



**COMISIÓN CHILENA DEL COBRE**  
**Dirección de Estudios y Políticas Públicas**

**CONSUMO DE AGUA EN LA  
MINERÍA DEL COBRE 2011  
DE/09/2012**

Registro de Propiedad Intelectual  
© N° 221.161

## **RESUMEN EJECUTIVO**

*Uno de los factores más significativos de cualquier proyecto minero es la disponibilidad del recurso hídrico, tanto en las operaciones como en la ejecución de futuros proyectos. Dentro del ciclo productivo del cobre, este recurso es imprescindible tanto en los procesos de concentración por flotación, como en la lixiviación, la extracción por solventes y la electro-obtención.*

*En este escenario, la Comisión Chilena del Cobre ha elaborado un diagnóstico del consumo de agua fresca en la minería del cobre durante el año 2011. El objetivo de este documento es mostrar y resumir los resultados del estudio sectorial para la minería del cobre y favorecer la generación de información que permita establecer las reales necesidades de agua que tiene la minería.*

*Este estudio fue realizado en base a encuestas realizadas por COCHILCO a las principales compañías mineras del país, con el objeto de determinar el consumo real de agua fresca (make-up) en sus operaciones y procesos.*

*Para alcanzar su cometido el informe presenta las tasas de consumo promedio desglosada por región y de manera agregada. Adicionalmente, el estudio analiza el comportamiento del consumo unitario de agua en los procesos de beneficio por concentración y lixiviación del cobre.*

*El análisis que aquí se entrega indica que la demanda total del recurso hídrico durante el año 2011 fue de 12,6 m<sup>3</sup>/seg. De dicho consumo total, la producción de concentrados demanda el 71%, mientras que la operación de beneficio de minerales oxidados y mixtos por lixiviación para producir cátodos SX-EW sólo representa el 14% de las extracciones totales. El resto corresponde a agua mina, servicios varios y agua potable.*

*Para aumentar los niveles de eficiencia en la gestión del agua las compañías han desarrollado iniciativas que incorporan nuevas tecnologías para reducir su uso en algunos de los procesos productivos, con mejoras tanto operacionales como administrativas. Entre 2009 y 2011, estos esfuerzos permitieron bajar el consumo unitario en la etapa de concentración a 0,65 m<sup>3</sup>/ton mineral tratado y mantener el consumo en el procesamiento por vía hidrometalúrgica en 0,12 m<sup>3</sup>/ton mineral, a pesar de la disminución en las leyes del mineral.*

*Este documento también incluye un breve análisis en torno a la reutilización del agua en las plantas concentradoras, donde se observa un gran avance desde 2009, con tasas de recirculación de hasta un 80% en la I Región de Tarapacá.*

*Por último se plantea el uso de agua de mar y desalada como nueva fuente de agua, la cual aparece como una atractiva alternativa de suministro y en línea con el desarrollo*

*sostenible de la minería. Se muestran casos de compañías en las cuales esta alternativa ya está en uso o en construcción.*

*De acuerdo a los resultados obtenidos y la evidente falta de recursos hídricos en la zona norte resulta necesario seguir buscando formas de reducir los consumos de agua, aun manteniendo la misma línea de procesamiento y sistemas de captación de agua.*

*Por último, se agradece a las empresas que participaron en la encuesta, y se destacan los grandes esfuerzos que algunas compañías han elaborado para disminuir su consumo de agua. Todos los intentos que contribuyan a reducir dicho consumo en la minería van en línea con el desarrollo sustentable.*

## INDICE

1	Introducción.....	5
1.1	Marco de Referencia.....	5
1.2	Objetivos y alcances .....	6
1.3	Metodología .....	6
2	Situación actual .....	9
2.1	Uso y consumo del agua en procesos de obtención del cobre.....	9
2.1.1	Principales pérdidas por proceso .....	11
3	Extracción de agua fresca en la minería del cobre .....	12
3.1	Extracción de agua fresca ( <i>make-up</i> ) por región 2011.....	13
3.2	Evolución de las extracciones de agua fresca entre 2009-2011 .....	15
3.3	Extracción de agua fresca por procesos .....	17
3.4	Evolución de las extracciones de agua fresca por proceso entre 2009-2011...	19
4	Consumo unitario de agua fresca .....	20
4.1	Consumo unitario total de agua fresca por proceso 2009-2011 .....	20
4.2	Coefficientes unitarios según tipo de minería.....	22
4.3	Tendencia en coeficientes unitarios por región 2009-2011 .....	22
4.4	Coefficientes unitarios por tonelada de cobre fino 2011 .....	24
5	Análisis de la reutilización del agua en plantas concentradoras .....	25
6	Uso de agua de mar.....	26
6.1	Uso directo de agua de mar en operaciones mineras .....	27
6.2	Desalinización .....	28
7	Conclusiones .....	30
8	Anexos .....	32

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 MARCO DE REFERENCIA

Chile cuenta con la mayor producción de cobre en el mundo, y tiene la mayor cantidad de reservas de este mineral. Sin embargo todo proceso minero necesita agua, y la obtención del cobre no es la excepción, por ende el recurso hídrico constituye un recurso crítico para la actividad. La desigual distribución espacial del agua y la variabilidad estacional que exhibe el país determinan diferencias significativas en la disponibilidad del recurso hídrico, desafiando el desarrollo de la minería. Es así como el suministro de agua es un tema de suma importancia para el avance de la minería y se deben tomar medidas para evitar el agotamiento de éste recurso.

Las principales operaciones mineras en Chile se encuentran en la zona norte del país, donde el panorama es en su mayoría desértico y, por tanto, escaso de agua, a lo que se le suma el rápido crecimiento de la población urbana en la zona, lo que ha aumentado la demanda del recurso. El clima de esta zona es árido, de escasas precipitaciones y sequedad atmosférica con una gran oscilación térmica. En este escenario la mayor cantidad de conflictos por el acceso, la administración y la distribución del agua entre usuarios que compiten por el recurso se hacen cada vez más frecuentes, conforme se incrementan las demandas en los sectores productivos correspondientes, por lo que se requiere una efectiva gestión y fiscalización. (Anexo 1 "Protección y Restricción al uso del agua")

En el contexto anterior es fundamental la incorporación de una gestión eficiente y una administración renovada y eficaz de los recursos hídricos, incidiendo en el íntegro conocimiento del ciclo hidrológico para evaluar mejor los recursos hídricos a fin de tener una mayor certeza en la toma de decisiones y de tal modo avanzar hacia un compromiso sustentable con los recursos hídricos en Chile. Es por esto que la problemática de la escasez del agua en la zona norte se ha situado como uno de los temas preponderantes en la agenda nacional desde hace unos años, dando paso a la creación de distintas instancias para informar sobre los avances del sector en la eficiencia en el consumo y colaborar con la coordinación de las distintas potestades públicas en materia de recursos hídricos, con el fin de optimizar el uso de recursos que se encuentran en niveles críticos.

En 2010, la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), en una iniciativa por avanzar hacia una gestión sostenible de los recursos hídricos, generó el estudio "Consumo de agua en la minería del cobre 2009" basado en datos al año 2009 proporcionados por las empresas mineras, con el objeto de proporcionar información de calidad sobre la situación actual de la minería y al mismo tiempo dar comienzo a la creación de una base de datos para poder hacer un seguimiento y comparación año a año de la demanda de agua en la minería del cobre.

El presente trabajo corresponde a la tercera versión del estudio de consumo de agua en la minería del cobre, con antecedentes actualizados al año 2011.

## 1.2 OBJETIVOS Y ALCANCES

Este estudio busca exponer el resultado de las encuestas realizadas a las principales faenas mineras del país, para lograr determinar el consumo real de agua fresca (*make-up*) en sus operaciones y procesos. Para ello presenta las tasas promedios de consumo tanto a nivel nacional consolidado y desglosada por región. Adicionalmente, el estudio analiza el comportamiento del consumo unitario de agua en los procesos de concentración e hidrometalúrgicos del cobre.

La cobertura del estudio comprende las principales empresas de la minería cuprífera nacional, que representan un 96% de la producción anual al 2011. Las regiones contempladas en el estudio son las afectadas por la industria de la minería del cobre, básicamente entre la I Región de Tarapacá hasta la VI Región de O`Higgins incluyendo la Región Metropolitana.

Para efectos de este estudio el análisis de las extracciones de agua fresca y de las tasas de consumo en minería se reportan como valores medios anuales.

Con respecto a las extracciones de agua fresca este estudio no considera las extracciones de agua de mar, aguas adquiridas a terceros, ni aguas alumbradas en labores mineras. Las extracciones de agua fresca corresponden al agua de origen superficial y/o subterráneo para las cuales la empresa cuenta con derechos de agua constituidos.

Posteriormente el estudio también incursiona en el uso de agua desalinizada y el uso directo de agua de mar en los procesos mineros.

## 1.3 METODOLOGÍA

Los datos fueron recopilados mediante la encuesta que COCHILCO realiza directamente a las empresas en forma anual desde el año 2009. En esta encuesta se consulta la producción por año, el consumo de combustibles, energía eléctrica y consumo de agua en las faenas mineras en cada una de las áreas de producción.

El formato de las preguntas relativas al consumo de agua se muestra en la tabla 1, donde las empresas entregan la información disponible de acuerdo al proceso que utiliza para la obtención de cobre, ya sea concentración y/o hidrometalurgia.

**Tabla 1**

<b>FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA</b>		<b>2011</b>
<b>Fuente 1</b>	lts/seg	
<b>Fuente 2</b>	lts/seg	
<b>Fuente n</b>	lts/seg	
<b>USO TOTAL DE AGUA</b>	lts/seg	
<b>USO TOTAL DE AGUA FRESCA</b>	lts/seg	
<b>TASA DE RECIRCULACION</b>	%	
<b>Uso Total de Agua en la Mina</b>	lts/seg	
<b>Supresión de Polvo</b>	lts/seg	
<b>Otros</b>	lts/seg	
<b>Uso Total de Agua en Concentradora</b>	lts/seg	
<b>Uso de Agua Fresca en Concentradora</b>	lts/seg	
<b>Tasa de recirculación en Concentradora</b>	%	
<b>Recirculación desde Espesadores</b>	lts/seg	
<b>Recirculación desde Tranque de Relaves</b>	lts/seg	
<b>Agua de Transporte de Concentrados</b>	lts/seg	
<b>Uso de Agua en LX (Chancado, Aglomeración y Lixiviación)</b>	lts/seg	
<b>Uso de Agua en SX</b>	lts/seg	
<b>Uso de Agua en EW</b>	lts/seg	
<b>Servicios Varios</b>	lts/seg	
<b>Agua Potable</b>	lts/seg	
<b>OTROS (especificar)</b>	lts/seg	

La metodología utilizada en este estudio corresponde al procesamiento de datos, clasificación y breve análisis de la información entregada en las encuestas del consumo de agua en faenas mineras. Para lograr esto se obtuvieron los datos referentes al consumo de agua, específicamente los datos de consumo de agua fresca en los procesos productivos de concentración e hidrometalurgia. Una vez que se tienen todos los datos estos se agruparon por región y se analizaron<sup>1</sup>.

