



Consumo de agua en la minería del cobre al 2017

DEPP 04/2018

Registro Propiedad Intelectual

N° 293421

Resumen Ejecutivo

Si bien el uso del agua en la industria minera representa solo el 3% del suministro de agua de Chile (DGA 2016), muchas de las concesiones y operaciones mineras se ubican en zonas donde la escasez de agua es un factor limitante para el desarrollo regional.

El alcance de este informe comprende las empresas productoras de cobre entre las regiones centro norte del país, desde la región de Arica y Parinacota, hasta la región de O'Higgins, en donde se desarrolla la mayor actividad cuprífera. La metodología para obtener la información es a través de encuestas enviadas a las operaciones, el nivel alcanzado en este informe es del 99,9% de la producción chilena del cobre durante el año pasado.

Al analizar el año 2017, vemos que el agua de origen continental alcanzó los 13,26 m³/seg, por su parte el agua de mar fue de 3,16 m³/seg y el agua recirculada fue de 38,07 m³/seg, lo que en total suma 54,5 m³/seg de agua para la minería. El consumo es liderado por la región de Antofagasta, región que produce más del 52% del cobre en Chile, seguido por la región de Tarapacá y O'Higgins.

Al examinar las extracciones de acuerdo a las fuentes de abastecimiento se observa que la mayor fuente de extracción proviene de agua de origen subterráneo, que constituyen el 41%, por otro lado el agua de origen superficial alcanza el 33% del agua extraída, las de origen marino llegan al 19% y aquellas aguas adquiridas a terceros representan el 7%.

El análisis por proceso minero a nivel regional nos indica que en todas las regiones, (a excepción de Arica y Parinacota, que es muy poco representativa dado el bajo volumen de producción) el principal proceso donde se utiliza el agua es en la concentración.

En el caso de los consumos unitarios, que reflejan el nivel de eficiencia en cada operación, se observa que en el caso de la concentración hay una fuerte disminución en el coeficiente unitario, principalmente porque el consumo de agua continental no ha aumentado en la misma medida en que el mineral procesado. Es decir para procesar una tonelada de mineral de sulfuros se necesita menos agua que el año anterior. Para el caso de la línea hidrometalúrgica el aumento en el coeficiente unitario a nivel nacional se debe principalmente al aumento del mineral tratado en las plantas de menor tamaño.

En la misma línea de la gestión del recurso se analiza la recirculación de aguas, tanto en la faena como en la concentradora. De acuerdo a los datos entregados, durante el 2017 la región con mayor porcentaje de recirculación de agua en faena fue la región de Coquimbo con un 81%, seguido por la región Metropolitana con un 75%.

Sin embargo la búsqueda de opciones para enfrentar la estrechez hídrica ha llevado a las empresas a privilegiar la construcción de plantas desalinizadoras y/o el uso de agua de mar directamente en los procesos. En cuanto al desarrollo a futuro, se prevén al menos 8 nuevos proyectos con uso de agua de mar y 4 ampliaciones y/o reemplazos de sistemas existentes. En su mayoría estos se ubican en la zona de Antofagasta y Atacama.



Contenido

Resumen Ejecutivo	I
Introducción	1
Capítulo 1: Consumo de agua en la industria minera del cobre.....	2
1.1 Consumo de agua total	3
1.2 Consumo de aguas continentales	6
1.2.1 <i>Consumo de aguas continentales por región</i>	<i>6</i>
1.3 Consumo de agua según fuente de abastecimiento	8
1.3.1 <i>Consumo de agua por región según fuente de abastecimiento.....</i>	<i>10</i>
1.4 Consumo de agua por proceso minero	11
1.4.1 <i>Consumo de agua continental por región según proceso minero.....</i>	<i>14</i>
Capítulo 2: Gestión del agua.....	16
2.1 Intensidad de uso	16
2.1.1 <i>Coeficientes unitarios por proceso</i>	<i>16</i>
2.1.2 <i>Coeficientes unitarios por región.....</i>	<i>17</i>
2.1.3 <i>Coeficientes unitarios según tamaño de minería</i>	<i>19</i>
2.1.4 <i>Quintiles de distribución según mineral procesado.....</i>	<i>19</i>
2.2 Recirculación	22
2.2.1 <i>Recirculación en operaciones</i>	<i>22</i>
2.2.2 <i>Recirculación en planta concentradora.....</i>	<i>23</i>
2.2.3 <i>Recirculación por proceso según cantidad de producción.</i>	<i>24</i>
Capítulo 3: Agua de Mar.....	25
3.1 Tendencia en el uso del agua de mar	25
3.2 Operaciones y nuevos proyectos mineros en carpeta	26
Capítulo 4: Comentarios finales.....	29
Anexos	31



Índice de figuras

Figura 1: Distribución de los usos consuntivos del agua a nivel nacional	2
Figura 2: Ciclo del agua en operaciones mineras	3
Figura 3: Consumo de agua total en la industria minera del cobre 2012-2017 (m3/seg)	4
Figura 4: Leyes promedio de minerales de óxidos y sulfuros a nivel nacional 2012-2017 (%).....	4
Figura 5: Mineral extraído según tipo de mineral 2012-2017 (Millones de toneladas)	5
Figura 6: Consumo de aguas continentales en la minería del cobre 2012-2016 (m3/seg)	6
Figura 7: Tendencia en el consumo de aguas continentales en la minería del cobre a nivel regional 2012-2017	7
Figura 8: Fuentes de abastecimiento	8
Figura 9: Distribución porcentual de las aguas continentales según fuente de abastecimiento 2017	9
Figura 10: Distribución porcentual del consumo de agua según fuente de abastecimiento en la minería del cobre a nivel regional 2017	10
Figura 11: Procesos mineros	11
Figura 12: Procesos a considerar en el informe	12
Figura 13: Distribución porcentual de las aguas según proceso minero 2016.....	13
Figura 14: Distribución porcentual del consumo de agua según proceso en la minería del cobre a nivel regional 2017.....	15
Figura 15: Coeficientes unitarios en la minería del cobre por región 2012-2017	18
Figura 16: Curva quintiles para mineral de sulfuros 2017	20
Figura 17: Curva quintiles para mineral de óxidos 2017	21
Figura 18: Tendencia en la tasa de recirculación en operaciones de la minería del cobre 2012-2017.....	22
Figura 19: Tendencia en tasa de recirculación en concentradora de la minería del cobre 2012-2017.....	23
Figura 20: Porcentaje de recirculación por proceso según cantidad de procesamiento 2017	24
Figura 21: Uso de agua de mar en la minería del cobre 2010-2017 (m ³ /seg).....	25

Índice de tablas

Tabla 1: Principales fuentes de pérdidas de agua.....	14
Tabla 2: Coeficientes unitarios según proceso minero 2012-2017	16
Tabla 3: Coeficientes unitarios en la minería del cobre según tamaño de la operación 2012-2017	19
Tabla 4: Catastro plantas desaladoras y Sistemas de impulsión de agua de mar (SIAM) en la minería del cobre	27



Introducción

En Chile, la industria minera es probablemente el sector más importante de la economía, representando un promedio del 10,61% del PIB entre 2012 y 2017; en el mismo período, las exportaciones mineras alcanzaron un promedio de US \$ 38,7 mil millones, lo que representa un 55% de las exportaciones totales en el periodo.

Si bien el uso del agua en la industria minera representa solo el 3% del suministro de agua de Chile (Atlas del agua DGA 2016), muchas de las concesiones y operaciones mineras se ubican en zonas donde la escasez de agua es un factor limitante para el desarrollo regional. Al analizar el tema hídrico geográficamente vemos que el norte de Chile es una de las áreas más secas del planeta, los recursos hídricos superficiales son escasos y existe una demanda creciente de agua por parte de los usuarios industriales, locales, las comunidades y el medio ambiente.

Los impactos en la calidad y cantidad del agua son uno de los aspectos más polémicos de los proyectos mineros. El suministro de agua es transcendental para la industria minera debido a la cantidad de procesos que requieren agua para funcionar.

No es sorprendente que, en este contexto, exista una tensión inevitable entre las necesidades de la población en general, que requieren el agua para la supervivencia y la agricultura, y las necesidades de la industria minera.

En este contexto, la industria minera se enfrenta a tres riesgos estratégicos a largo plazo en relación con el agua; primero asegurar suficiente agua para satisfacer el aumento de la producción, en segundo lugar reducir el consumo de agua, consumo de energía y las emisiones debido a las presiones sociales, ambientales y económicas, y finalmente 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.

Dada la importancia de este recurso en la producción minera en Chile, COCHILCO elabora anualmente el informe de consumo de agua en la minería del cobre, que recoge la información recopilada de las distintas faenas a través de la Encuesta de Producción, Energía y Recursos Hídricos.

El alcance de este análisis comprende las empresas productoras de cobre entre las regiones centro norte del país, desde la región de Arica y Parinacota, hasta la región de O'Higgins, en donde se desarrolla la mayor actividad cuprífera.

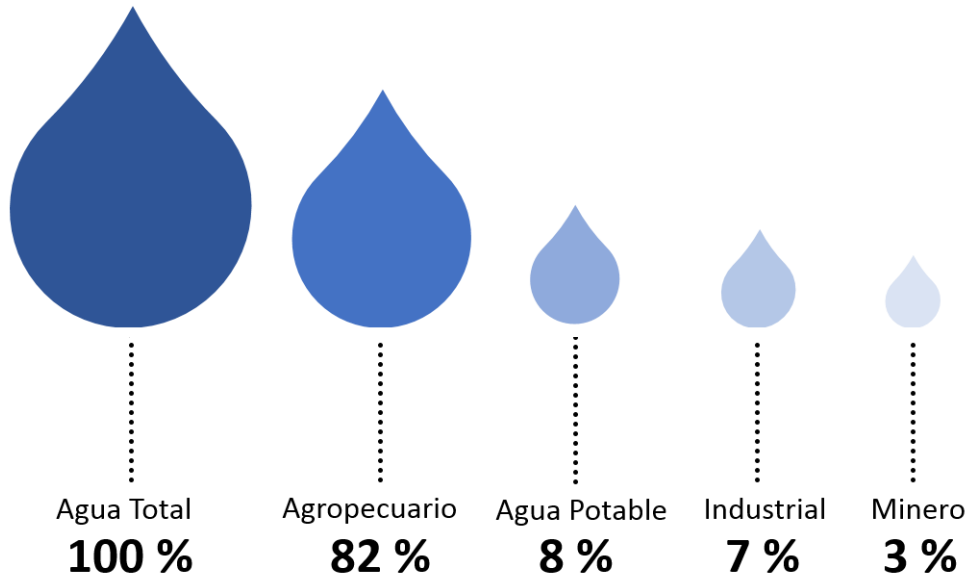
Para el presente informe las operaciones catastradas corresponden al 99,9% de la producción chilena del cobre durante el 2017. Considerando el contexto previamente descrito, el estudio del consumo de agua en minería se presenta como un trabajo de carácter permanente para la Comisión Chilena del Cobre, el cual tiene por objetivo monitorear el uso de agua en los distintos procesos de la minería del cobre, aumentar la disponibilidad y transparencia de información del sector en temas críticos y servir como base para el análisis de las discusiones públicas.



Capítulo 1: Consumo de agua en la industria minera del cobre

A nivel nacional el consumo de agua por parte del sector minero alcanza el 3% según información entregada por la Dirección General de Aguas (DGA).

Figura 1: Distribución de los usos consuntivos del agua a nivel nacional



Fuente: Atlas del Agua, DGA 2016 (pág. 125)

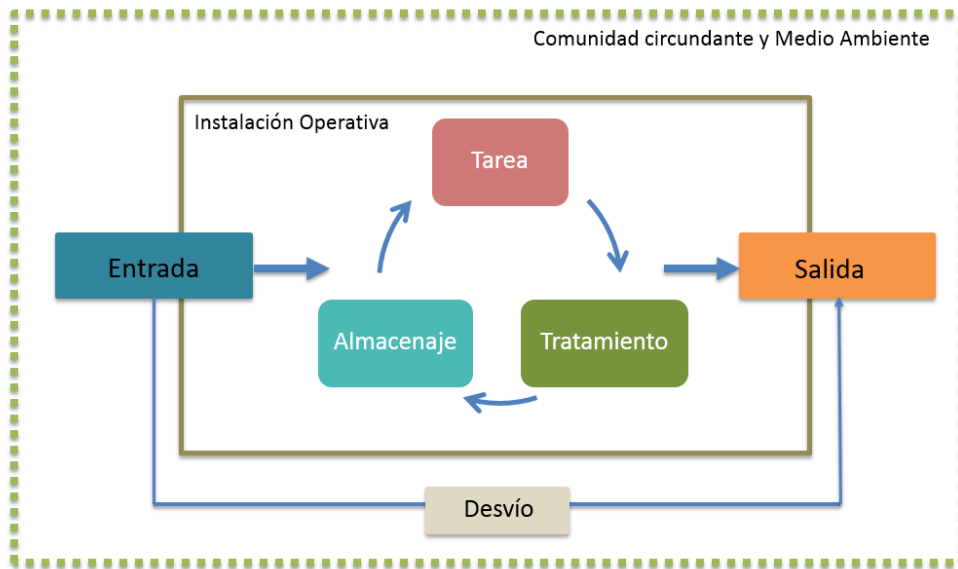
A continuación se detalla la cantidad de agua utilizada por la industria para la obtención de las 5.504 miles de toneladas de cobre fino producidas en 2017, el origen del agua utilizada en la minería del cobre, el proceso en el que se utiliza, los consumos, entre otras materias.

