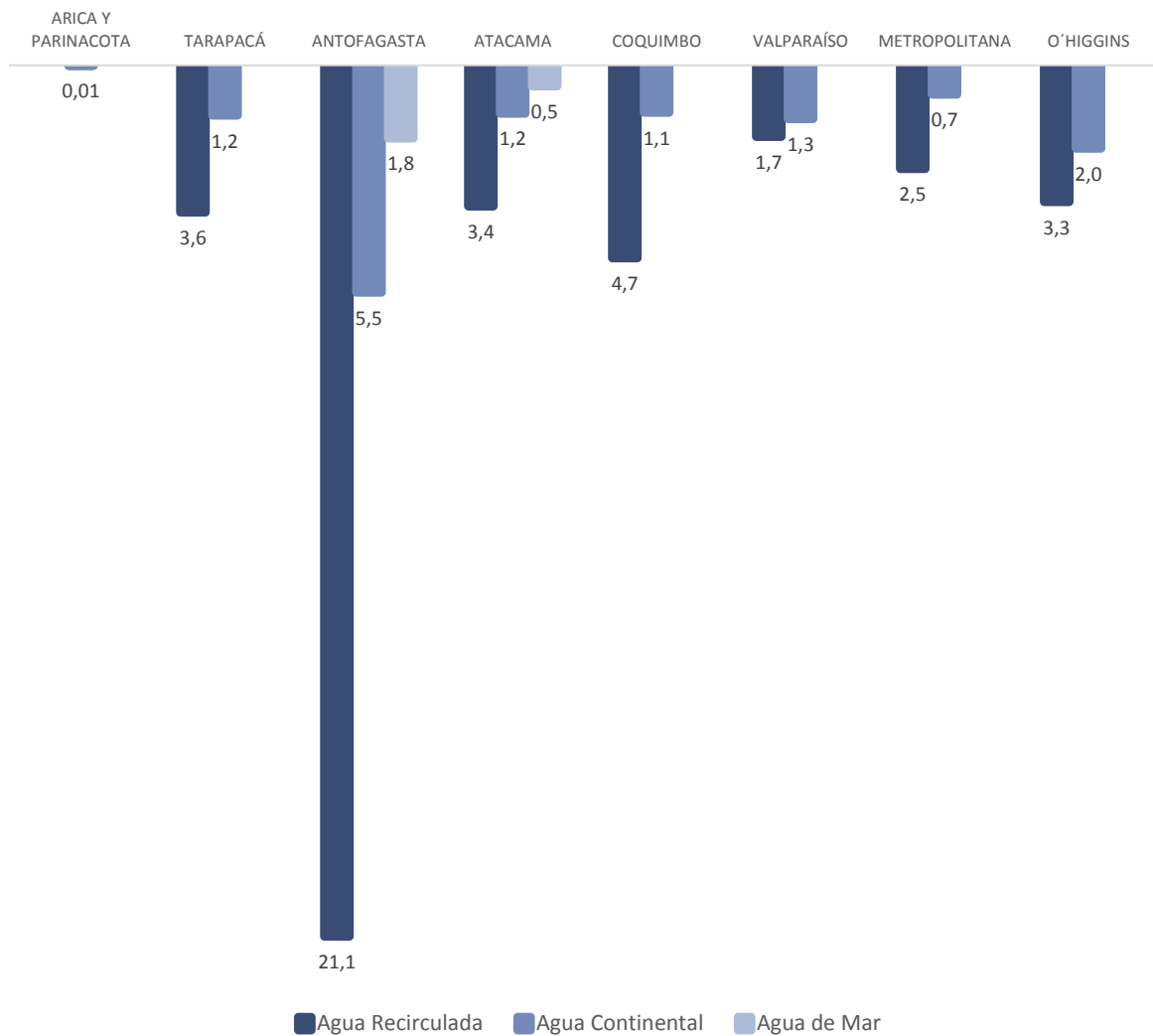
Fuente: Elaboración Cochilco

Ahora bien, sabemos que la distribución de los recursos hídricos es desigual a lo largo del país, por lo que no basta con conocer el consumo a nivel nacional, es necesario estar al tanto de los consumos de agua a nivel regional, de manera de poder enfatizar los esfuerzos en las zonas con mayor estrés hídrico.



La figura 5 nos muestra el consumo de agua recirculada, el agua continental y el agua de mar por región. Podemos observar que el mayor consumo de agua se da en la región de Antofagasta donde existe la mayor actividad minera del cobre, pero también es destacable la cantidad de agua recirculada que hay en la región de Antofagasta, lo que demuestra la eficiencia que le dan las mineras de la zona al uso de cada gota de agua.

Figura 5: Consumo de agua total en minería por región 2015



Fuente: Cochilco



1.3 ¿De dónde proviene el agua utilizada en la industria minera?

Al observar estos datos queda preguntar: ¿De dónde se obtiene el agua? Si bien el agua recirculada es agua reutilizada y/o de tratamiento y el agua de mar proviene del océano, el agua continental puede provenir de distintas fuentes. La actividad minera se encuentra en una zona fuertemente afectada por la estrechez hídrica e históricamente es una zona de escasos recursos hídricos, por lo tanto de dónde sacar el agua es una interrogante fundamental.

Se consideran cuatro tipos de fuentes de abastecimiento de agua.

Aguas Superficiales:



De acuerdo al artículo 2º del Código de Aguas, las aguas superficiales son “aquellas que se encuentran naturalmente a la vista del hombre y pueden ser corrientes o detenidas”. Las aguas superficiales (aquellas que corren por cauces naturales como vertientes, esteros, ríos y quebradas, o se encuentran acumuladas en depósitos naturales como lagos, lagunas, pantanos, ciénagas, y embalses) se encuentran al alcance del hombre y son fácilmente encauzadas, desviadas y luego aprovechadas en actividades.

Aguas Subterráneas:



De acuerdo al artículo 2º del Código de Aguas, las aguas subterráneas son aquellas que “están ocultas en el seno de la tierra”. Las aguas subterráneas almacenadas en acuíferos o embalses subterráneos requieren de labores previas de exploración, con el objeto de ubicarlas y conocer sus características para su posterior explotación y aprovechamiento.

Aguas Adquiridas a Terceros:



Corresponde a flujos de agua obtenida mediante contratos con terceros. Compra de agua directamente a terceros con sus derechos respectivos, de esta forma no se compran los derechos, sino que el agua. Puede ser obtenida de aguas municipales, de sanitarias, entre otros proveedores.

Aguas de Mar:

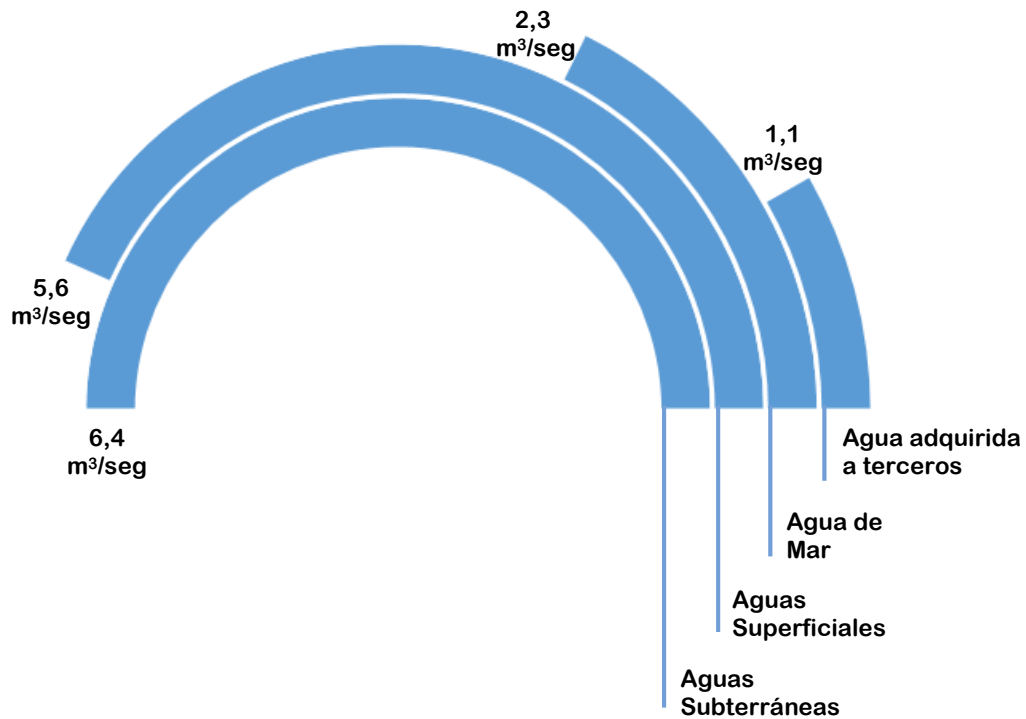


En este punto se hace referencia a toda agua de mar que es extraída desde la costa. Esta tiene dos vías posibles, ya sea utilizada directamente en los procesos o previa desalinización. Es importante destacar que el uso de agua de mar no requiere derechos de agua competitivos con el agua continental.



A nivel nacional la mayor fuente de extracción es el agua de origen subterráneo, constituyen el 42%, por otro lado el agua de origen superficial alcanza el 46% del agua, las de origen marino llegan al 15% y aquellas aguas adquiridas a terceros representan el 7%.

Figura 6: Fuentes de abastecimiento de agua para la minería a nivel nacional 2015



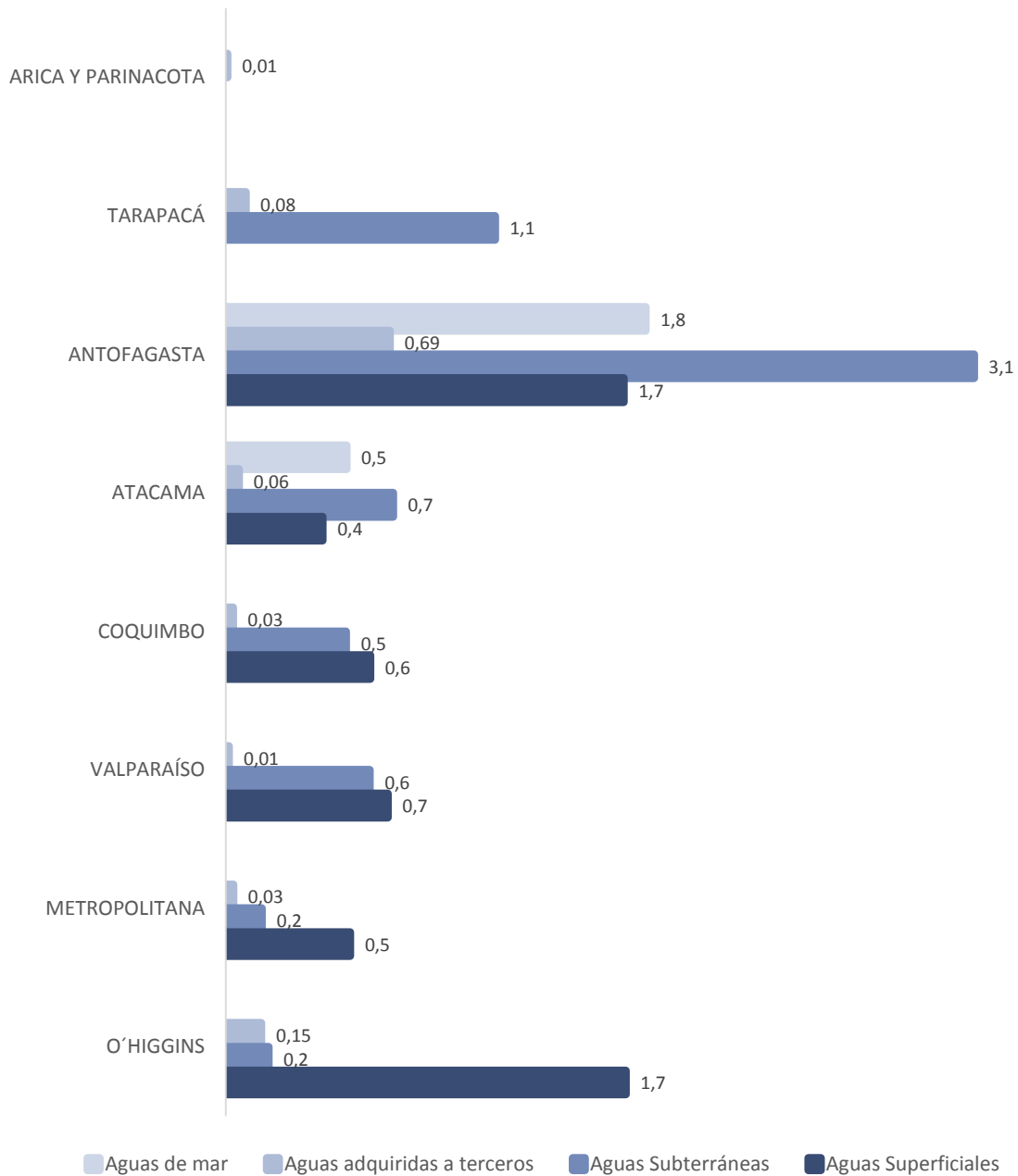
Fuente: Cochilco

Al igual que en el caso anterior, resulta fundamental conocer la distribución de los consumos de agua según fuente de abastecimiento a nivel regional, en la figura 7 observamos que la región de Antofagasta y Atacama son las únicas con consumos de agua de mar en la minería del cobre.