Se obtuvo una amplia colaboración de las empresas mineras para la entrega voluntaria de la información requerida para realizar un catastro del consumo de agua en minería a nivel nacional, por lo que este estudio cubre el 96% de la producción de cobre en el país. (Anexo 2 "Empresas que participaron en la encuesta 2011")

Para poder comparar año a año los resultados de las encuestas se extrapolaron los resultados al 100% de la producción para cada año.

---

<sup>1</sup> La información provista por las empresas mineras tiene carácter reservado, por lo que los resultados se muestran de manera global.

Se determinó el porcentaje que representan los datos de producción de la encuesta de acuerdo a la producción total según región. Luego, en base al porcentaje de representatividad, se extrapola el consumo de agua fresca por región, de manera de cubrir el total de las operaciones.

Cabe destacar que la producción de concentrados calculada es en base a una ley anual informada por las empresas, lo que otorga resultados más generales.

$$\text{Porcentaje de representatividad (\%)} = \frac{\text{Prod. Encuestas Región } i \text{ (TMF)}}{\text{Prod. Real Región } i \text{ (TMF)}}$$

$$\text{Extracciones Agua Fresca Total Región } i \left( \frac{\text{m}^3}{\text{año}} \right) = \frac{\text{Consumo agua Región } i \left( \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \right)}{100 * \text{Porcentaje representatividad (\%)}} * 31.536 \left( \frac{\text{seg}}{\text{año}} \right)$$

De esta manera obtenemos la estimación de la demanda del recurso hídrico por parte de la minería del cobre a nivel nacional de acuerdo a la producción total de cobre fino durante el 2011.

Las empresas, cada día más comprometidas con la gestión del recurso hídrico, han ido informando con mayor detalle su consumo en cada proceso, lo que permite un análisis cada vez más acabado y riguroso. No obstante, persisten ciertas limitaciones respecto a la cantidad y calidad de la información proporcionada, ya sea porque no se detalló o por falta de instrumentos para su medición en ese momento. Para estos casos se consideró lo explícitamente informado por la empresa.

Para los años 2009 y 2010 se actualizaron los datos a la fecha con la información proporcionada por las empresas y se extrapola el consumo informado al total de la producción, de esta manera se comparan la tendencia del consumo de agua desde 2009.

## 2 SITUACIÓN ACTUAL

En el año 2011 la actividad minera representó un 12% del PIB real del país y el 60% de las exportaciones, de acuerdo a información del Banco Central de Chile. Por otra parte, según la información otorgada por la DIPRES, procesada por COCHILCO, el 21% de los ingresos fiscales de Chile son entregados por la gran minería, a través de los distintos impuestos recaudados. De acuerdo a las últimas estimaciones recopiladas por COCHILCO la cartera de inversiones en proyectos mineros hacia el 2020 está valorada en 104,3 mil millones de dólares, de los cuales 71 mil millones de dólares se ejecutarían en el período 2012-2016, lo que significa un nuevo récord de inversión proyectada en la minería chilena<sup>2</sup>.

Sin embargo, estas elevadas inversiones conllevan retos; es necesario trabajar en materia energética, recursos hídricos y recursos humanos. A pesar de la creciente incorporación e implementación de nuevas tecnologías - tanto en energía como en agua - y su aporte a mejorar la eficiencia en el uso de estos recursos, la actividad minera debe seguir investigando y proponiendo nuevas técnicas para su desarrollo sustentable. En esta búsqueda por nuevos sistemas ya existen empresas mineras innovadoras que han estado utilizando agua desalada o agua directamente de mar utilizada en sus procesos, como es el caso de Minera Esperanza. También se ha comenzado a aplicar tecnologías que ahorran agua en los procesos mismos, tales como membranas especiales, relaves espesados y nuevas técnicas de reciclaje del agua, entre otras, lo que ha reducido de forma importante el consumo de agua fresca en las operaciones mineras.

Durante los últimos años estas estrategias han dado resultado, aumentando la eficiencia en el uso del recurso hídrico por parte de las grandes faenas mineras, asunto que aún puede y debe seguir intensificándose, para evitar que la escasez del recurso hídrico pueda inhibir el desarrollo de nuevos proyectos.

Las principales fuentes de agua hoy en día son las concesiones de derechos de agua, la compra de aguas sanitarias, las cuencas superficiales y subterráneas y aguas lluvias.

### 2.1 USO Y CONSUMO DEL AGUA EN PROCESOS DE OBTENCIÓN DEL COBRE

Habitualmente el cobre está presente en forma de minerales sulfurados y/o oxidados, y cada uno de ellos requiere de un tratamiento diferente para extraer el metal. En particular, dentro de la cadena productiva del cobre, el mayor consumo de agua se produce en el procesamiento de minerales.

#### Extracción de cobre a partir de menas sulfuradas: Concentración

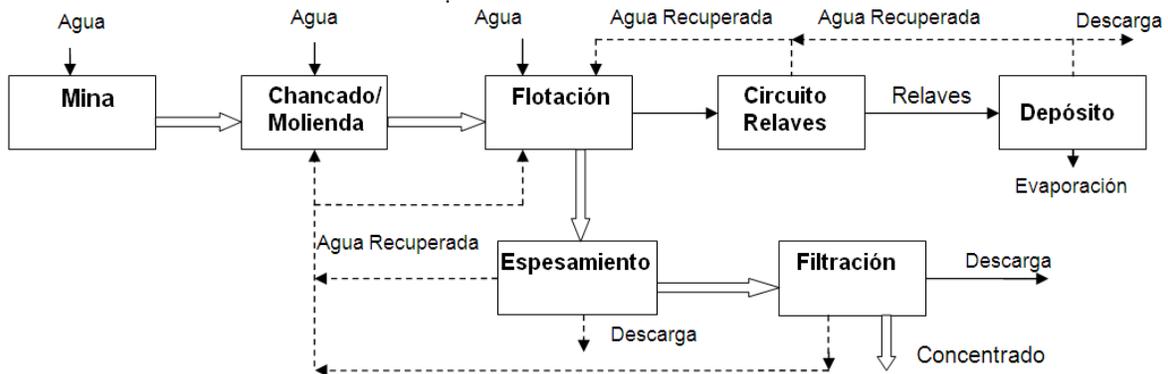
Para la extracción de cobre sulfurado es necesario el proceso de concentración por flotación, que requiere un proceso previo de trituración y molienda. En forma simplificada, este proceso consiste en que los sulfuros de cobre se adhieren a burbujas de aire inducidas en celdas de flotación con las cuales se elevan hasta la superficie de la celda, formando una espuma. Esta espuma se somete posteriormente a un proceso

---

<sup>2</sup> Informe "Inversión en la minería chilena 2012", COCHILCO.

de separación de fases para obtener concentrado de cobre y recuperar gran parte del agua. El resto del material abandona la celda a través de un sistema de descarga. El concentrado tiene como destino una fundición, que produce ánodos de cobre que posteriormente son electro refinados mediante un proceso que consiste en la disolución electroquímica del cobre de los ánodos en un electrolito que transporta selectivamente los iones de cobre hasta una superficie en la que se deposita hasta formar un cátodo destinado al mercado de cobre metálico.

**Figura 1**  
**Extracción de cobre mediante el proceso de Concentración**

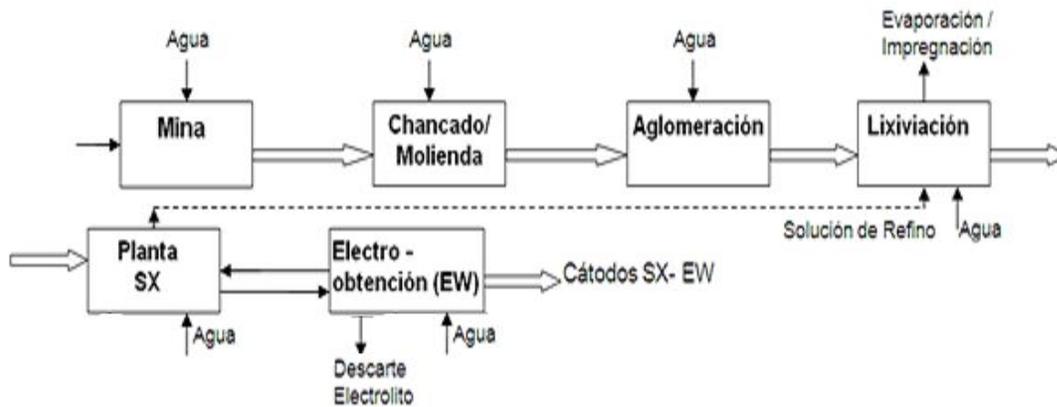


#### Extracción de cobre a partir de las menas de oxido: Hidrometalurgia

Los minerales oxidados por lo general tienen una concentración muy baja de cobre y son solubles, por lo que es necesario recurrir a lixiviación ácida. Este proceso (LX), recupera el cobre soluble y logra soluciones ricas de características pre-establecidas. Para ello el mineral se reduce hasta aproximadamente 1 cm y se dispone en pilas sobre carpetas impermeables. Las pilas de lixiviación se riegan con una solución de agua y ácido sulfúrico que disuelve el cobre contenido. Los ciclos de lixiviación pueden durar varias semanas, durante las cuales la solución se recircula hasta obtener una concentración de cobre apta para el proceso de intercambio iónico. Este intercambio se produce en una planta de extracción por solventes (SX), la cual concentra aun más la solución proveniente de las pilas de lixiviación, entregando un electrolito más adecuados para la depositación y finalmente la planta de electro obtención (EW), proceso mediante el cual se obtienen cátodos de alta calidad mediante el depósito de iones de cobre del electrolito sobre superficies sobre las cuales se forma un cátodo electro-obtenido de alta pureza, apto para ser comercializado.

**Figura 2**

**Extracción de cobre mediante proceso de Hidrometalurgia**



El consumo neto de agua fresca (*make-up*) incluye todas aquellas actividades en las que el uso de agua produce pérdidas en relación a la cantidad inicial suministrada, es decir cuando no es recirculada. Como se aprecia en las figuras, en ambos procesos es necesario e imprescindible el uso de agua. No obstante, la cantidad de agua necesaria en las operaciones de concentración es mucho mayor que la requerida por los procesos de hidrometalurgia.