La industria minera requiere del recurso hídrico para el procesamiento de los minerales, para ello la minería utiliza el agua en una serie de actividades que incluyen el procesamiento de minerales y sus servicios anexos. La utilización de agua en el proceso minero es descrita brevemente en la figura 2.

La información se estructura considerando 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.



Figura 2: Ciclo del agua en operaciones mineras



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

Este enfoque incluye la definición de un conjunto de parámetros normalizados para la presentación de informes sobre el agua por parte de la industria minera y metalúrgica, con base en el WAF.

1.1 Consumo de agua total

A grandes rasgos tenemos tres fuentes de origen de agua; el agua continental, el agua de origen oceánico y las aguas recirculadas del proceso minero. La primera considera todos los cuerpos de agua permanentes que se encuentran en el interior del continente, alejados de las zonas costeras. Algunas aguas continentales son ríos, lagos, llanuras de inundación, reservas y humedales entre otros. 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 pueden ser previamente tratados o no.

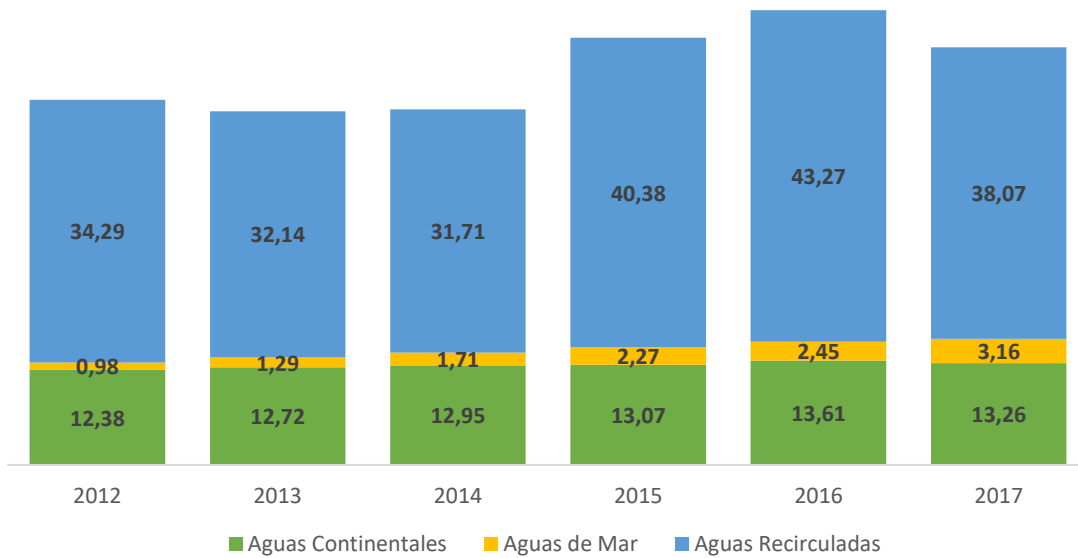
El agua total es aquella necesaria para mantener a régimen el proceso productivo. Corresponde al total de entrada de aguas la cual puede provenir de distintas fuentes.

Al analizar el año 2017, vemos que el agua de origen continental alcanzó los 13,26 m³/seg, por su parte el agua de mar fue de 3,16 m³/seg y el agua recirculada fue de 38,07 m³/seg, lo que en total suma 54,5 m³/seg de agua para la minería.

En la figura 3, al analizar la tendencia de los consumos globales en la minería, podemos ver que el agua continental mantiene una tendencia estable en los últimos años, el agua de mar mantiene una tendencia al alza, y si bien la tendencia del agua recirculada tenía una tendencia en aumento el último año presentó una baja considerable.



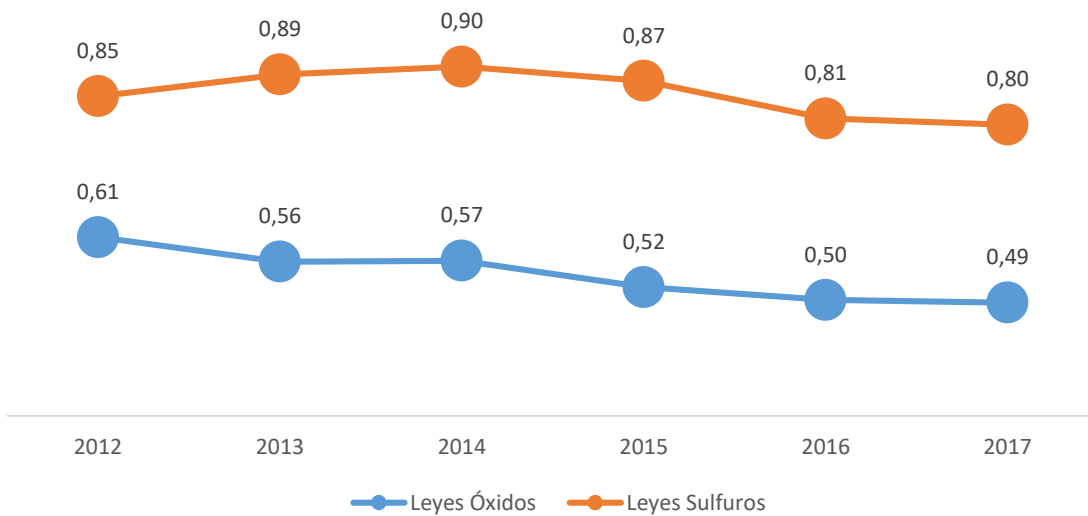
Figura 3: Consumo de agua total en la industria minera del cobre 2012-2017 (m3/seg)



Fuente: Cochilco

El agua recirculada presentó una disminución respecto al año anterior principalmente porque, de acuerdo a los datos entregados por las empresas, en las regiones de Tarapacá y Antofagasta dos de las grandes operaciones de la zona disminuyeron la cantidad de agua recirculada, sin que esto necesariamente signifique un aumento en el consumo de agua continental.

Figura 4: Leyes promedio de minerales de óxidos y sulfuros a nivel nacional 2012-2017 (%)



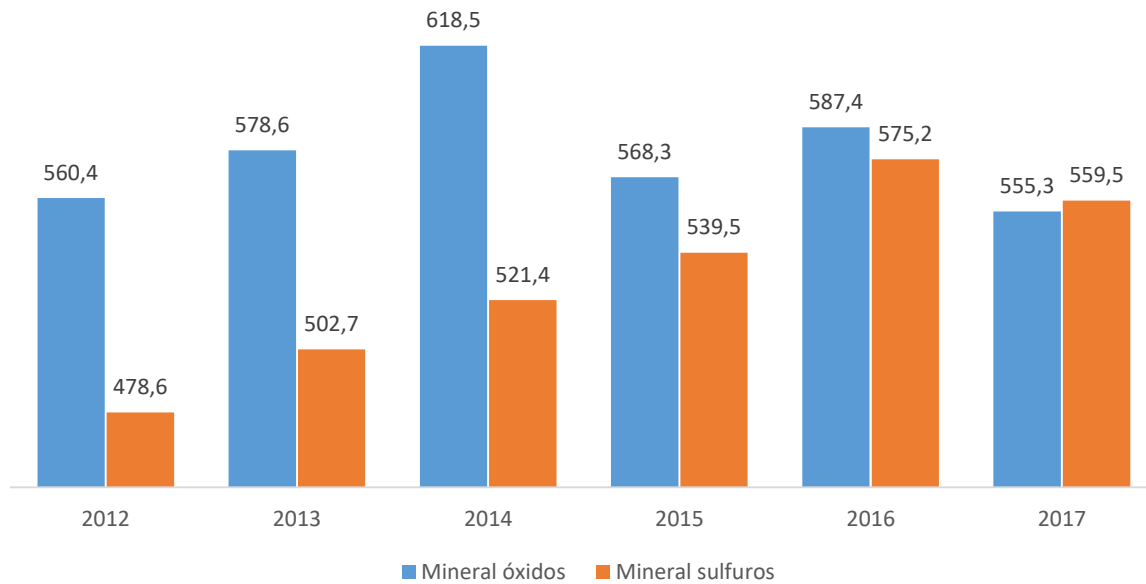
Fuente: Cochilco



La figura 4 muestra la evolución de las leyes de los minerales, donde se observa una tendencia a la baja en los últimos años, lo que hace necesario el procesamiento de una mayor cantidad de mineral para obtener la misma cantidad de cobre fino.

En la figura 5 se observa la cantidad de mineral extraído por tipo de mineral.

Figura 5: Mineral extraído según tipo de mineral 2012-2017 (Millones de toneladas)



Fuente: Cochilco

Una menor ley conlleva un procesamiento de mayor cantidad de mineral, lo que significa un mayor uso de agua para obtener la misma cantidad de cobre, es por esto que la adecuada administración y uso del agua afecta directamente en la cantidad de agua utilizada para el proceso. Si logramos gestionar el uso del agua, ya sea a través de procesos de eficiencia o el reúso de las aguas, podremos procesar mayor cantidad de mineral sin necesariamente aumentar en la misma medida el consumo 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.

Debemos tener en consideración que los minerales sulfurados se tratan típicamente mediante el proceso de concentración, el cual es el más intensivo en el uso de agua, como se verá en los capítulos siguientes.

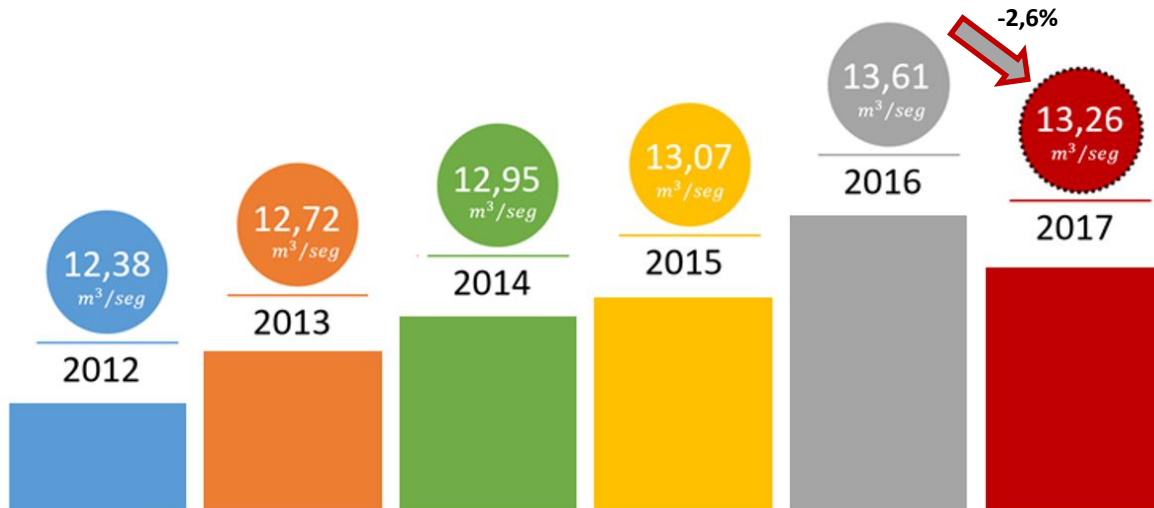
En general, los minerales con mayor nivel de leyes requieren menos agua para el procesamiento y viceversa. Con el agotamiento de los recursos, la explotación de minerales de baja ley va en aumento, lo que genera un aumento en la demanda de agua.



1.2 Consumo de aguas continentales

Al año 2017 la cantidad de agua continental utilizada por la minería del cobre alcanzó los 13,26 m³/seg, un 2,6% menor que el año anterior.