También se observa que a medida que nos vamos a regiones más australes el consumo de aguas superficiales aumenta porcentualmente con respecto a cada región, puesto que existe mayor disponibilidad en las regiones del sur, mientras que en las regiones del norte la mayor parte de las aguas proviene de fuentes subterráneas. Se estima que Chile posee un importante volumen de recursos subterráneos y que la recarga media estimada alcanza aproximadamente 55 m³/s desde la RM al norte, en este sentido se debe tener especial cuidado con el uso de aguas subterráneas de manera de evitar la sobreexplotación de los acuíferos y mantener siempre libre un caudal mínimo ecológico.



Figura 7: Fuentes de abastecimiento de agua a nivel regional para la minería del cobre 2015



Fuente: Cochilco

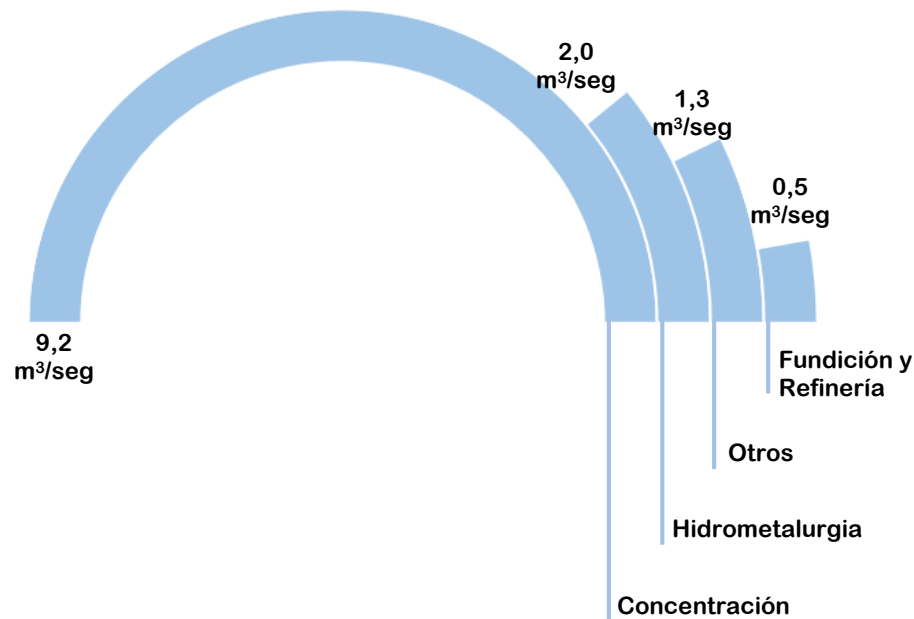
Si bien la minería no es quien más agua utiliza de forma consuntiva, esta actividad está ubicada principalmente en la zona norte y centro, donde la disponibilidad es menor que en la zona sur. Además la minería se ubica aguas arriba en las cuencas, lo cual implica relacionarse con otros actores y usuarios, principalmente para la agricultura y el consumo doméstico que se ubican aguas abajo.



1.4 ¿Qué tan intensivos en uso de agua son los principales procesos mineros?

De acuerdo al punto 1.1 el agua en la minería es utilizada en cinco grandes áreas. En esta ocasión analizaremos los consumos por procesos de aguas continentales, pues son aquellas que están sujetas a restricciones de disponibilidad.

Figura 8: Consumo de agua continental por proceso minero 2015



Fuente: Cochilco

Durante el 2015 el principal consumo de agua continental en la minería del cobre fue en el proceso de concentración de minerales sulfurados para la obtención de concentrados, el cual representa el 71% de las aguas continentales utilizadas en la minería. Le sigue el proceso de hidrometalurgia para la obtención de cátodos a partir de minerales oxidados, este proceso alcanza el 16% del total de aguas continentales.

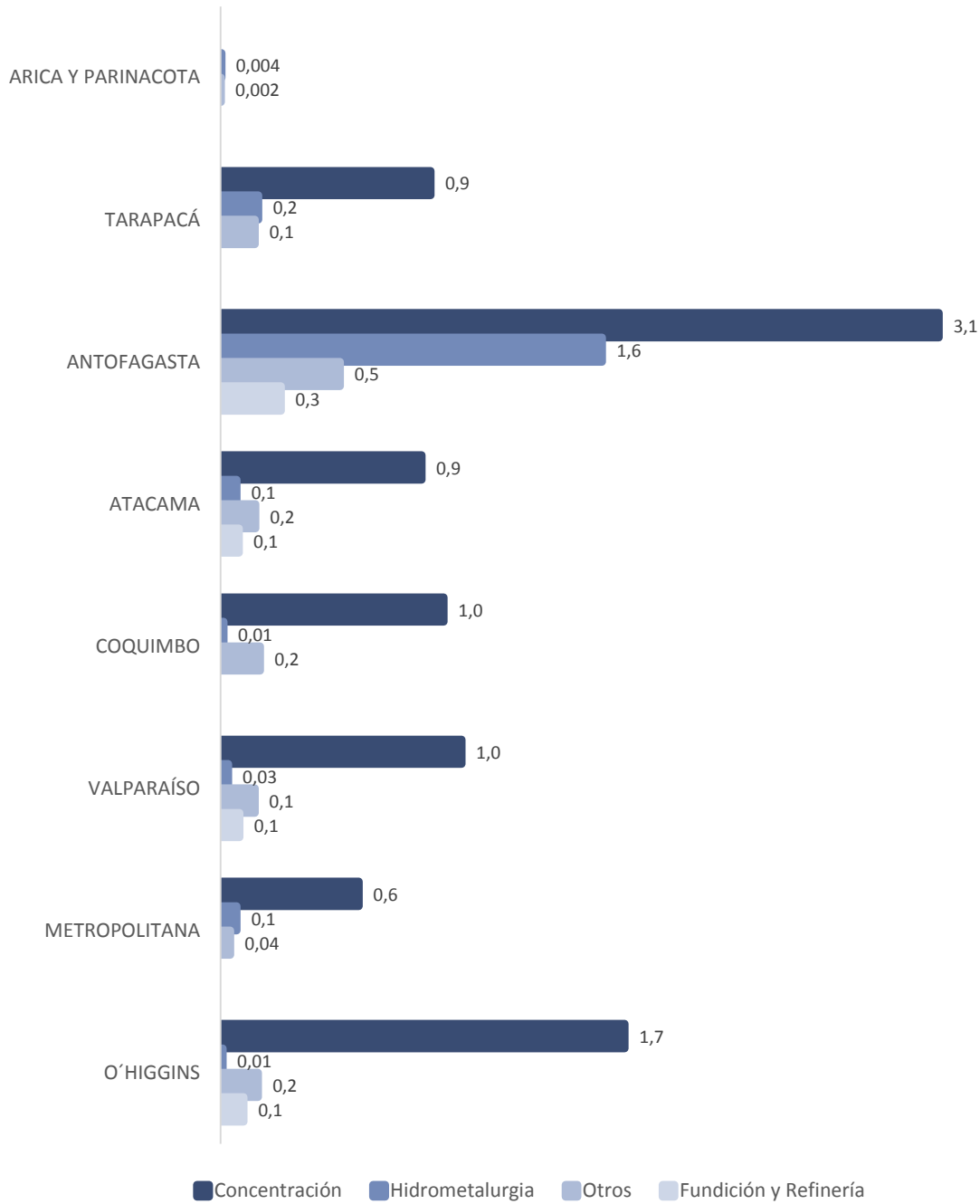
Por otra parte está el área mina y servicios, que conforman el ítem otros, en este punto se contabilizan las aguas utilizadas en campamentos, para riego, el agua utilizada para la supresión de polvo en caminos y otros procesos de bajo consumo de agua. El área otros representa el 10% del consumo de aguas continentales en la minería del cobre.

Finalmente el área de fundición y refinería representa el 4% del consumo total de aguas continentales.



A nivel regional los consumos por proceso durante el 2015 se observan en la figura 9, donde se puede apreciar que el proceso que más requiere de recursos hídricos es la concentración en todas las regiones.

Figura 9: Distribución regional de los consumos de agua continental por proceso minero 2015



Fuente: Cochilco



Capítulo 2:

Tendencias del consumo de agua en la minería del cobre



Capítulo 2: Tendencias del consumo de agua en la minería del cobre

Como vimos anteriormente para efectos de este informe consideraremos aguas continentales, las aguas subterráneas, aguas superficiales y las aguas adquiridas a terceros. De esta forma el análisis se centra en el consumo de aguas continentales en la minería, puesto que son aquellas fuentes que están sujetas a una insuficiencia y sobredemanda que exige a todos los usuarios realizar una correcta gestión del agua y disminuir su consumo en la mayor medida posible, por lo tanto su disponibilidad está limitada.

Por otra parte para evaluar la gestión sobre los recursos hídricos es necesario ver su evolución en el tiempo, su carácter temporal. En esta sección buscamos dar respuesta a la interrogante ¿Cómo ha variado el consumo de agua continental en los últimos años?

El análisis de las tendencias en el consumo de agua en la minería del cobre se realizara a nivel nacional, a nivel regional, por proceso dependiendo si es para tratamiento de minerales de sulfuros u óxidos y, finalmente, por fuente de origen de las aguas continentales.

2.1 Tendencias del consumo de agua total

En la tabla 1 observamos la variación en el consumo de aguas continentales por parte de la minería del cobre en los últimos años.

Tabla 1: Consumos de aguas continentales en la minería del cobre 2010-2015

Consumo de aguas continentales	2010	2011	2012	2013	2014	2015
m ³ /seg	12,65	12,56	12,38	12,72	12,95	13,07

Fuente: Cochilco

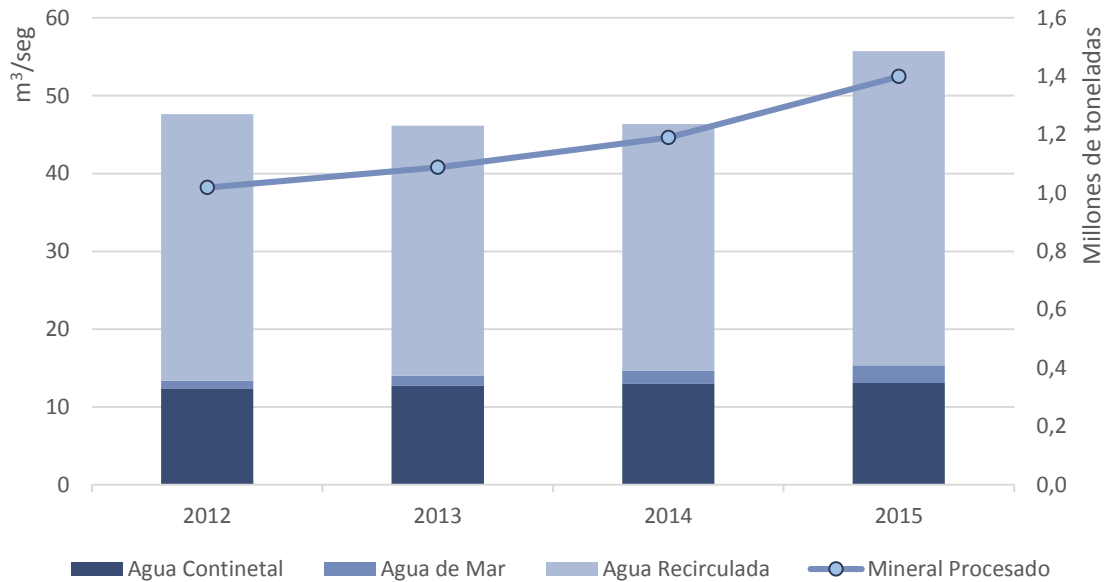
Al año 2015 la cantidad de agua continental utilizada por la minería del cobre alcanzo los 13,07 m³/seg, un 0,9% mayor que el año anterior.

