



Consumo de agua en la minería del cobre

Actualización al 2021
Transición metodológica

DEPP 26/2022
RPI 2022-A-10578



Resumen ejecutivo

La menor disponibilidad de agua en el país y la crisis hídrica en la zona norte donde se concentra la actividad minera, ha motivado a las empresas mineras a buscar nuevas fuentes de abastecimiento para asegurar la producción y a su vez, mantener distintas propuestas de valor ante sus comunidades.

De acuerdo a los datos anuales de la “Encuesta de producción, energía y agua” por parte de Cochilco se obtuvo que durante el año 2021 las extracciones de agua para la minería del cobre alcanzan los 17,58 m³/seg, de las cuales 11,84 son aguas continentales, un 2% menor que el año anterior, mientras que el agua de mar utilizada fue de 5,73 m³/seg, un 9% mayor respecto al año anterior.

En relación a las fuentes de abastecimiento de agua vemos que las aguas subterráneas representaron el 26%, mientras las aguas superficiales el 33%, las aguas adquiridas a terceros un 9%, y las aguas de mar un 33% de las extracciones de agua total para la minería del cobre.

Para el caso del agua de mar, el agua previamente desalinizada representó un 62%, mientras que el agua utilizada directamente del mar en los procesos alcanzó un 38% del agua de mar utilizada en 2021.

Al analizar la gestión del recurso se observa que una adecuada administración hídrica y su optimización, impactan directamente en la cantidad de agua utilizada, independientemente de su origen, para cada proceso. De acuerdo al cálculo del *make up* vemos que no se observan mejoras significativas en el uso del agua operacional, si no más bien un cambio de agua continental por agua de mar, lo que sin duda libera recursos continentales para otros usuarios, pero aun hay oportunidades para mejorar el rendimiento.

A futuro se presentan algunos desafíos; dado el agotamiento de los recursos, es posible advertir que la explotación de minerales de baja ley seguirá en aumento, sumado al cambio en la matriz productiva para las próximas décadas, el cual se vuelca hacia los minerales de sulfuros, generando así un aumento creciente en la demanda de agua si es que no se implementan medidas de reducción, eficiencia y/o nuevas fuentes.

Contenidos

01

Introducción

02

Metodología

03

Extracciones
de agua en la
minería del
cobre

04

Balance
hídrico para la
minería del
cobre

05

Uso operativo
del agua

06

Indicadores de
gestión

07

Comentarios
finales

01 Introducción

El informe tiene por objetivo dar a conocer las extracciones y el uso de agua en la minería del cobre y sus distintos procesos, aumentar la disponibilidad y transparencia de información del sector en temas críticos, y servir como base para el análisis de las discusiones públicas relacionadas al recurso hídrico y la minería.

La mega sequía continúa; en los últimos años se ha observado una disminución sostenida y creciente en la disponibilidad de recursos hídricos, de entre un 20% y 50% en las macrozonas sur y norte-centro respectivamente, la que se proyecta sigan en déficit en los próximos 30 años (DGA; 2018, 2019).

De acuerdo a la última actualización del Balance Hídrico Nacional, realizado por expertos de la Universidad de Chile y la Universidad Católica, se proyecta que la disponibilidad del agua para el período 2030-2060, podría disminuir más de 50%, principalmente por el aumento de demanda por parte de los usuarios, el cambio de uso de suelo y motivos climatológicos. (Balance Hídrico Nacional, 2020)

En el ámbito normativo, el 8 de abril de 2022, después de 11 años de tramitación en el Congreso, entró en vigencia el nuevo Código de Aguas en Chile. En relación a la actividad minera, se elimina el inciso 2 del artículo 56, y crea un nuevo artículo 56 bis, cuyo objetivo específico es regular los derechos de aprovechamiento de las aguas constituidos por el sólo ministerio de ley, correspondiente a las aguas halladas por los concesionarios mineros en las labores de exploración y explotación minera, las cuales podrán ser utilizadas en la medida que sea necesarias para las respectivas faenas (comúnmente llamadas "aguas del minero").

Este nuevo artículo otorga un mayor rol a la DGA en relación al acceso que tienen actualmente los dueños de las concesiones en el uso del recurso hídrico, manteniendo el derecho del titular minero a utilizar las aguas halladas en las faenas, pero estableciendo el deber de informar el hallazgo a la DGA y solicitar autorización para su uso al mismo organismo, pudiendo ésta ser rechazada. El 17 de Octubre se publicó la circular 2600-2022 DGA, que establece el alcance y la aplicabilidad del artículo 56° bis del Código de Aguas, donde se definen conceptos para una correcta interpretación y se establecen alcances de la normativa.

01 Introducción

Por otra parte se está avanzado en el desarrollo de los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos de Cuenca (PERHC). Tanto en el artículo 293 bis de la Reforma del Código de aguas como en la Ley Marco de Cambio Climático promulgada en junio 2022, artículo 13, se hace mención a la elaboración de los planes con el objetivo de contribuir con la gestión hídrica, identificar las brechas, establecer el balance hídrico y sus proyecciones, diagnosticar el estado de información, infraestructuras e instituciones y proponer un conjunto de acciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Ambas normativas son coherentes y consideran la actualización cada 10 años de dichos planes, sin embargo la ley marco de cambio climático también considera componentes como la caracterización de la cuenca, los efectos del cambio climático e indicadores de cumplimiento de la planificación y avance identificando al organismo responsable. De acuerdo al informe Balance gestión integral DGA 2021, se han elaborado 29 planes de un total de 101 cuencas.

Otro aspecto a nivel nacional relacionado a los recursos hídricos es la creación del Comité Interministerial de transición hídrica justa a través del decreto N° 58 del Ministerio del Medio Ambiente en noviembre 2022. El Comité tendrá como objeto asesorar al Presidente de la República en los temas referentes a la política y transformaciones institucionales para avanzar en el proceso de transición hídrica justa, este organismo trabaja en la implementación de una nueva gobernanza de las aguas que considere la creación de consejos de cuencas para enfrentar la escasez hídrica del país y mejorar la gestión del agua.

Estos avances en materia hídrica nos invitan a replantear nuestros sistemas de agua basados en la cooperación, consistencia y participación, contando con el liderazgo y coordinación de los servicios públicos.

Por ello, en este escenario de menor disponibilidad de agua, y 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, agua y energía". 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.

02 Metodología

A partir de la encuesta 2022 se implementó un cambio en la reportabilidad de información respecto al agua. La nueva metodología busca alinear conceptos y formatos con la guía propuesta en 2021 por el Consejo internacional de minería y metales (ICMM).

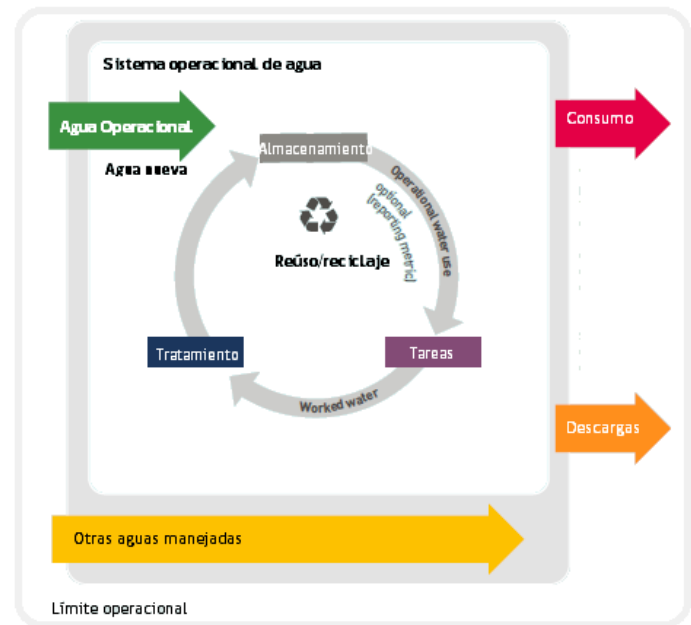
La metodología utilizada en este estudio corresponde al procesamiento de datos, clasificación y análisis de la información entregada en “Encuesta de Producción, agua y energía” en faenas mineras de cobre.

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.

El ICMM (International Council on Mining and Metals) ha desarrollado un marco de gestión del agua que adopta un enfoque centrado en las zonas de captación en lo que respecta a la gestión del agua. La actualización de la guía de buenas prácticas plantea una serie de orientaciones para la entrega de información interna y externa de los reportes de agua.

El modelo de entrada-salida, con base en el Water Accounting Framework (WAF) elaborado en la Universidad de Queensland, Australia, proporciona un enfoque coherente para cuantificar los flujos que entran y salen basado en sus fuentes, y por otra parte el modelo operacional proporciona orientación para los procesos de agua dentro de sus operaciones.

Figura 1: Contabilidad del agua del sitio y métricas del reporte



Fuente: ICMM, Water reporting, good practice guide 2nd edition, 2021

02 Metodología

De acuerdo a la guía de ICMM del año 2021, se describen las principales definiciones de los parámetros.

Figura 2: Resumen de las métricas de informes de agua del ICMM

Métrica	Descripción ICMM
Métricas que describen las entradas y salidas de agua asociadas con el sitio	
Total extracción de agua para operación	Agua que ingresa al sistema de agua operativo utilizado para satisfacer la demanda de agua operativa.
Total extracción de Otras aguas manejadas (OMW)	Other Management Water (OMW): Agua manejada activamente por la operación pero que no tiene como objeto suplir las demandas de agua operacional.
Total Descargas	Toda el agua que se libera al medio ambiente acuático (agua superficial, agua subterránea o agua de mar) o a un tercero (incluidas el agua operativa y OMW).
Total consumos	Toda el agua que se elimina por evaporación, arrastre (en producto o desecho) u otras pérdidas, y que no se devuelve a las aguas superficiales, subterráneas, marinas o a un tercero.
Métricas que describen los flujos de agua internos al sitio	
Reúso/ reciclaje	Agua que ha sido utilizada en una tarea operativa y es recuperado y utilizado nuevamente en una tarea operativa, ya sea sin tratamiento (reutilización) o con tratamiento (reciclado).
Uso operativo del agua	El volumen de agua utilizado en las tareas operativas.
Delta almacenamiento	El cambio neto (positivo o negativo) en el volumen de agua en almacenamiento (agua operativa y OMW) durante el período del informe.

Fuente: ICMM, Water reporting, good practice guide 2nd edition, 2021

Si bien la metodología propuesta en la guía tiene una mayor profundidad, incluyendo conceptos de calidad de agua, riesgos, y descripción del lugar en que esta la operación, la nueva metodología utilizada en la Encuesta anual de Cochilco busca alinear los términos y conceptos en búsqueda de un sistema equivalente y comparable.

Asimismo, dado que existen datos históricos que recoge la Encuesta de Cochilco, se mantienen ciertos indicadores.

Para ver formato de la encuesta enviada a las empresas ver Anexo 1.

02 Metodología

La metodología propuesta por el ICMM y WAF busca llevar sistemas complejos de flujos de agua a un sistema simplificado para su mayor comprensión.

Bajo este esquema se busca llegar al mínimo de tareas según su propósito. De este modo las tareas se consideran centros de consumo, las cuales reciben agua y tienen consumos y descargas, sin poder almacenar agua. La única tarea que es considerada una tarea y puede almacenar agua es el caso de las instalaciones de almacenamiento de relaves (TSF - Tailing facilities store).