Figura 6: Consumo de aguas continentales en la minería del cobre 2012-2016 (m³/seg)



Fuente: Cochilco

1.2.1 Consumo de aguas continentales por región

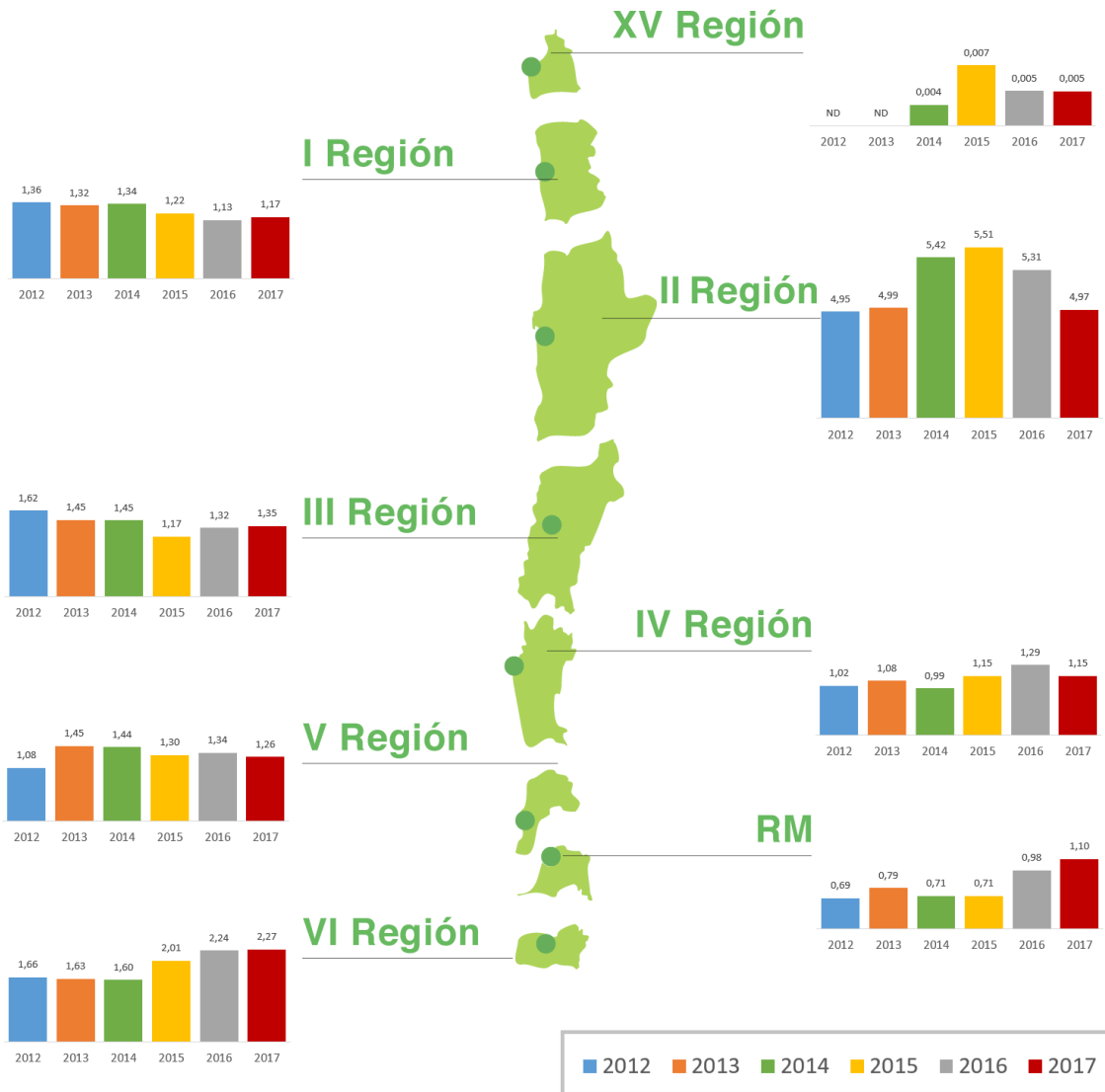
La distribución de los recursos hídricos es desigual a lo largo del país, por lo que no basta con conocer el consumo a nivel nacional, es necesario estar al tanto de los consumos de agua a nivel regional, de manera de poder enfatizar los esfuerzos en las zonas con mayor estrés hídrico.

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.

La figura 7 muestra la tendencia en el consumo de aguas continentales a nivel regional. El consumo es liderado por la región de Antofagasta, región que produce más del 52% del cobre en Chile, seguido por la región de Tarapacá y O'Higgins.



Figura 7: Tendencia en el consumo de aguas continentales en la minería del cobre a nivel regional 2012-2017



Fuente: Cochilco

El análisis de las variaciones anuales por región, destaca la región de Antofagasta, que representa cerca del 40% del consumo de aguas continentales por parte del sector de la minería del cobre, para el 2017 presenta una disminución del 6,5% respecto al 2016. Del mismo modo la región de Coquimbo y Valparaíso, que registran una sequía importante durante los últimos años, presentaron una disminución de 11% y al 5% en relación al año anterior respectivamente. No obstante, las regiones de Tarapacá, Atacama, Metropolitana y O’Higgins, incrementaron sus consumos de aguas continentales respecto al 2016. Este aumento en general se debe a un mayor procesamiento de mineral, que a su vez se tradujo en una mayor producción de cobre fino.



1.3 Consumo de agua según fuente de abastecimiento

A continuación se presenta una breve descripción de las fuentes de abastecimiento de agua para la industria minera.

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.

Figura 8: Fuentes de abastecimiento



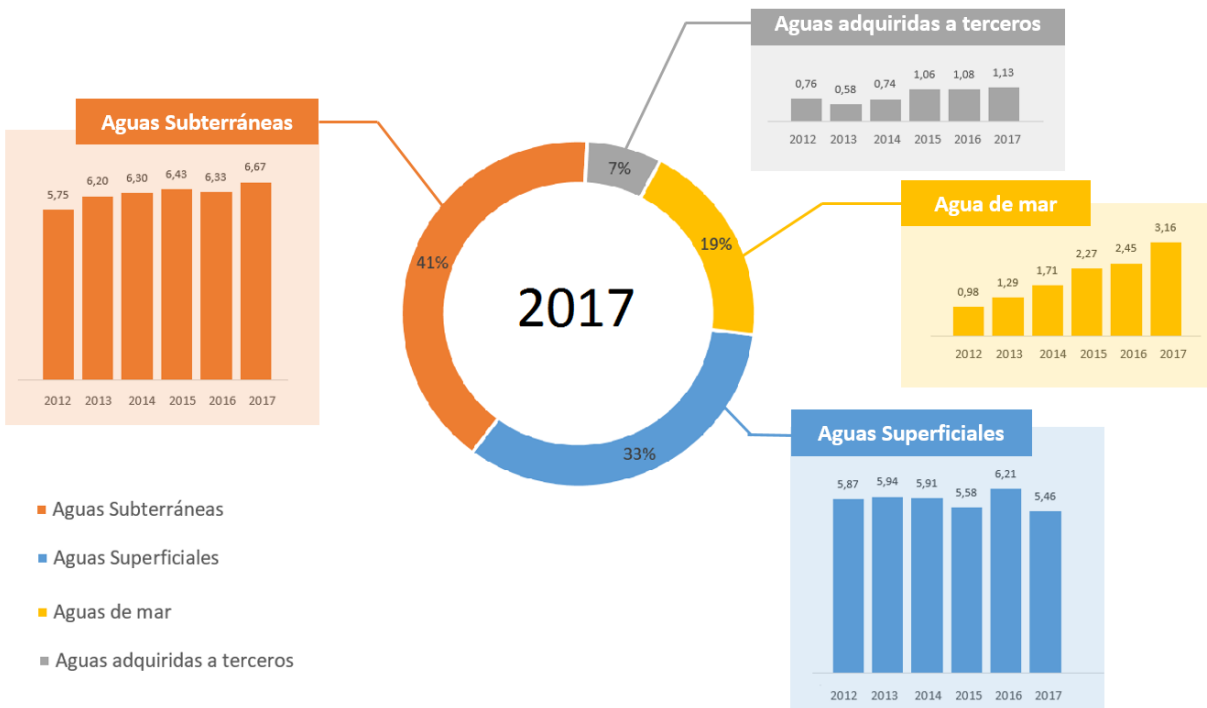
Fuente: Cochilco



Conocer las variaciones en las fuentes de origen del agua para la minería del cobre resulta elemental para gestionar los recursos hídricos.

La figura 9 muestra la tendencia en el consumo de agua según fuente de origen en la minería del cobre desde el año 2012 al 2017. Se observa que históricamente las aguas subterráneas son la mayor fuente de abastecimiento.

Figura 9: Distribución porcentual de las aguas continentales según fuente de abastecimiento 2017



Fuente: Cochilco

A nivel nacional para el año 2017 la mayor fuente de extracción proviene de agua de origen subterráneo, constituyen el 41%, por otro lado el agua de origen superficial alcanza el 33% del agua extraída, las de origen marino llegan al 19% y aquellas aguas adquiridas a terceros representan el 7%.

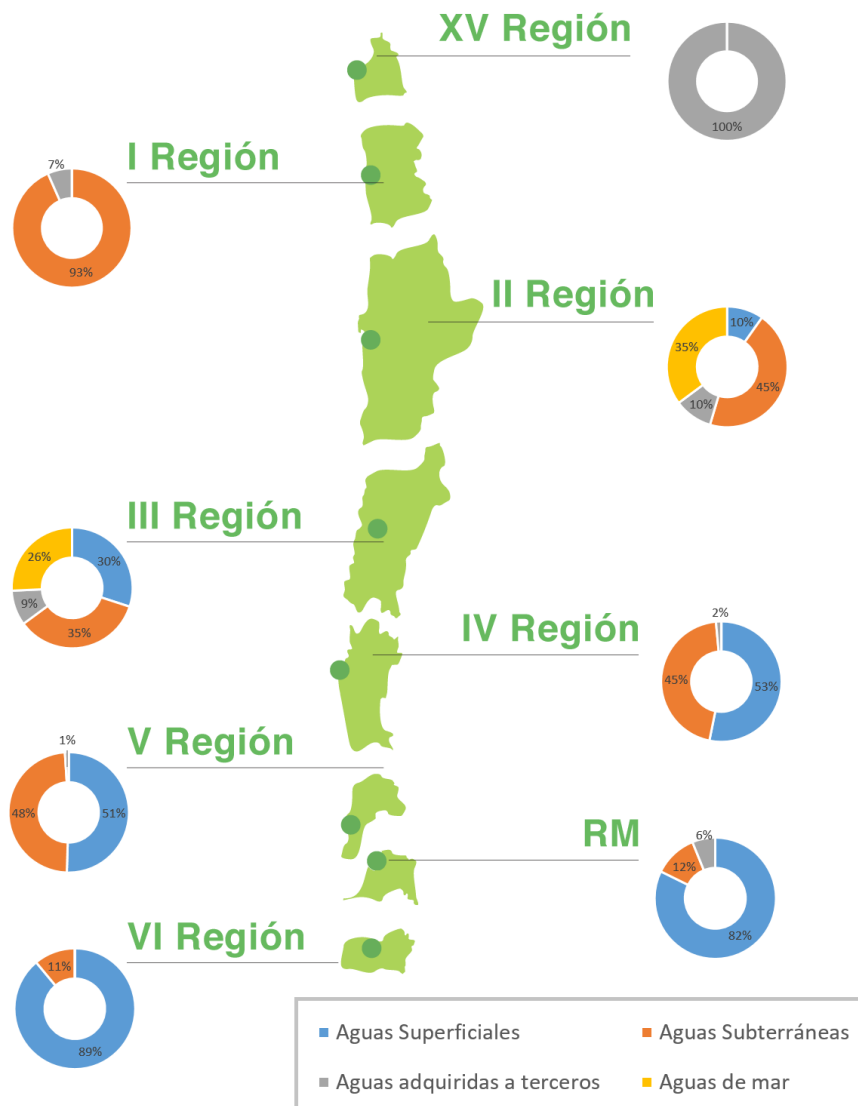


1.3.1 Consumo de agua por región según fuente de abastecimiento

En la figura 10 se observa la distribución porcentual según fuente de abastecimiento en cada región para el año 2017. Vemos que en la zona norte las aguas provienen principalmente de aguas subterráneas, mientras que en la zona centro y centro sur las aguas provienen de aguas superficiales.

Esta realidad se condice con la disponibilidad de recursos hídricos características de cada zona, dicha información permite gestionar y generar políticas orientadas a un mejor uso de los recursos según las necesidades de cada región.

Figura 10: Distribución porcentual del consumo de agua según fuente de abastecimiento en la minería del cobre a nivel regional 2017

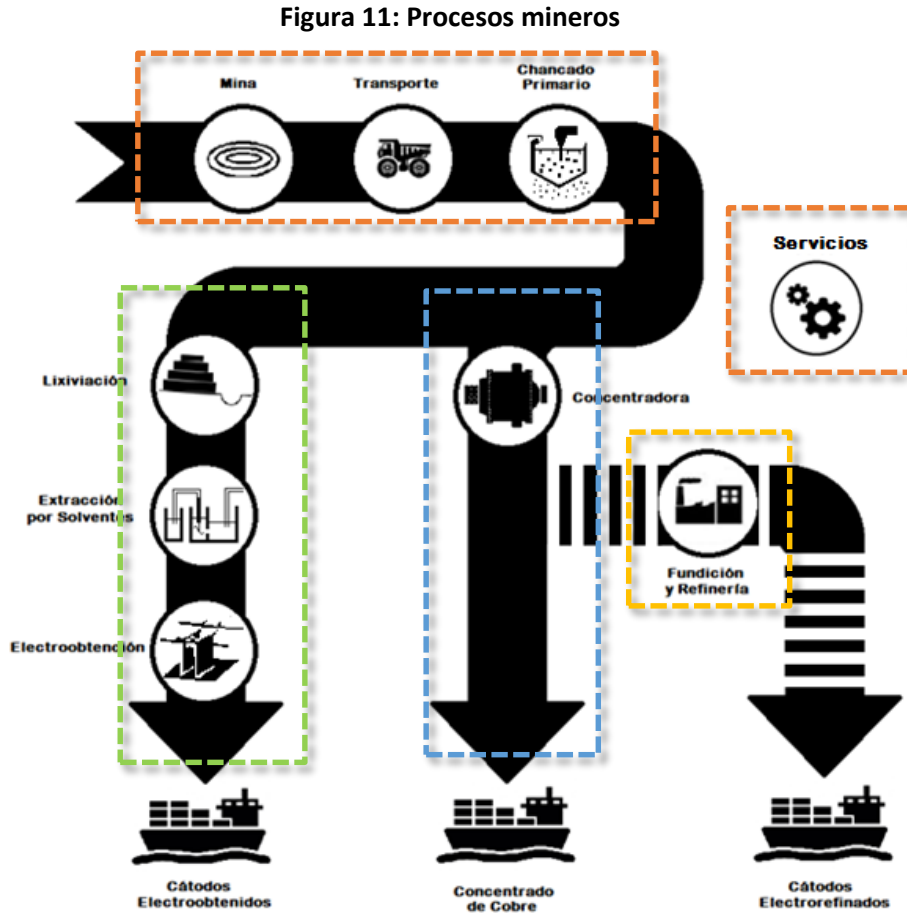


Fuente: Cochilco



1.4 Consumo de agua por proceso minero

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 refinería y el área servicios.