**2.1.1 PRINCIPALES PÉRDIDAS POR PROCESO**

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**

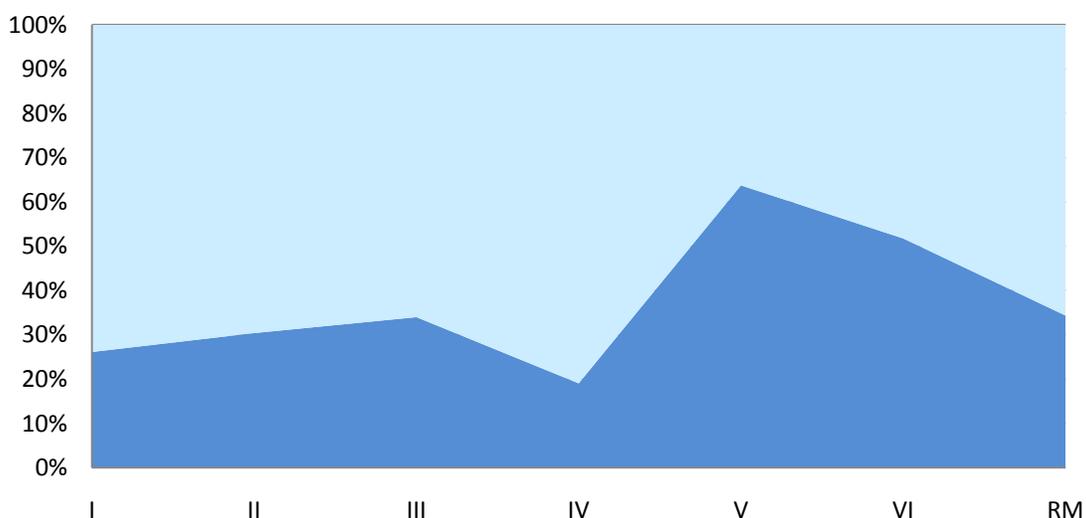
Principales pérdidas de agua en el proceso de Concentración	Principales pérdidas de agua en el proceso de Hidrometalurgia
Filtraciones	Evaporaciones en las pilas de lixiviación
Evaporaciones en colas de los estanques de flotación y espesamiento	Evaporaciones en los estanques
Retenciones en materiales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

### 3 EXTRACCIÓN DE AGUA FRESCA EN LA MINERÍA DEL COBRE

En esta sección se reporta el uso del agua en la minería del cobre. En primer lugar se establece la diferencia entre el uso de agua total y el uso de agua fresca. El agua total hace referencia al agua fresca, independiente de su fuente, y al agua recirculada. En el gráfico 1 se detalla el porcentaje correspondiente de agua fresca con respecto al consumo total de agua en la minería del cobre durante el año 2011. Se observa que gran porcentaje del agua utilizada es agua tratada o recirculada.

**Gráfico 1**

**Porcentaje de Agua Fresca respecto al Agua Total utilizada en la minería del Cobre 2011 (%)**



Uso Agua Total (Lts/seg)	4.929	17.263	4.811	5.026	1.741	3.351	1.711
Uso Agua Fresca (Lts/seg)	1.288	5.248	1.636	958	1.110	1.735	588

Fuente: Estimaciones COCHILCO

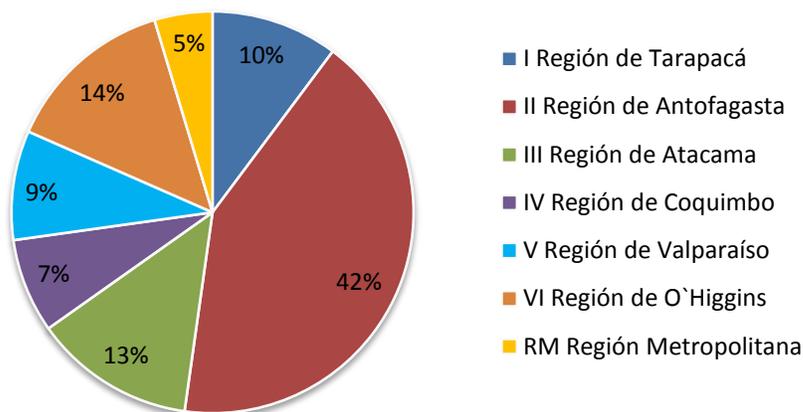
### 3.1 EXTRACCIÓN DE AGUA FRESCA (*MAKE-UP*) POR REGIÓN 2011

Dado que la disponibilidad del recurso hídrico en Chile es heterogénea, a continuación se explicita el consumo de agua fresca en cada región (*make up*) a lo largo del país donde hay actividad minera del cobre durante el año 2011, de acuerdo a la información recopilada en las encuestas.

En total, las extracciones de agua fresca informadas alcanzan los 12,1 m<sup>3</sup>/seg al año<sup>3</sup>. Al extrapolar este valor al total de la producción de cobre de todo el país, este valor asciende a los **12,6 m<sup>3</sup>/seg.**

**Gráfico 2**

**Distribución porcentual de extracciones de agua fresca en la minería del cobre 2011 (%)**



Fuente: Estimaciones COCHILCO

De acuerdo al gráfico 2 la II Región de Antofagasta representa el 42% de las extracciones de agua fresca para la minería del cobre, seguido por la VI Región de O'Higgins con un 14 % y la III Región de Atacama con un 13%. Luego se encuentra la I Región de Tarapacá con un 10% y la V Región de Valparaíso con un 9%. La IV Región de Coquimbo extrae el 7%, y finalmente la Región Metropolitana representa el 5% de las extracciones de agua fresca totales.

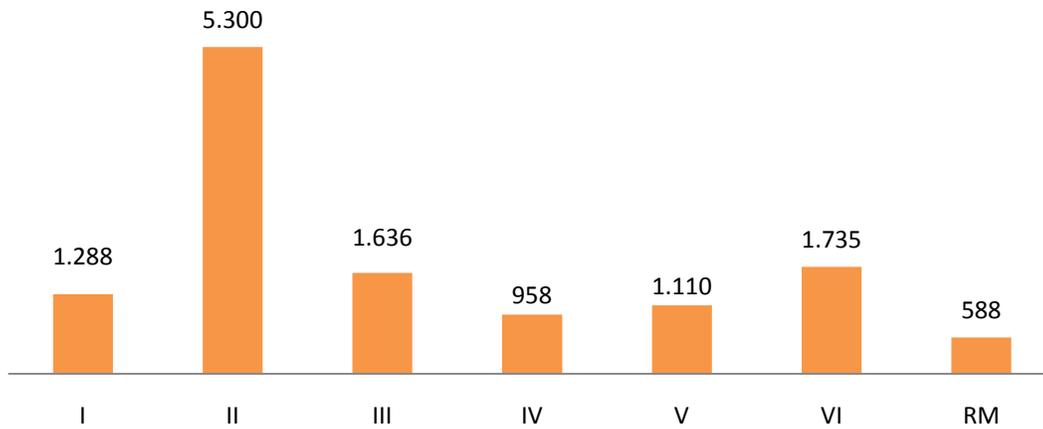
En el gráfico 3 se observa la cantidad de extracción de agua fresca en la minería del cobre por región.

---

<sup>3</sup> Destacar que las extracciones informadas en las encuestas representan el 96% de la producción.

### Gráfico 3

Extracciones de agua Fresca en la minería del Cobre 2011  
(Lts/seg)



Fuente: Estimaciones COCHILCO

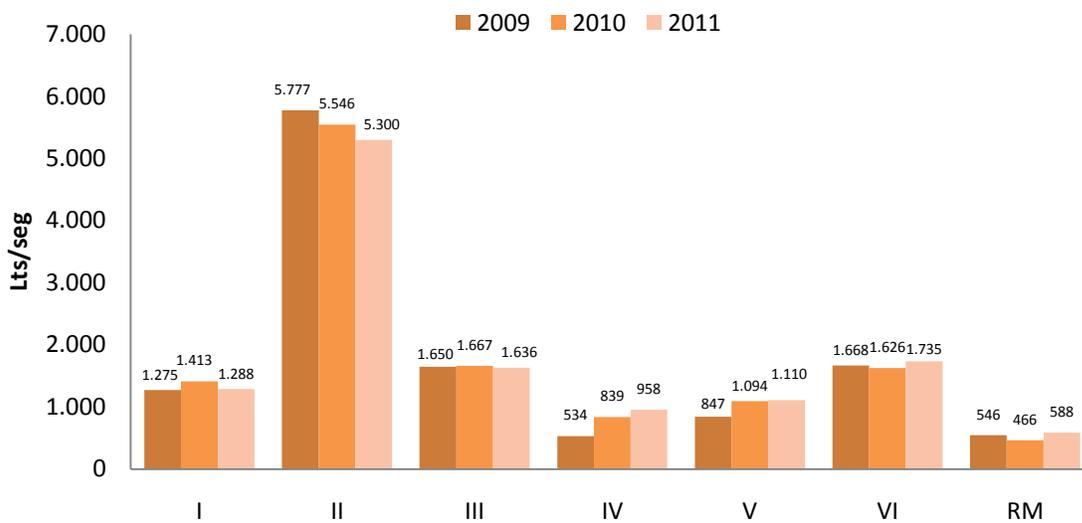
Se observa que la II región de Antofagasta presenta el máximo consumo de agua fresca con 5.300 Lts/seg, pero al mismo tiempo congrega la mayor producción del país. Alrededor de un 40% de las operaciones corresponden a la II Región, lo que explica su mayor incidencia en el consumo de agua. En tanto el promedio nacional ponderado por producción es de 3.380 Lts/seg.

### 3.2 EVOLUCIÓN DE LAS EXTRACCIONES DE AGUA FRESCA ENTRE 2009-2011

A continuación se muestra la tendencia que siguen las extracciones de agua fresca por región para los años 2009, 2010 y 2011, donde se puede apreciar su evolución en el tiempo de acuerdo a las encuestas realizadas a las empresas.

**Gráfico 4**

**Extracción de agua fresca entre 2009-2011  
(Lts/seg)**



Fuente: Estimaciones COCHILCO

En base al gráfico 4 se observa que, la región que ha disminuido en mayor medida su consumo de agua fresca es la II Región de Antofagasta, la cual presenta la mayor cantidad de operaciones mineras.

Ahora bien, para comparar las extracciones de agua fresca entre los distintos periodos se calcularon las extracciones correspondientes al total de las operaciones mineras, según la metodología descrita anteriormente. En la tabla 3 se muestran las extracciones totales de agua fresca considerando el 100% de las operaciones.