Figura 3: Niveles de agregación de tareas recomendados (de WAF)

Tipos de tareas del modelo operativo WAF		
Tipo de tarea (agregado al nivel práctico más alto)	Propósito de la tarea	Ejemplo de subtareas para la agregación
Minería	Extracción de mineral del suelo.	Minería a cielo abierto, subterráneo e in situ.
Procesamiento de minerales	Separación de mena/minerales de ganga y materiales de desecho y concentrar	Trituración, (re)molienda, flotación, aglomeración, lixiviación en pilas, espesamiento
Manejo de relaves	Almacenamiento de material de desecho	Construcción y uso de los relaves
Control de polvo	Control de polvo en caminos de acarreo y otras fuentes de polvo	Riego de caminos, acopios, desmonte y altos muros
Servicios	Instalaciones de agua potable y saneamiento	Fuentes de agua potable, baños y duchas
Misceláneas	Otros usos	Ej; Generación de energía

Fuente: ICMM, Water reporting, good practice guide 2nd edition, 2021

Para mayor detalles acerca de la metodología revisar la guía [Water reporting: Good practice guide \(2nd edition\)](#)

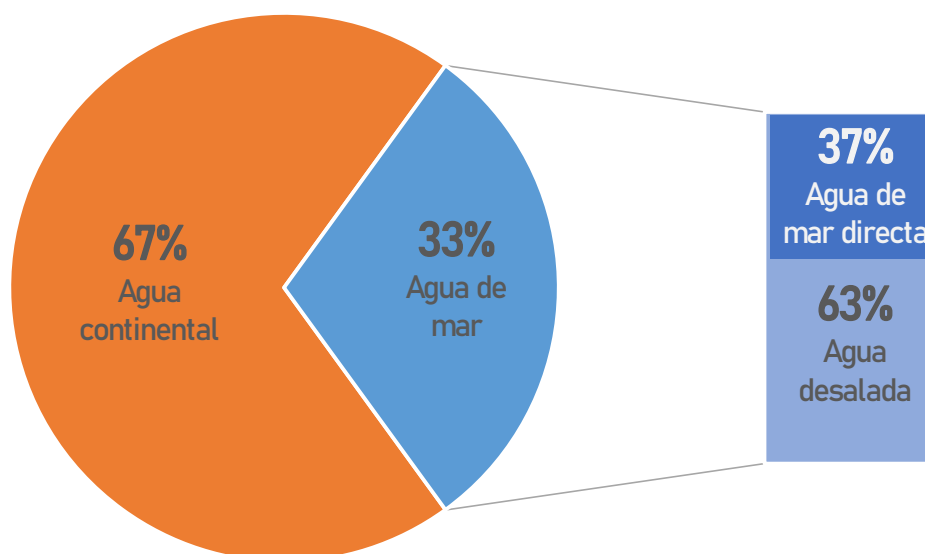
03 Extracciones de agua

A continuación se detalla la cantidad de agua extraída por la industria minera del cobre para la obtención de 5.625 miles de toneladas de cobre fino producidas en 2021 (*).

La extracción de agua contempla las entradas de agua que necesita la operación minera para sostener la producción y servicios anexos. Las aguas continentales 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, acuíferos, napas, pozos, entre otros. Mientras que las aguas de origen oceánico, provienen del mar y tienen un alto contenido salobre.

Las extracciones de agua para la minería del cobre alcanzan los **17,58 m³/seg** en el año 2021, sin considerar el reúso/reciclaje de aguas entre procesos y/o la recirculación de aguas en la misma tarea.

Figura 4: Extracción de agua en minería del cobre 2021 (m3/seg)



Fuente: Cochilco 2022, en base a Encuesta Producción, energía y agua.

Se observa que el agua de origen continental alcanzó los 11,8 m³/seg, por su parte el agua de mar tuvo un incremento y llegó a los 5,73 m³/seg..

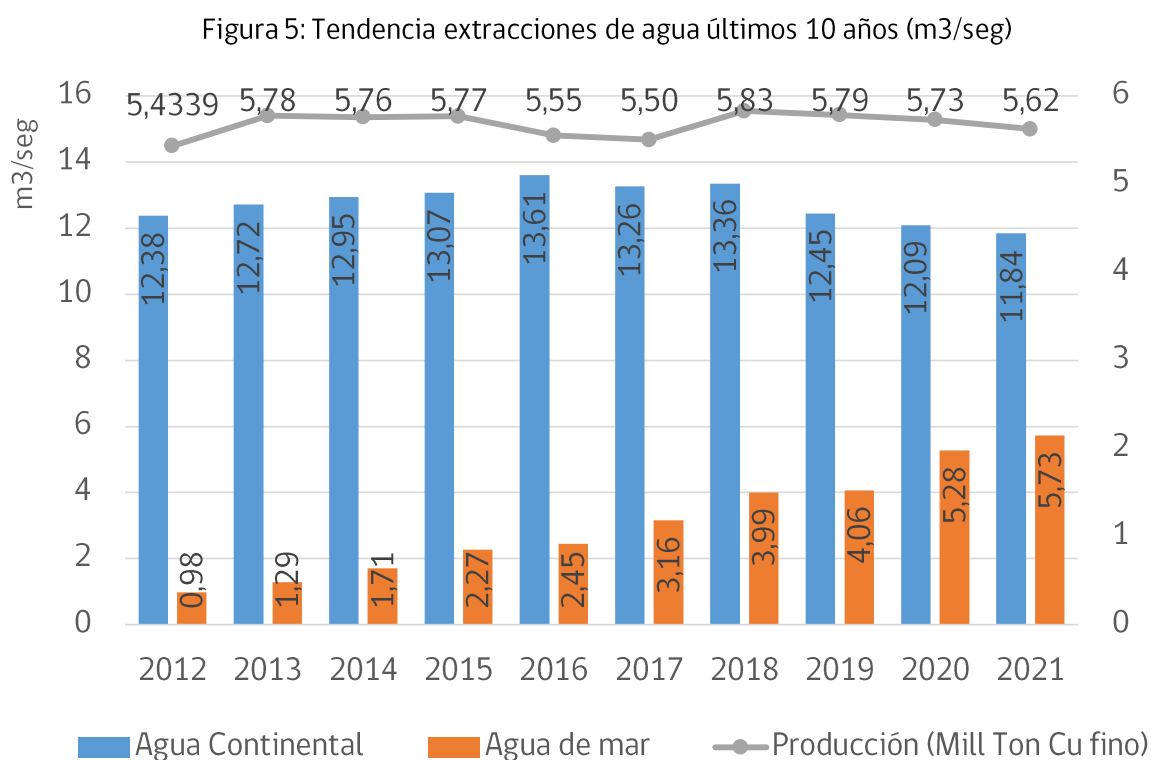
La información recopilada de las empresas mineras se estructura considerando la tabla resumen para la entrega de datos, ver anexo 2.

03 Extracciones de agua

En los últimos años se ha visto una tendencia decreciente en el uso de agua continental para la minería del cobre, mientras que el agua de mar va en aumento.

La tasa promedio de crecimiento de las extracciones totales es de un 3% anual en los últimos 10 años, mientras que la tasa promedio de crecimiento en la producción de cobre fino es de un 4% anual en el mismo periodo. Hay que considerar los efectos de la ley del mineral y la dureza, es por ello que la baja en las leyes del mineral se traducen en una mayor cantidad de mineral procesado para obtener la misma cantidad de cobre fino.

En el caso del agua de mar se observa una tendencia al alza, con una tasa de crecimiento del orden del 22% promedio anual en los últimos 10 años. Sin embargo, el agua continental mantiene variación nula promedio anual en los últimos 5 años.



Fuente: Cochilco 2022, en base a Encuesta Producción, energía y agua.

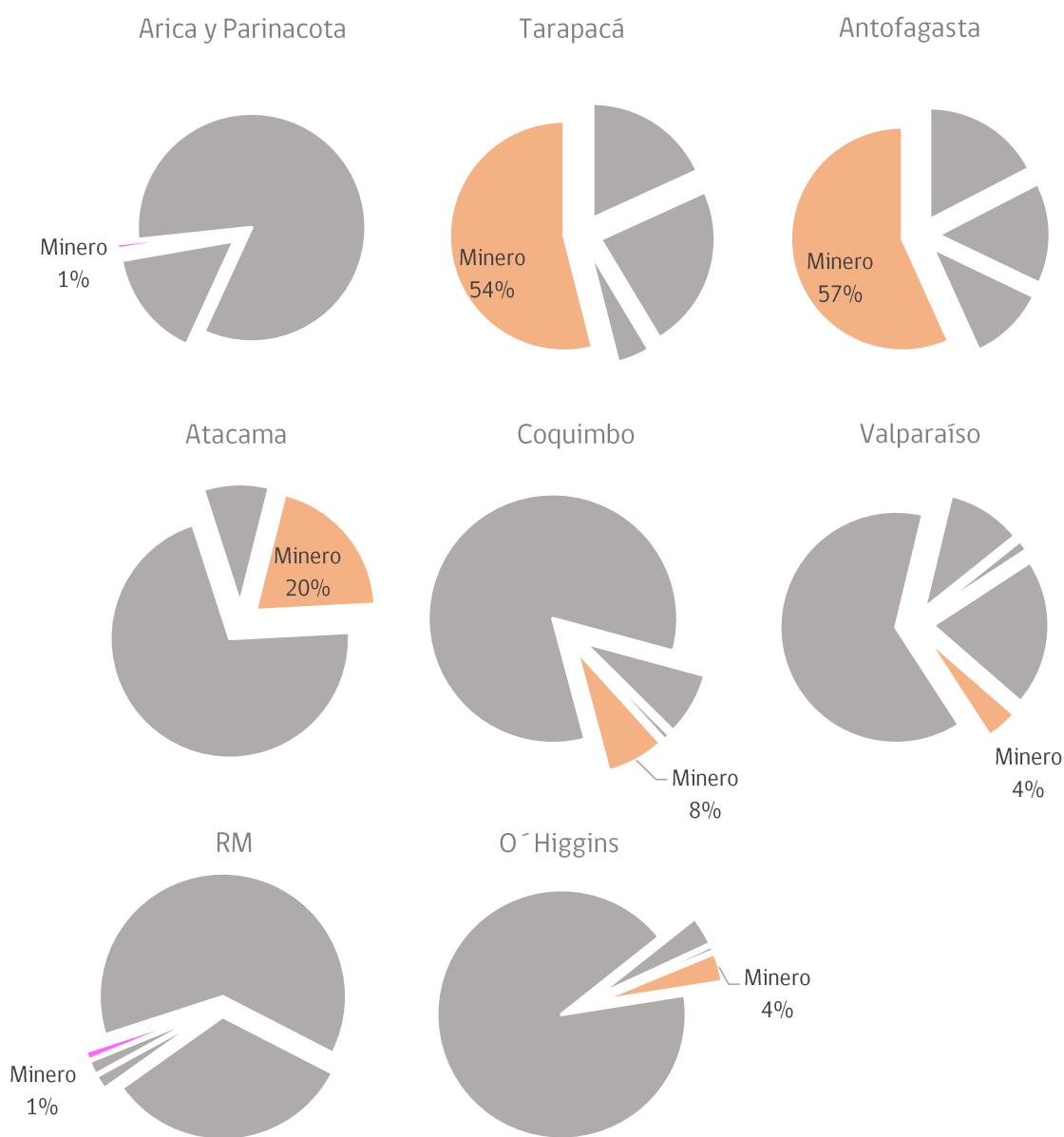
03 Extracciones de agua

Extracciones de agua según distribución regional

Si bien la minería no es el sector que utiliza un mayor porcentaje de agua continentales a nivel nacional, esta actividad está ubicada principalmente en la zona norte y centro, donde la disponibilidad es limitada.