Fuente: Cochilco

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, incluye las plantas de molibdeno en operaciones que cuenten con este proceso.



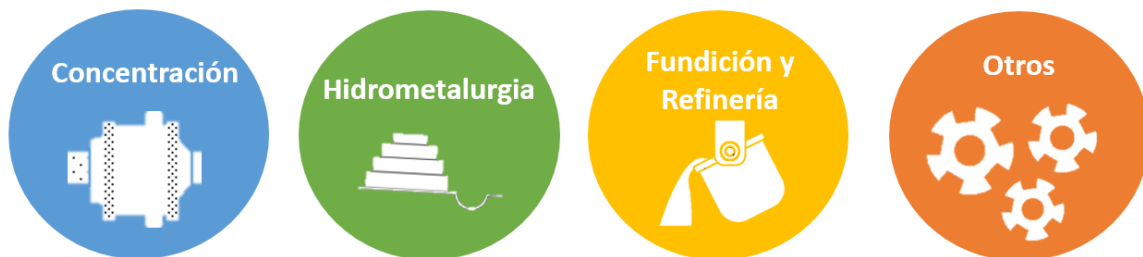
Por su parte, el área planta hidrometalurgia considera los procesos de lixiviación en pilas, la extracción por solventes y la electro obtención para la producción de cátodos. En este proceso los principales consumos de agua resultan como consecuencia de la evaporación de las pilas de lixiviación donde 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, y otros consumos menores.

Para efectos de este informe se agruparan en cuatro grandes procesos; la concentración, la hidrometalurgia, el área fundición y refinería, y finalmente el ítem otros, que abarca el área mina y los servicios.

Figura 12: Procesos a considerar en el informe



Fuente: Cochilco

En esta ocasión analizaremos los consumos por procesos de aguas continentales, pues son aquellas que están sujetas a restricciones de disponibilidad.

De los 13,26 m³/seg de aguas continentales utilizados en la minería del cobre durante el 2017, estos se pueden clasificar de acuerdo a los procesos mineros a los que son destinadas el uso del agua.

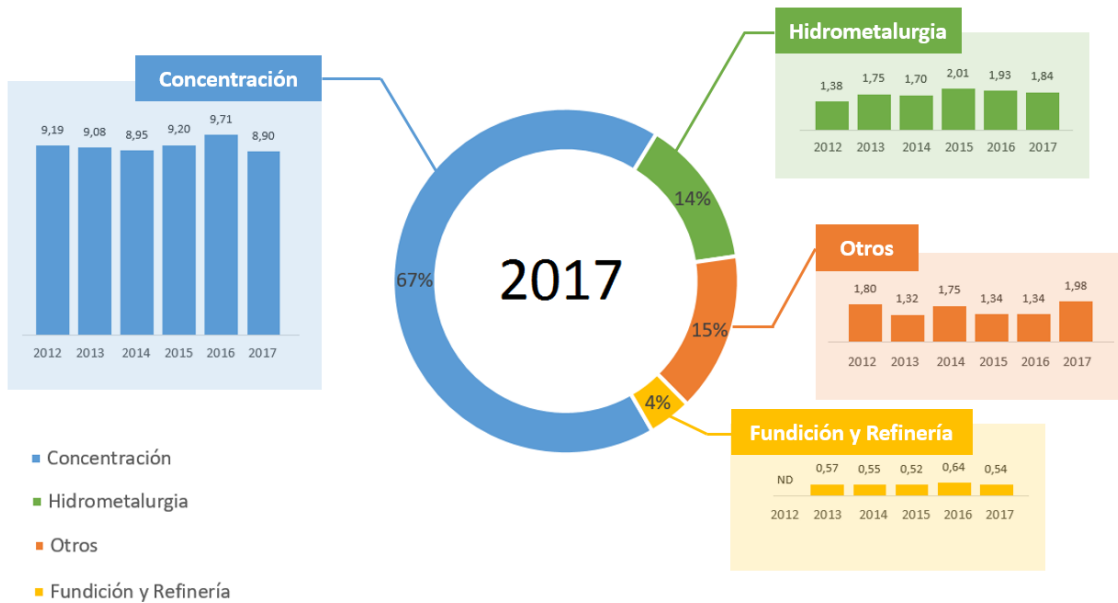
Durante el 2017 el principal consumo de agua continental en la minería del cobre fue en el proceso de concentración de minerales sulfurados para la obtención de concentrados, el cual representa el 67% de las aguas continentales utilizadas en la minería. Le sigue el proceso de hidrometalurgia para la obtención de cátodos a partir de minerales oxidados, este proceso alcanzó el 14% 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 15% 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.

Figura 13: Distribución porcentual de las aguas según proceso minero 2016



Fuente: Cochilco

De acuerdo a la figura 13, al analizar la variación anual 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.

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 continental. Sin embargo hay pérdidas que, si bien han disminuido considerablemente gracias a la tecnología, siguen ocurriendo durante los procesos.



Tabla 1: 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

1.4.1 Consumo de agua continental por región según proceso minero

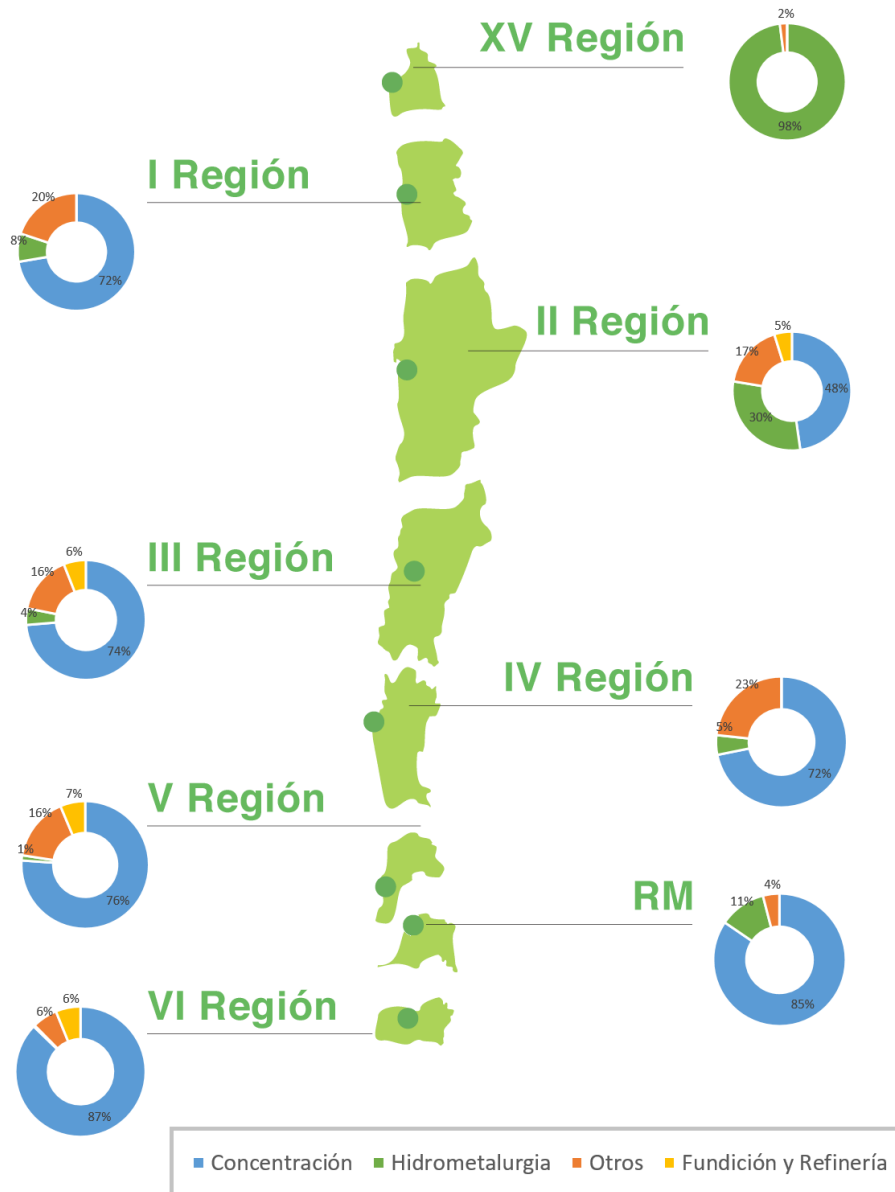
El análisis por proceso minero a nivel regional nos indica que en todas las regiones, (a excepción de Arica y Parinacota, que es muy poco representativa dado el bajo volumen de producción) el principal proceso donde se utiliza el agua es en la concentración.

En la región de Antofagasta el consumo de agua continental en el proceso de concentración representa el 48%, mientras la hidrometalurgia abarca el 30% del uso de aguas continentales, sin embargo en el resto de las regiones el uso de agua continental destinado al proceso de concentración supera el 70%, alcanzando incluso el 85% en algunas regiones.

Por lo tanto la búsqueda de metodologías para reducir los consumos de agua debiese ir enfocada en desarrollar tecnologías y/o soluciones orientadas a la línea de minerales de sulfuros para reducir el consumo de agua en su procesamiento.



Figura 14: Distribución porcentual del consumo de agua según proceso en la minería del cobre a nivel regional 2017



Fuente: Cochilco



Capítulo 2: Gestión del agua

La gestión del agua de una empresa es parte importante de cualquier programa de sustentabilidad, esta comprende desde la localización, transporte, desvío, almacenamiento, reutilización y/o tratamiento de toda el agua asociada con la operación de la mina y plantas, independientemente de su uso, tanto por temporada como durante todo el ciclo de vida de una mina.

En este capítulo se muestran los coeficientes unitarios de agua continental por tonelada de mineral procesado, tanto para el proceso de concentración como el de hidrometalurgia. Los coeficientes unitarios son analizados a nivel de proceso, a nivel regional, según tamaño de la empresa y de acuerdo a los quintiles de procesamiento. 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.

2.1 Intensidad de uso

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, para así mejorar la asignación del agua entre los diferentes usos a fin de obtener un mayor uso.

2.1.1 Coeficientes unitarios por proceso

En la tabla 2 se observan los coeficientes unitarios por proceso, 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 2: Coeficientes unitarios según proceso minero 2012-2017

	Unidad	2012	2013	2014	2015	2016	2017
CONCENTRACIÓN	m3/ton_min	0,61	0,57	0,53	0,52	0,50	0,45
HIDROMETALURGIA	m3/ton_min	0,10	0,09	0,08	0,08	0,10	0,11

Fuente: Cochilco

En el caso de la concentración, se aprecia una fuerte disminución en el coeficiente unitario, esto se debe principalmente ya que, si bien la cantidad de mineral procesado en general ha aumentado, el consumo de agua continental no lo ha hecho en la misma medida. Es decir para procesar una tonelada de mineral de sulfuros se necesita menos agua que el año anterior.

Para el caso de la línea hidrometalúrgica el aumento en el coeficiente unitario a nivel nacional se debe principalmente al aumento del mineral tratado en las plantas de menor tamaño, ya que a nivel nacional el mineral lixiviable tratado presenta una disminución, sin embargo al analizar el



comportamiento según tamaño vemos que las plantas de mediana minería han presentado un aumento. De esta forma, en las plantas de menor tamaño, el mineral tratado aumento, pero los consumo de agua aumentaron en mayor medida, provocando un aumento en el consumo unitario. En los casos de plantas de mayor tamaño el mineral tratado disminuyó, pero el consumo de agua se mantuvo al mismo nivel.