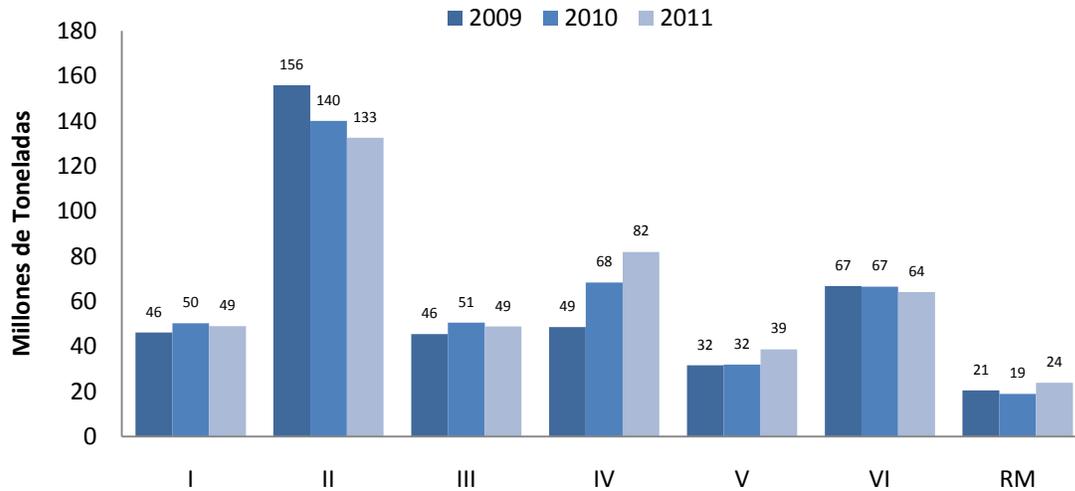
**Tabla 3**  
**Extracciones total de agua fresca (m<sup>3</sup>/seg)**

		2009	2010	2011
<b>Extracción TOTAL</b>	<b>(m<sup>3</sup>/seg)</b>	<b>12,3</b>	<b>12,7</b>	<b>12,6</b>

Fuente: Estimaciones COCHILCO

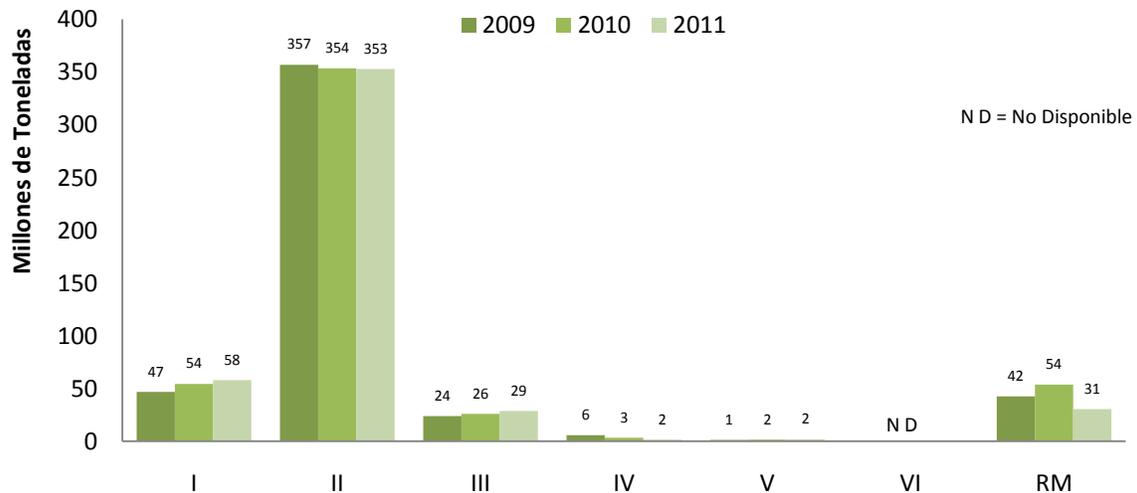
Es necesario comparar las extracciones de agua fresca en función de la cantidad de mineral procesado, que es el factor determinante del consumo. En los gráficos 5 y 6 se muestra la cantidad de mineral procesado en la planta concentradora y en el proceso hidrometalúrgico respectivamente, lo que permite comparar de manera objetiva el consumo de agua fresca por tonelada de mineral procesado en cada región. En la sección 4 se detallan los consumos unitarios por tonelada de mineral procesado y por procesos en cada región.

**Gráfico 5**  
**Mineral Procesado en Concentradora**  
**(millones de Toneladas)**



**Gráfico 6**

**Mineral Lixiviable Tratado**  
**(millones de Toneladas)**



Fuente: Estimaciones COCHILCO

La tabla 4 resume el total del mineral beneficiado en cada proceso según la información entregada en las encuestas, en base a los gráficos 8 y 9.

**Tabla 4**  
**Mineral tratado en cada proceso de obtención del cobre**

Proceso	Mineral Tratado en cada proceso (millones de toneladas)		
	2009	2010	2011
Concentradora	415	427	439
Hidrometalurgia	477	493	479
<b>TOTAL</b>	<b>892</b>	<b>919</b>	<b>913</b>

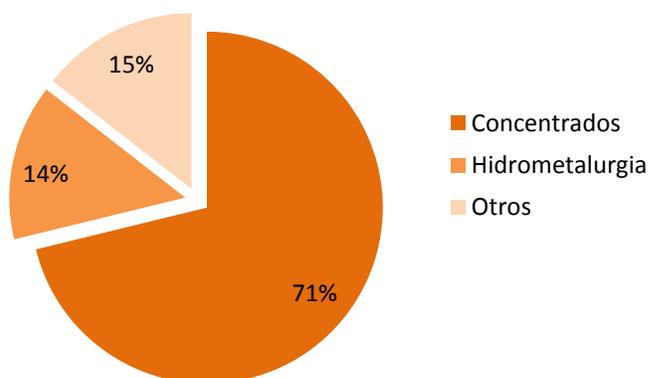
Fuente: Estimaciones COCHILCO

Notar que el mineral procesado en la concentradora presenta un aumento en comparación con los años anteriores, siendo éste el proceso más intensivo en uso de agua fresca.

### 3.3 EXTRACCIÓN DE AGUA FRESCA POR PROCESOS

A continuación se presentan los valores de la cantidad necesaria de agua fresca para la producción de cobre, ya sea a través del proceso de Concentración para obtener concentrado o mediante Hidrometalurgia para conseguir cátodos SX-EW. En el gráfico 7 se observa la distribución de las extracciones de agua fresca a nivel país según su razón de uso. En él es posible observar que el proceso con mayor consumo de agua fresca es la concentradora, abarcando un 71% las extracciones de agua fresca total. La producción de cátodos SX-EW en tanto solo utiliza el 14% de las extracciones de agua fresca. El resto corresponde a agua utilizada en la mina, como en la supresión de polvo en caminos, a servicios varios y agua potable.

**Gráfico 7**  
**Distribución de la extracción de agua fresca por destino (%)**

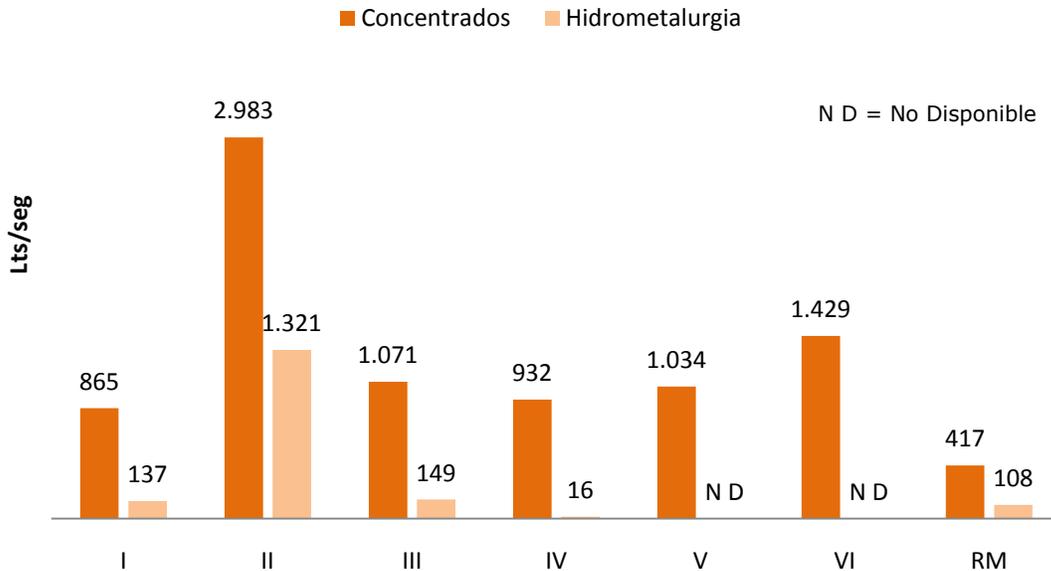


Fuente: Estimaciones COCHILCO

Dadas las diferencias en producción de cobre en cada región resulta necesario distinguir los consumos de agua fresca de cada proceso en cada una de ellas. El gráfico 8 nos muestra las extracciones de agua fresca por proceso en cada región.

**Gráfico 8**

**Consumos de agua fresca por proceso productivo Año 2011 (lts/seg)**



Fuente: Estimaciones COCHILCO

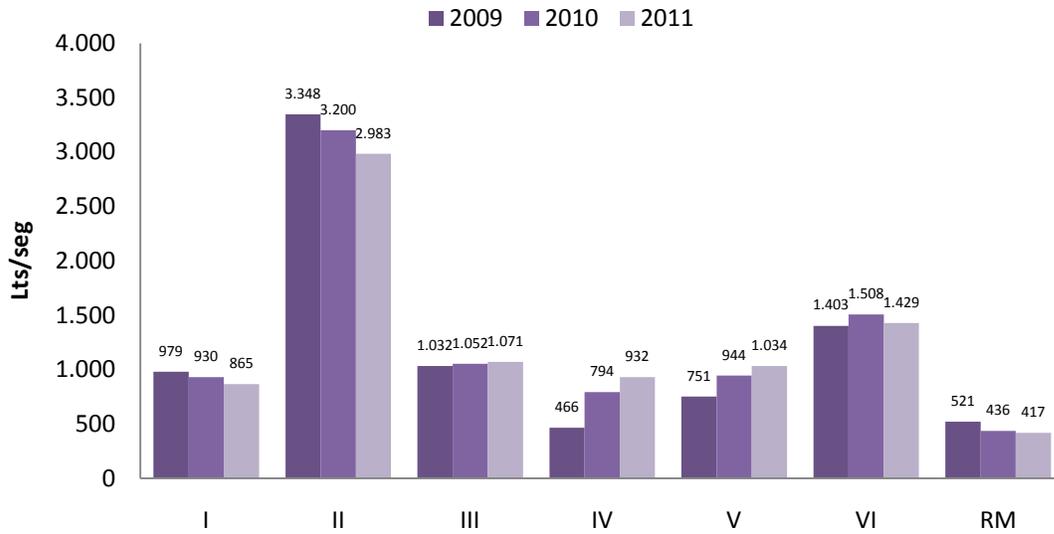
La II Región presenta el mayor caudal de extracciones de agua en concentradora, ya que produce el 34% de los concentrados a nivel país. El mayor consumo de agua fresca en el proceso de Hidrometalurgia también se encuentra en la II Región, por ser la que registro la mayor producción, con un 74% de la producción de cátodos del país. Destaca la acción de la IV Región, que registró el tercer menor consumo de agua fresca en concentrados, siendo responsable del 16% de la producción de concentrados a nivel nacional durante el año 2011.