De acuerdo a la última versión entregada por la DGA en el estudio publicado en 2017, se puede ver la incidencia del sector minero por región.

Figura 6: Distribución regional de uso de agua por sector

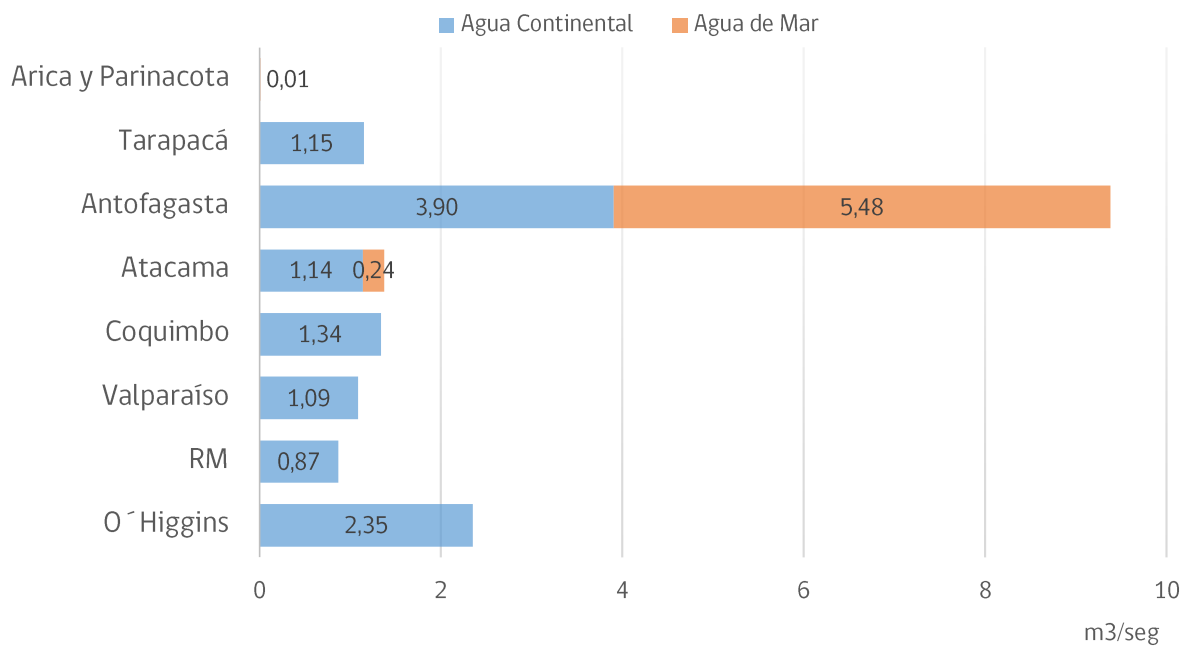


03 Extracciones de agua

Extracciones de agua según distribución regional

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, asimismo es necesario conocer la distribución regional de los requerimientos de agua de manera de poder enfatizar los esfuerzos en aquellas zonas con mayor estrés hídrico.

Figura 7: Tendencia agua continental y agua de mar últimos 10 años



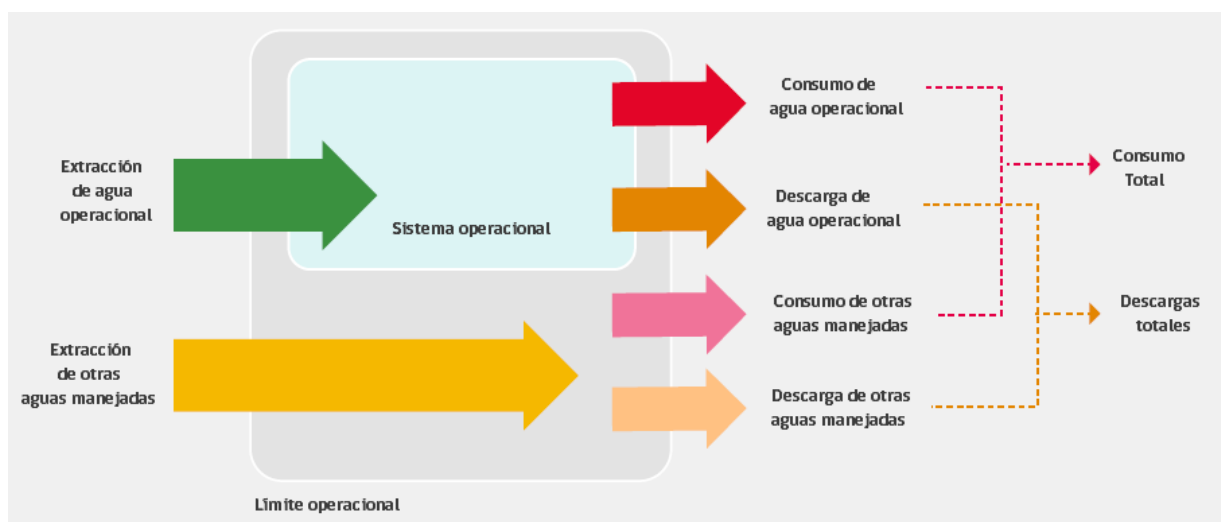
Fuente: Cochilco 2022, en base a Encuesta Producción, energía y agua.

La región de Antofagasta presenta el mayor consumo de agua, con un 53%, la región concentra el 54% de la producción de cobre nacional.

04 Balance hídrico

Este balance hídrico busca aplicar los principios del modelo de balance y simplificar los diagramas de flujo internos para visibilizar de manera fácil el uso de agua en la minería del cobre.

Figura 8: Esquema del balance



Fuente: ICMM, Water reporting, good practice guide 2nd edition, 2021

Los balances hídricos nos permiten comprender la demanda de agua actual, los requisitos de tratamiento o almacenamiento, y cantidades de descarga. Asimismo nos permiten desarrollar estrategias adecuadas de gestión y mitigación, junto con evaluar opciones alternativas de gestión del agua para diferentes escenarios.

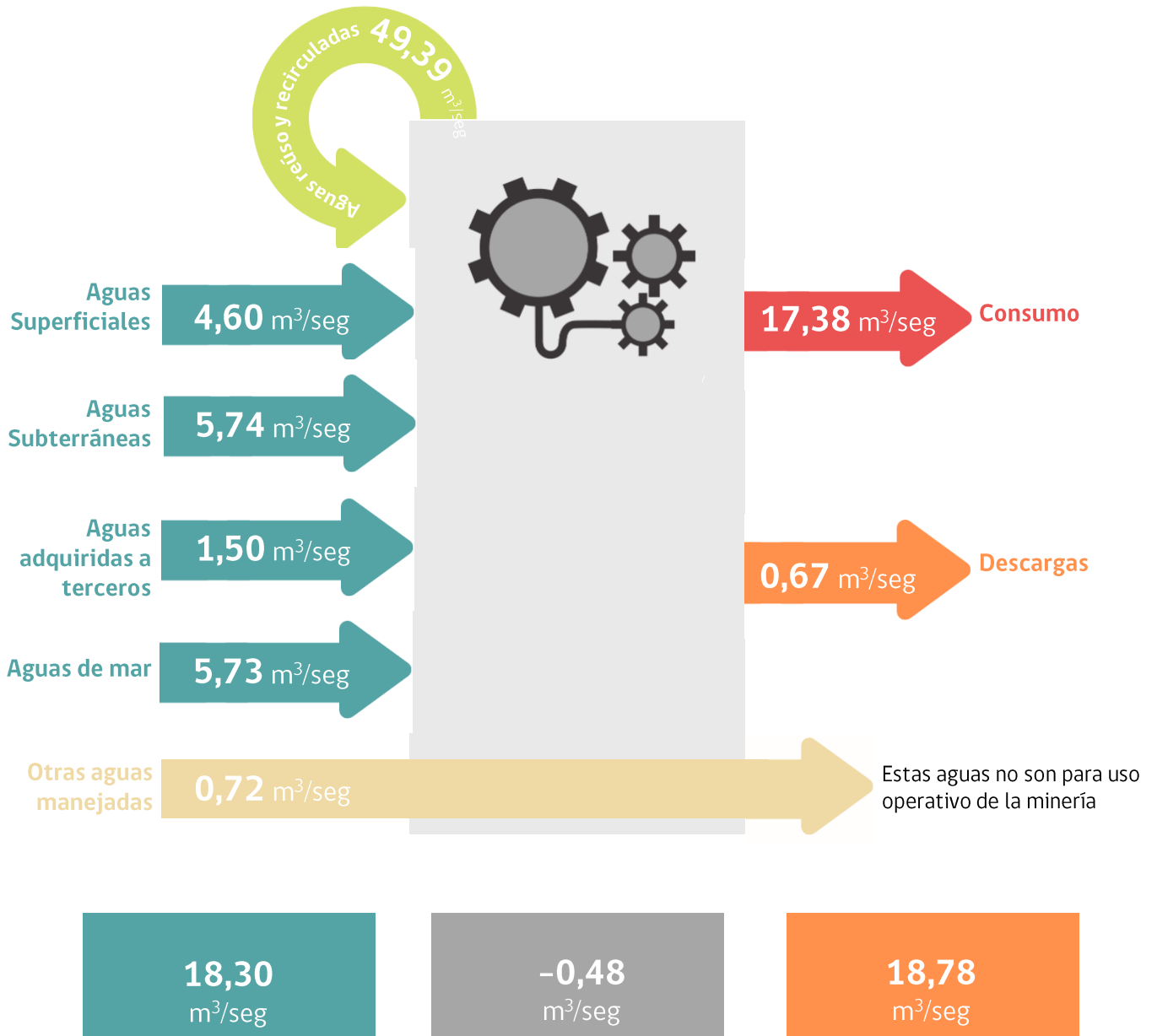
Si bien cada balance de agua es propio de cada instalación minera, dadas las particularidades del mineral, el tipo y calidad de agua, tipo de procesamiento, entre otros factores, este balance busca establecer un esquema general que permita facilitar y visibilizar las entradas y salidas de agua, y el uso de agua en cada tarea/proceso.

Un primer paso es establecer la frontera del sistema, en este caso la frontera o límite del sistema se fija dentro de la instalación, no desde el punto de la captura de las aguas. Por lo tanto las entradas de agua se determinan una vez en la instalación, si considera los pozos de donde se abastecen las faenas.

04 Balance hídrico

De acuerdo a la propuesta de ICMM, junto con la información histórica que levanta Cochilco, y los datos disponibles se presenta el balance hídrico para la minería del cobre al año 2021.

Figura 9: Balance hídrico para la minería del cobre 2021



(*) El valor de "Almacenamiento" sólo indica el cambio en el volumen durante el período contable y no describe el volumen total de agua almacenada.

04 Balance hídrico

Consideraciones

La metodología de balance hídrico se encuentra en fase inicial de implementación, por lo que hay ciertas diferencias con el formato tradicional de los reportes de Cochilco.