2.1.2 Coeficientes unitarios por región

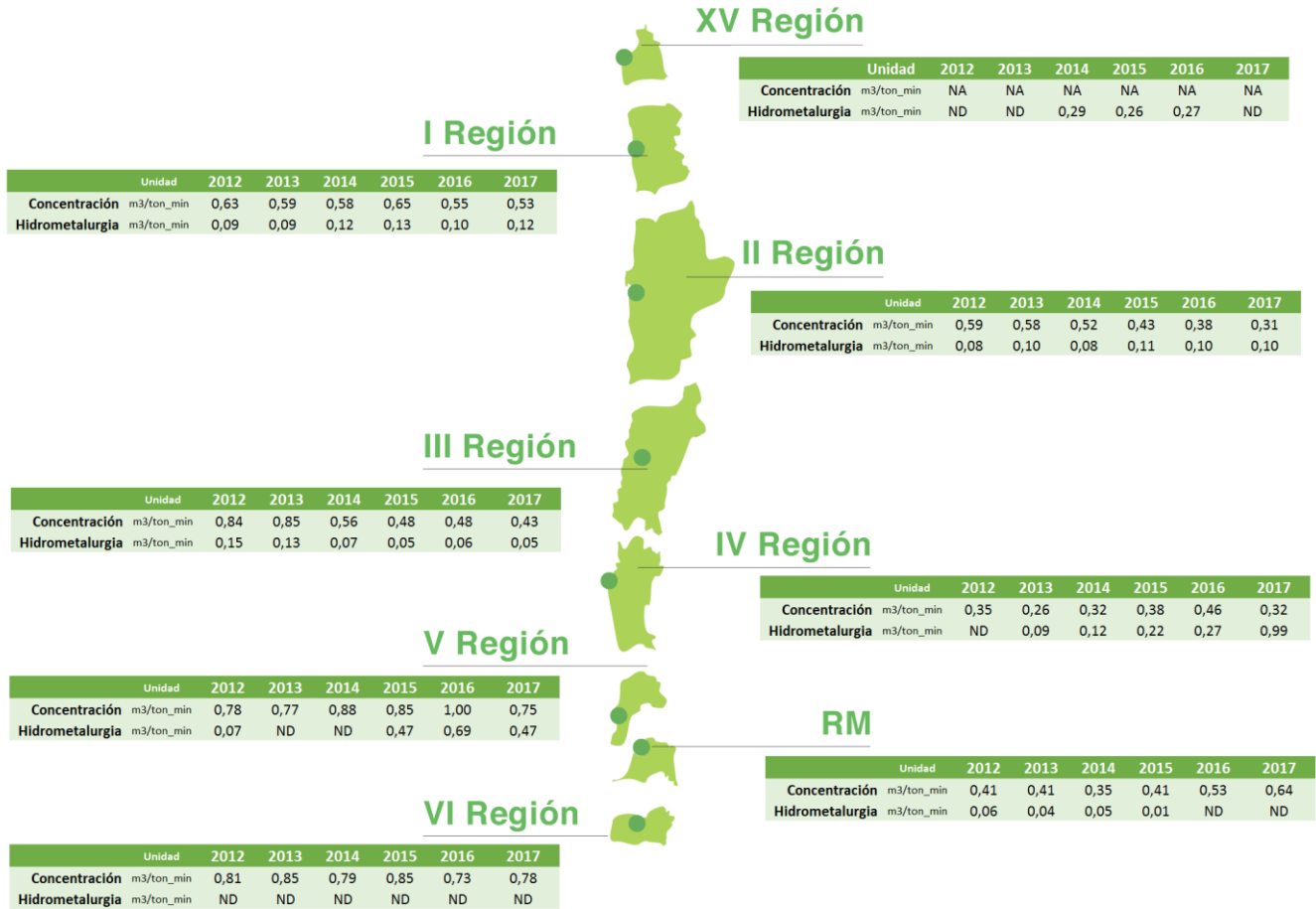
La figura 15 muestra la variación de los coeficientes unitarios de acuerdo a la región de consumo, donde se observa una constante mejora en la región de Antofagasta y de Atacama, principalmente por el uso de agua desalinizada. Es importante destacar la eficiencia alcanzada en la región de Antofagasta, llegando a los 0,31 m³/ton de mineral procesado en concentradora, por debajo del promedio nacional, esta es la región con mayor representatividad de la producción de cobre. Al mismo tiempo destacamos la eficiencia de la región de Coquimbo, que alcanzó los 0,32 m³/ton de mineral procesado en concentradora, siendo una de las regiones con graves sequias en los últimos años.

En la región de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins, la baja en la *performance* en concentración es producto de la incorporación de datos de medianas mineras que tienen más dificultades en lograr eficiencias de escala.

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, manteniendo el mejor rendimiento a nivel nacional. Esto principalmente por el uso de agua de mar para la lixiviación.



Figura 15: Coeficientes unitarios en la minería del cobre por región 2012-2017



Fuente: Cochilco



2.1.3 Coeficientes unitarios según tamaño de minería

Para este análisis consideramos gran minería del cobre, aquellas operaciones que procesan una cantidad mayor o igual a 8.000 tpd (producción de 50.000 toneladas de cobre fino al año), y consideraremos de mediana minería las que estén por debajo de ese umbral.

Tabla 3: Coeficientes unitarios en la minería del cobre según tamaño de la operación 2012-2017

CONCENTRACIÓN	Unidad	2012	2013	2014	2015	2016	2017
GRAN MINERÍA	m3/ton_min	0,59	0,57	0,53	0,50	0,49	0,44
MEDIANA MINERÍA	m3/ton_min	0,88	0,85	0,59	0,89	0,73	0,65

HIDROMETALURGIA	Unidad	2012	2013	2014	2015	2016	2017
GRAN MINERÍA	m3/ton_min	0,10	0,10	0,08	0,07	0,09	0,10
MEDIANA MINERÍA	m3/ton_min	0,10	0,06	0,15	0,25	0,27	0,25

Fuente: Cochilco

El tamaño puede afectar la eficiencia en el uso del recurso, como se observa en la tabla 3 de los coeficientes unitarios de agua continental por mineral procesado para cada proceso según la escala de producción.

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.

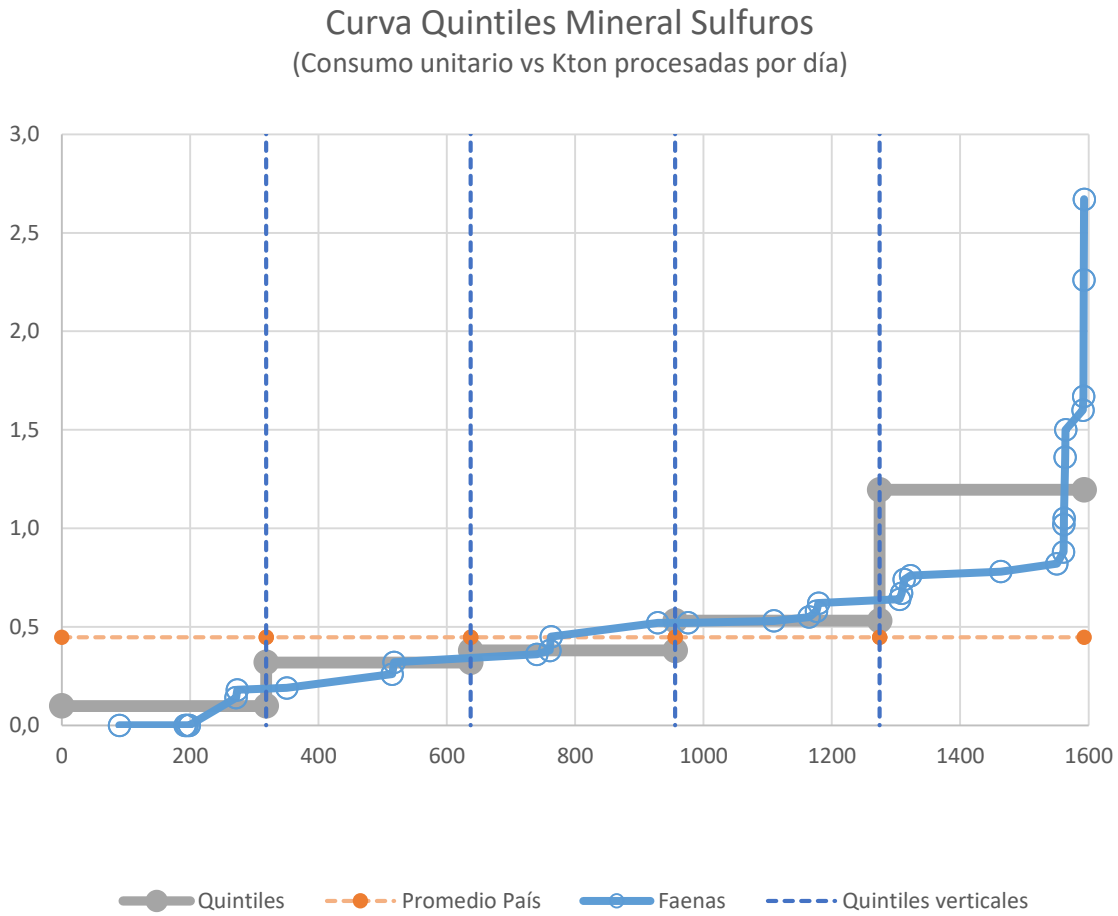
2.1.4 Quintiles de distribución según mineral procesado

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 según las miles de toneladas procesadas por día, 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 gris expresado en Ktpd y cuya altura corresponde al promedio del consumo unitario de agua fresca en m³/ton de ese quintil. La línea de color azul en el caso de los minerales de sulfuros y verde en el caso de los oxidos 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.



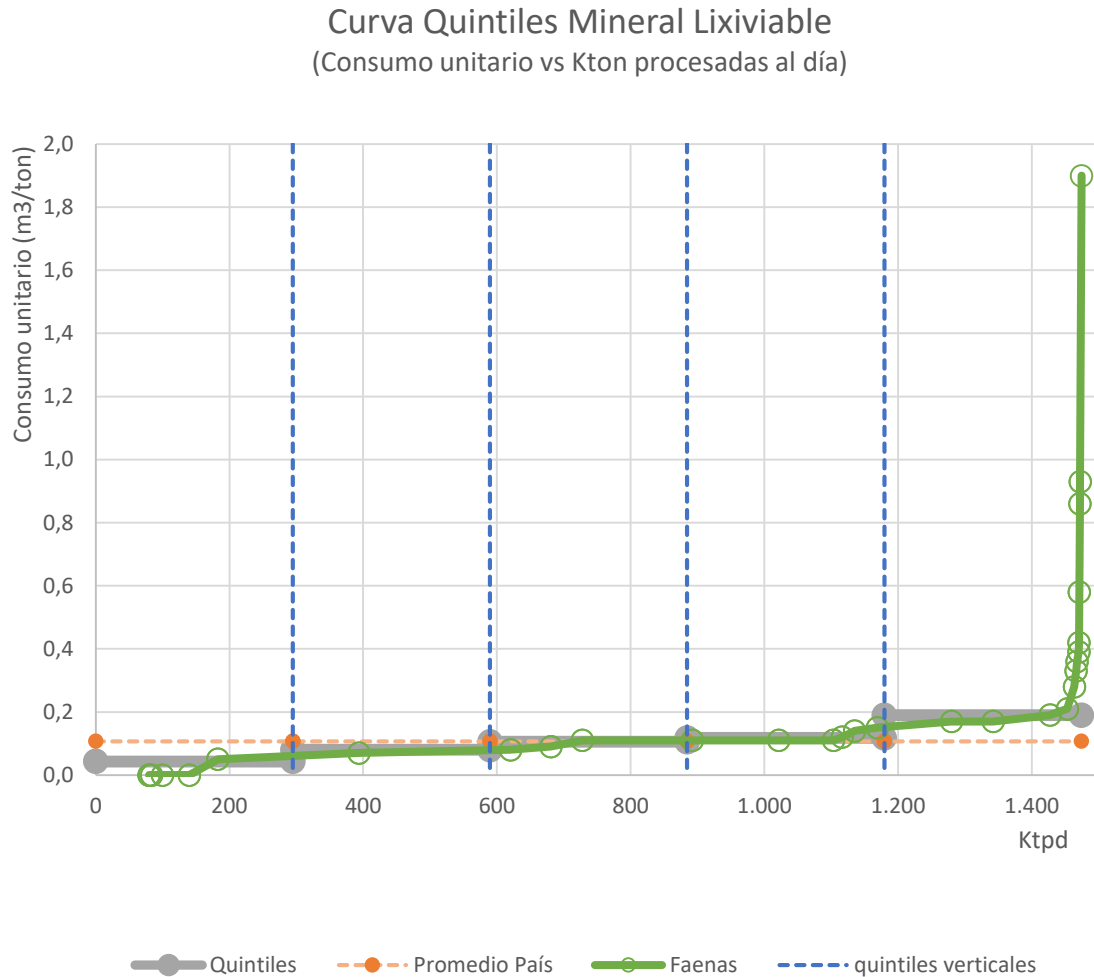
Figura 16: Curva quintiles para mineral de sulfuros 2017



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 continental, 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. También podemos ver que la parte alta de la curva, que es la con menores coeficientes unitarios, es decir, la menos eficiente se puede ver que la distancia entre los puntos de la curva gris es menor, lo que representa a operaciones de menor tamaño de procesamiento.