### 3.4 EVOLUCIÓN DE LAS EXTRACCIONES DE AGUA FRESCA POR PROCESO ENTRE 2009-2011

En los gráficos 9 y 10 se presenta la evolución de las extracciones de agua fresca según el proceso de beneficio de obtención de cobre.

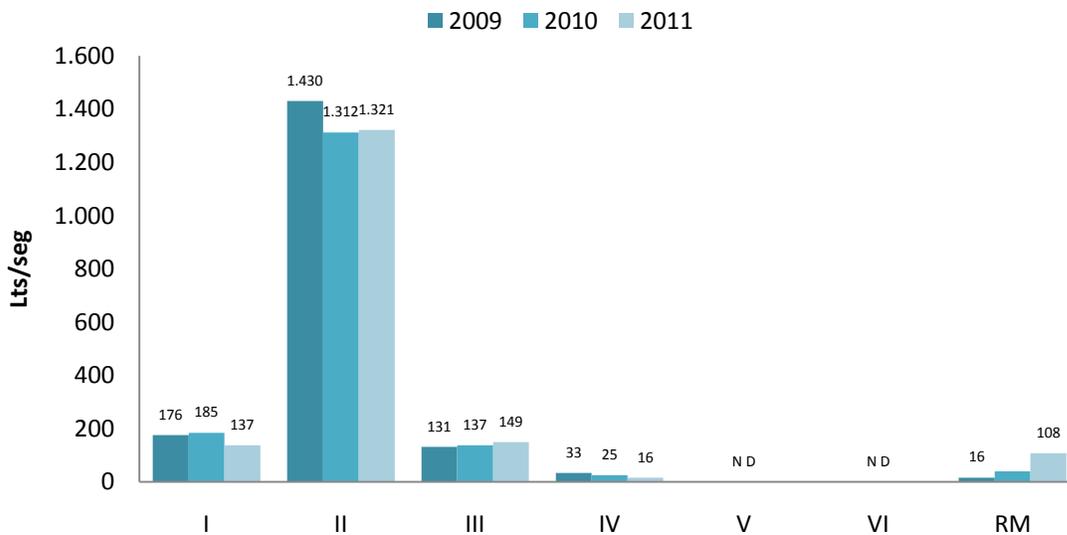
**Gráfico 9**

**Extracción de agua fresca en la Concentradora (Lts/seg)**



**Gráfico 10**

**Extracción de agua fresca en Hidrometalurgia (Lts/seg)**



Fuente: Estimaciones COCHILCO

## 4 CONSUMO UNITARIO DE AGUA FRESCA

### 4.1 CONSUMO UNITARIO DE AGUA FRESCA POR PROCESO 2009-2011

El consumo unitario de agua fresca se refiere a la cantidad de ella utilizada para procesar u obtener 1 unidad de materia prima o de producto.

La tasa de consumo, expresada en metros cúbicos de agua fresca por cada tonelada de mineral procesado ( $m^3/ton$ ), alcanza en 2011 un valor promedio de  $0,65 m^3/ton$  para los procesos de concentración y de  $0,12 m^3/ton$  para los procesos de hidrometalurgia.

En la tabla 5 se observan los consumos unitarios promedio de agua fresca a nivel país, tanto para el proceso de obtención de concentrados como para el beneficio de minerales vía lixiviación. Para cada año se indican los valores mínimos y máximos para cada proceso y el valor promedio. Los valores más altos en concentrados corresponden a operaciones en que no es posible recircular las aguas desde los depósitos de relave, mientras que para el proceso de hidrometalurgia los valores más altos provienen de plantas más pequeñas.

**Tabla 5**  
**Consumo unitario promedio de agua por mineral tratado en procesos de concentración e hidrometalurgia 2009-2011**

Proceso	Consumo Unitario de Agua Fresca ( $m^3/ton\_procesada$ )		
	2009 <sup>1</sup>	2010 <sup>2</sup>	2011 <sup>3</sup>
<b>Concentrados</b>	<b>0,67</b> (0,3-2,0)	<b>0,68</b> (0,3-2,8)	<b>0,65</b> (0,3-1,8)
<b>Hidrometalurgia</b>	<b>0,12</b> (0,07-0,92)	<b>0,12</b> (0,06-0,8)	<b>0,12</b> (0,02-0,9)

<sup>1</sup> Fuente: COCHILCO, Encuestas 2009

<sup>2</sup> Fuente: COCHILCO, Encuestas 2010

<sup>3</sup> Fuente: COCHILCO, Encuestas 2011

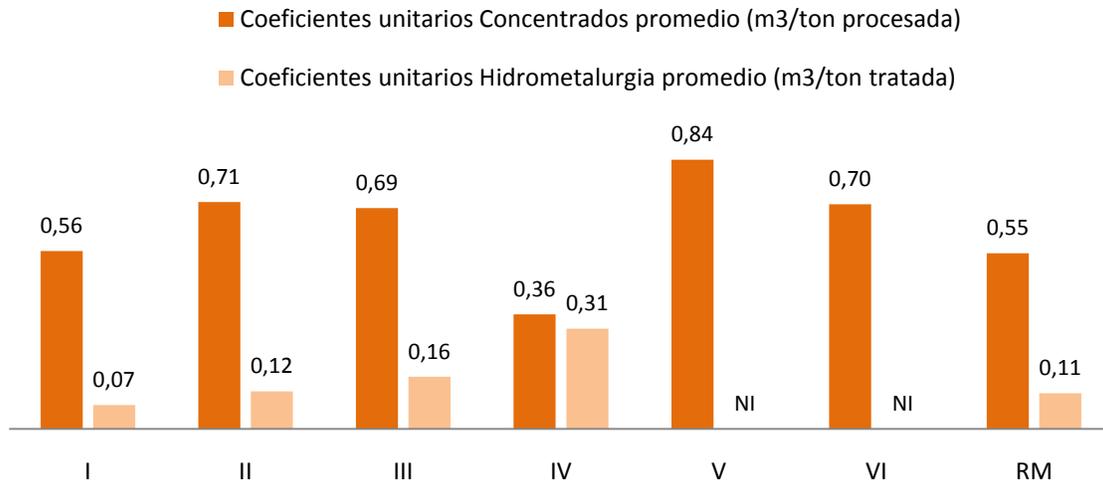
El volumen de agua consumida para producir cobre a partir de minerales sulfurados es significativamente mayor que aquel requerido para la producción de cobre a partir de minerales lixiviables. El consumo unitario en concentración (flotación) alcanza alrededor de cinco veces el consumo en hidrometalurgia (lixiviación, extracción por solventes y electroobtención).

Estos datos afirman cómo el sector minero ha reaccionado ante la escasez hídrica aumentando los niveles de eficiencia, a partir de soluciones tecnológicas, y/o invirtiendo en nuevas alternativas que reduzcan la demanda de agua fresca.

El gráfico 11 presenta los coeficientes unitarios por región de origen, indicando los consumos unitarios de agua fresca por cada región para el año 2011, en ambos procesos.

**Gráfico 11**

**Coefficientes unitarios por tonelada procesada según proceso Año 2011  
(m3/ton)**



Fuente: Estimaciones COCHILCO

Cabe destacar que hay operaciones que por razones técnicas no pueden recircular el agua, lo que aumenta las extracciones de agua fresca. Además el desgaste mineralógico de las operaciones y la disminución de las leyes, hace necesario remover una mayor cantidad de mineral y por ende utilizar más agua para procesarlo.

En el caso específico de El Salvador, ubicado en la III Región de Atacama, esta no cuenta con derechos consuntivos de agua, por lo que puede utilizar pero no consumir. Esto provoca que la cantidad de agua fresca extraída sea mayor. Por otra parte la ley de cobre en el concentrado es baja en comparación con las otras operaciones, por lo que se hace necesaria mayor cantidad de agua para procesar el mineral.

Para Andina y El Teniente, emplazados en la V Región de Valparaíso y VI Región de O`Higgins respectivamente, tampoco pueden recircular el agua debido a que las plantas se encuentran a grandes distancias de los relaves con diferencias de cotas de altura que hacen inconveniente al recirculación, lo que conlleva mayores extracciones de agua fresca para el procesamiento del mineral.

Finalmente, en el caso de la IV Región, ésta presenta el menor uso de agua fresca por tonelada de mineral procesado en la concentradora principalmente por las altas leyes reportadas en el concentrado en la operación Los Pelambres, sobre el 30%.

#### 4.2 CONSUMO UNITARIO SEGÚN TIPO DE MINERÍA

De acuerdo a la tabla 6 la gran minería es más eficiente en el uso del recurso hídrico, consumiendo una menor cantidad de litros de agua fresca por tonelada de mineral, tanto para el proceso de concentrados como la hidrometalurgia. En gran medida, esto se puede atribuir a que en esas faenas las economías de escala han ayudado a justificar económicamente la mayor aplicación de medidas para aumentar la conservación del recurso hídrico.

**Tabla 6**  
**Coefficientes unitarios según tipo de minería año 2011**

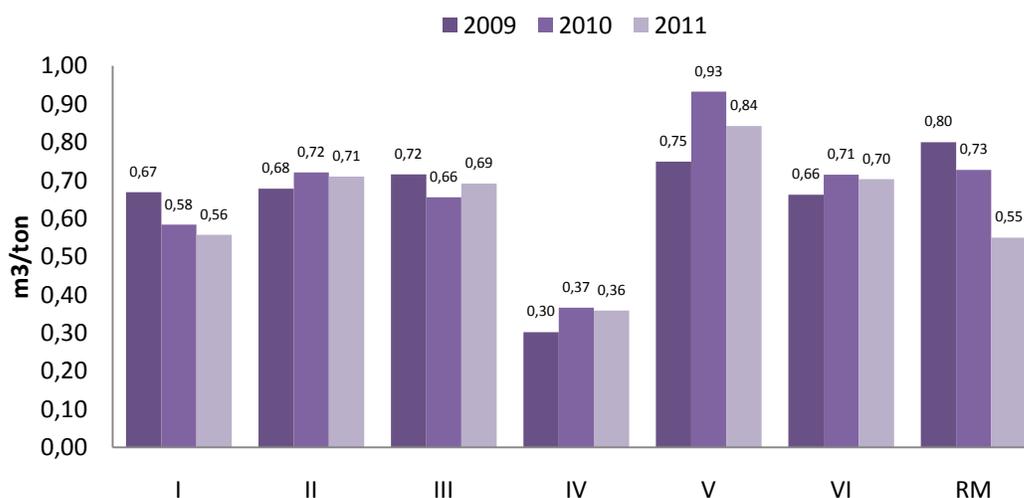
Tipo de Minería	Coef. Unitario Concentradora (m3/ton proc)	Coef. Unitario Hidrometalurgia (m3/ton trat)
<b>GRAN</b>	0,64	0,12
<b>MEDIANA</b>	0,78	0,12
<b>PEQUEÑA</b>	1,5	0,81

Fuente: Estimaciones COCHILCO

#### 4.3 TENDENCIA EN COEFICIENTES UNITARIOS POR REGIÓN 2009-2011

Para poder evaluar la gestión del recurso en cada región es necesario comparar estos índices con los años anteriores. En el gráfico 12 se detalla el desarrollo de los coeficientes unitarios para el proceso de Concentración para los años 2009, 2010 y 2011, donde se determina el consumo de agua fresca para procesar una tonelada de mineral.