Algunos puntos importantes a considerar en esta nueva versión son:

- Las entradas de agua al sistema, se dividen en dos, por un lado están las extracciones de agua para la operación y las extracciones de otras aguas manejadas.
- Para este informe en el caso de agua de mar no se considera la captura desde el borde costero y su posterior vertido (descarga de salmuera), sino que el agua que efectivamente es impulsada a la operación.
- Otras aguas manejadas/gestionadas: Son aquellas aguas que no son utilizadas en la operación, mayormente son para la entrega a comunidades. Anteriormente no se consultaban por lo que en esta versión **no se consideran dentro de las "extracciones de agua para la minería del cobre"**.
- Al analizar extracciones por fuentes de abastecimiento la humedad contenida en el mineral se considera dentro de las aguas subterráneas.
- Dificultades para establecer un modelo operacional general, de manera de establecer un esquema o diagrama de flujo general que pueda representar a su vez las particularidades de cada operación.
- La metodología ICMM incluye riesgos y oportunidades, junto con parámetros de calidad. Para efectos de este informe no contamos con esa información.
- Considerar que el formato de reporte es nuevo por lo que puede existir información faltante por parte de las empresas mineras, especialmente en temas de recirculación, reúso y reciclaje.

04 Balance hídrico

Extracciones de agua según fuente de abastecimiento

Para efectos de este estudio se consideran cuatro tipos de aguas para el abastecimiento o fuentes de extracción; las aguas superficiales, aguas subterráneas y aguas adquiridas a terceros, en su conjunto se les agrupa como aguas continentales. Por otra parte esta el cuarto tipo que son las aguas de mar, que pueden ser previamente desalinizadas o utilizadas directamente en el proceso minero.

Figura 10: Fuentes de extracción para el abastecimiento de agua



Fuente: Cochilco 2022.

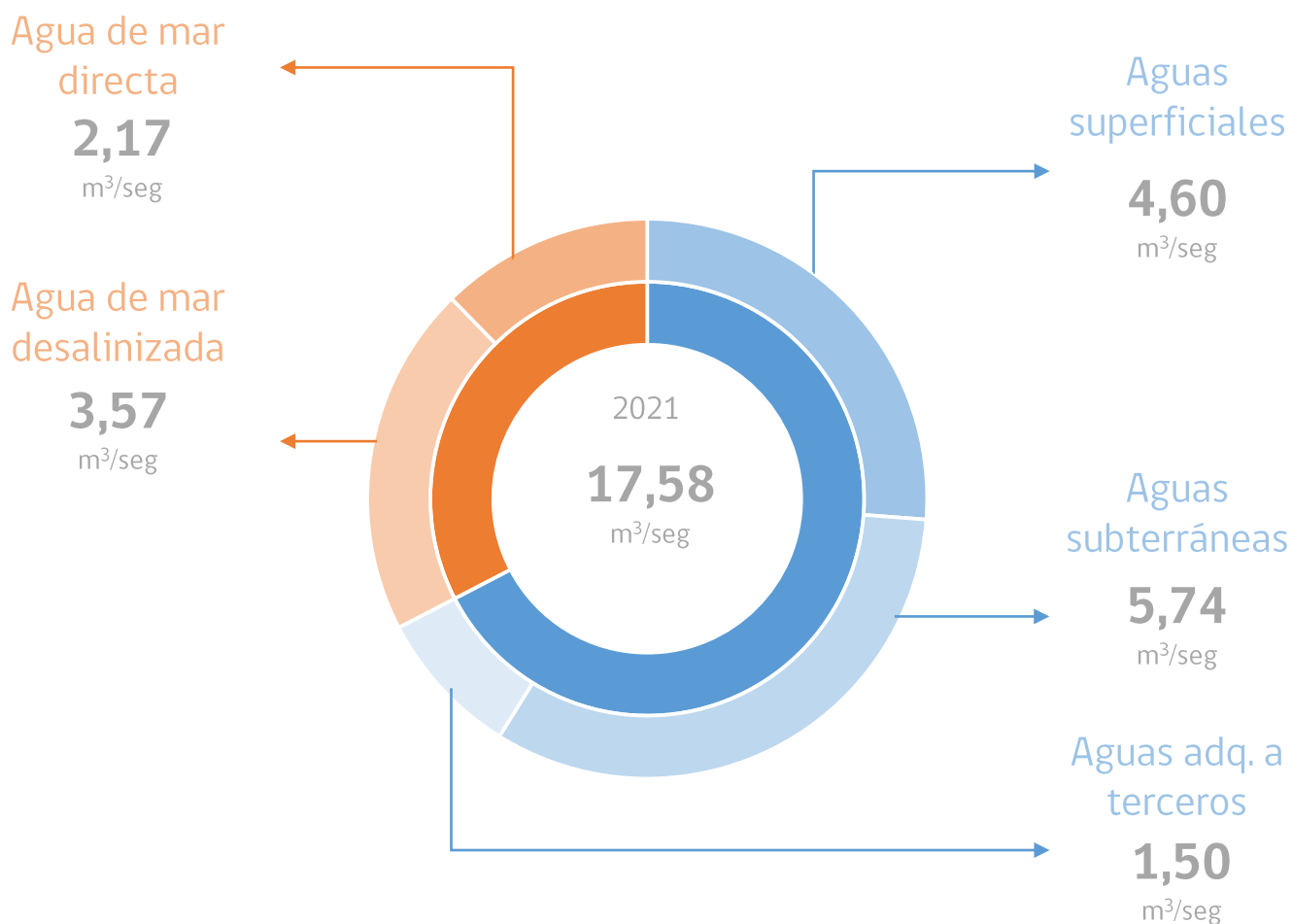
04 Balance hídrico

Extracciones de agua según fuente de abastecimiento

De las fuentes de extracción de agua operacional para la minería del cobre, para el año 2021 las aguas subterráneas representaron el 26%, mientras las aguas superficiales el 33%, las aguas adquiridas a terceros un 9%, y las aguas de mar un 33% de las extracciones de agua.

Para el agua de mar, el agua previamente desalinizada represento un 62%, mientras que el agua utilizada directamente del mar en los procesos representó un 38% del agua de mar utilizada en 2021.

Figura 11: Extracciones de agua según fuente de abastecimiento en la minería del cobre 2021

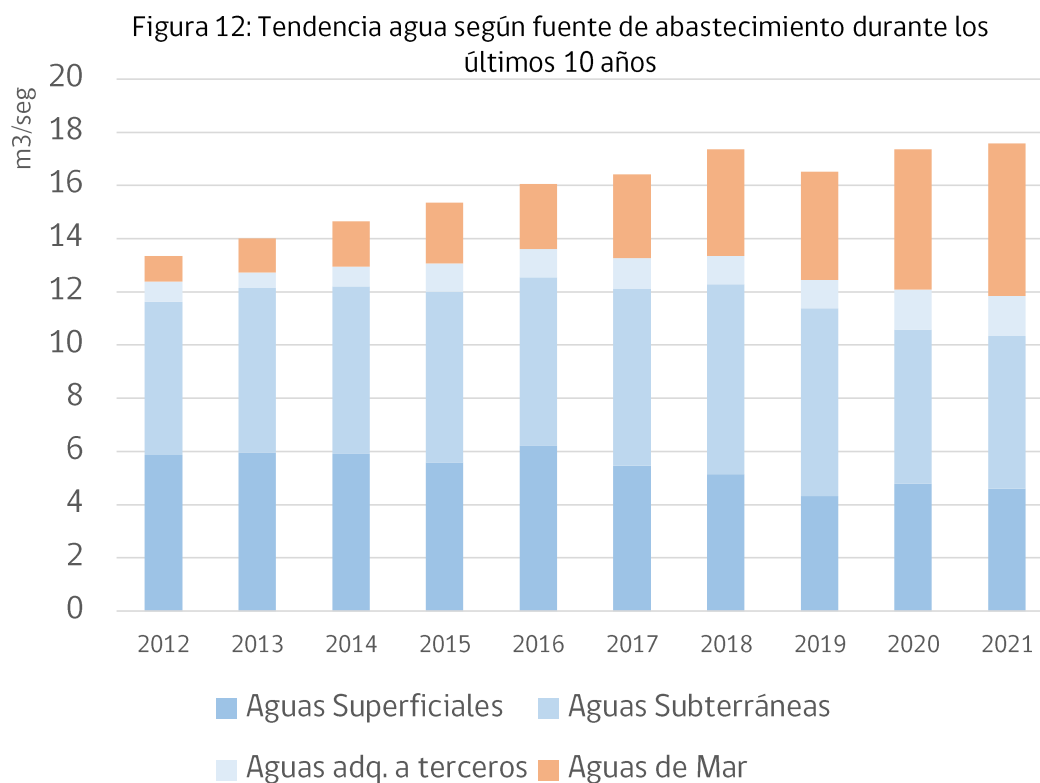


Fuente: Cochilco 2022, en base a Encuesta Producción, energía y agua.

04 Balance hídrico

Extracciones de agua según fuente de abastecimiento

Conocer las variaciones en las fuentes de origen del agua para la minería del cobre resulta elemental para gestionar los recursos hídricos. Resulta interesante analizar la evolución en los últimos años de las fuentes de abastecimiento, donde particularmente las aguas de mar han tenido un aumento considerable año a año.



Fuente: Cochilco 2022, en base a Encuesta Producción, energía y agua.

Las aguas subterráneas, han manteniendo una tendencia a la baja en los últimos 2 años, mientras que las agua de origen superficial han disminuido en mayor medida, esto principalmente por la escasez del recurso que vivimos a nivel nacional. Las aguas subterráneas y superficiales disminuyeron en un 1% y un 4 % respectivamente con respecto al 2020.

En el caso de las aguas adquiridas a terceros, estas consideran las agua industriales o de reúso de otros sectores productivos, lo cual no compite con el consumo de agua para la población, al ser de una calidad menor, y también considera la compra de aguas municipales.

04 Balance hídrico

El almacenamiento o acumulación puede ser positivo (reflejando un aumento en la volumen almacenado) o negativo (reflejando una disminución en el volumen almacenado) durante el período contable.

De acuerdo a los datos entregados por las empresas el almacenamiento para el año contable 2021 fue de $-0,48 \text{ m}^3/\text{seg}$, lo que representa un cambio de volumen contable negativo para dicho periodo, es decir la cantidad de agua que ingreso al sistema fue menor que las salidas, y por lo tanto se utilizó agua almacenada en el período anterior.

Hay que tener en consideración que el valor de almacenamiento solo indica el cambio en el volumen durante el período contable y no describir el volumen total de agua almacenada.

Muchas operaciones tienen depósitos de agua que permiten la gestión eficiente de flujo de agua, por lo tanto el almacenamiento o acumulación puede ser positivo (o negativo durante el período contable, dependiendo de la magnitud relativa de las entradas y salidas al sistema.

Los depósitos de almacenamiento permiten:

- Equilibrar las demandas operativas de agua, las entradas y salidas de agua.
- Recoger agua que ya ha sido utilizada y recuperada. dentro del sitio para un tratamiento adicional y / o uso por parte del instalación (es decir, reutilización y reciclaje).
- Manejar los flujos de clima húmedo y seco o clima estacional variaciones.
- Gestionar las distintas demandas operativas de agua, por ejemplo, asociadas con paradas de mantenimiento o restricciones de permisos.