En la figura 10, al analizar la tendencia de los consumos globales en la minería, podemos ver que la cantidad de agua recirculada ha visto un aumento constante en los últimos años, del mismo modo el agua de mar mantiene un incremento firme año a año.

Por su parte el uso de agua continental se ha mantenido estable en los últimos años, en la misma medida que la producción lo ha hecho desde el 2012 a la fecha. Sin embargo la cantidad de mineral procesado presenta un incremento, principalmente por la baja en las leyes, que no ha significado mayor uso de agua continental.



Figura 10: Consumo de agua total en la minería del cobre vs mineral procesado 2012-2015



Fuente: Cochilco

La gráfica nos muestra que para mantener una producción estable, con minerales de menores leyes, la industria ha reformado el uso de agua, aumentando la recirculación y el uso de agua de mar, sin aumentar considerablemente el uso de aguas continentales.

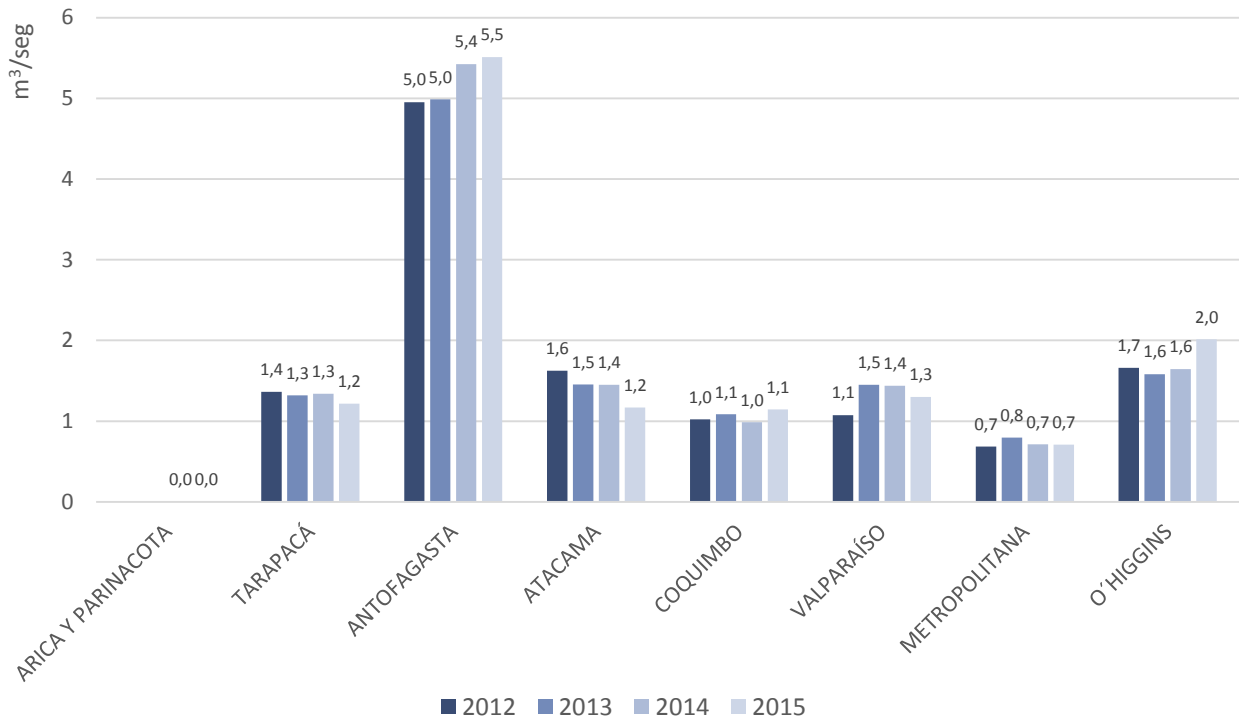
2.2 Tendencia del consumo de agua continental por región

Cada región tiene características diferentes: distinta disponibilidad de agua, mayor o menor zonas urbanas, diferentes tipos de agricultura, etc. Es por ello que es necesario una medición a nivel regional.

A nivel regional, el consumo es liderado por Antofagasta, región que produce más del 50% del cobre en Chile, seguido por la región de O'Higgins.



Figura 11: Tendencia en el consumo de aguas continentales en la minería del cobre a nivel regional 2012-2015



Fuente: Cochilco

Al analizar las variaciones anuales por región, destaca la región de Atacama, que presenta una disminución del 19% respecto al 2014, así como la región de Tarapacá y de Valparaíso que tuvieron una disminución del 9% en comparación con mismo periodo del 2014.

Por su parte la región Metropolitana mantuvo un consumo estable de agua continental, sin presentar variaciones significativas.

No obstante, las regiones de Arica y Parinacota, Antofagasta y Coquimbo, incrementaron sus consumos de aguas continentales respecto al 2014, este aumento en general se debe a un mayor procesamiento de mineral.

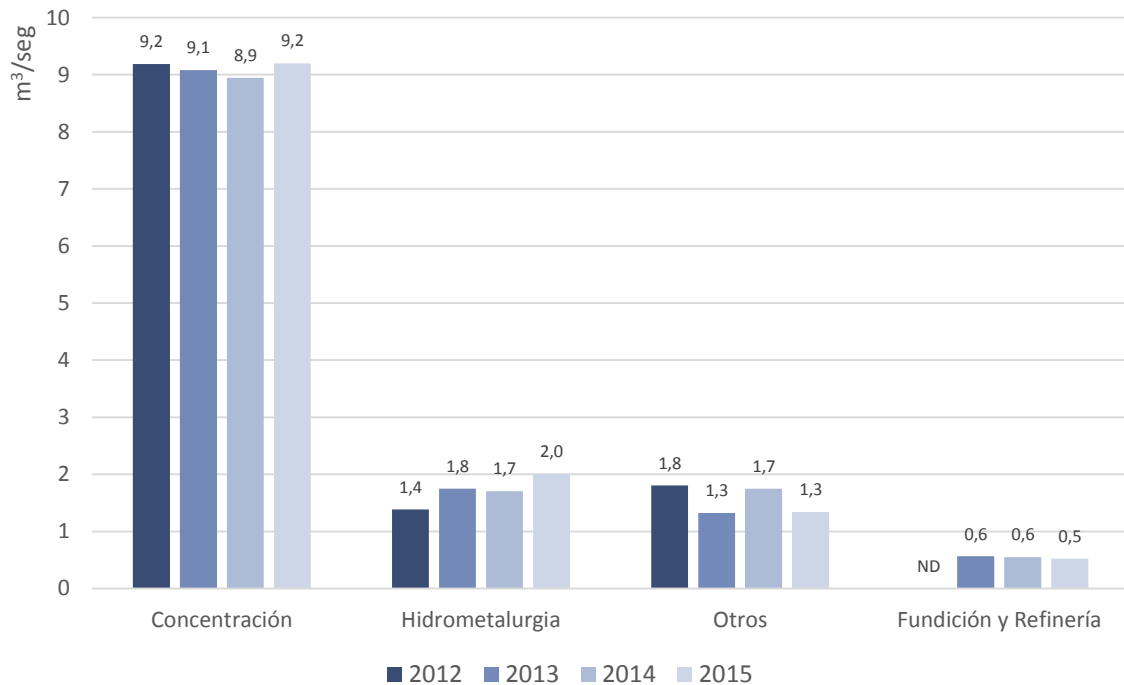


2.3 Tendencia del consumo de agua continental por proceso minero

Al analizar la variación de los consumo por proceso minero se observa que efectivamente el proceso de concentración para minerales sulfurados se mantiene como el mayor área de consumo, puesto que es el proceso que requiere mayor cantidad de agua.

En los últimos cuatro años su consumo ha visto un aumento a una tasa del 0,4% anual, mientras en el caso de la hidrometalurgia de minerales oxidados el consumo se ha mantenido más bajo en proporción, sin embargo su tasa de crecimiento anual es de 13%.

Figura 12: Tendencia en el consumo de aguas continentales en la minería del cobre según proceso productivo 2012-2015



Fuente: Cochilco

Cada proceso presenta consumos unitarios de agua distintos por diversos factores. En la actualidad se utilizan muchas técnicas para minimizar el consumo y recircular la mayor cantidad de agua posible, de manera de reducir la cantidad de agua fresca. Sin embargo hay pérdidas que, si bien han disminuido considerablemente gracias a la tecnología, siguen ocurriendo durante los procesos.



Tabla 2: Principales fuentes de pérdidas de agua

Principales pérdidas de agua en el proceso de Concentración	Principales pérdidas de agua en el proceso de Hidrometalurgia
Filtraciones	Evaporaciones en las pilas de lixiviación
Evaporaciones en colas de los estanques de flotación y espesamiento	Evaporaciones en los estanques
Retenciones en materiales de las colas	Lavado de la fase orgánica
Pérdidas de infiltración en tranques	Descarte de soluciones
Pérdidas en transporte de concentrados y relaves	

Fuente: Cochilco

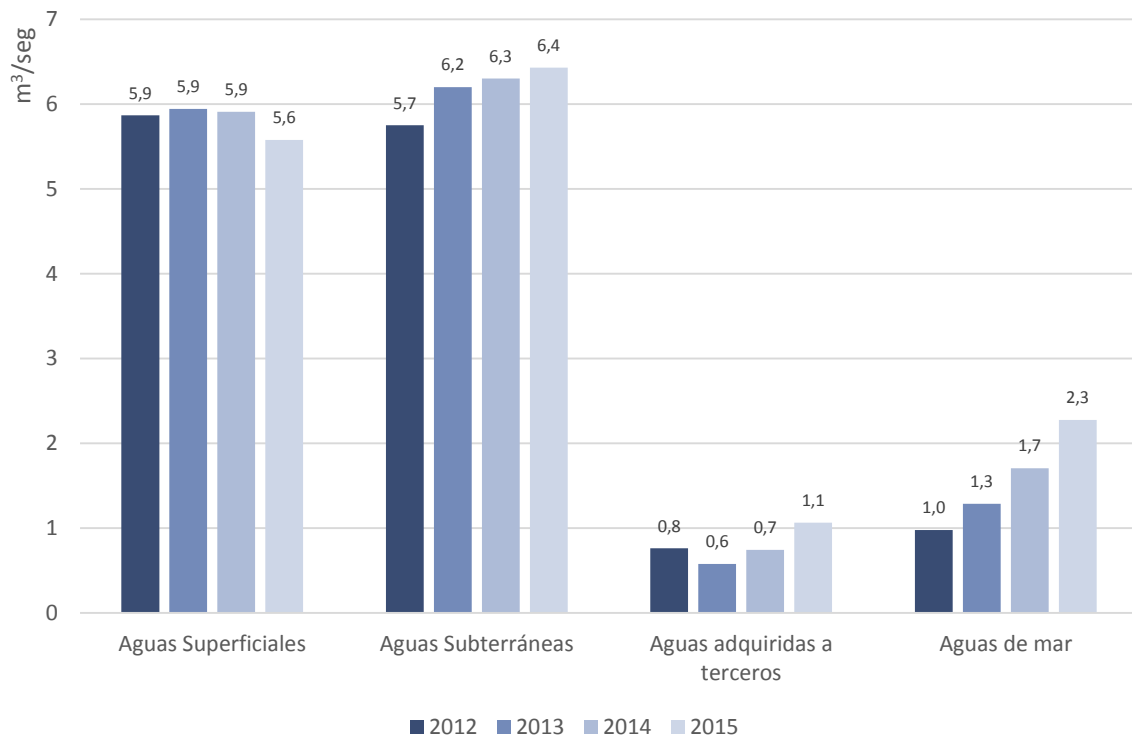


2.4 Tendencia del consumo de agua por fuente de abastecimiento

Conocer las variaciones en las fuentes de origen del agua para la minería del cobre resulta elemental para gestionar los recursos hídricos. A nivel nacional la utilización de aguas subterráneas para la minería del cobre ha tenido una tendencia creciente los últimos años, mientras que el uso de aguas superficiales ha visto una disminución.