**Gráfico 12**  
**Consumo de agua fresca en Concentradora por tonelada de mineral procesado (m3/ton)**

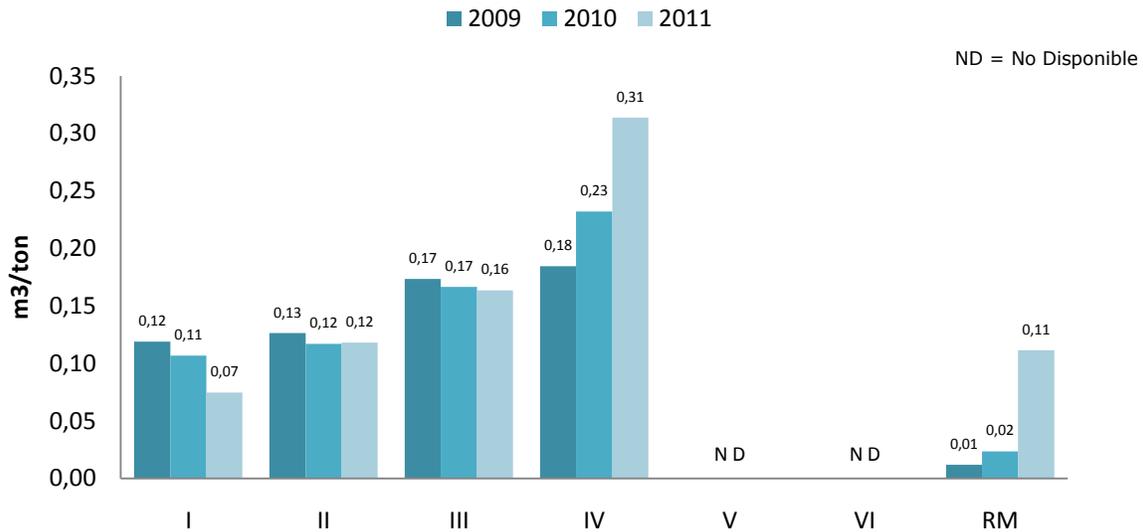


Fuente: Estimaciones COCHILCO (valores actualizados a la fecha)

Del mismo modo el gráfico 13 muestra la evolución durante los años 2009, 2010 y 2011 de los consumos de agua en metros cúbicos para el proceso de Hidrometalurgia para tratar una tonelada de mineral.

**Gráfico 13**

**Consumo de agua fresca en Hidrometalurgia por tonelada de mineral tratado (m<sup>3</sup>/ton)**



Fuente: Estimaciones COCHILCO (valores actualizados a la fecha)

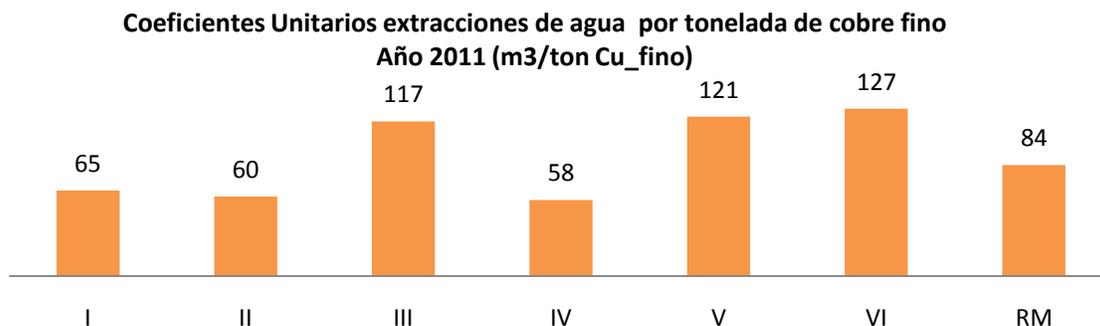
Si bien la eficiencia en el consumo de agua en los procesos de concentración e hidrometalurgia por parte de la gran minería del cobre, aun tiene espacios para mejorar, hay algunas faenas que, con la tecnología actual, ya han alcanzado máximos de eficiencia en estos procesos. Haciéndose cada vez más difícil alcanzar mayores rendimientos.

La demanda de agua por parte del sector en los próximos años crecerá; debido a futuras expansiones de los proyectos existentes y/o el desarrollo de nuevos proyectos mineros, en conjunto con el desgaste de los yacimientos. La tendencia decreciente en las leyes de los minerales tratados y en las recuperaciones del proceso, lo que implica que para producir una tonelada de cobre fino se requiere procesar una mayor cantidad de mineral y por tanto usar mayor caudal de agua. Por lo tanto, el suministro de agua continúa siendo uno de los mayores desafíos al que se ve enfrentada el desarrollo de la minería en el país.

#### 4.4 COEFICIENTES UNITARIOS POR TONELADA DE COBRE FINO 2011

La cantidad de agua fresca necesaria para producir una tonelada de cobre fino se presenta en el gráfico 14, en él se encuentran los coeficientes unitarios por región.

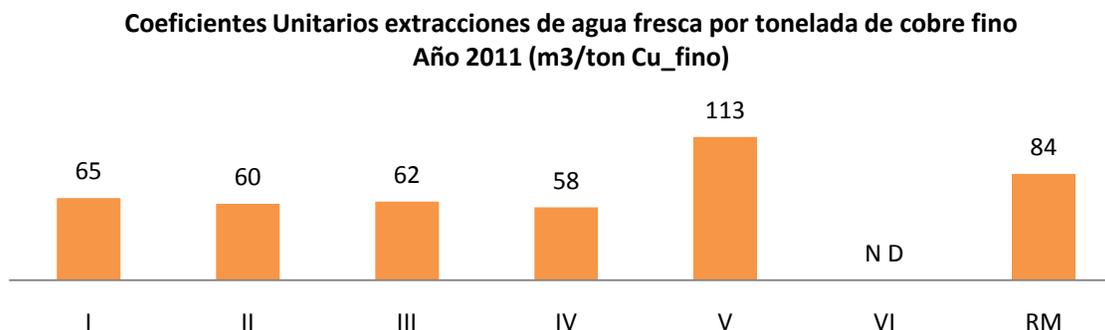
**Gráfico 14**



Fuente: Estimaciones COCHILCO

De acuerdo a éste, la región que más requiere de agua fresca para producir una tonelada de cobre fino es la VI Región de O'Higgins con 127 m<sup>3</sup> por tonelada de cobre fino junto a la V Región de Valparaíso, que requiere 121 m<sup>3</sup> por tonelada de cobre comerciable, en tercer lugar está la III Región de Atacama con 117 m<sup>3</sup> por tonelada de cobre fino. Sin embargo, al sensibilizar el cálculo y descartar aquellas faenas que no pueden recircular, los resultados son distintos<sup>4</sup>. En el gráfico 15 se presentan las tasas de extracciones de agua fresca por tonelada de cobre fino retirando de la muestra las operaciones que no pueden recircular, y que por ende necesitan extraer más agua fresca.

**Gráfico 15**



Fuente: Estimaciones COCHILCO

<sup>4</sup> En el punto 4.1 se detallan las razones de las faenas que no pueden recircular agua.

## 5 ANÁLISIS DE LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA EN PLANTAS CONCENTRADORAS

El agua usada en procesos industriales, se reutiliza cada vez más, debido a la aparición de nuevos procesos que elimina los contaminantes incorporados en ellas durante el proceso.

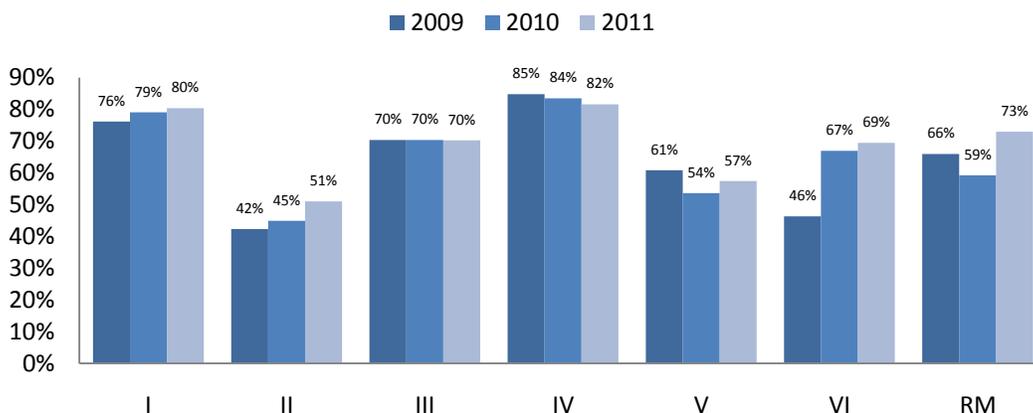
Para poder comparar de manera consistente la eficiencia de las empresas y su gestión se utiliza un indicador de eficacia que permita determinar el desempeño y los resultados de las determinaciones adoptadas para mejorar la eficiencia en el uso del agua. Es por eso que uno de los indicadores más relevantes corresponde a la tasa de recirculación, la cual se calcula como:

$$\text{Tasa de Recirculación (\%)} = \frac{H2O(\text{Total}) - H2O(\text{Fresca})}{H2O(\text{Total})} * 100$$

Para el análisis de la reutilización del agua se excluye el proceso de hidrometalurgia, ya que éste mantiene un flujo continuo de soluciones y la pérdida de agua corresponde principalmente a la evaporación en las pilas, la cual debe ser repuesta inevitablemente por agua fresca.

Para calcular la tasa de recirculación del agua en la planta concentradora por cada región. Se determinó una tasa promedio ponderada por el volumen de mineral procesado de cada empresa respecto al total de la región.

**Gráfico 16**  
**Tasa Recirculación Concentradora (%)**



Fuente: Estimaciones COCHILCO

Las faenas que tienen la opción de recircular las aguas desde los depósitos de relaves son aquellas que logran el menor consumo de agua fresca. Por esta razón, los esfuerzos se enfocan en su reutilización, para así no prescindir de una entrada de agua fresca constante a la planta de procesamiento ya que solo se requeriría ingresar agua al sistema cuando el nivel no fuera el indicado para funcionar correctamente. La excepción la constituyen faenas en las que sus consumos de agua fresca tienden a igualar el uso total de agua en la operación.

En estos casos, generalmente 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, haciendo económicamente inconveniente recircular el agua.