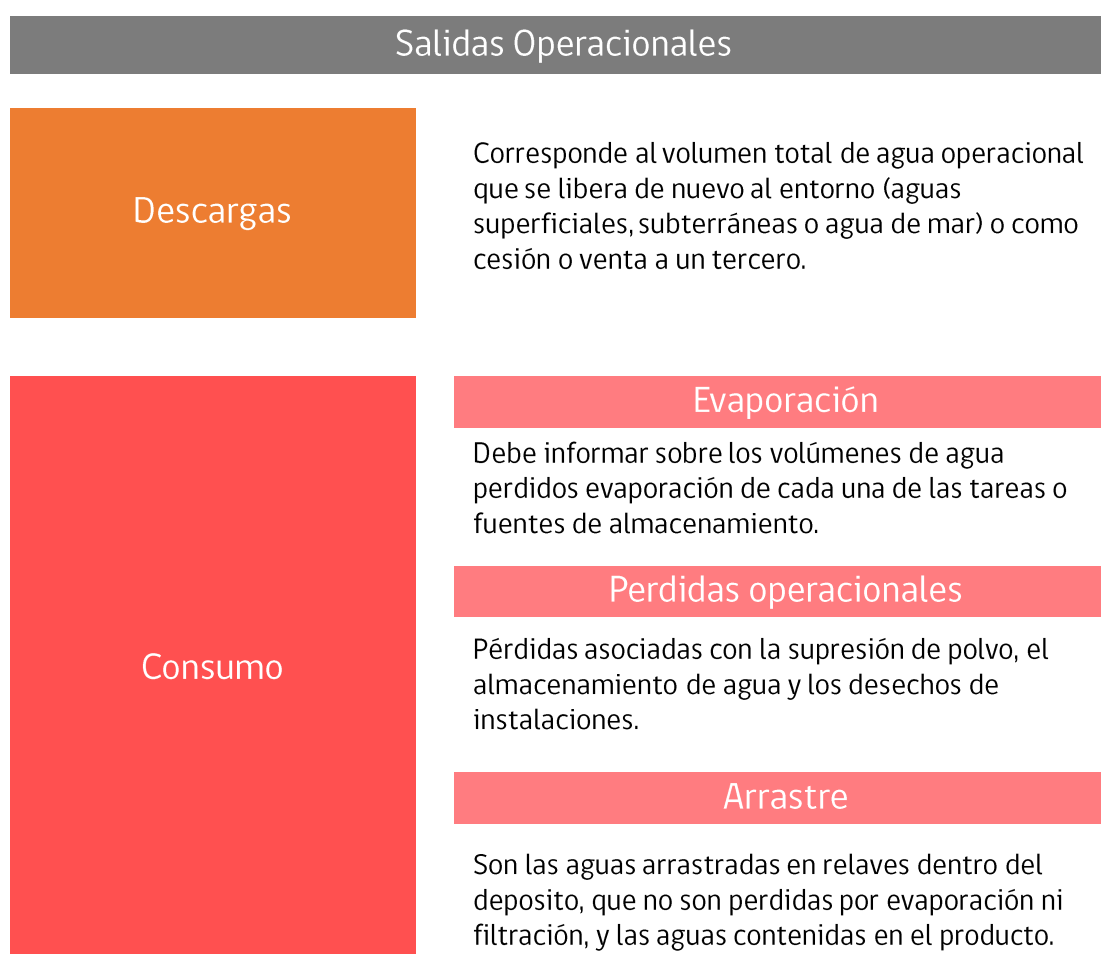
04 Balance hídrico

Salidas

Las salidas operativas de un sistema pueden ser categorizadas en dos; descargas y consumo. De manera esquemática las salidas de aguas son volúmenes de agua que cruza el límite o frontera de la instalación y ya no esta disponible para el uso por la operación.

Similar a las entradas operativas, las salidas operativas de la instalación operativa excluye las "Otras aguas manejadas (OMW)".

Figura 13: Salidas operacionales



Fuente: Cochilco 2022, en base a guía ICMM.

04 Balance hídrico

Salidas

Las descargas son aquellos flujos de agua operacional que se liberan de nuevo al entorno, para el año 2021 las aguas descargadas a fuentes superficiales, subterráneas y/o mar fueron 0,59 m³/seg y las aguas operacionales entregadas a terceros fueron 0,084 m³/seg. Cabe destacar que la entrega de agua operacional a terceros es baja, pero en el ítem otras aguas a terceros manejadas (OMW) que es entregada a la comunidad sin pasar por la operación.

Mientras que los consumos corresponden al volumen total de agua que es eliminado por evaporación, arrastre (en residuos o producto) u otras pérdidas y no es liberado de nuevo en forma de descarga. Para 2021 la evaporación alcanzó los 5,84 m³/seg, el arrastre 7,53 m³/seg, principalmente por al agua en los depósitos de relaves y el volumen de arrastre fue de 4 m³/seg.

Figura 14: Tabla resumen salidas operacionales

Métrica	Fuente/Destino	Enfoque	Volumen	Unidad	
Total Descargas de agua operacional	Agua superficial	Descargas a flujos superficiales	0,195	m ³ /seg	
	Agua subterránea	Descargas subterráneas (reinyección de acuíferos o filtraciones)	0,296	m ³ /seg	
	Agua de Mar		0,097	m ³ /seg	
	Agua a terceros		0,084	m ³ /seg	
Total consumos operacionales	Evaporación	Evaporación en pilas de lixiviación	0,776	m ³ /seg	
		Evaporación de agua en relaves	4,165	m ³ /seg	
		Evaporación de agua en caminos	0,754	m ³ /seg	
		Otras fuentes de evaporación	0,148	m ³ /seg	
	Pérdidas en tareas operativas (Uso consuntivo)	Mina		0,050	m ³ /seg
		Planta Concentradora		0,848	m ³ /seg
		Depósitos de Relaves		1,284	m ³ /seg
		Hidrometalurgia		0,727	m ³ /seg
		Servicios		0,549	m ³ /seg
		Fundición		0,443	m ³ /seg
		Refinería		0,047	m ³ /seg
		Otras pérdidas operativas		0,057	m ³ /seg
	Arrastre	Agua contenida en concentrados		0,116	m ³ /seg
		Agua retenida en relaves		6,904	m ³ /seg
Otros consumos por arrastre			0,513	m ³ /seg	

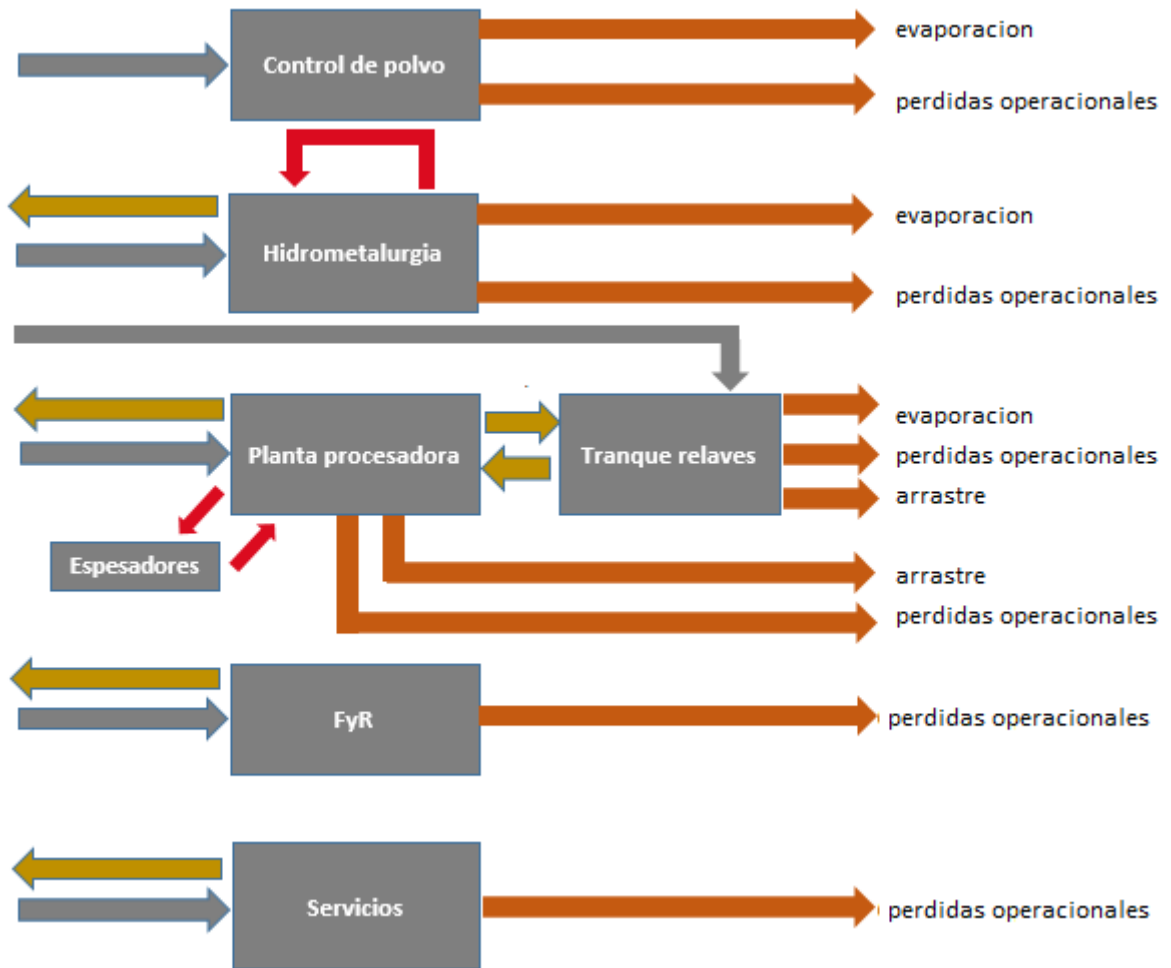
Fuente: Cochilco 2022, en base a Encuesta Producción, energía y agua.

05 Uso operativo del agua

Según tarea/proceso

Para el análisis de la información, se identifican y agrupan 6 distintas tareas de consumo de agua de la industria minera del cobre en base al procesamiento de minerales y otras áreas, las cuales se describen a continuación:

Figura 15: Esquema flujo de agua en la minería del cobre



Fuente: Cochilco 2022

En base a la nuevo formato de la encuesta se propone un esquema de flujo de agua en la minería del cobre. Las principales tareas se mantienen igual que en la encuesta anterior.

En la metodología anterior el proceso "Agua Mina" hacía referencia principalmente a la supresión de polvo en caminos, entre otras tareas de menor consumo. En esta nuevo formato se cambia por la tarea "Control de polvo" ya que es el principal objetivo del uso del agua en esa tarea.

05 Uso operativo del agua

Descripción de las tareas

Principales tareas operacionales

Control de polvo

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.

Hidrometalurgia

Considera los procesos de lixiviación en pilas, la extracción por solventes y la electro obtención para la producción de cátodos. 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 (PLS).

Planta procesadora/ Concentración

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 (molienda secundaria), luego la flotación, clasificación y espesamiento. Las aguas residuales de los procesos pueden o no ser recirculadas al proceso desde los depósitos de relaves, como de los procesos de espesamiento y filtrado, entre otros.