Figura 17: Curva quintiles para mineral de óxidos 2017



Fuente: Cochilco

En la figura 17, para 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 verde, 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. En la zona alta se observan operaciones de menor tamaño y algunas operaciones más antiguas.



2.2 Recirculación

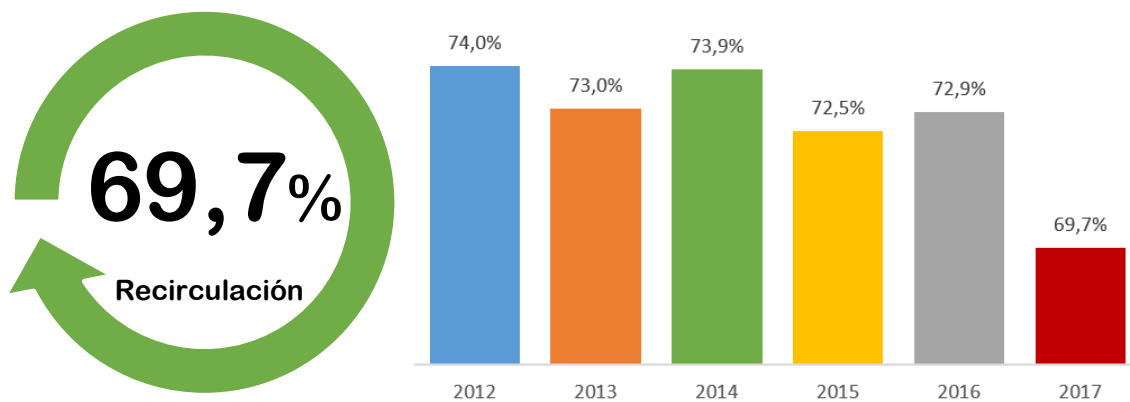
La recirculación es clave en la gestión de los recursos hídricos en la minería del cobre, los excedentes de agua pueden ser reutilizados dentro de un mismo proceso, en etapas diferentes, o enviadas desde y hacia procesos distintos, de acuerdo a los requerimientos de calidad y cantidad de cada uno de 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 se analiza la recirculación tanto en las operaciones como en la concentradora.

2.2.1 Recirculación en operaciones

A nivel nacional la tasa de recirculación en las faenas es de un 69,7%, 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 la tasa de recirculación en operaciones de la minería del cobre 2012-2017



Fuente: Cochilco

De acuerdo a los datos entregados por las empresas, durante el 2017 la región con mayor porcentaje de recirculación de agua en faena fue la región de Coquimbo con un 81%, principalmente por las tasas de la operación Los Pelambres, cuyo sistema de recirculación de aguas está en operaciones hace años y traslada las aguas claras recuperadas del tranque El Mauro hacia planta de procesamiento de mineral ubicada en el sector Piuquenes. Esta región se encuentra bajo un severo estrés hídrico, siendo una de las regiones donde hay más competencia por el agua para otros usos, como el agrícola.

Luego viene la región Metropolitana con un 75%, gracias a la operación del proyecto desarrollo Los Bronces que aumentó considerablemente la tasa de recirculación desde 2011 que consiste en un sistema para recircular agua desde el tranque de relaves de Las Tórtolas a la planta de molienda, entre otras medidas para aumentar la producción.



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 bajos valores de consumo. Por otra parte en el caso de los óxidos, recirculando las soluciones, evitando infiltraciones y minimizando la evaporación el consumo de agua puede optimizarse.

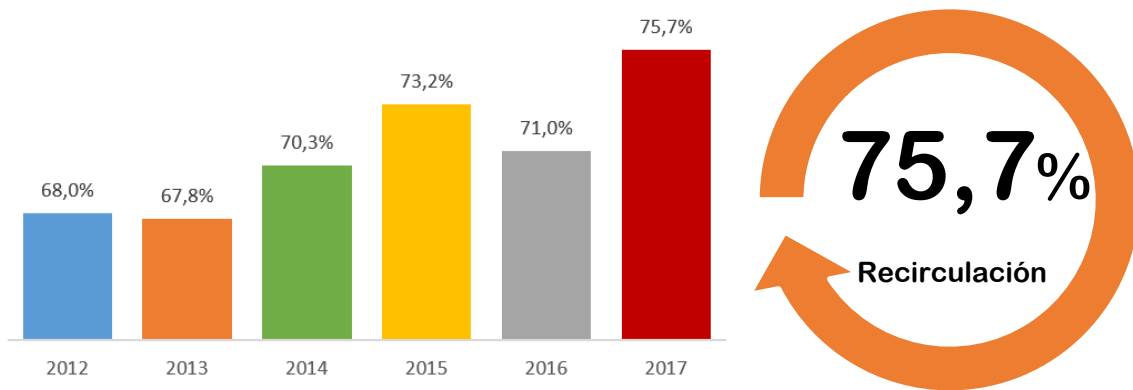
2.2.2 Recirculación en planta concentradora

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 75,7%, un aumento del 7% respecto al año anterior. 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 2012-2017



Fuente: Cochilco

La región de Coquimbo es la que tiene mayor tasa de recirculación en la planta concentradora con un 85,5%, seguido por la región de Atacama con un 79%.



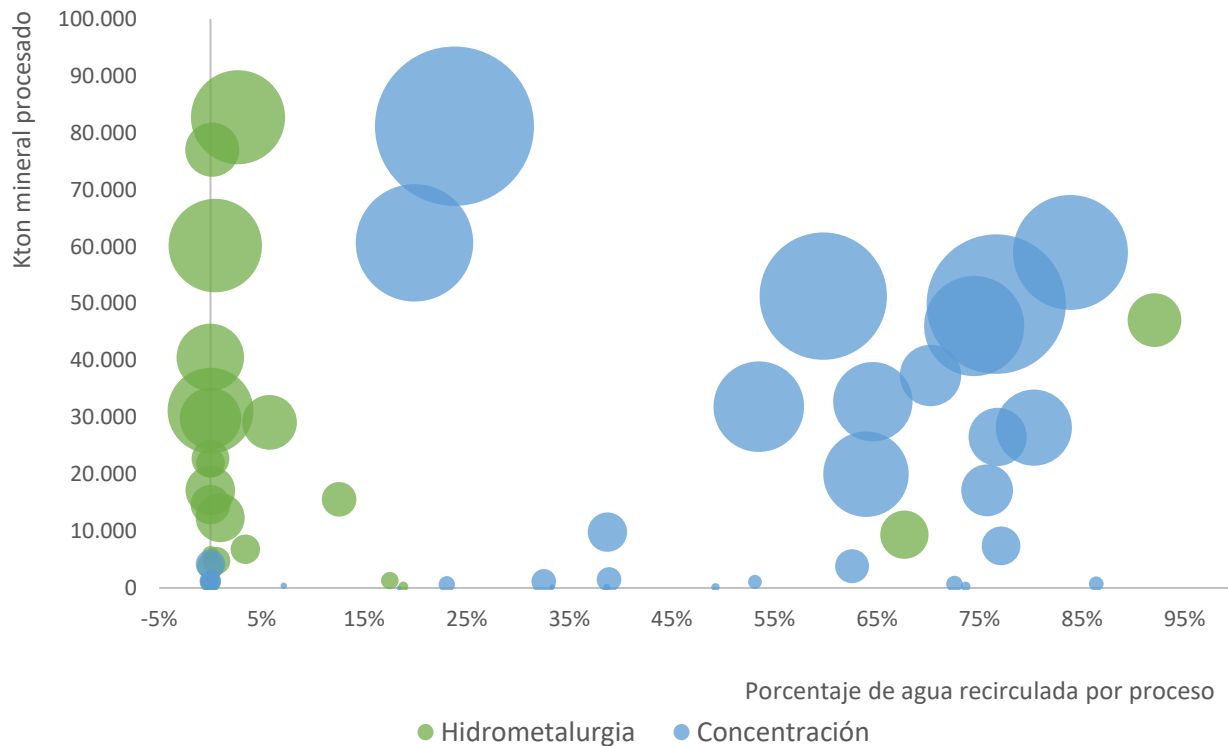
2.2.3 Recirculación por proceso según cantidad de producción.

Resulta importante analizar las tasas de recirculación según el mineral y la cantidad de producción de cobre fino.

En la figura 20 se observa la relación entre la tasa de recirculación, la cantidad de mineral procesado y la cantidad de cobre fino producido de acuerdo al tipo de mineral, ya sea óxidos, que son tratados por la vía hidrometalúrgica, o bien sulfuros, que en su mayoría son procesados a través de concentración.

En este caso el tamaño de la burbuja está dado por la producción de cobre fino, mientras en el eje x se representa la tasa de recirculación de aguas y en el eje y se observa la cantidad de mineral procesado. Las burbujas color azul simbolizan los minerales procesados a través de concentración, mientras que las de color verde aluden a aquellas que utilizan el proceso de hidrometalurgia.

Figura 20: Porcentaje de recirculación por proceso según cantidad de procesamiento 2017



Fuente: Cochilco

A partir de la figura 20 podemos concluir que el proceso hidrometalúrgico presenta bajas tasas de recirculación en comparación con el proceso de concentración. Por otra parte el uso de agua en este proceso es considerablemente menor, es difícil técnicamente lograr tasas altas de recirculación, y la cantidad de agua recirculada es considerablemente menor a la cantidad de agua recirculada en el proceso de concentración.



Capítulo 3: Agua de Mar

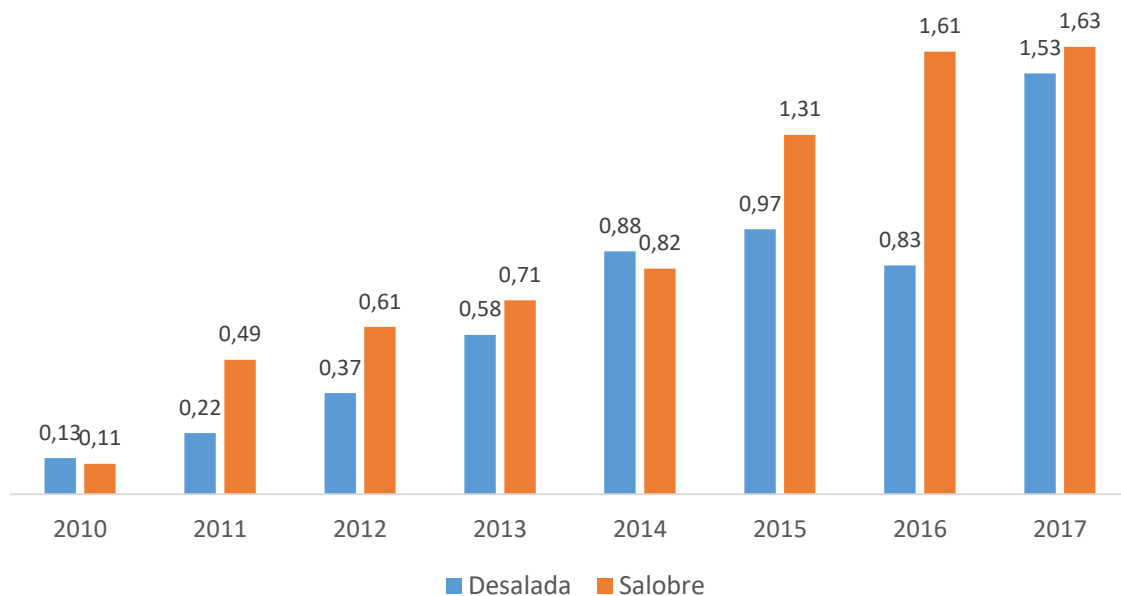
3.1 Tendencia en el uso del agua de mar

Existe una fuerte presión sobre la cantidad y calidad de los cursos de agua naturales, la diversificación de la fuente resulta esencial para la estrategia de agua, y el agua de mar es una fuente abundante. El sector con mayor aprovechamiento de agua de mar es el minero, el cual ha sido pionero en el uso de este recurso, impulsando además una creciente mejora en las tecnologías de impulsión del recurso hídrico.

La menor disponibilidad de agua en el país se presenta de manera más brusca en la zona norte, en donde se concentra la mayor parte de la actividad minera de Chile. Lo anterior ha motivado a las empresas mineras a buscar nuevas fuentes de abastecimiento para asegurar la producción o mantener distintas propuestas de valor ante sus comunidades. Bajo este concepto, el uso de agua de mar, salada o desalada, ya es una variable en la evaluación de distintos proyectos y una solicitud constante por un sector de la ciudadanía para mantener la sustentabilidad del sector en su ámbito social.

La figura 21 muestra la evolución del consumo de agua de mar en la minería del cobre desde el año 2010 al 2017, con una tasa de crecimiento promedio anual del orden de 52%.

Figura 21: Uso de agua de mar en la minería del cobre 2010-2017 (m³/seg)



Fuente: Cochilco



Al utilizar agua desalinizada o agua directa de mar se liberan recursos de agua fresca que puedan ser requeridos. El agua fresca proviene de fuentes subterráneas, por ejemplo, acuíferos (la mayor parte del norte es de esta fuente) y de fuentes superficiales, como puede ser un río.