Cabe destacar la tendencia al alza del uso de agua de mar para la minería, la cual aumento en un orden del 33% respecto al año anterior. El uso de agua de mar es parte de un enfoque integrado para la gestión de la oferta y la demanda de agua, lo que permite que a los entornos tener una mayor seguridad de abastecimiento.

Figura 13: Tendencia en el consumo de aguas en la minería del cobre según fuente de origen 2012-2015



Fuente: Cochilco

Sin embargo, no debemos olvidar que el agua de mar es sólo una opción de seguridad del agua, y los diferentes tipos de tratamiento de agua deben trabajar juntos para proporcionar una estrategia global, también tenemos que mirar todas las opciones alternativas disponibles, incluyendo la mejora en eficiencia, el reciclaje y nuevas tecnologías, y considerar los diferentes tipos de agua para diferentes propósitos según su calidad.



Capítulo 3:

Mejoras de eficiencia en la gestión del agua



Capítulo 3: Mejoras de eficiencia en la gestión del agua

En este capítulo se muestran los coeficientes unitarios de agua continental por tonelada mineral procesado, tanto para el proceso de concentración como el de hidrometalurgia. En primer lugar se analizan los datos históricos a nivel nacional, luego por región y por tamaño de minería, donde se analiza la distribución por quintiles de acuerdo a la cantidad de mineral tratado en cada proceso. Finalmente se analiza la información de recirculación en las operaciones mineras, ya que en una adecuada gestión de los recursos es primordial privilegiar las opciones de reciclaje por sobre el uso de agua continental.

3.1 Coeficientes unitarios a nivel nacional

La mejora de la eficiencia en el uso del agua significa aumentar la productividad del agua; es decir, reducir la intensidad de uso del agua a través de la maximización del valor de los usos del agua, mejorar la asignación del agua entre los diferentes usos a fin de obtener un mayor valor socioeconómico por gota de agua – garantizando los usos ambientales, y mejorar la eficiencia técnica de los servicios de agua y la eficiencia en la gestión de su prestación durante todo el ciclo de vida completo.

En la tabla 3 se observan los coeficientes unitarios por proceso, esto es decir la cantidad de agua de origen continental para procesar una tonelada de mineral. En este aspecto las leyes del mineral juegan un rol fundamental, pues para obtener una misma cantidad de cobre fino tendremos que procesar una mayor o menor cantidad de mineral dependiendo de su porcentaje de cobre contenido.

Tabla 3: Coeficientes unitarios por proceso en la minería del cobre 2010-2015

Coeficientes unitarios	Unidades	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Concentración	m ³ /ton_min	0,69	0,65	0,61	0,57	0,53	0,52
Hidrometalurgia	m ³ /ton_min	0,12	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08

Fuente: Cochilco



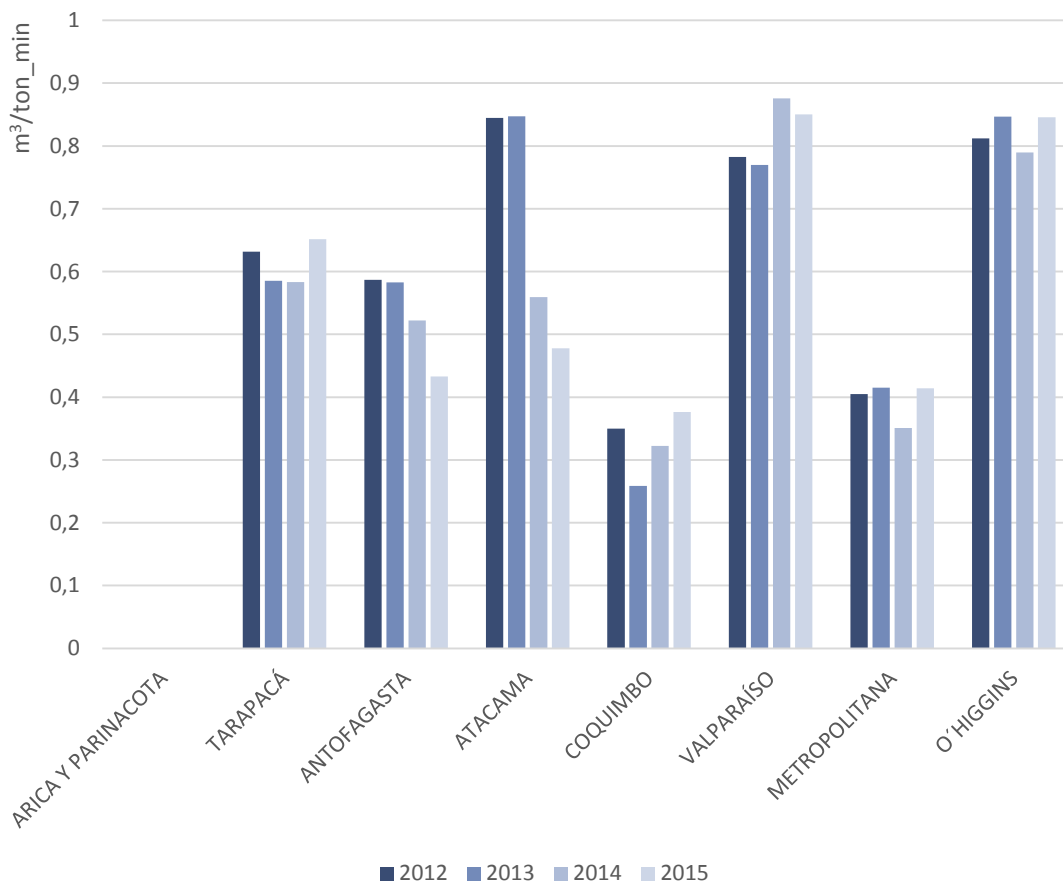
3.2 Coeficientes unitarios a nivel regional

La figura 14 muestra la variación de los coeficientes unitarios para el proceso de concentración. Se observa una constante mejora en la región de Antofagasta y de Atacama, principalmente por el uso de agua desalinizada.

En la región de Tarapacá y la región metropolitana la disminución de eficiencia es por una menor cantidad de mineral procesado, mientras en Coquimbo, la baja en la *performance* es producto de la incorporación de datos de pequeñas mineras que tienen más dificultades en lograr eficiencias a menor escala.

En la región de O'Higgins la disminución de la eficiencia en concentradora se debe al aumento de agua contenida en los relaves procesados.

Figura 14: Coeficientes unitarios en concentración en la minería del cobre 2012-2015

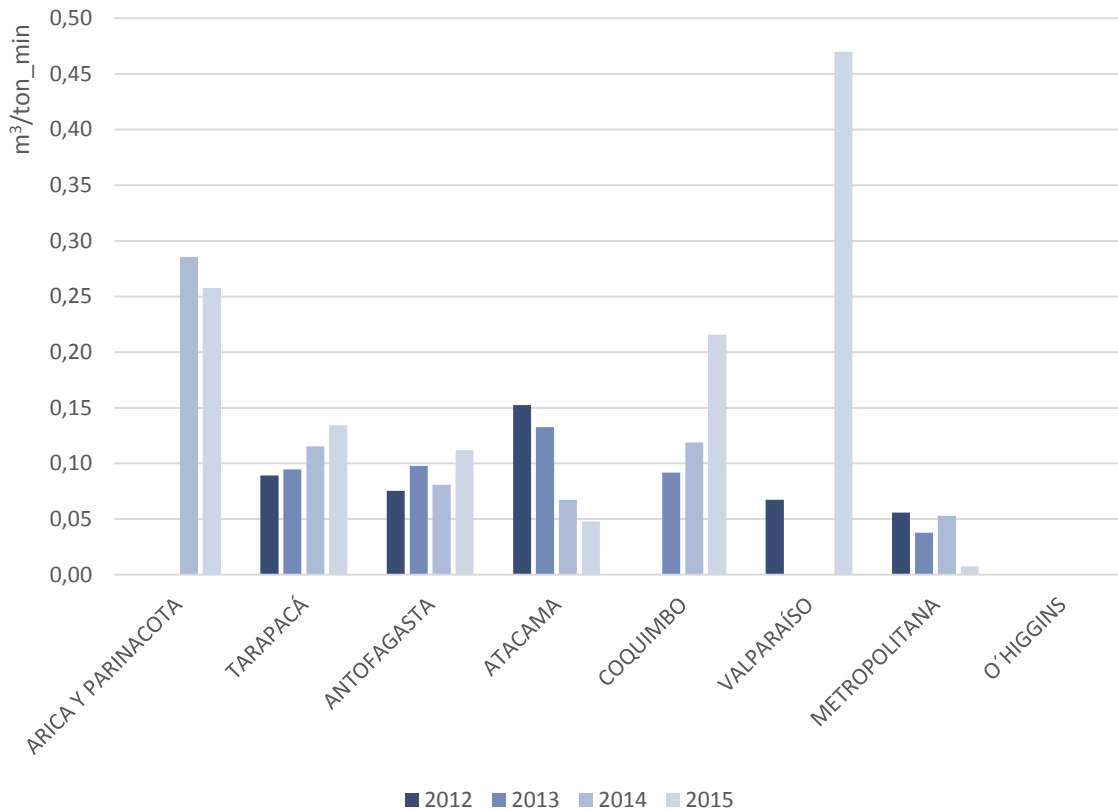


Fuente: Cochilco



Por otra parte tenemos los coeficientes unitarios de agua continental por tonelada de mineral tratado para la obtención de cátodos a través de la hidrometalurgia.

Figura 15: Coeficientes unitarios en hidrometalurgia en la minería del cobre 2012-2015



Fuente: Cochilco

En el caso de la hidrometalurgia destaca la región de Atacama, donde se aprecia una baja constante en los últimos años en el uso de agua continental para el procesamiento de minerales oxidados, esto principalmente por el uso de agua de mar para la lixiviación. La información anterior muestra el mayor esfuerzo de las compañías mineras por disminuir su consumo de agua fresca en sus procesos en aquellas regiones con un mayor déficit de agua.

Por otra parte la región de Valparaíso muestra un considerable aumento para el 2015 en el coeficiente unitario, si bien la cantidad de agua consumida para la hidrometalurgia en esa región es baja, la eficiencia en su uso es lamentable, la principal razón es por la considerable pequeña y mediana minería que no cuentan con procesos de captación de aguas para su reúso o tecnologías de optimización del recurso.



3.3 Coeficientes unitarios según tamaño de minería

Como vimos en la sección anterior, muchas veces el tamaño puede afectar la eficiencia en el uso del recurso, es por ello que a continuación se presenta un análisis del consumo de agua continental por mineral procesado para cada proceso según el tamaño de minería.

Para este análisis consideramos gran minería del cobre, aquellas operaciones que procesan una cantidad mayor o igual a 8.000 tpd, y consideraremos de mediana minería las que estén por debajo de ese umbral.

Tabla 4: Coeficientes unitarios por tamaño de minería 2010-2015

Coeficientes unitarios	Unidades	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Concentración							
Gran minería del cobre	m ³ /ton_min	0,68	0,63	0,59	0,57	0,53	0,50
Mediana minería del cobre	m ³ /ton_min	0,9	0,88	0,88	0,85	0,59	0,89
Hidrometalurgia							
Gran minería del cobre	m ³ /ton_min	0,11	0,12	0,10	0,10	0,08	0,08
Mediana minería del cobre	m ³ /ton_min	0,19	0,24	0,10	0,06	0,15	0,25

Fuente: Cochilco

Con estos resultados podemos decir que el tamaño afecta en la eficiencia, puesto que permite generar economías de escala e invertir en tecnologías nuevas que permitan disminuir el consumo de agua, que justifican económicamente la mayor aplicación de medidas para aumentar la conservación de los recursos hídricos y su reutilización en el tratamiento.