## 6 USO DE AGUA DE MAR

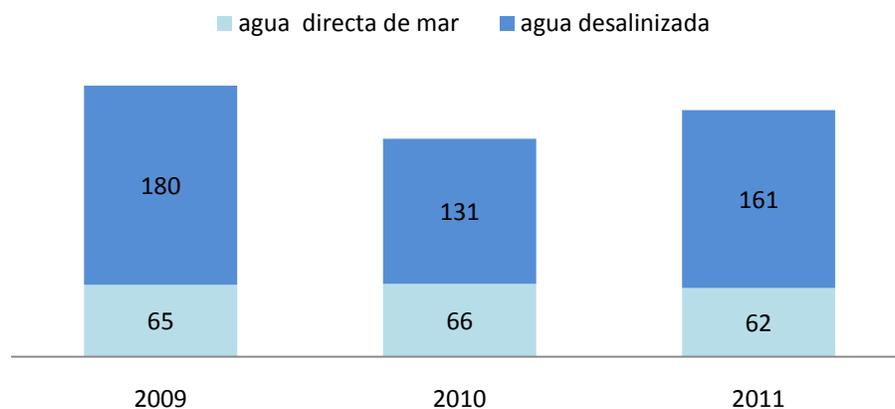
El desarrollo sostenible de la actividad minería yace en la búsqueda de nuevas fuentes de agua. Es así como hasta ahora, la principal iniciativa que se ha considerado para enfrentar la falta del recurso hídrico en la minería ha sido utilizar el agua de mar, la cual aparece como una atractiva alternativa de suministro. En cualquier caso, ya sea utilizando el agua de manera directa o desalinizada en los procesos productivos, existe una importante dificultad derivada de la necesidad de transportar el agua desde el mar al lugar de las faenas mineras que, por lo general, se encuentran a elevada altura sobre el nivel del mar. A la inversión inicial en infraestructura, hay que sumar los costos de energía necesarios para operar la planta y bombear el agua hasta las faenas lo que demanda altos consumos de energía, que también se encuentran en un escenario de disponibilidad energética restrictivo y por ende en costos muy altos.

Es necesario señalar que el uso de agua de mar directa o desalinizada en los procesos, podría hacer disminuir las extracciones de agua fresca y de este modo bajar significativamente las tasas promedio de consumo de agua fresca actuales.

En el gráfico 19 se dan a conocer los consumos de agua de mar informados en las encuestas por las empresas. En él se distinguen los consumos de agua de mar utilizada directamente en los procesos de beneficio del mineral, de los consumos de agua desalinizada. Cabe destacar que hoy en día los costos para utilizar esta tecnología han disminuido lo que hace factible el uso de agua de mar, por lo que ya hay empresas que están evaluando esta opción. Se espera que el uso de agua de mar en la minería del cobre siga una tendencia en alza para los próximos años.

**Gráfico 19**

### Uso de Agua de Mar en la Minería del Cobre (Lts/seg)



Fuente: Estimaciones COCHILCO

Nota: No se incluye Esperanza.

## 6.1 USO DIRECTO DE AGUA DE MAR EN OPERACIONES MINERAS

El uso directo de agua de mar en los procesos productivos requiere de una infraestructura necesaria para resistir la salinidad presente en el agua y en las que el mineral por sus características mineralógicas así lo permita.

Antes de iniciar cualquier proyecto de sustitución de agua dulce por agua de mar habría que evaluar la factibilidad técnica y económica de la operación, como la mineralización y los equipos de la faena. Es por esto que el uso directo de agua de mar, es más bien una opción factible para proyectos nuevos o ampliaciones que puedan contar con la nueva tecnología, ya que un cambio de instalaciones sería demasiado costoso y el uso de agua de mar ya no sería económicamente rentable.

A continuación se muestran algunas de las empresas que han comenzado a utilizar agua salada (agua de mar/ agua salobre) directamente en sus operaciones.

**Tabla 7**

### **Empresas con uso de agua de mar directamente en los procesos**

Región	Operador	Operación
<b>II</b>	Antofagasta Minerals	Minera Esperanza
<b>II</b>	Antofagasta Minerals	Minera Michilla
<b>II</b>	Compañía minera de Tocopilla	Planta Lipesed
<b>II</b>	SLM Las Cenizas	Minera Las Luces <sup>5</sup>
<b>II</b>	Compañía Minera de Tocopilla	Minera Mantos de la Luna

Fuente: COCHILCO, Información de las empresas.

El caso de Minera Esperanza ha sido el proyecto más atractivo desde el punto de vista de la utilización del recurso hídrico debido a su capacidad de aproximadamente 630 litros por segundo y se espera que de pie a que otros proyectos mineros consideren la utilización de agua de mar en sus procesos sin afectar el medio ambiente ni los recursos hídricos. El agua de mar es bombeada a través de un acueducto de 145 kilómetros de longitud hasta su faena ubicada a 2.300 msnm.<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> [www.cenizas.cl](http://www.cenizas.cl)

<sup>6</sup> [www.mineraesperanza.cl](http://www.mineraesperanza.cl)

## 6.2 DESALINIZACIÓN

La desalinización es un proceso mediante el cual se elimina el contenido de sales del agua de mar teniendo como producto agua dulce.

Existen dos grandes tecnologías de desalinización: osmosis reversa y evaporación térmica. La gran barrera que éstas deben superar es el tema del consumo de energía, en ese sentido la osmosis reversa resulta más atractiva ya que consume un 60% menos de energía que la evaporación térmica.

La osmosis reversa consiste básicamente en la presurización del agua sobre capas de membranas semipermeables que reducen la concentración de sales en el agua. Una vez que el agua es captada en la costa, ésta es transportada y presurizada por bombas, junto con la inyección de químicos que facilitan la aglomeración de partículas en suspensión, así el agua pasa por filtros que no permiten el paso de partículas con diámetros superiores a los 4 micrones.

Sin embargo resulta fundamental vigilar el incremento de concentración de sales disueltas y la posible acumulación de impurezas en la solución. Conservar una calidad constante del agua de proceso es indispensable para lograr una recuperación óptima.

El desarrollo de esta tecnología ha permitido que hoy en día la desalinización de agua de mar sea una opción factible tanto técnica como económica de obtener agua fresca, ya sea para consumo industrial o humano. Lo que en 2003 comenzó con el proyecto en el sector de la Chimba en Antofagasta, ya es una tendencia. Actualmente existen 11 proyectos ligados al sector minero para conversión de agua salada en agua dulce que se espera estén en funcionamiento al 2014. El uso de agua desalinizada en proyectos mineros ya representa una posibilidad concreta de suministro de agua alternativo a la extracción de agua fresca.

La Tabla 8 muestra algunas de las empresas que ya cuentan con plantas desalinizadoras en su proceso de producción y los proyectos.

**Tabla 8**  
**Plantas desalinizadoras en operación y proyectos**

Región	Operador	Operación	Nombre Planta	Estado
II	BHP Billiton	Escondida	Planta Coloso	En Operación
II	BHP Billiton	Escondida	Coloso Ampliación	RCA Aprobado
II	Antofagasta Minerals	Michilla <sup>7</sup>	Planta Desalinizadora tipo MEVC 1344	En Operación
III	Anglo American	Mantoverde	Planta Desaladora Mantoverde	En Construcción
III	Freeport	Candelaria	-	En Construcción
III	CAP	Cerro Negro Norte	Punta Totalillo	En Construcción
I	Doña Inés de Collahuasi	Collahuasi	Planta Desaladora Collahuasi	Pre Factibilidad

<sup>7</sup> [www.michilla.cl](http://www.michilla.cl)

<b>II</b>	Codelco	Radomiro Tomic	-	En Estudio
<b>III</b>	Goldcorp	Proyecto El Morro	El Morro	RCA Aprobado
<b>III</b>	SCM Santo Domingo	Proyecto Santo Domingo	Planta Desaladora Santo Domingo	Factibilidad en desarrollo
<b>II</b>	Xstrata	Lomas Bayas III	-	Pre Factibilidad
<b>II</b>	Antofagasta Minerals	Centinela	-	Pre Factibilidad
<b>I</b>	Teck	Quebrada Blanca Fase II	-	Factibilidad en desarrollo

Fuente: COCHILCO, Información de las empresas.

Se estima que las inversiones en plantas desalinizadoras asociadas al sector de la minería alcanzan los US\$ 3.900 millones en los próximos años, acorde a estimaciones de proyectos con Resolución de Calificación Ambiental (RCA) aprobada. Del mismo modo según datos preliminares, el caudal nominal que entregarán estas plantas alcanza los 3 m<sup>3</sup>/seg considerando solo los proyectos con RCA aprobados.

El tema fundamental a la hora de decidir por este método es el costo. No solo implican un alto costo de inversión, sino también un alto costo energético para su funcionamiento. Por ello la evaluación de estos sistemas depende de la distancia y altura en que se encuentran los yacimientos del lugar de captación del mar. Si bien el costo de inversión ha caído por el avance tecnológico, el costo de operación depende de la energía requerida para transportar el agua, por lo que la factibilidad de este sistema de abastecimiento depende de cada faena.