Al 2017 el agua de mar en la minería del cobre alcanzó los 3,16 m³/seg, que representa un 19% del agua utilizada en minería, de ellos 1,63 m³/seg corresponden a agua de mar utilizada directamente en los procesos con un alto contenido de sal, mientras que 1,53 m³/seg es de agua previamente desalinizada.

3.2 Operaciones y nuevos proyectos mineros en carpeta

La escasez de agua en algunas regiones del norte de Chile se ha transformado en un tema estratégico para industrias como la minería. La búsqueda de opciones para enfrentar la estrechez hídrica ha llevado a las empresas a privilegiar, sobre todo, una de ellas: la construcción de plantas desalinizadoras. A través de la construcción de esta planta, las empresas mineras pueden generar una visión de largo plazo

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.

En cuanto al desarrollo a futuro, se prevén al menos 8 nuevos proyectos con uso de agua de mar y 4 ampliaciones y/o reemplazos de sistemas existentes. En su mayoría estos se ubican en la zona de Antofagasta y Atacama.

Al analizar las actuales operaciones y futuros proyectos con agua de mar, no debemos dejar de lado 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 escasez hídrica a un problema energético. El costo del agua se transforma ineludiblemente en costo energético. Esto 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.

Al mismo tiempo es importante considerar las singularidades de cada operación y su entorno en la definición de su abastecimiento hídrico; el uso de agua de mar no es siempre factible técnica, económica o socialmente. La localización de las operaciones es vital en el análisis, pues no todas pueden abastecerse de agua de mar.



Tabla 4: Catastro plantas desaladoras y Sistemas de impulsión de agua de mar (SIAM) en la minería del cobre

Puesta en marcha	Estado	Propiedad	Nombre	Región	Capacidad Planta Desaladora (lts/seg)	Capacidad Agua de Mar Directa (lts/seg)
-	Cerrada (se espera reactivación en 2019)	Haldeman	Michilla	Antofagasta	75	25
-	Operando	ENAMI	Planta J.A. Moreno (Taltal)	Antofagasta	-	15
-	Operando	Las Cenizas	Las Cenizas Taltal	Antofagasta	9	12
-	Operando	Mantos de la luna	Mantos de la luna	Antofagasta	5	20
-	Paralizado	Pampa Camarones	Pampa Camarones	Arica y Parinacota	-	25
-	Operando	BHP Billiton	Escondida – Planta Coloso	Antofagasta	525	-
-	Operando	AMSA	Distrito Centinela (Esperanza + El Tesoro)	Antofagasta	50	1.500
-	Operando	AMSA	Antucoya	Antofagasta	20	280
-	Operando	Mantos Copper	Mantoverde	Atacama	120	-
-	Operando	Lundin Mining	Candelaria	Atacama	300	-
-	Operando	KGHM Int.	Sierra Gorda	Antofagasta	-	1.315
-	Operando	BHP Billiton	Escondida EWS	Antofagasta	2.500	-
2018	Factibilidad	Lundin Mining	Candelaria 2030 – Continuidad operacional	Atacama	200 ⁽¹⁾	-
2020	Factibilidad	AMSA	Desarrollo minera Centinela – Etapa 1	Antofagasta	-	850 ⁽²⁾
2020	Factibilidad	AMSA	Los Pelambres – ampliación marginal I y II	Coquimbo	400	-
2020	Factibilidad	COPEC	Diego de Almagro	Atacama	-	315
2020	Factibilidad	BHP Biliton	Spence Growth Option	Antofagasta	1.000	-
2020	Factibilidad	Mantos Copper	Desarrollo Mantoverde	Atacama	260 ⁽³⁾	-
2020	Factibilidad	Codelco	Adecuación planta desaladora RT Sulfuros – Etapa 1	Antofagasta	630 ⁽⁴⁾	-
2021	Factibilidad	Teck	Quebrada Blanca Hipógeno	Tarapacá	1.300	-
2021	Sin EIA	Goldcorp y Teck	Nueva Unión	Antofagasta	740	-
2023	Factibilidad detenida	Capstone Mining	Santo Domingo	Antofagasta	30	400
2024	Factibilidad	AMSA	Desarrollo minera Centinela- Etapa 2	Antofagasta	-	1.650 ⁽⁵⁾
2025	Sin EIA	Freeport McMoran	El Abra Mill Project	Antofagasta	500	-

Fuente: Cochilco en base a información pública.

Observaciones tabla 4

(1) Alcanza los 500 lts/seg de capacidad de diseño del acueducto actual, incorpora construcción de acueducto paralelo desde de sector Bodega hasta la faena.

(2) Nuevo acueducto paralelo al existente.

(3) Aumento en la capacidad de la planta actual de 120 lts/seg a 380 lts/seg.

(4) Adicionalmente se posterga la explotación de nuevas fases de minerales sulfurados de la mina RT posponiendo su inversión hasta una Etapa 2, etapa en la que también se materializaría la inversión para ampliar la capacidad de desalación de la Etapa 1 hasta alcanzar el caudal máximo de 1.630 lts/seg.

(5) Reemplazo de acueducto existente.



Capítulo 4: Comentarios finales

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 y el aumento de la población también ejercen presión sobre la cantidad y calidad de los cursos de agua naturales.

En este contexto, la industria minera se enfrenta a tres riesgos estratégicos a largo plazo en relación con el agua; primero asegurar suficiente agua para satisfacer el aumento de la producción, en segundo lugar reducir el consumo de agua, consumo de energía y las emisiones debido a las presiones sociales, ambientales y económicas, y finalmente 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, bajo un esquema de desarrollo sustentable. Las soluciones de agua a largo plazo deben ser flexibles, adaptables y ambientalmente sostenibles.

Al analizar el año 2017, vemos que el agua de origen continental alcanzó los 13,26 m³/seg, por su parte el agua de mar fue de 3,16 m³/seg y el agua recirculada fue de 38,07 m³/seg, lo que en total suma 54,5 m³/seg de agua para la minería. El consumo es liderado por la región de Antofagasta, región que produce más del 52% del cobre en Chile, seguido por la región de Tarapacá y O'Higgins.

Al analizar las extracciones de acuerdo a las fuentes de abastecimiento se observa que la mayor fuente de extracción proviene de agua de origen subterráneo, que constituyen el 41%, por otro lado el agua de origen superficial alcanza el 33% del agua extraída, las de origen marino llegan al 19% y aquellas aguas adquiridas a terceros representan el 7%.

El análisis por proceso minero a nivel regional nos indica que en todas las regiones, (a excepción de Arica y Parinacota, que es muy poco representativa dado el bajo volumen de producción) el principal proceso donde se utiliza el agua es en la concentración.

El agua recirculada presentó una disminución respecto al año anterior principalmente porque, de acuerdo a los datos entregados por las empresas, en las regiones de Tarapacá y Antofagasta algunas de las grandes operaciones de óxidos de la zona disminuyeron la cantidad de agua recirculada. La necesidad de una tecnología efectiva de reutilización y reciclaje se hace fundamental junto con una gestión adecuada de las fuentes de suministro para reducir el consumo. La búsqueda de metodologías para reducir los consumos de agua debiese ir enfocada en desarrollar tecnologías y/o soluciones orientadas a la línea de minerales de sulfuros para reducir el consumo de agua en su procesamiento, dada la intensidad de uso del recurso en comparación con el procesamiento de los óxidos.

El uso de tecnologías avanzadas para el tratamiento de aguas y el suministro alternativo de agua también ha generado una oportunidad de mercado secundario como es el uso de agua de mar. Los procesos de desalinización tienen el mayor potencial de crecimiento. En este escenario, y para superar las dificultades en la obtención de recursos hídricos para sus actividades, las compañías



mineras han comenzado a privilegiar las inversiones en plantas de desalinización o sistemas de impulsión de agua de mar para ser utilizada directamente en los procesos.

La mayoría de los nuevos proyectos mineros considera el agua de mar como fuente de abastecimiento. Sin embargo esto plantea importantes desafíos en términos de costos, debido a la fuerte inversión que requieren estos proyectos y al alto consumo energético, no sólo para desalinizar sino sobre todo para bombear el agua desde el borde costero hasta la faena minera.

Si bien el agua de mar es una fuente segura e inagotable, no es necesariamente la mejor solución para todos los proyectos. El agua es un tema que requiere una gestión local, en el que los principales elementos de la operación minera pueden variar de manera significativa de una explotación a otra, dependiendo de la configuración del área local de captación y de la naturaleza de las operaciones de la explotación de que se trate. En este sentido es fundamental analizar el problema de suministro de agua en un contexto regional, buscando posibles sinergias que permitirían reducir los costos, aportando soluciones no solo para la minería sino también para otros sectores con plantas que abastezcan a diferentes sectores, en base a la demanda futura de estos sectores, que aprovechen economías de escala, y así lograr un diseño lo más eficiente posible.



Anexos

Tabla N°1

CONSUMO DE AGUA CONTINENTAL EN LA MINERÍA DEL COBRE POR PROCESO Y TOTAL										
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Concentración	lts/seg	8.724	9.144	8.856	9.190	9.079	8.947	9.201	9.708	8.902
Hidrometalurgia	lts/seg	2.184	1.856	1.778	1.384	1.751	1.705	2.008	1.930	1.845
Otros	lts/seg	1.362	1.651	1.930	1.804	1.324	1.748	1.339	1.337	1.978
Fundición y Refinería	lts/seg	ND	ND	ND	ND	566	551	523	640	539
TOTAL PAÍS	lts/seg	12.270	12.651	12.564	12.379	12.719	12.951	13.072	13.614	13.264

* 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	2016	2017
Concentración	%	71,1%	72,3%	70,5%	74,2%	71,4%	69,1%	70,4%	71,3%	67,1%
Hidrometalurgia	%	17,8%	14,7%	14,1%	11,2%	13,8%	13,2%	15,4%	14,2%	13,9%
Otros	%	11,1%	13,1%	15,4%	14,6%	10,4%	13,5%	10,2%	9,8%	14,9%
Fundición y Refinería	%	-	-	-	-	4,4%	4,3%	4,0%	4,7%	4,1%

Tabla N°2

EXTRACCIÓN DE AGUA EN LA MINERÍA DEL COBRE SEGÚN FUENTE DE EXTRACCIÓN										
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	5.867	5.942	5.908	5.577	6.206	5.463
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	5.749	6.200	6.302	6.430	6.332	6.667
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	763	577	742	1.064	1.077	1.133
Aguas de mar	lts/seg	316	243	713	978	1.287	1.707	2.275	2.446	3.162

* 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	2016	2017
Desalada	lts/seg	180	132	223	369	581	885	965	834	1.532
Salobre	lts/seg	136	111	490	609	706	822	1.309	1.612	1.630
TOTAL	lts/seg	316	243	713	978	1.287	1.707	2.275	2.446	3.162

* 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	2016	2017
Concentración	m3/ton_min	0,67	0,69	0,65	0,61	0,57	0,53	0,52	0,50	0,45
Hidrometalurgia	m3/ton_min	0,12	0,12	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	0,10	0,11

Tabla N° 5

CONSUMO UNITARIO DE AGUA CONTINENTAL DE ACUERDO AL TAMAÑO DE EMPRESA										
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
CONCENTRACIÓN										
Gran Minería del Cobre	m3/ton_min	0,67	0,68	0,63	0,59	0,57	0,53	0,50	0,49	0,44
Mediana Minería del Cobre	m3/ton_min	0,78	0,90	0,88	0,88	0,85	0,59	0,89	0,73	0,65
PROMEDIO PAÍS		0,67	0,69	0,65	0,61	0,57	0,53	0,52	0,50	0,45
HIDROMETALURGIA										
Gran Minería del Cobre	m3/ton_min	0,12	0,11	0,12	0,10	0,10	0,08	0,07	0,09	0,10
Mediana Minería del Cobre	m3/ton_min	0,11	0,19	0,24	0,10	0,06	0,15	0,25	0,27	0,25
PROMEDIO PAÍS		0,12	0,12	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	0,10	0,11

Tabla N°6

RECIRCULACIÓN DE AGUA EN LA OPERACIÓN COMPLETA										
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Agua Reciclada total	lts/seg	ND	ND	25.367	34.291	32.138	31.708	40.382	43.269	38.069
Tasa de recirculación	%	ND	ND	68,7%	74,0%	73,0%	73,9%	72,5%	72,9%	69,7%

Tabla N°7

RECIRCULACIÓN DE AGUA EN LA CONCENTRADORA										
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Agua Reciclada en	lts/seg	14.696	18.052	20.601	21.750	20.386	21.408	25.071	23.717	27.720
Tasa de recirculación	%	57,3%	62,9%	67,7%	68,0%	67,8%	70,3%	73,2%	71,0%	75,7%