Sin embargo, es importante rescatar el uso de agua de mar en algunas operaciones de mediana minería para la obtención de cátodos, lo que permite un uso eficiente de los recursos hídricos y demuestra una vez más el compromiso del sector por disminuir el consumo de agua fresca.

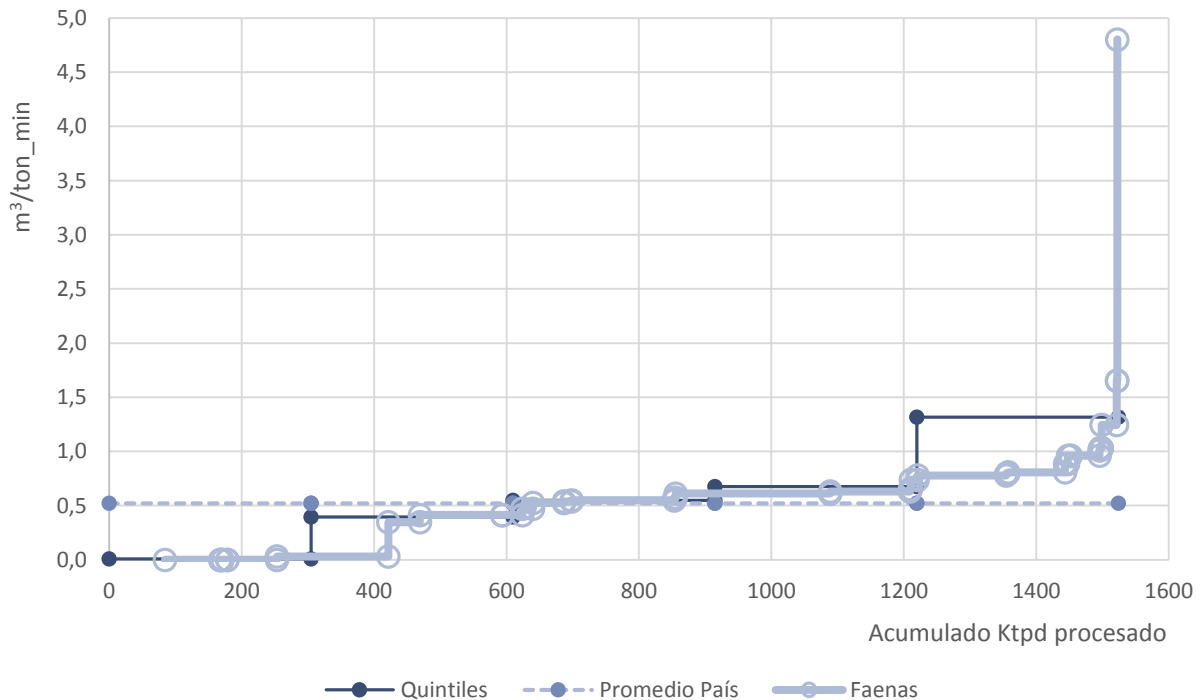


3.3.1 Distribución en quintiles consumo de agua según mineral procesado

Una manera de generar un análisis de mayor detalle de eficiencia en relación a los coeficientes unitarios corresponde a reordenar las operaciones en quintiles según el total de mineral tratado por las plantas. Al dividir el mineral procesado acumulado en quintiles de 305 Ktpd, se puede hacer un análisis más detallado de la influencia del tamaño de las plantas en el consumo unitario. Cada quintil es representado por la línea de color azul oscuro expresado en Ktpd y cuya altura corresponde al promedio del consumo unitario de agua fresca en m³/ton de ese quintil. La línea celeste expresa el nivel de tratamiento de mineral, donde la distancia de un punto a otro (distancia horizontal entre los círculos) representa el tamaño de la operación. Así mientras mayor sea la distancia entre los puntos, mayor será el nivel de mineral procesado por la faena.

La figura 16 permite discriminar a las empresas en los primeros quintiles, las cuales son mayoritariamente aquellas que utilizan agua de mar, lo que les permite reducir su consumo de agua fresca, seguidas por aquellas con mayores tasas de recirculación de agua en la concentradora. En la parte alta de la curva, se presentan principalmente plantas de mayor antigüedad, lo que afecta su rendimiento en lo relativo al indicador mostrado. Esta situación se debe principalmente a la estructura de costo de las operaciones que permite optimizar el consumo de agua, o en algunos casos a factores operacionales como la dificultad de recircular las aguas desde los relaves.

Figura 16: Curva quintiles para mineral sulfuros 2015



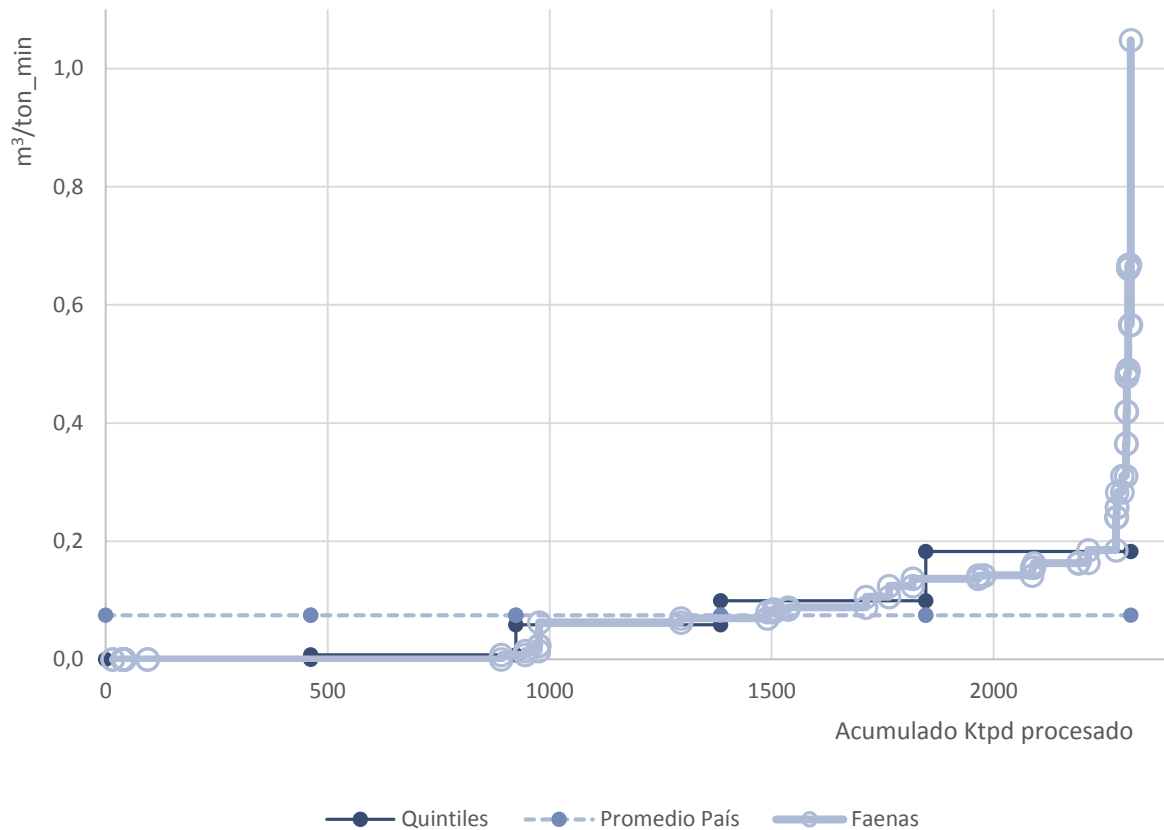
Fuente: Cochilco



En el caso de la hidrometalurgia, vemos que en general las empresas de menor tamaño, representado por la distancia horizontal entre los puntos de la línea celeste, son menos eficiente que el promedio de la industria

De acuerdo a los datos se concluye la importancia de la escala para lograr una mayor eficiencia en el consumo en este tipo de proceso. Las operaciones ubicadas en la parte baja de la curva, son aquellas que utilizan agua de mar, sin embargo un componente característico de las operaciones que tienen mayor eficiencia concierne al hecho de estar especializadas en la producción de cátodos por vía de la electro obtención, dejando así a las operaciones mixtas que poseen ambos procesos metalúrgicos en la zona intermedia del gráfico.

Figura 17: Curva quintiles para mineral óxidos



Fuente: Cochilco



3.4 Recirculación

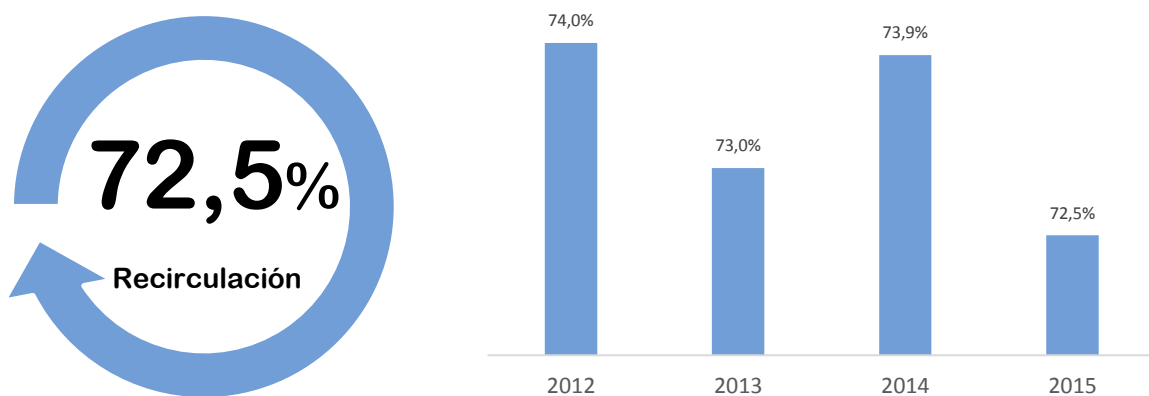
La recirculación es clave en la gestión de los recursos hídricos en la minería del cobre, los excedentes de agua pueden ser reutilizados dentro de un mismo proceso, en etapas diferentes, o enviadas desde y hacia procesos distintos, de acuerdo a los requerimientos de calidad y cantidad de cada uno de ellos. En ambos casos, se produce un ahorro importante por efecto de la optimización del uso del recurso y la reducción en los volúmenes de aguas que deben ser tratadas previo a su descarga.

A continuación analizaremos la recirculación tanto en las operaciones como en la concentradora.

3.4.1 Recirculación en operaciones

A nivel nacional la tasa de recirculación en las faenas es de un 72,5%, ponderado según la producción de cada región. Este porcentaje se calcula como el total de aguas recirculadas que entran a la operación dividido por el flujo total de aguas que entran independiente de su fuente de origen.

Figura 18: Tendencia en tasa de recirculación en operaciones de la minería del cobre 2012-2015



Fuente: Cochilco

De acuerdo a los datos entregados por las empresas, durante el 2015 la región con mayor recirculación de agua en la faena fue la región de Coquimbo con un 80%. Esta región se encuentra bajo un severo estrés hídrico y corresponde a la región donde hay más competencia por el agua para otros usos, como el agrícola. Luego viene la Región Metropolitana con un 78%, gracias a la entrada en operación del proyecto de desarrollo Los Bronces, que aumentó la tasa de recirculación.

En el caso de los minerales de sulfuros al maximizar la recirculación desde los espesadores y tranques, evitando fugas y minimizando evaporaciones es posible alcanzar valores de consumo bajos. Por otra parte en el caso de los óxidos, recirculando las soluciones, evitando infiltraciones y minimizando la evaporación el consumo de agua puede optimizarse.