Tranque de Relaves

Considera los procesos de lixiviación en pilas, la extracción por solventes y la electro obtención para la producción de cátodos. 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 (PLS).

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. A la que se le aplica una corriente eléctrica, lográndose cátodos de alta pureza.

Servicios

Se agrupan todas 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, lavado, riego y baños en los campamentos, y otros consumos menores.

05 Uso operativo del agua

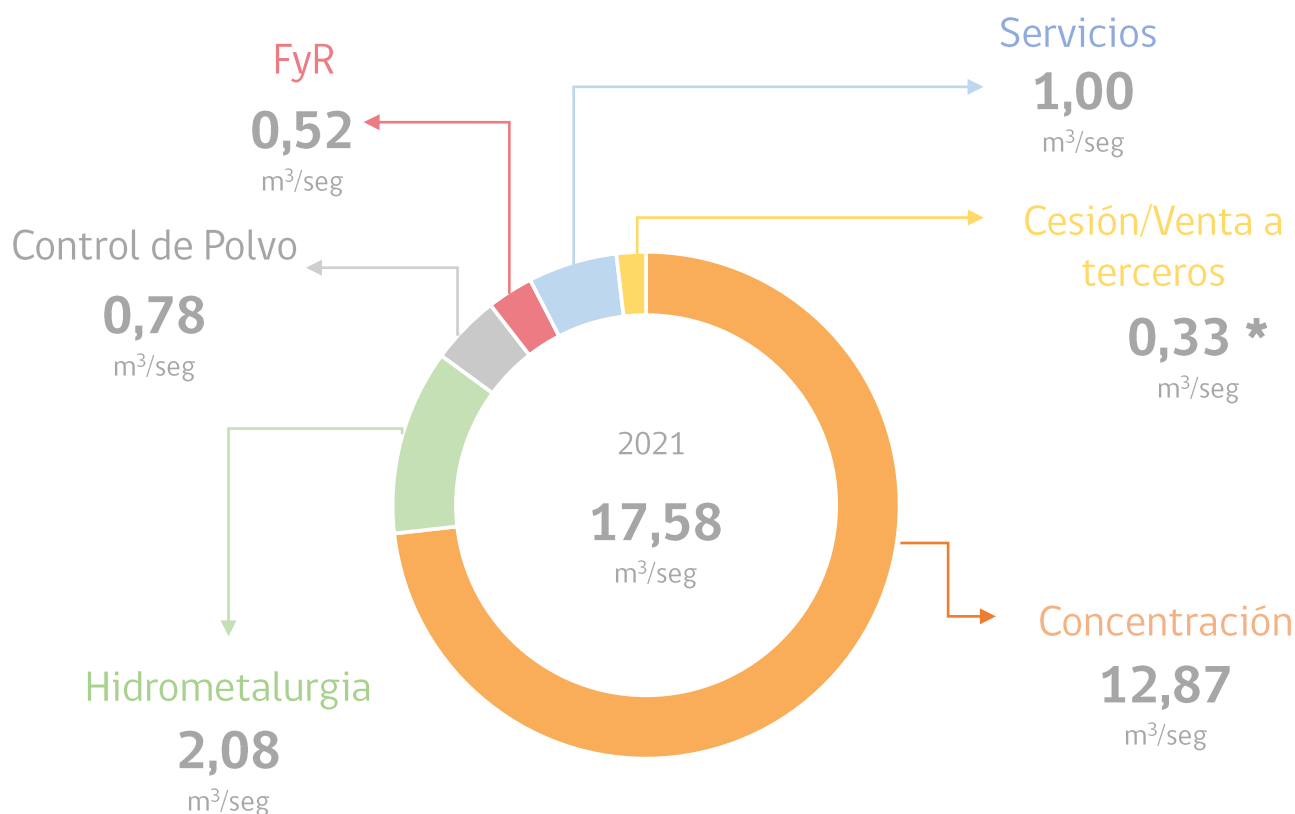
Según tarea/proceso

Para el año 2021, la tarea que representa el mayor consumo de agua en la minería del cobre es el **proceso de concentración** de minerales sulfurados para la obtención de concentrados, el cual representa el 73% de la entrada de aguas.

En segundo lugar se encuentra el consumo asociado al proceso de **hidrometalurgia** para la obtención de cátodos a partir de minerales oxidados, alcanzando un 12% del total, le sigue el agua para **Servicios** que representa el 6%, en este punto se contabilizan las aguas utilizadas en campamentos, para riego, y otros procesos de menor consumo de agua.

Finalmente el control de polvo, fundición y refinación y la cesión/venta a terceros (de agua que fue utilizada en la operación) representan el 4, 3 y 2% respectivamente.

Figura 16: Uso del agua según proceso en la minería del cobre al 2021



* Incluye Descarga de Otras aguas manejadas entregadas terceros y/o comunidades

Fuente: Cochilco 2022, en base a Encuesta Producción, energía y agua.

05 Uso operativo del agua

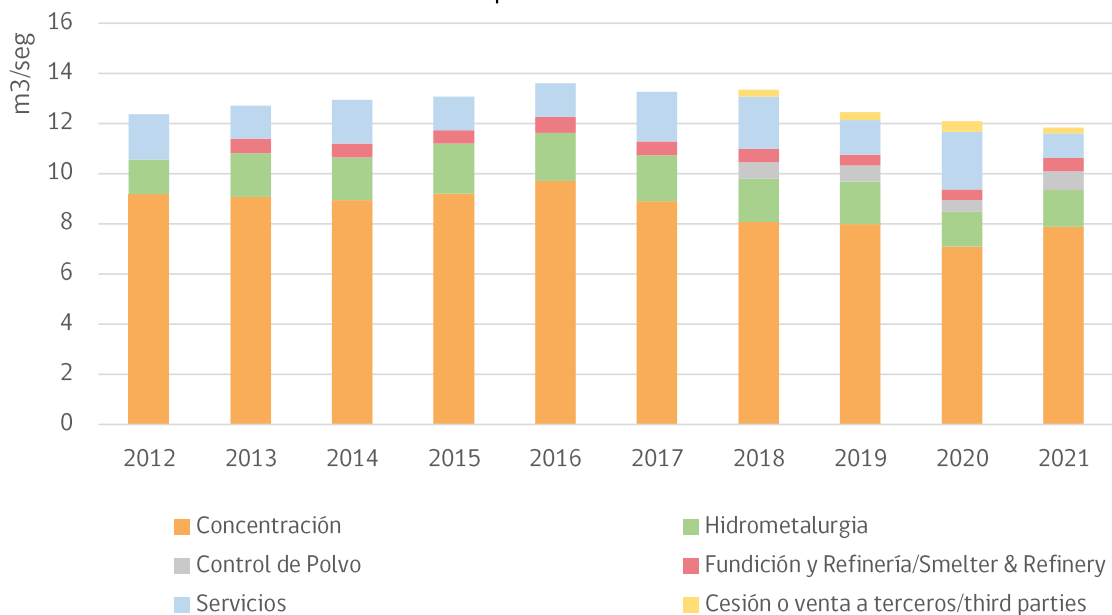
Según tarea/proceso

Importante destacar que se hace referencia al agua que entra al sistema, ya sea continental o de mar, en lo informes anteriores se hacía una distinción entre uso de agua continental por proceso y agua de mar por proceso. En esta nueva metodología se hace complejo distinguir de donde proviene el agua, ya que considera depósitos de agua mixta.

De este modo la comparación con los datos históricos de **consumo de agua continental por proceso se hace en base a una aproximación**, no es información directa de la encuesta. Otro punto importante es el consumo de agua en la planta de molibdeno, anteriormente se consideraba en Servicio/otros mientras que a partir de 2021 se considera dentro de la planta concentradora.

Al analizar la variación anual del consumo de agua por proceso minero, se observa que evidentemente el proceso de concentración para minerales sulfurados se mantiene por lejos como el mayor demandante, siendo el proceso más intensivo en el uso de recursos hídricos. En el caso de la hidrometalurgia, el proceso requiere de menos entradas de agua, ya que la solución rica en ácido es recirculada para el riego de las pilas de lixiviación.

Figura 17: Uso de agua CONTINENTAL en la minería del cobre por proceso (2021 estimado)



Fuente: Cochilco 2022, en base a Encuesta Producción, energía y agua.

06 Indicadores de gestión

La gestión del agua de una empresa es parte importante de cualquier programa de sustentabilidad y sostenibilidad, durante todo el ciclo de vida de una operación minera.

A continuación se hace un análisis de *make up*, que hace referencia al consumo unitario de agua, independiente de su origen, en cada proceso, lo que nos indica la eficiencia en cuanto a consumo de agua en cada operación. Finalmente se analiza la información de eficiencia de agua 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.

La gestión del agua a través de indicadores nos permite:



Medir y gestionar. Según la ONU los indicadores constituyen un facilitadores del proceso de toma de decisiones, constituyendo señales de alerta que prevengan daños económicos, sociales y ambientales.



Herramienta de gestión: permiten concentrar la enorme complejidad que existe en un ambiente dinámico, en una cantidad de información manejable, cuantificable, simplificada y comunicable.



Reducir la intensidad de uso del recurso hídrico a través de la maximización sus usos es clave para gestionar la eficiencia y rentabilidad del agua.

06 Indicadores de gestión

Make up

El indicador *make up* es calculado como; el volumen total de agua consumida por tonelada/unidad de mineral procesado y/o producto final, según corresponde para la instalación operativa. El objetivo es mostrar la intensidad de uso de agua. Este parámetro busca permitir a la industria desarrollar una variable sobre la intensidad con fines comparativos y de supervisión del desempeño.

Es importante señalar que las leyes de 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. En efecto, el agotamiento de los yacimientos requiere un mayor procesamiento de mineral con el fin de obtener la misma cantidad de cobre fino.

A medida que el uso de agua de mar se ha incorporado en la minería del cobre, se hace cada vez más difícil separar las entradas de agua al sistema, por lo que resulta necesario utilizar el indicador de *make up* ya que el consumo unitario de agua continental implica una subestimación del consumo de agua, pues las faenas con abastecimiento de agua de mar tienen un consumo nulo de agua en el proceso, lo que no refleja la eficiencia del proceso.

A partir del año 2018, Cochilco levanta la información respecto a las entradas de agua, ya sea continental y/o de mar, necesario para tratar una tonelada de mineral. Considera la cantidad de agua que debe entrar al proceso, excluyendo las aguas recirculadas o recuperadas.

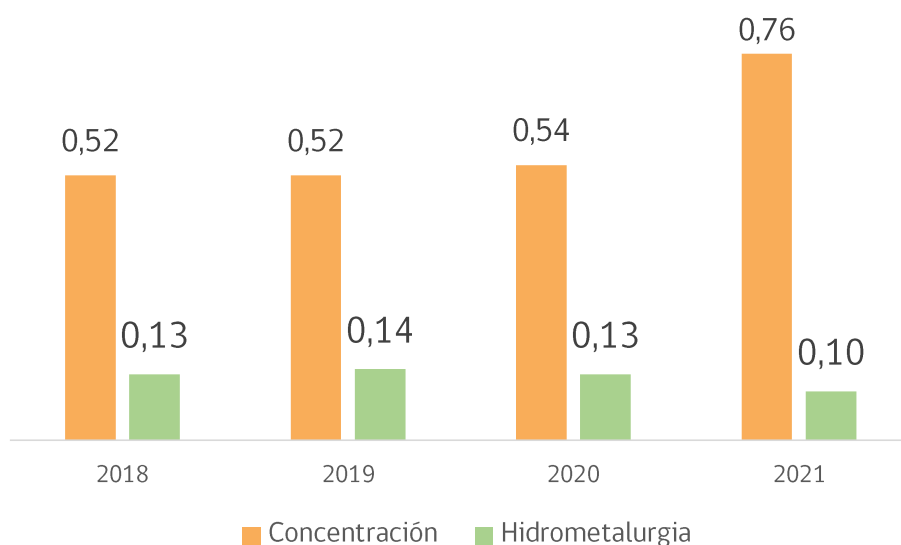
06 Indicadores de gestión

Make up

Para el año 2021 el *make up* de agua en concentradora alcanzó los 0,76 m³/ton mineral, mientras que en hidrometalurgia fue de 0,10 m³/ton mineral.