CONSUMO DE AGUA TOTAL EN LA MINERÍA DEL COBRE										
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Aguas Continentales	lts/seg	12.270	12.651	12.564	12.379	12.719	12.951	13.072	13.614	13.264
Aguas de Mar	lts/seg	316	243	713	978	1.287	1.707	2.275	2.446	3.162
Aguas Recirculadas	lts/seg	ND	ND	25.367	34.291	32.138	31.708	40.382	43.269	38.069
TOTAL PAÍS	lts/seg	12.270	12.651	12.564	47.648	46.143	46.365	55.729	59.329	54.495



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	2016	2017	
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA										
Concentración	Its/seg	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hidrometalurgia	Its/seg	0	0	0	0	0	3	4	5	5
Otros	Its/seg	0	0	0	0	0	1	2	0,1	0,1
Fundición y Refinería	Its/seg	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL XV	Its/seg	0	0	0	0	0	4	7	5	5
REGIÓN DE TARAPACÁ										
Concentración	Its/seg	997	952	887	902	905	905	905	862	844
Hidrometalurgia	Its/seg	179	189	140	170	131	163	163	107	91
Otros	Its/seg	99	273	261	289	284	273	148	160	233
Fundición y Refinería	Its/seg	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL I	Its/seg	1.275	1.413	1.288	1.361	1.320	1.341	1.217	1.129	1.167
REGIÓN DE ANTOFAGASTA										
Concentración	Its/seg	3.373	3.242	3.081	3.271	3.289	3.227	3.093	2.836	2.372
Hidrometalurgia	Its/seg	1.441	1.329	1.388	1.002	1.369	1.351	1.643	1.535	1.484
Otros	Its/seg	937	976	781	679	107	553	515	686	872
Fundición y Refinería	Its/seg	0	0	0	0	221	294	261	258	239
TOTAL II	Its/seg	5.751	5.546	5.250	4.952	4.986	5.424	5.512	5.315	4.967
REGIÓN DE ATACAMA										
Concentración	Its/seg	1.201	1.266	1.208	1.136	1.121	882	866	1.033	995,302
Hidrometalurgia	Its/seg	153	165	168	134	158	100	70	68	60,338
Otros	Its/seg	296	235	260	354	95	390	151	107	214
Fundición y Refinería	Its/seg	0	0	0	0	80	77	80	114	81
TOTAL III	Its/seg	1.650	1.667	1.636	1.624	1.454	1.449	1.168	1.322	1.351
REGIÓN DE COQUIMBO										
Concentración	Its/seg	479	794	801	903	702	886	962	1.134	823
Hidrometalurgia	Its/seg	34	25	4	12	6	7	14	53	56
Otros	Its/seg	21	21	153	108	377	93	170	104	267
Fundición y Refinería	Its/seg	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL IV	Its/seg	534	839	958	1.023	1.085	986	1.145	1.291	1.146
REGIÓN DE VALPARAÍSO										
Concentración	Its/seg	751	947	1.034	997	1.066	1.141	1.038	1.156	962
Hidrometalurgia	Its/seg	96	NI	76	2	2	0	33	34	16
Otros	Its/seg	0	147	0	76	270	218	148	63	205
Fundición y Refinería	Its/seg	0	0	0	0	114	79	82	82	80
TOTAL V	Its/seg	847	1.094	1.110	1.075	1.452	1.438	1.301	1.336	1.263
REGIÓN DE O'HIGGINS										
Concentración	Its/seg	1.403	1.508	1.429	1.392	1.312	1.304	1.741	1.883	1.978
Hidrometalurgia	Its/seg	265	118	1	10	10	10	10	8	8
Otros	Its/seg	0	0	305	256	156	183	162	161	142
Fundición y Refinería	Its/seg	0	0	0	0	150	100	100	186	139
TOTAL VI	Its/seg	1.668	1.626	1.735	1.659	1.628	1.598	2.013	2.238	2.268
REGIÓN METROPOLITANA										
Concentración	Its/seg	521	436	417	589	684	602	596	804	927
Hidrometalurgia	Its/seg	16	30	1	54	75	71	70	118	125
Otros	Its/seg	9	0	170	42	35	38	42	56	44
Fundición y Refinería	Its/seg	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL RM	Its/seg	546	466	588	685	794	711	708	979	1.097



Tabla N°9

EXTRACCIÓN DE AGUA EN LA MINERÍA DEL COBRE SEGÚN FUENTE										
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA										
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	0	0	0	0	0	0
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	0	0	0	0	0	0
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	0	0	4	7	5	5
Aguas de mar	lts/seg	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	4	7	5	5
REGIÓN DE TARAPACÁ										
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	0	105	104	0	15	0
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	1.271	1.215	1.153	1.133	1.030	1.090
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	90	0	84	84	85	77
Aguas de mar	lts/seg	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	1.361	1.320	1.341	1.217	1.129	1.167
REGIÓN DE ANTOFAGASTA										
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	1.915	1.964	1.926	1.674	1.747	750
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	2.539	2.600	3.014	3.148	2.854	3.433
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	498	422	484	691	715	784
Aguas de mar	lts/seg	316	243	713	978	1.039	1.274	1.767	2.053	2.694
		316	243	713	5.931	6.025	6.698	7.279	7.368	7.661
REGIÓN DE ATACAMA										
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	701	541	545	408	384	546
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	747	759	750	704	767	634
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	175	154	155	56	171	171
Aguas de mar	lts/seg	0	0	0	0	248	433	508	393	468
		0	0	0	1.624	1.702	1.883	1.676	1.714	1.819
REGIÓN DE COQUIMBO										
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	589	494	552	608	660	609,4
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	433	590	433	507	614	520,0481
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	0	0	0	31	17	16,3774
Aguas de mar	lts/seg	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	1.023	1.085	986	1.145	1.291	1.146
REGIÓN DE VALPARAISO										
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	754	829	819	681	705	638
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	322	623	604	606	619	612
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	0	0	15	14	12	13
Aguas de mar	lts/seg	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	1.075	1.452	1.438	1.301	1.336	1.263
REGIÓN DE O'HIGGINS										
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	1.430	1.363	1.469	1.683	1.953	2.017
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	229	219	175	181	285	251
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	0	0	0	150	0	0
Aguas de mar	lts/seg	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	1.659	1.582	1.644	2.013	2.238	2.268
REGIÓN METROPOLITANA										
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	478	600	537	523	742	903
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	207	194	174	153	162	127
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	0	0	0	32	74	67
Aguas de mar	lts/seg	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	685	794	711	708	979	1.097
		0	0	0	12.379	12.673	12.997	13.072	13.614	13.264

* 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

* 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	2016	2017
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA										
Concentración	m3/ton_min	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Hidrometalurgia	m3/ton_min	ND	ND	ND	ND	ND	0,29	0,26	0,27	ND
REGIÓN DE TARAPACÁ										
Concentración	m3/ton_min	0,68	0,60	0,57	0,63	0,59	0,58	0,65	0,55	0,53
Hidrometalurgia	m3/ton_min	0,12	0,11	0,08	0,09	0,09	0,12	0,13	0,10	0,12
REGIÓN DE ANTOFAGASTA										
Concentración	m3/ton_min	0,68	0,73	0,73	0,59	0,58	0,52	0,43	0,38	0,31
Hidrometalurgia	m3/ton_min	0,13	0,12	0,12	0,08	0,10	0,08	0,11	0,10	0,10
REGIÓN DE ATACAMA										
Concentración	m3/ton_min	0,83	0,79	0,78	0,84	0,85	0,56	0,48	0,48	0,43
Hidrometalurgia	m3/ton_min	0,20	0,20	0,18	0,15	0,13	0,07	0,05	0,06	0,05
REGIÓN DE COQUIMBO										
Concentración	m3/ton_min	0,31	0,37	0,31	0,35	0,26	0,32	0,38	0,46	0,32
Hidrometalurgia	m3/ton_min	0,19	0,23	0,08	ND	0,09	0,12	0,22	0,27	0,99
REGIÓN DE VALPARAÍSO										
Concentración	m3/ton_min	0,75	0,93	0,84	0,78	0,77	0,88	0,85	1,00	0,75
Hidrometalurgia	m3/ton_min	ND	ND	ND	0,07	ND	ND	0,47	0,69	0,47
REGIÓN DE O'HIGGINS										
Concentración	m3/ton_min	0,66	0,71	0,70	0,81	0,85	0,79	0,85	0,73	0,78
Hidrometalurgia	m3/ton_min	ND	ND	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	0,53	0,64
Hidrometalurgia	m3/ton_min	0,01	0,02	0,11	0,06	0,04	0,05	0,01	ND	ND

Tabla N°11

RECIRCULACIÓN DE AGUA EN LA OPERACIÓN COMPLETA										
	Unidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA										
Agua Recirculada total	lts/seg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	124	0
Tasa de recirculación total	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	96%	0%
REGIÓN DE TARAPACÁ										
Agua Recirculada total	lts/seg	ND	ND	3.641	3.740	4.406	3.501	3.564	4.395	3.210
Tasa de recirculación total	%	ND	ND	73,9%	73,3%	76,9%	72,3%	74,5%	79,6%	73,3%
REGIÓN DE ANTOFAGASTA										
Agua Recirculada total	lts/seg	ND	ND	12.570	13.736	13.775	13.837	21.137	21.834	17.276
Tasa de recirculación total	%	ND	ND	70,5%	73,5%	73,5%	74,8%	75,1%	76,7%	69,3%
REGIÓN DE ATACAMA										
Agua Recirculada total	lts/seg	ND	ND	3.175	2.743	2.803	2.787	3.424	4.758	3.990
Tasa de recirculación total	%	ND	ND	66,0%	62,8%	66,5%	69,7%	68,2%	74,8%	68,7%
REGIÓN DE COQUIMBO										
Agua Recirculada total	lts/seg	ND	ND	4.068	4.629	4.186	4.075	4.677	5.148	4.875
Tasa de recirculación total	%	ND	ND	80,9%	81,9%	79,4%	80,5%	80,3%	79,9%	81,0%
REGIÓN DE VALPARAÍSO										
Agua Recirculada total	lts/seg	ND	ND	631	3.252	1.688	1.387	1.735	1.502	1.810
Tasa de recirculación total	%	ND	ND	36,2%	75,1%	55,8%	50,5%	58,7%	54,5%	58,9%
REGIÓN DE O'HIGGINS										
Agua Recirculada total	lts/seg	ND	ND	159	3.593	2.424	2.645	3.315	3.569	3.566
Tasa de recirculación total	%	ND	ND	8,4%	68,4%	60,5%	62,3%	63,4%	63,5%	61,1%
REGIÓN METROPOLITANA										
Agua Recirculada total	lts/seg	ND	ND	1.123	2.598	2.856	3.476	2.510	1.918	3.201
Tasa de recirculación total	%	ND	ND	65,6%	79,1%	78,2%	83,0%	78,0%	66,2%	74,5%

* 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	2016	2017
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA										
Agua Reciclada en concentradora	lts/seg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NA	NA
Tasa de recirculación concentradora	%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NA	NA
REGIÓN DE TARAPACÁ										
Agua Reciclada en concentradora	lts/seg	3.326	3.590	3.641	3.234	3.501	3.501	3.501	3.348	3.208
Tasa de recirculación concentradora	%	76,9%	79,0%	80,4%	78,2%	79,5%	79,5%	79,5%	79,5%	79,2%
REGIÓN DE ANTOFAGASTA										
Agua Reciclada en concentradora	lts/seg	2.467	2.637	3.313	4.146	4.170	5.289	6.431	4.023	7.187
Tasa de recirculación concentradora	%	42,2%	44,9%	51,8%	55,9%	55,9%	62,3%	67,5%	58,7%	75,2%
REGIÓN DE ATACAMA										
Agua Reciclada en concentradora	lts/seg	2.849	3.011	2.856	3.086	2.607	2.703	2.931	4.577	3.748
Tasa de recirculación concentradora	%	70,3%	70,4%	70,3%	73,1%	69,9%	75,9%	77,2%	81,6%	79,0%
REGIÓN DE COQUIMBO										
concentradora	lts/seg	2.667	4.025	5.027	4.579	3.049	3.302	4.663	4.780	4.858
concentradora	%	84,8%	83,5%	86,3%	83,5%	81,3%	79,6%	82,9%	80,8%	85,5%
REGIÓN DE VALPARAÍSO										
Agua Reciclada en concentradora	lts/seg	1.168	1.096	1.397	1.605	1.688	1.103	1.720	1.502	1.803
Tasa de recirculación concentradora	%	60,9%	53,6%	57,5%	61,7%	61,3%	54,8%	62,4%	56,5%	65,2%
REGIÓN DE O'HIGGINS										
Agua Reciclada en concentradora	lts/seg	1.209	3.058	3.244	2.493	2.515	2.547	3.315	3.569	3.566
Tasa de recirculación concentradora	%	46,3%	67,0%	69,4%	64,2%	65,7%	67,0%	65,6%	65,5%	64,3%
REGIÓN METROPOLITANA										
Agua Reciclada en concentradora	lts/seg	1.009	634	1.123	2.608	2.856	2.962	2.510	1.918	3.201
Tasa de recirculación concentradora	%	66,0%	59,2%	72,9%	81,6%	80,7%	85,2%	80,8%	70,4%	77,5%



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

Julio / 2018