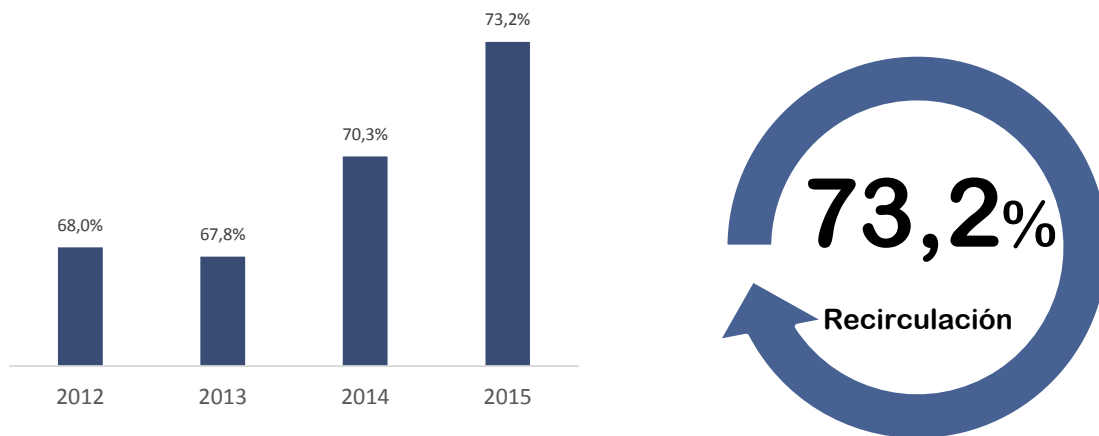
3.4.2 Recirculación en concentradora

El porcentaje de recirculación se calcula dividiendo la cantidad total de agua recirculada por el total de agua utilizada en el proceso incluyendo la recirculación y el flujo neto de las reservas de agua.

En el caso de la concentradora la recuperación de las aguas debe ser maximizada para minimizar el consumo de aguas continentales y disminuir la cantidad de descarga. Al ser un proceso muy intensivo en el uso del recurso, sobre todo por el proceso de flotación, es deseable reutilizar la mayor cantidad de agua posible.

A nivel nacional la tasa de recirculación en las plantas concentradoras es de un 73,2%, y en los últimos años ha visto una tendencia creciente, como se observa en la figura 19. En general, cuando las faenas tienden a igualar el consumo de agua fresca con el uso total de agua en la operación es porque la recirculación no resulta técnicamente factible. Habitualmente esto ocurre cuando la planta concentradora se encuentra ubicada a mayor altura que los relaves y/o espesadores, lo que significa un alto costo energético y de inversión para bombear agua de vuelta al proceso, siendo económicamente inconveniente.

Figura 19: Tendencia en tasa de recirculación en concentradora de la minería del cobre 2012-2015



Fuente: Cochilco

La IV Región de Coquimbo es la que tiene mayor tasa de recirculación en la planta concentradora con un 83%, principalmente gracias a la acción de la mina Los Pelambres. La Región Metropolitana también alcanza altos valores de recirculación alcanzando un 80% gracias a la operación Los Bronces, que con el Proyecto de Desarrollo Los Bronces aumentó su tasa de recirculación.



Capítulo 4: Agua de Mar

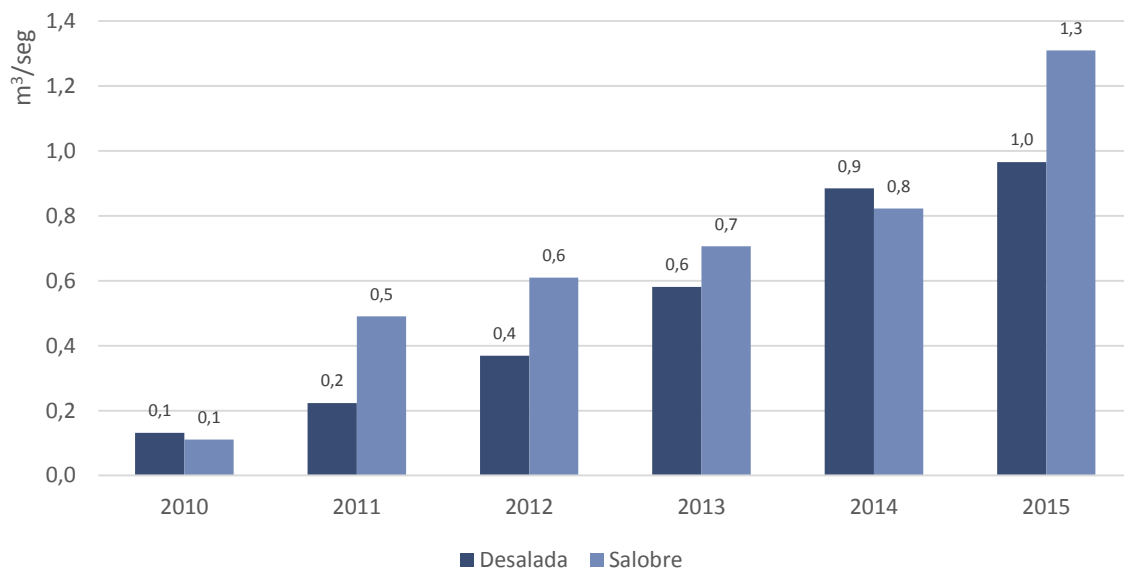


Capítulo 4: Agua de Mar

4.1 Tendencia en el uso del agua de mar

El cambio climático, el crecimiento de la población y el uso de agua a nivel industrial, entre otros, influyen en la disponibilidad de agua, mientras que la expansión de la infraestructura urbana también ejercerá presión sobre la calidad de los cursos de agua naturales. Esto significa que las soluciones de agua a largo plazo deben ser flexibles, adaptables y ambientalmente sostenibles. En este sentido la diversificación de la fuente resulta esencial para la estrategia de agua, y el agua de mar es una fuente abundante.

Figura 20: Uso de agua de mar en la minería del cobre 2010-2015



Fuente: Cochilco

En los últimos años el uso de agua de mar en operaciones mineras ha visto una tendencia creciente, y al 2015 alzando los 2,23 m³/seg, un 15% del agua utilizada en minería, de ellos 1,3 m³/seg corresponden a agua de mar utilizada directamente en los procesos con un alto contenido de sal, mientras que 1 m³/seg es de agua previamente desalinizada.

Algunas minas han recurrido al agua de mar como un recurso inagotable de agua para las operaciones, aunque esto se produce en mayor riesgo de mayores requerimientos de energía y los costes financieros.

Es fundamental estar al tanto de la estrecha relación que existe entre el uso de agua de mar y el consumo energético, pues de una manera u otra estamos traspasando el obstáculo de escases hídrica a un problema energético, en un contexto de déficit energético.



4.2 Operaciones y proyectos mineros con agua de mar

Esta integración entre agua y energía planteada de una manera más amplia deberá ayudar a los tomadores de decisiones y los gestores del agua y de la energía para delinear políticas y la adaptación futuras capacidades que se deben adoptar para superar el uso insostenible del agua.

Dada la relevancia que tiene y tendrá el uso de agua de mar en la industria minera del cobre, se indica a continuación el catastro de las plantas desaladoras y con uso directo de agua de mar (sin desalar) presentes en el país, ya sea aquellas que están en operación o en distintos grados de avance según la información pública indicada por las empresas.

Tabla 5: Catastro plantas desaladoras y sistemas de impulsión (SIAM) en la minería

Año puesta en marcha	Condición	Compañía	Nombre	Región	Capacidad Planta Desaladora (lts/seg)	Capacidad Agua de Mar Directa (lts/seg)
-	Base	BHP Billiton	Planta Coloso	Antofagasta	525	-
-	Base	Antofagasta Minerals	Planta desaladora Michilla	Antofagasta	75	23
-	Base	Antofagasta Minerals	Distrito Centinela (Ex Esperanza)	Antofagasta	50-150	780-1.500
-	Base	SLM Las Cenizas	Las Cenizas Tal Tal	Antofagasta	9	55
-	Base	Compañía Minera Tocopilla	Mantos de Luna	Antofagasta	20	5
-	Base	Lundin Mining	Candelaria	Atacama	300-500	-
-	Base	AngloAmerican	Mantoverde	Atacama	120	-
-	Base	Minera Quadra Chile	Sierra Gorda	Antofagasta	63	1.315
-	Base	Antofagasta Minerals	Agua desalada Antucoya	Antofagasta	50	280
-	Base	Minera Pampa Camarones	Pampa Camarones	Parinacota	5	25
2017	Base	BHP Billiton	Escondida Water Supply (EWS)	Antofagasta	3.200	-
2018	Posible	Antofagasta Minerals	Los Pelambres ampliación marginal	Coquimbo	400	-
2019	Probable	Capstone	Agua de mar Santo Domingo	Atacama	260-290	355
2019	Posible	Codelco Norte	Planta desaladora RT Sulfuros Fase II	Antofagasta	1.630-1.950	-



2020	Potencial	Teck	Quebrada Blanca Hipógeno	Tarapacá	1.300	-
2019	Posible	Minera Can Can	Diego de Almagro	Atacama	30	315
2019	Posible	BHP Billiton	Spence Growth Project (Minerales primarios)	Antofagasta	800 - 1.600	-
2019	Probable	Pucobre	El Espino	Coquimbo	5	-
2019 - 2024	Posible	Antofagasta Minerals	Distrito Centinela Ampliación	Antofagasta	178	-
2022	Hipotético	Goldcorp y Teck	Proyecto Corredor (Ex Relincho y El Morro)	Atacama	740	-
S/I	Hipotético	Lundin Mining	El Abra Mill Project	Antofagasta	500	-
S/I	Hipotético	Lundin Mining	Ampliación Planta Candelaria	Atacama	S/I	S/I
S/I	Hipotético	Antofagasta Minerals	Los Pelambres Ampliación IV	Coquimbo	1.200	-
S/I	Hipotético	Glencore	Lomas Bayas III	Antofagasta	-	500
S/I	Hipotético	Collahuasi	Collahuasi Fase III	Antofagasta	1.500	-

Fuente: Cochilco en base a información pública.



Capítulo 5: Comentarios finales



Capítulo 5: Comentarios finales

5.1 Conclusiones e implicancias en el desarrollo de políticas públicas

A partir de los datos obtenidos de la encuesta anual, podemos establecer que el consumo de aguas continentales en el año 2015 alcanzó los 13,07 m³/seg en el sector de la minería del cobre. Esto representa un aumento de 0,12 m³/seg, apenas un 0,93% respecto al año anterior. A nivel de proceso, un 71% del consumo de agua continental se utiliza en el procesamiento mediante flotación para la obtención de concentrados de cobre, un 15% es utilizado para la obtención de cátodos electro obtenidos, un 4% se utiliza en la fundición y refinería, mientras que el 10% restante corresponde a ítem “otros” donde se incluye el agua para el área mina y servicios anexos, campamentos, supresión de polvo y agua potable, entre otros.

Al analizar las variaciones anuales vemos que el crecimiento de los consumos de aguas continentales se ha mantenido estable en los últimos cuatro años (2013 vs 2012, +2,75%; 2014 vs 2013, +1,81% y 2015 vs 2014, +0,93%). Por el contrario, el consumo de agua de mar ha crecido en torno al 33% anual en los últimos cuatro años (2013 vs 2012, +31,63%; 2014 vs 2013, +32,56% y 2015 vs 2014, +32,75%), el uso de agua de mar es parte de un enfoque integrado para la gestión de la oferta y la demanda de agua, lo que permite a los entornos tener una mayor seguridad de abastecimiento.

Para dicho periodo, al analizar los consumos de agua por tipo de fuente de extracción se obtiene que a nivel nacional las aguas de origen subterráneo alcanzan un 42% de las extracciones, las de origen superficial un 36%, aquellas adquiridas a terceros un 7% y las de aguas provenientes del mar constituyen un 15% del total. A nivel nacional la utilización de aguas subterráneas para la minería del cobre ha tenido una tendencia creciente los últimos años, mientras que el uso de aguas superficiales ha visto una disminución.