De acuerdo a estos datos podemos concluir que en general las empresas mineras no han visto un uso óptimo de los recursos de agua, sino mas bien han cambiado agua continental por agua de mar. Esto no es negativo, efectivamente la minería del cobre ha disminuido la cantidad de agua continental para el procesamiento del mineral, sin embargo a nivel operacional no se han observado optimizaciones significativas.

Figura 18: *Make up* de agua según proceso minero 2019–2021 (m³/ton_mineral)



Fuente: Cochilco 2022, en base a Encuesta Producción, energía y agua.

En ese sentido es importante avanzar hacia un uso eficiente de agua, independiente de donde provenga, impulsando tecnologías de optimización y reúso, para disminuir las entradas de agua en el sistema. El objetivo debe ir en la búsqueda de mejorar el rendimiento posible de cada gota de agua que entra al sistema, sin importar si es agua continental o de mar.

06 Indicadores de gestión

Eficiencia operacional

Metodología basada en WAF 2022 y ICMM

Para la metodología WAF 2022 y ICMM, la eficiencia de reutilización es la suma de los flujos de agua trabajados a las tareas como una proporción de la suma de todos los flujos a las tareas. Por su parte, la eficiencia de reciclaje es la suma de los caudales de agua trabajada tratada a las tareas como una proporción de la suma de todos los flujos a las tareas.

Con esta metodología se busca distinguir entre aguas recirculadas en el proceso de las aguas recuperadas desde otros procesos, sean estas trabajadas o no.

Metodología Cochilco

Bajo el esquema del ICMM las aguas recirculadas no se contabilizan, pero considerando la información histórica y la importancia de los espesadores en la optimización del uso del agua en la minería del cobre, se pide la información de manera desagregada para poder hacer futuras comparaciones con la información de otros años.

En la metodología anterior se preguntaba a las empresas por las aguas reutilizadas en los procesos, lo que tenía algunos errores de interpretación, dando lugar a un volumen de aguas recirculadas y recuperadas en concentradora

En la nueva metodología se pide mayor detalle, de manera que podemos separa los flujos de recirculación desde espesadores que se da en el mismo procesos de las recuperaciones de agua de otros procesos, tales como la recuperación de las piscinas de aguas claras, recuperaciones de drenes, barreras hidráulicas, u otras en las recuperaciones de plantas de tratamientos y otras recuperaciones que van desde un proceso a otro.

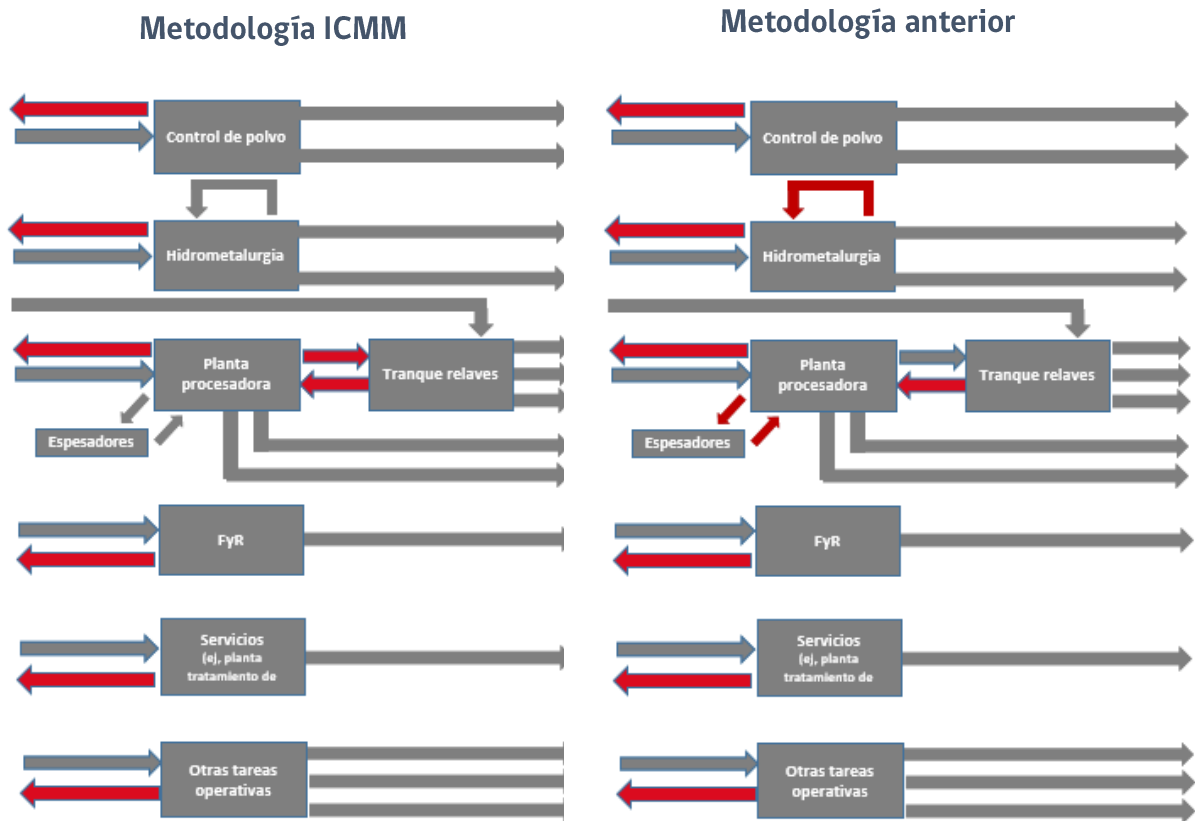
Ver mas en Anexo 3.

06 Indicadores de gestión

Eficiencia operacional

De manera esquemática para reflejar las diferencias metodológicas se presentan dos diagramas resaltando los flujos considerados para cada una.

Figura 19: Diferencias conceptos metodológicos



Fuente: Cochilco 2022

Las diferencias significativas están en el flujo que va desde la planta concentradora hacia el tranque de relaves, el cual en la metodología ICMM es considerada como un flujo de agua trabajado ya que va desde una tarea a otra, sin embargo en la metodología Cochilco este flujo no es considerado como una recuperación de agua.

La otra diferencia radica en lo que ya se ha mencionado anteriormente y es el flujo de recirculación tanto en el proceso de hidrometalurgia como desde los espesadores.

06 Indicadores de gestión

Eficiencia operacional

Los excedentes de agua del procesamiento de minerales 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. Como resultado, 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.

Los volúmenes de aguas recuperadas durante el año 2021 se muestran en la siguiente tabla.

Figura 20: Tabla resumen flujos aguas recuperadas y recirculadas

Métrica	Núm.	Enfoque	Volumen	Unidad
Recirculación y Reutilización de agua operacional	R1	Recirculación en hidrometalurgia (caudal de refinó hacia lixiviación)	17,85	m ³ /seg
	R2	Recirculación desde espesadores	20,68	m ³ /seg
	R3	Recuperación de agua en piscinas de aguas claras	6,00	m ³ /seg
	R4	Otras recuperaciones de agua (drenes, sistemas de remediación, barreras hidráulicas)	1,96	m ³ /seg
	R5	Recuperación de aguas en planta de tratamiento de aguas	0,19	m ³ /seg
	R6	Aguas desde planta procesadora a depósito de relaves	21,24	m ³ /seg
	R7	Otras aguas que van desde una tarea a otra	2,71	m ³ /seg

Fuente: Cochilco 2022, en base a Encuesta Producción, energía y agua.

Con esto podemos hacer los cálculos de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$Eficiencia\ Operacional\ (Metodología\ Cochilco) = \frac{R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R7}{R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R7 + Ext.\ Agua\ de\ Mar + Ext.\ Agua\ Cont}$$

06 Indicadores de gestión

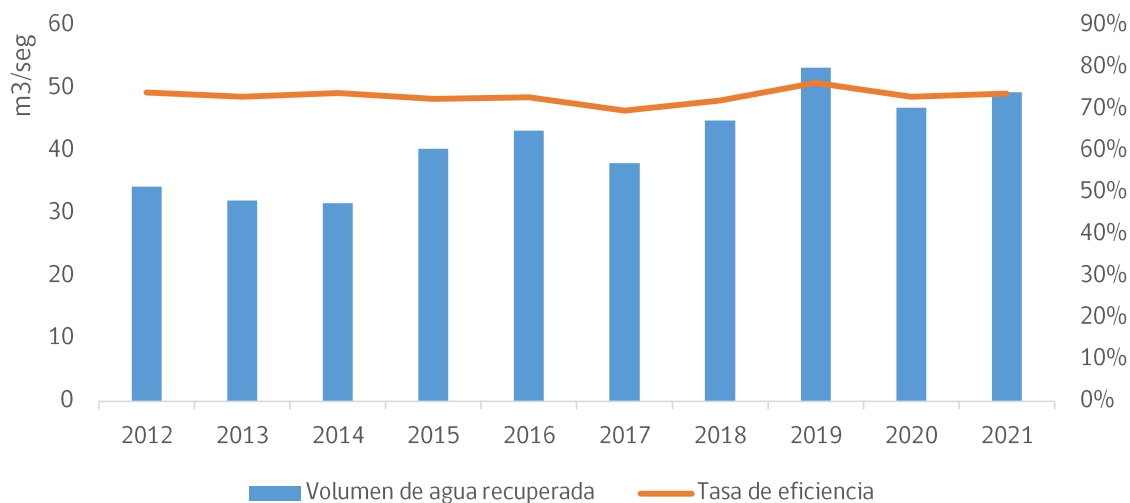
Eficiencia operacional

Considerando los datos históricos recopilados por Cochilco se observa una tendencia inestable, principalmente por las diferencias de concepto que existe entre empresas, lo cual este nuevo formato busca solucionar.

Aplicando la metodología Cochilco, obtenemos para el año 2021 un volumen de agua recuperado de 49,39 m³/seg, considerando aguas de reúso, aguas recicladas y aguas recirculadas. Esto se traduce en una tasa de eficiencia de 73,8%, lo que demuestra un aumento comparado con el año anterior que fue de un 73%..

En el caso particular de la planta concentradora el cálculo de la eficiencia operacional se determina según las aguas recirculadas y recuperadas en la tarea en proporción de los flujos que ingresan a la tarea, de este modo la eficiencia en la planta concentradora para el 2021 alcanzó un 64,7%.

Figura 21: Tendencia en volumen y tasa de recuperación en operaciones mineras 2012-2021



Fuente: Cochilco 2022, en base a Encuesta Producción, energía y agua.