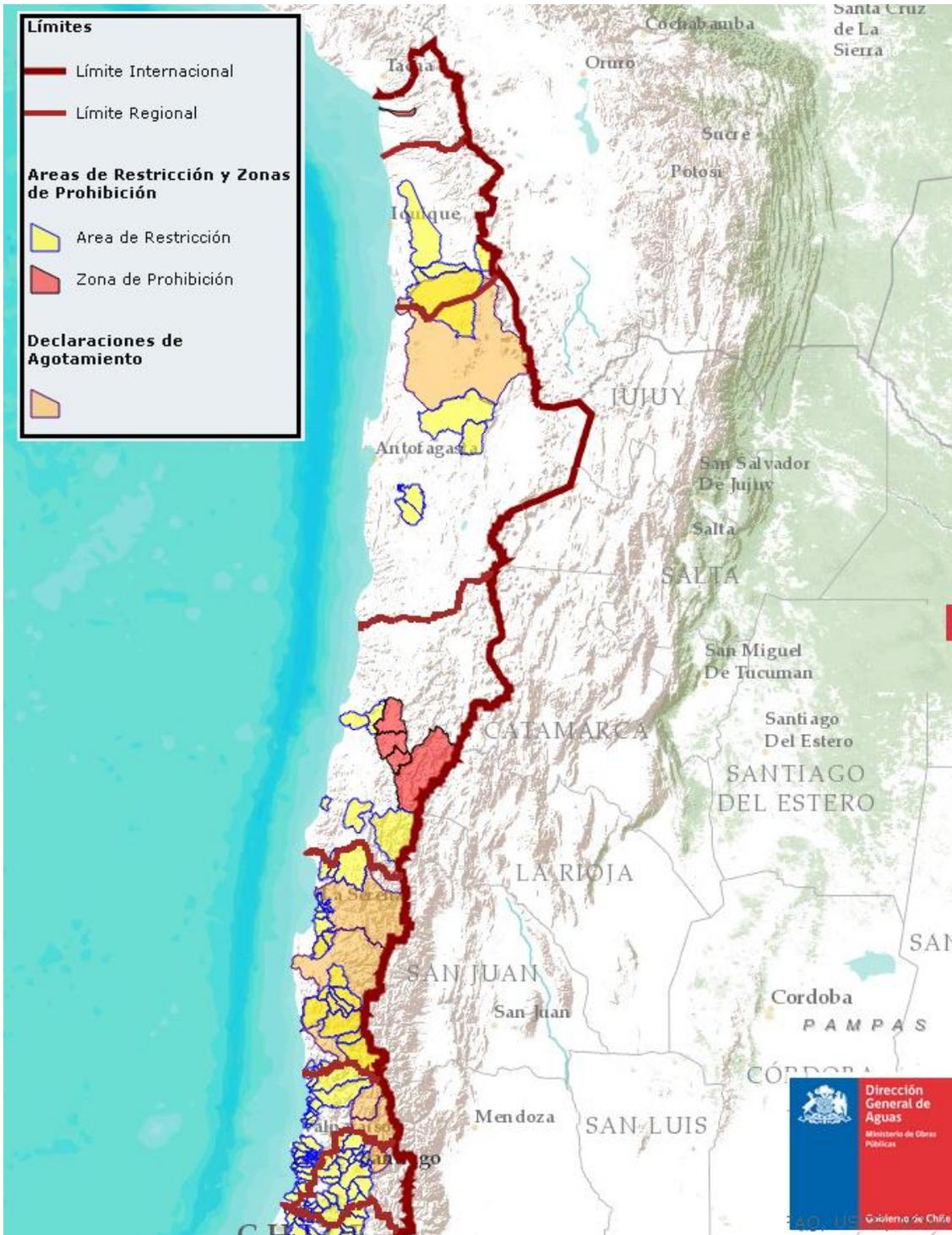
## 7 CONCLUSIONES

- Bajo el panorama de escasez hídrica en la zona norte de Chile y la nueva cartera de proyectos en la minería del cobre, la industria enfrenta el desafío de reducir las extracciones de agua fresca. En este contexto, y apreciando la gestión de empresas mineras que han incorporado nuevas fuentes de abastecimiento para lograr satisfacer la demanda futura del recurso hídrico, se debe continuar en esta línea. Todo ahorro que se pueda lograr es altamente valorado, aun manteniendo la misma línea de procesamiento y sistemas de captación. Recuperar y recircular una fracción cada vez más importante del agua utilizada en molienda y flotación es muy importante para la sustentabilidad ambiental.
- Las extracciones de agua en la minería del cobre para el año 2011 alcanzan un promedio ponderado anual de **12.6 m<sup>3</sup>/s** sin incluir la compra a terceros ni uso de agua de mar. En comparación con el año anterior el consumo de agua fresca presenta una leve disminución cercana al 1%.
- En la distribución de extracciones de agua fresca a nivel regional, la II Región de Antofagasta tiene el máximo consumo con el 42% de las extracciones totales del país. Luego se ubica la VI Región de O'Higgins con el 14% y la II Región de Atacama con el 13%. La I Región de Tarapacá representa el 10% respecto a extracciones totales. Finalmente las menores extracciones de agua fresca se encuentran en la V Región de Valparaíso con un 9% y la IV Región de Coquimbo que tiene el 7% de las extracciones totales de agua fresca, mientras la Región Metropolitana representa el 5% de las extracciones totales informadas en Chile en el año 2011.
- De acuerdo a la distribución de consumo de agua fresca por destino de uso, vemos que el mayor consumo de agua fresca se produce en la concentradora, abarcando un 71% de las extracciones de agua fresca total, mientras que el proceso de hidrometalurgia sólo utiliza el 14% del agua fresca. El resto corresponde a servicios varios, agua mina y agua potable.
- El consumo unitario en concentración alcanza alrededor de cinco veces el consumo en hidrometalurgia. La tasa de consumo expresada en metros cúbicos de agua fresca por tonelada de mineral procesado, alcanza un valor promedio de 0,65 m<sup>3</sup>/ton para los procesos de concentración y de 0,12 m<sup>3</sup>/ton para los procesos de hidrometalurgia.

- El consumo unitario de agua fresca por tonelada de mineral procesado para la obtención de concentrados presenta una leve tendencia a la baja respecto a los años anteriores. Esto refleja una mayor eficiencia en la administración del consumo de agua fresca. El consumo unitario para la producción de cátodos en tanto, se mantiene constante en el tiempo.
- Se debe continuar en la dirección de aumentar la eficiencia en el uso del agua. Se puede y debe buscar nuevas tecnologías y/o procesos más eficientes. La proyección de producción muestra un gran desarrollo y la tendencia decreciente en las leyes de los minerales conllevan mayor consumo de agua, por lo que resulta necesario disminuir el consumo unitario en ambos procesos, de manera de poder cumplir con la producción esperada y evitar el agotamiento de este recurso.
- El crecimiento demográfico y el aumento de actividades productivas continuarán acrecentando la presión sobre la demanda del recurso hídrico. A nivel país es importante señalar que el constante monitoreo y medición de los distintos flujos de agua por proceso es indispensable en la gestión del agua en los procesos mineros y metalúrgicos.

**Anexo 1**

“Protección y Restricción al uso del agua”, fuente DGA



Fuente: DGA “Protección y Restricción al uso del agua”, actualizado a Junio 2012

**Anexo 2**

“Empresas que participaron en la encuesta 2011 y Producción de Cobre fino (TMF)”

<i>Operación</i>
Andina
Atacama Kozan
Candelaria
Carmen de Andacollo
Cerro Colorado
Cerro Dominador PCZ
Cerro Dominador PSM
Chuquicamata
Collahuasi
El Abra
El Soldado
El Teniente
El Tesoro
Escondida
Gaby
Las Cenizas Cabildo
Lomas Bayas
Los Bronces
Los Pelambres
Manto Verde
Mantos Blancos
Michilla
Ojos del Salado
Planta Delta
Planta Matta
Planta Salado
Planta Vallenar
Pucobre
Quebrada Blanca
Radomiro Tomic
Salvador
Spence
Valle Central
Zaldivar

### Anexo 3

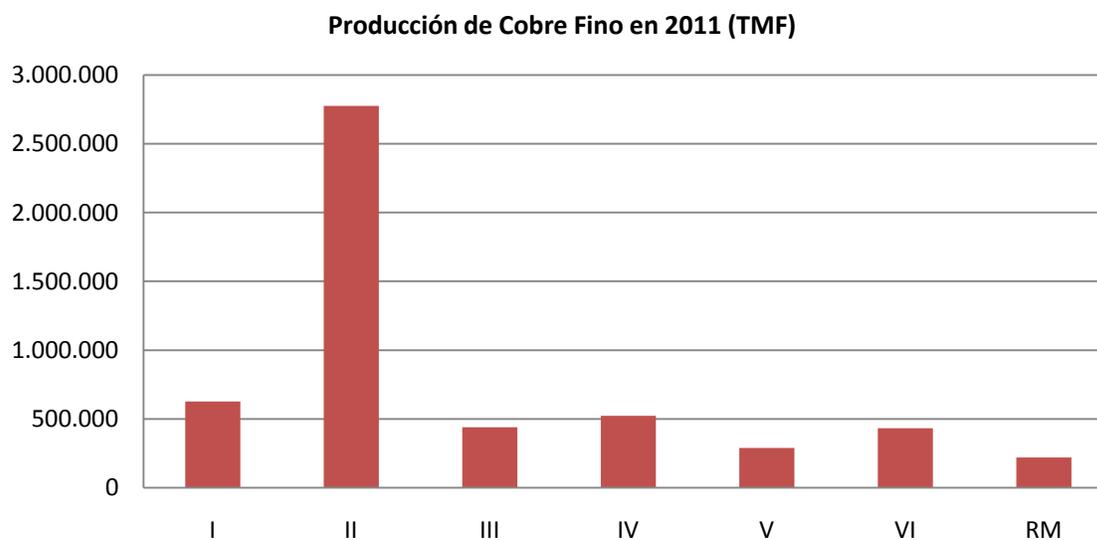
“Extracciones históricas de agua fresca por región”

<i>Región</i>	<b>EXTRACCION DE AGUA FRESCA (Lts/seg)</b>		
	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>
<b>I Región de Tarapacá</b>	1.275	1.413	1.288
<b>II Región de Antofagasta</b>	5.773	5.546	5.376
<b>III Región de Atacama</b>	1.661	1.692	1.636
<b>IV Región de Coquimbo</b>	521	839	973
<b>V Región de Valparaíso</b>	846	1.094	1.110
<b>VI Región de O` Higgins</b>	1.477	1.700	1.653
<b>RM Región Metropolitana</b>	546	476	588
<b>TOTAL PAIS ENCUESTA</b>	<b>12.100</b>	<b>12.760</b>	<b>12.623</b>

\*Datos actualizados a la fecha

### Anexo 4

“Producción cobre fino 2011”



Fuente: COCHILCO

En el gráfico se muestra la producción total de cobre fino en cada región. La II región es la con mayor producción, representando el 52% de la producción, lo que explica la mayor cantidad de agua para procesar el mayor volumen de mineral.

El año 2011 el aumento de producción de cobre fino se debe esencialmente a los nuevos aportes de Andacollo Hipógeno y de las expansiones en Los Pelambres, Andina Fase I y otros proyectos que entraron en operación durante el 2011. Se espera que los proyectos Desarrollo Los Bronces y Collahuasi Fase I agreguen producción para el 2012.

En la IV Región la mayor alza la registró Minera Carmen de Andacollo, en casi un 60% respecto a la producción del 2010. En la misma región Minera Los Pelambres alcanzó un aumento del 5% respecto al año anterior.

Por su parte División Andina de Codelco en la V Región anotó un aumento de 25% respecto al 2010 al producir 234.381 TMF de cobre por la entrada en operación de Expansión Fase I.

En tanto en la II Región, Minera Escondida disminuyó su producción en 25% debido a que sufrió una prolongada huelga, produciendo 819.008 TMF de cobre. Sin embargo se mantiene en el primer lugar como yacimiento propio, con una participación de 16% a nivel nacional. Chuquicamata también presentó una reducción en casi un 14% respecto al año anterior principalmente debido al paulatino proceso de término del rajo abierto, a lo que se suma el cierre de las operaciones mineras en la Extensión Norte de Mina Sur.

A nivel nacional Minera Candelaria y Cerro Colorado, ubicados en la III y I Región respectivamente, tuvieron un alza de un 5% en la producción. También destacó el descenso de la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi situada en la I región, afectada por factores climáticos y un accidente en Puerto Patache, la cual redujo su producción en 10%, llegando a 453.284 TMF.

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

CAMILA MONTES PRUNÉS

MARIA CRISTINA BETANCOUR MUÑOZ  
Directora de Estudios y Políticas Públicas

Septiembre 2012