En relación al consumo unitario de agua fresca que determina la cantidad de agua necesaria para procesar una tonelada de mineral, podemos concluir una mejora en la eficiencia de las operaciones. En efecto, se han reducido los consumos de agua continental por tonelada de mineral. De acuerdo al diagnóstico elaborado, el consumo unitario promedio para los minerales sulfurados durante el 2015 fue de 0,52 m³/ton_min, mientras que el consumo promedio para los minerales lixiviables fue de 0,08 m³/ton_min, con una marcada tendencia a la baja en los últimos años. A nivel regional la variación de los coeficientes unitarios para el proceso de concentración presentan una constante mejora en la región de Antofagasta y de Atacama, principalmente por el uso de agua desalinizada, mientras que en el caso de la hidrometalurgia destaca la región de Atacama, donde se aprecia una baja constante en los últimos años en el uso de agua continental para el procesamiento de minerales oxidados, esto principalmente por el uso de agua de mar directa para la lixiviación. En ambos casos se aprecia una voluntad de las compañías mineras por disminuir su consumo de agua de origen continental en sus procesos en aquellas regiones con un mayor déficit de agua.



En base a los resultados podemos señalar que el tamaño afecta en la eficiencia, puesto que permite generar economías de escala e invertir en tecnologías nuevas que permitan disminuir el consumo de agua, que justifican económicamente la mayor aplicación de medidas para aumentar la conservación de los recursos hídricos y su reutilización en el tratamiento.

En la misma línea de indicadores de eficiencia, se determinó el porcentaje de reutilización de las aguas, tanto en la faena completa como en la planta concentradora, que para el año 2015 fueron de 72,5% y 73,2%, respectivamente. Las empresas mineras han mejorado la eficiencia en el uso de agua y por lo tanto han logrado disminuir el consumo total. La recirculación de agua había venido disminuyendo en los últimos cuatro años, pero ya en el último periodo creció un 27,34%, lo que muestra que la industria está buscando ser eficiente en el consumo de este recurso.

Ahora bien al reflexionar e interpretar los resultados obtenidos podemos establecer algunas líneas generales para enfocar algunos lineamientos de política pública en la materia. En el contexto de estrechez hídrica, han surgido nuevas responsabilidades y necesidades de información de las partes interesadas. Hoy en día es necesario ir más allá del territorio de la empresa, es primordial considerar el territorio compartido y considerar a todos los actores involucrados. Es necesario un pensamiento a largo plazo con sentido de comunidad, una mirada analítica de los impactos acumulados, en definitiva una directriz de desarrollo sustentable. Por ello, la industria minera ha hecho esfuerzos por actuar con mayor responsabilidad, reduciendo sus consumos unitarios de aguas continentales y alcanzando altas tasas de recirculación; si bien no pueden controlar la ley del mineral, si se han hecho cargo del consumo de agua para procesar dicho mineral.

Desde la mirada gubernamental, observamos que para el buen desarrollo de una política pública es necesario contar con datos, es así como este estudio contribuye a la planificación y coordinación con otros actores para la toma de decisiones. En otro aspecto, consideramos necesario el desarrollo de incentivos de eficiencia. Si bien la industria ha actuado con mayor responsabilidad, eso no basta, por lo que surge el desafío del desarrollo una política pública para el incentivo de eficiencia en el uso de agua, no solo en la industria minera sino a nivel nacional.

Finalmente con respecto al uso de agua de mar, vemos que su consumo está íntimamente ligado al consumo de energía, por lo que se pone de relieve la importancia de una mayor integración entre el agua y la energía sostenible, en el que la reutilización del agua, combinado con la gestión integrada por cuencas, podrían proporcionar una solución para la escasez observada en las cuencas altamente vulnerables ubicadas en ambientes áridos. En esta misma línea, gracias al diagnóstico que se realiza a través de este estudio es posible identificar las regiones que se ven más afectadas por la actividad minera de manera de optimizar el uso de estos. A escala regional, compartir la red de tuberías e infraestructura de desalinización para el suministro de agua de mar entre las distintas empresas de minería aparece como una propuesta lógica para un menor consumo de energía y la disminución de los costos financieros.



Anexos



Anexos

A1. Estadísticas nacionales

Tabla N°1

CONSUMO DE AGUA CONTINENTAL EN LA MINERÍA DEL COBRE POR PROCESO Y TOTAL									
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Var 2014-2015
Concentración	lts/seg	8.724	9.144	8.856	9.190	9.079	8.947	9.201	2,8%
Hidrometalurgia	lts/seg	2.184	1.856	1.778	1.384	1.751	1.705	2.008	17,8%
Otros	lts/seg	1.362	1.651	1.930	1.804	1.324	1.748	1.339	-23,4%
Fundición y Refinería	lts/seg	ND	ND	ND	ND	566	551	523	-5,1%
TOTAL PAÍS	lts/seg	12.27	12.651	12.564	12.379	12.719	12.951	13.072	0,9%

* El ítem "otros" corresponde a agua utilizada en la mina para la supresión de polvo en caminos, agua potable utilizada en campamentos, y de servicios auxiliares.

* Fundición y Refinería se encontraba en el ítem otros, al 2015 se integran más fundiciones al catastro y se actualiza 2013 y 2014.

Tabla N°1.1

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL CONSUMO DE AGUA CONTINENTAL EN LA MINERÍA DEL COBRE POR PROCESO									
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Concentración	%	71,1	72,3%	70,5%	74,2%	71,4%	69,1%	70,4%	
Hidrometalurgia	%	17,8	14,7%	14,1%	11,2%	13,8%	13,2%	15,4%	
Otros	%	11,1	13,1%	15,4%	14,6%	10,4%	13,5%	10,2%	
Fundición y Refinería	%	-	-	-	-	4,4%	4,3%	4,0%	

Tabla N°2

EXTRACCIÓN DE AGUA EN LA MINERÍA DEL COBRE SEGÚN FUENTE DE EXTRACCIÓN									
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Var 2014-2015
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	5.867	5.942	5.908	5.577	-5,6%
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	5.749	6.200	6.302	6.430	2,0%
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	763	577	742	1.064	43,5%
Aguas de mar	lts/seg	316	243	713	978	1.287	1.707	2.275	33,3%

* Las aguas superficiales son aquellas que corren por cauces naturales como vertientes, esteros, ríos y quebradas, o se encuentran acumuladas en depósitos como lagos, lagunas, pantanos, ciénagas, y/o embalses.

* Las aguas subterráneas son aquellas que están ocultas bajo tierra, almacenadas en acuíferos o embalses subterráneos que requieren de labores previas de exploración.

* Las aguas adquiridas a terceros hace referencia a un contrato con terceros donde se compra el agua directamente.

* El agua de mar corresponde a toda agua de mar que es extraída desde la costa, ésta tiene dos vías posibles, ya sea utilizada directamente en los procesos o previa desalinización.

* Datos 2009-2011 "No Disponibles" por cambio en el formato de la encuesta.



Tabla N° 3

USO DE AGUA DE MAR EN LA MINERÍA DEL COBRE									
Año	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Var 2014- 2015
	Desalada lts/seg	180	132	223	369	581	885	965	9,1%
	Salobre lts/seg	136	111	490	609	706	822	1.309	59,3%
TOTAL	lts/seg	316	243	713	978	1.287	1.707	2.275	33,3%

* De acuerdo a lo reportado por las empresas mineras

* 2011 incluye Esperanza según reporte sustentabilidad de la empresa

* 2014 actualizado según datos entregados al 2015

Tabla N°4

CONSUMO UNITARIO DE AGUA CONTINENTAL POR TONELADA DE MINERAL PROCESADO/TRATADO									
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Var 2014- 2015
	Concentración m3/ton_min	0,67	0,69	0,65	0,61	0,57	0,53	0,52	-2,4%
	Hidrometalurgia m3/ton_min	0,12	0,12	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	-6,7%

Tabla N° 5

CONSUMO UNITARIO DE AGUA CONTINENTAL DE ACUERDO AL TAMAÑO DE EMPRESA									
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Var 2014- 2015
CONCENTRACIÓN									
	Gran Minería del Cobre m3/ton_min	0,67	0,68	0,63	0,59	0,57	0,53	0,50	-5,2%
	Mediana Minería del Cobre m3/ton_min	0,78	0,90	0,88	0,88	0,85	0,59	0,89	50,4%
	PROMEDIO PAÍS	0,67	0,69	0,65	0,61	0,57	0,53	0,52	-2,4%
HIDROMETALURGIA									
	Gran Minería del Cobre m3/ton_min	0,12	0,11	0,12	0,10	0,10	0,08	0,07	-10,2%
	Mediana Minería del Cobre m3/ton_min	0,11	0,19	0,24	0,10	0,06	0,15	0,25	68,2%
	PROMEDIO PAÍS	0,12	0,12	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	-6,7%

Tabla N°6

RECIRCULACIÓN DE AGUA EN LA OPERACIÓN COMPLETA									
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Var 2014- 2015
	Agua Recirculada total lts/seg	ND	ND	25.367	34.291	32.138	31.708	40.382	27,4%
	Tasa de recirculación total promedio %	ND	ND	68,7%	74,0%	73,0%	73,9%	72,5%	-2,0%

Tabla N°7

RECIRCULACIÓN DE AGUA EN LA CONCENTRADORA									
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Var 2014-2015
Agua Recirculada en concentradora	lts/seg	14.696	18.052	20.601	21.750	20.386	21.408	25.071	17,1%
Tasa de recirculación concentradora promedio	%	57,3%	62,9%	67,7%	68,0%	67,8%	70,3%	73,2%	4,1%

A2. Estadísticas regionales

Tabla N°8

EXTRACCIÓN DE AGUA CONTINENTAL EN LA MINERÍA DEL COBRE POR PROCESO PRODUCTIVO Y TOTAL									
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Var 2014-2015
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA									
Concentración	lts/seg	ND	ND	ND	ND	ND	0	0	0%
Hidrometalurgia	lts/seg	ND	ND	ND	ND	ND	3	4	29,8%
Otros	lts/seg	ND	ND	ND	ND	ND	1	2	305,6%
Fundición y Refinería	lts/seg	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-
TOTAL XV	lts/seg	ND	ND	ND	ND	ND	4	7	69%
REGIÓN DE TARAPACÁ									
Concentración	lts/seg	997	952	887	902	905	905	905	0%
Hidrometalurgia	lts/seg	179	189	140	170	131	163	163	0,3%
Otros	lts/seg	99	273	261	289	284	273	148	-45,7%
Fundición y Refinería	lts/seg	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-
TOTAL I	lts/seg	1.275	1.413	1.288	1.361	1.320	1.341	1.217	-9%
REGIÓN DE ANTOFAGASTA									
Concentración	lts/seg	3.373	3.242	3.081	3.271	3.289	3.227	3.093	-4,1%
Hidrometalurgia	lts/seg	1.441	1.329	1.388	1.002	1.369	1.351	1.643	21,7%
Otros	lts/seg	937	976	781	679	107	553	515	-6,9%
Fundición y Refinería	lts/seg	ND	ND	ND	ND	221	294	261	-11,4%
TOTAL II	lts/seg	5.751	5.546	5.250	4.952	4.986	5.424	5.512	2%
REGIÓN DE ATACAMA									
Concentración	lts/seg	1.201	1.266	1.208	1.136	1.121	882	866	-1,8%
Hidrometalurgia	lts/seg	153	165	168	134	158	100	70	-29,6%
Otros	lts/seg	296	235	260	354	95	390	151	-61,3%
Fundición y Refinería	lts/seg	ND	ND	ND	ND	80	77	80	3,5%
TOTAL III	lts/seg	1.650	1.667	1.636	1.624	1.454	1.449	1.168	-19%
REGIÓN DE COQUIMBO									
Concentración	lts/seg	479	794	801	903	702	886	962	8,6%
Hidrometalurgia	lts/seg	34	25	4	12	6	7	14	84,0%

Otros	lts/seg	21	21	153	108	377	93	170	84,0%
Fundición y Refinería	lts/seg	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-
TOTAL IV	lts/seg	534	839	958	1.023	1.085	986	1.145	16%
REGIÓN DE VALPARAÍSO									
Concentración	lts/seg	751	947	1.034	997	1.066	1.141	1.038	-9,0%
Hidrometalurgia	lts/seg	96	NI	76	2	2	0	33	-
Otros	lts/seg	0	147	0	76	270	218	148	-32,3%
Fundición y Refinería	lts/seg	ND	ND	ND	ND	114	79	82	3,5%
TOTAL V	lts/seg	847	1.094	1.110	1.075	1.452	1.438	1.301	-9%
REGIÓN DE O'HIGGINS									
Concentración	lts/seg	1.403	1.508	1.429	1.392	1.312	1.304	1.741	33,5%
Hidrometalurgia	lts/seg	265	118	1	10	10	10	10	-3,7%
Otros	lts/seg	0	0	305	256	156	183	162	-11,4%
Fundición y Refinería	lts/seg	ND	ND	ND	ND	150	100	100	0,0%
TOTAL VI	lts/seg	1.668	1.626	1.735	1.659	1.628	1.598	2.013	26%
REGIÓN METROPOLITANA									
Concentración	lts/seg	521	436	417	589	684	602	596	-1,1%
Hidrometalurgia	lts/seg	16	30	1	54	75	71	70	-0,8%
Otros	lts/seg	9	0	170	42	35	38	42	11,3%
Fundición y Refinería	lts/seg	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-
TOTAL RM	lts/seg	546	466	588	685	794	711	708	-0,4%

Tabla N°8.1

PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE LA REGIÓN SOBRE EL TOTAL NACIONAL								
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA	%	SD	SD	SD	SD	SD	0,0%	0,1%
REGIÓN DE TARAPACÁ	%	10,4%	11,2%	10,3%	11,0%	10,6%	10,4%	9,3%
REGIÓN DE ANTOFAGASTA	%	46,9%	43,8%	41,8%	40,0%	39,7%	41,9%	42,2%
REGIÓN DE ATACAMA	%	13,4%	13,2%	13,0%	13,1%	11,3%	11,2%	8,9%
REGIÓN DE COQUIMBO	%	4,3%	6,6%	7,6%	8,3%	8,7%	7,6%	8,8%
REGIÓN DE VALPARAISO	%	6,9%	8,6%	8,8%	8,7%	10,7%	11,1%	10,0%
REGIÓN DE O'HIGGINS	%	13,6%	12,9%	13,8%	13,4%	12,7%	12,3%	15,4%
REGIÓN METROPOLITANA	%	4,4%	3,7%	4,7%	5,5%	6,4%	5,5%	5,4%
TOTAL NACIONAL		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabla N°9

EXTRACCIÓN DE AGUA EN LA MINERÍA DEL COBRE SEGÚN FUENTE									
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Var 2014-2015
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA									
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	ND	ND	0	0	0,0%
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	ND	ND	0	0	0,0%
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	ND	ND	4	7	69,4%
Aguas de mar	lts/seg	ND	ND	ND	ND	ND	0	0	0,0%

REGIÓN DE TARAPACÁ										
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	0	105	104	0		-100,0%
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	1.271	1.215	1.153	1.133		-1,7%
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	90	0	84	84		0,0%
Aguas de mar	lts/seg	0	0	0	0	0	0	0		0,0%
REGIÓN DE ANTOFAGASTA										
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	1.915	1.964	1.926	1.674		-13,1%
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	2.539	2.600	3.014	3.148		4,4%
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	498	422	484	691		42,7%
Aguas de mar	lts/seg	316	243	713	978	1.039	1.274	1.767		38,7%
REGIÓN DE ATACAMA										
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	701	541	545	408		-25,1%
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	747	759	750	704		-6,1%
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	175	154	155	56		-63,9%
Aguas de mar	lts/seg	0	0	0	0	248	433	508		17,2%
REGIÓN DE COQUIMBO										
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	589	494	552	608		10,1%
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	433	590	433	507		17,0%
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	0	0	0	31		-
Aguas de mar	lts/seg	0	0	0	0	0	0	0		0,0%
REGION DE VALPARAISO										
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	754	829	819	681		-16,8%
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	322	623	604	606		0,4%
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	0	0	15	14		-7,6%
Aguas de mar	lts/seg	0	0	0	0	0	0	0		0,0%
REGIÓN DE O'HIGGINS										
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	1.430	1.363	1.469	1.683		14,5%
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	229	219	175	181		3,5%
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	0	0	0	150		-
Aguas de mar	lts/seg	0	0	0	0	0	0	0		0,0%
REGIÓN METROPOLITANA										
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	478	600	537	523		-2,6%
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	207	194	174	153		-12,1%
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	0	0	0	32		-
Aguas de mar	lts/seg	0	0	0	0	0	0	0		0,0%



- * Las aguas superficiales son aquellas que corren por cauces naturales como vertientes, esteros, ríos y quebradas, o se encuentran acumuladas en depósitos como lagos, lagunas, pantanos, ciénagas, y/o embalses.
- * Las aguas subterráneas son aquellas que están ocultas bajo tierra, almacenadas en acuíferos o embalses subterráneos que requieren de labores previas de exploración.
- * Las aguas adquiridas a terceros hace referencia a un contrato con terceros donde se compra el agua directamente.
- * El agua de mar corresponde a toda agua de mar que es extraída desde la costa, ésta tiene dos vías posibles, ya sea utilizada directamente en los procesos o previa desalinización.
- * Datos 2009-2011 "No Disponibles" por cambio en el formato de la encuesta.

Tabla N°10

CONSUMO UNITARIO DE AGUA CONTINENTAL POR TONELADA DE MINERAL PROCESADO O LIXIVIADO										
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Var 2014-2015	
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA										
Concentración	m3/ton_min	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	
Hidrometalurgia	m3/ton_min	ND	ND	ND	ND	ND	0,29	0,26	-9,7%	
REGIÓN DE TARAPACÁ										
Concentración	m3/ton_min	0,68	0,60	0,57	0,63	0,59	0,58	0,65	11,8%	
Hidrometalurgia	m3/ton_min	0,12	0,11	0,08	0,09	0,09	0,12	0,13	16,5%	
REGIÓN DE ANTOFAGASTA										
Concentración	m3/ton_min	0,68	0,73	0,73	0,59	0,58	0,52	0,43	-17,1%	
Hidrometalurgia	m3/ton_min	0,13	0,12	0,12	0,08	0,10	0,08	0,11	38,5%	
REGIÓN DE ATACAMA										
Concentración	m3/ton_min	0,83	0,79	0,78	0,84	0,85	0,56	0,48	-14,6%	
Hidrometalurgia	m3/ton_min	0,20	0,20	0,18	0,15	0,13	0,07	0,05	-29,0%	
REGIÓN DE COQUIMBO										
Concentración	m3/ton_min	0,31	0,37	0,31	0,35	0,26	0,32	0,38	16,8%	
Hidrometalurgia	m3/ton_min	0,19	0,23	0,08	ND	0,09	0,12	0,22	81,3%	
REGIÓN DE VALPARAÍSO										
Concentración	m3/ton_min	0,75	0,93	0,84	0,78	0,77	0,88	0,85	-3,0%	
Hidrometalurgia	m3/ton_min	ND	ND	ND	0,07	ND	ND	0,47	-	
REGIÓN DE O'HIGGINS										
Concentración	m3/ton_min	0,66	0,71	0,70	0,81	0,85	0,79	0,85	7,1%	
Hidrometalurgia	m3/ton_min	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	
REGIÓN METROPOLITANA										
Concentración	m3/ton_min	0,80	0,73	0,55	0,41	0,41	0,35	0,41	17,9%	
Hidrometalurgia	m3/ton_min	0,01	0,02	0,11	0,06	0,04	0,05	0,01	-85,7%	



Tabla N°11

RECIRCULACIÓN DE AGUA EN LA OPERACIÓN COMPLETA									
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Var 2014-2015
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA									
Agua Recirculada total	lts/seg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
Tasa de recirculación total	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
REGIÓN DE TARAPACÁ									
Agua Recirculada total	lts/seg	ND	ND	3.641	3.740	4.406	3.501	3.564	1,8%
Tasa de recirculación total	%	ND	ND	73,9%	73,3%	76,9%	72,3%	74,5%	3,1%
REGIÓN DE ANTOFAGASTA									
Agua Recirculada total	lts/seg	ND	ND	12.570	13.736	13.775	13.837	21.137	52,8%
Tasa de recirculación total	%	ND	ND	70,5%	73,5%	73,5%	74,8%	75,1%	0,3%
REGIÓN DE ATACAMA									
Agua Recirculada total	lts/seg	ND	ND	3.175	2.743	2.803	2.787	3.424	22,8%
Tasa de recirculación total	%	ND	ND	66,0%	62,8%	66,5%	69,7%	68,2%	-2,1%
REGIÓN DE COQUIMBO									
Agua Recirculada total	lts/seg	ND	ND	4.068	4.629	4.186	4.075	4.677	14,8%
Tasa de recirculación total	%	ND	ND	80,9%	81,9%	79,4%	80,5%	80,3%	-0,2%
REGIÓN DE VALPARAÍSO									
Agua Recirculada total	lts/seg	ND	ND	631	3.252	1.688	1.387	1.735	25,1%
Tasa de recirculación total	%	ND	ND	36,2%	75,1%	55,8%	50,5%	58,7%	16,3%
REGIÓN DE O'HIGGINS									
Agua Recirculada total	lts/seg	ND	ND	159	3.593	2.424	2.645	3.315	25,3%
Tasa de recirculación total	%	ND	ND	8,4%	68,4%	60,5%	62,3%	63,4%	1,7%
REGIÓN METROPOLITANA									
Agua Recirculada total	lts/seg	ND	ND	1.123	2.598	2.856	3.476	2.510	-27,8%
Tasa de recirculación total	%	ND	ND	65,6%	79,1%	78,2%	83,0%	78,0%	-6,1%

* Datos 2009-2010 "No Disponibles" por cambio en el formato de la encuesta.

Tabla N°12

RECIRCULACIÓN DE AGUA EN LA CONCENTRADORA									
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Var 2014-2015
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA									



Agua Recirculada en concentradora	lts/seg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
Tasa de recirculación concentradora	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
REGIÓN DE TARAPACÁ									
Agua Recirculada en concentradora	lts/seg	3.326	3.590	3.641	3.234	3.501	3.501	3.501	0,0%
Tasa de recirculación concentradora	%	76,9%	79,0%	80,4%	78,2%	79,5%	79,5%	79,5%	0,0%
REGIÓN DE ANTOFAGASTA									
Agua Recirculada en concentradora	lts/seg	2.467	2.637	3.313	4.146	4.170	5.289	6.431	21,6%
Tasa de recirculación concentradora	%	42,2%	44,9%	51,8%	55,9%	55,9%	62,3%	67,5%	8,3%
REGIÓN DE ATACAMA									
Agua Recirculada en concentradora	lts/seg	2.849	3.011	2.856	3.086	2.607	2.703	2.931	8,4%
Tasa de recirculación concentradora	%	70,3%	70,4%	70,3%	73,1%	69,9%	75,9%	77,2%	1,7%
REGIÓN DE COQUIMBO									
Agua Recirculada en concentradora	lts/seg	2.667	4.025	5.027	4.579	3.049	3.302	4.663	41,2%
Tasa de recirculación concentradora	%	84,8%	83,5%	86,3%	83,5%	81,3%	79,6%	82,9%	4,1%
REGIÓN DE VALPARAÍSO									
Agua Recirculada en concentradora	lts/seg	1.168	1.096	1.397	1.605	1.688	1.103	1.720	55,9%
Tasa de recirculación concentradora	%	60,9%	53,6%	57,5%	61,7%	61,3%	54,8%	62,4%	13,8%
REGIÓN DE O'HIGGINS									
Agua Recirculada en concentradora	lts/seg	1.209	3.058	3.244	2.493	2.515	2.547	3.315	30,1%
Tasa de recirculación concentradora	%	46,3%	67,0%	69,4%	64,2%	65,7%	67,0%	65,6%	-2,1%
REGIÓN METROPOLITANA									
Agua Recirculada en concentradora	lts/seg	1.009	634	1.123	2.608	2.856	2.962	2.510	-15,3%
Tasa de recirculación concentradora	%	66,0%	59,2%	72,9%	81,6%	80,7%	85,2%	80,8%	-5,2%



Este trabajo fue elaborado en la
Dirección de Estudios y Políticas Públicas por

Camila Montes
Analista de Estrategias y Políticas Públicas

Jorge Cantallopts
Director de Estudios y Políticas Públicas

Junio / 2016