07 Reflexiones finales

De acuerdo a los datos entregados en la “Encuesta de Producción, agua y energía” al año 2021 la cantidad de agua continental utilizada por la minería del cobre alcanzó los 11,84 m³/seg, mientras que el agua de mar utilizada fue de 5,73 m³/seg. Del total de las extracciones de agua un 53% corresponde a la región de Antofagasta,

La industria minera requiere del agua para satisfacer el aumento de producción, y es necesario gestionar el riesgo de abastecimiento. Si bien a nivel nacional el consumo de agua continental presenta una tendencia a la baja en la última década, existen ciertos desafíos en materia hídrica que es necesario trabajar de manera de hacer el mejor uso de cada gota que entra a la operación minera.

Considerar los aspectos locales

El desarrollo de planes estratégicos y la gestión por cuenca permiten comprender la dinámica del recurso hídrico y generar asociaciones colaborativas, de manera de utilizar de la mejor manera el recurso. La naturaleza local del agua es particular en cada territorio y es necesario conocer los vínculos entre los usuarios de la cuenca, y comprender como se comporta el recurso tanto en temporalidad, su relación con el medio ambiente y los ecosistemas y sobre todo la identificación de las partes interesadas junto con la caracterización de los riesgos. Del mismo modo se puede realizar un análisis de posibles reutilización y reciclaje de volúmenes de agua considerando los flujos que provienen de diferentes procesos y sectores dentro del territorio, buscando posibles sinergias positivas desde el punto de vista económico, ambiental y social.

Optimización operacional del agua

A nivel operacional es necesario asegurar suficiente agua para satisfacer el aumento de la producción. Se observa que la minería del cobre ha disminuido el uso de agua continental, sin embargo la intensidad del uso del agua en los procesos mineros muestra que no hay mejoras considerables en la eficiencia de los procesos, mas bien se observa un cambio de agua continental por agua de mar, lo que evidentemente libera recursos continentales, pero existe una oportunidad de mejorar el rendimiento de los procesos con respecto al uso del agua. Así hay diversas medidas para reducir las pérdidas del recurso y conservarlo, y lograr que el consumo de agua sea inferior por cada unidad de producción.

07 Reflexiones finales

Acceso a la información oportuna y veraz

La importancia de comunicar y transparentar la información es vital para generar confianza y buenas relaciones con todas las partes relacionadas. La cooperación y comunicación con los distintos actores y usuarios es fundamental a la hora de generar valor compartido. En ese sentido la transparencia y entrega de información oportuna es una herramienta de comunicación que ayuda a construir confianzas entre todos los usuarios.

A medida que los riesgos relacionados al agua se vuelven cada vez mas importantes existe una necesidad de entregar información transparente y comparable por parte de todos quienes utilizan el agua. A su vez la información nos permite generar la construcción de indicadores para aquellas actividades claves, con los indicadores se puede establecer un monitoreo y seguimiento de la evolución de ellos.

Gobernanza e institucionalidad

Hoy en día no existe una institucionalidad donde los actores puedan decidir en conjunto en relación a la cuenca, sino mas bien por partes y sectores, la propuesta de "Consejos de cuenca " deben desarrollar una visión del territorio sobre el uso de la demanda del recurso hídrico. Es necesaria la participación del sector publico, privado y de la sociedad civil. Las instituciones públicas deben desempeñar un importante en el liderazgo al promover activamente una nueva gestión de los recursos hídricos, fomentando alianzas con la comunidad y construyendo un entorno propicio para la optimización del suministro de agua bajo una institucionalidad robusta.

Aún resulta necesario avanzar en el desarrollo de infraestructura adecuada para enfrentar la escasez hídrica. En este sentido es necesario lograr ambientes colaborativos de manera de gestionar el recurso en conjunto.

07 Reflexiones finales

Meta PNM 2050

En relación a la meta planteada en el anteproyecto de política nacional minera 2050 respecto al consumo de agua continental, se propone disminuir el porcentaje de agua continental; no superando el 10% de las aguas totales utilizadas al 2030 y el 5% al 2040, promoviendo otras fuentes que no compitan con el consumo humano.

Al 2021 el porcentaje de las aguas continentales respecto a las aguas totales fue de un 18%.

Para el 2030 es necesario hacer un esfuerzo por parte de la industria de manera de disminuir el consumo de agua, ya sea disminuyendo el uso de agua continental, aumentando el uso de nuevas fuentes y/o aumentando las aguas reutilizadas. En esta línea son varias las empresas que ha hecho públicos sus compromisos con la optimización de los recursos como Codelco, AMSA, AngloAmerican y BHP ,entre otras, los que van en línea con el cumplimiento de la meta.

Aplicación de economía circular en la gestión del agua

Un último punto a considerar es la utilización de aguas industriales y/o aguas servidas tratadas en la minería. En un principio se debe determinar un marco regulatorio respecto al uso de las aguas sanitarias.

ANEXOS

Anexo 1 – Nuevo Formato Encuesta recursos hídricos

Métrica	Fuente/Destino	Enfoque	Volumen	Unidad	
Total extracción de agua para operación	Agua superficial	Embalses artificiales		lts/seg	
		Lagos		lts/seg	
		Ríos		lts/seg	
		Aguas lluvias y escorrentías		lts/seg	
	Agua subterránea	Aguas del minero		lts/seg	
		Acuíferos		lts/seg	
		Humedad contenida en el mineral		lts/seg	
	Agua de Mar	Agua desalada		lts/seg	
		Agua de mar sin desalar		lts/seg	
	Agua adquirida a terceros	Aguas de reúso/industrial		lts/seg	
Aguas continentales			lts/seg		
Aguas de mar			lts/seg		
Total extracción de Otras aguas manejadas		Dewatering (solo si no es utilizada en la operación)		lts/seg	
		Sistemas de manejo de aguas lluvias		lts/seg	
		Extracciones de agua para entregar a terceros y/o comunidades		lts/seg	
		Otras		lts/seg	
Total Descargas de agua operacional	Agua superficial	Descargas a flujos superficiales		lts/seg	
	Agua subterránea	Reinyección de acuíferos		lts/seg	
	Agua de Mar	Infiltraciones		lts/seg	
	Agua a terceros			lts/seg	
Total consumos operacionales	Evaporación	Evaporación en pilas de lixiviación		lts/seg	
		Evaporación de agua en relaves		lts/seg	
		Evaporación de agua en caminos		lts/seg	
		Otras fuentes de evaporación		lts/seg	
	Pérdidas en tareas operativas (Uso consuntivo)		Mina		lts/seg
			Planta Concentradora		lts/seg
			Depósitos de Relaves		lts/seg
			Hidrometalurgia		lts/seg
			Servicios		lts/seg
			Fundición		lts/seg
	Arrastre		Refinería		lts/seg
			Otras pérdidas operativas		lts/seg
			Agua contenida en concentrados		lts/seg
		Agua retenida en relaves		lts/seg	
		Otros consumos por arrastre		lts/seg	
Delta almacenamiento en el periodo contable				lts/seg	
Recirculación y Reutilización de agua operacional		Recirculación en hidrometalurgia (caudal de refino hacia lixiviación)		lts/seg	
		Recirculación desde espesadores		lts/seg	
		Recuperación de agua en piscinas de aguas claras		lts/seg	
		Otras recuperaciones de agua (drenes, sistemas de remediación, barreras hidráulicas)		lts/seg	
		Recuperación de aguas en planta de tratamiento de aguas		lts/seg	
		Aguas desde planta procesadora a depósito de relaves		lts/seg	
		Otras aguas que van desde una tarea a otra		lts/seg	
Uso operativo del agua		Control de polvo		lts/seg	
		Planta Concentradora		lts/seg	
		Depósitos de Relaves		lts/seg	
		Hidrometalurgia		lts/seg	
		Servicios		lts/seg	
		Fundición		lts/seg	
		Refinería		lts/seg	

ANEXOS

Anexo 2 – Tabla resumen a nivel nacional Encuesta recursos hídricos

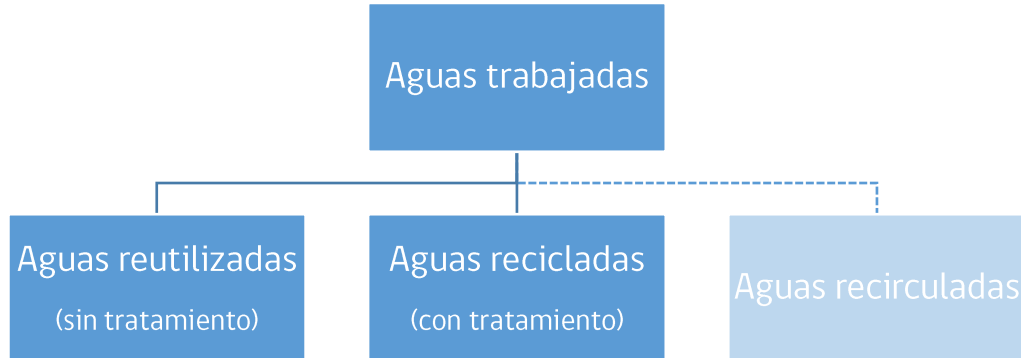
Métrica	Fuente/Destino	Unidad	Volumen
Total extracción de agua para operación	Agua superficial	m3/seg	4,60
	Agua subterránea	m3/seg	5,74
	Agua de Mar	m3/seg	3,57
		m3/seg	2,17
	Agua adquirida a terceros	m3/seg	1,50
	TOTAL	m3/seg	17,58
Total extracción de Otras aguas manejadas		m3/seg	0,72
TOTAL EXTRACCIÓN DE AGUA PARA LA OPERACIÓN Y OTRAS AGUAS (INPUT)		m3/seg	18,30
Total Descargas de agua operacional	Agua superficial	m3/seg	0,20
	Agua subterránea	m3/seg	0,30
	Agua de Mar	m3/seg	0,10
	Agua a terceros	m3/seg	0,08
	TOTAL	m3/seg	0,67
Total Descargas de Otras aguas manejadas		m3/seg	0,72
TOTAL DESCARGAS DE AGUA PARA LA OPERACION Y OTRAS AGUAS (OUTPUT)		m3/seg	1,40
Total consumos operacionales	Evaporación	m3/seg	5,84
	Pérdidas en tareas operativas (Uso consuntivo)	m3/seg	4,00
	Arrastre	m3/seg	7,53
Total consumos Otras aguas manejadas		m3/seg	0,00
TOTAL CONSUMOS OPERACIONALES Y NO OPERACIONALES		m3/seg	17,38
Delta almacenamiento en el periodo contable		m3/seg	-0,48
DELTA ALMACENAMIENTO EN EL PERIODO CONTABLE		m3/seg	-0,48

ANEXOS

Anexo 3- Eficiencia operacional

Para efectos de la metodología ICMM y WAF existen las “aguas trabajadas” que pueden ser reutilizadas y/o recicladas.

- Aguas trabajadas: Agua que ha sido previamente utilizada para una tarea o actividad operativa en el sitio. Como por ejemplo en el procesamiento de minerales.
- Aguas reutilizadas: Aguas que ha sido utilizada en una tarea operativa y es recuperada y utilizada nuevamente en otra tarea operativa sin tratamiento previo.
- Agua reciclada: Agua utilizada en una tarea operativa que es recuperada y utilizada en otra tarea operativa con tratamiento previo. Si no hay tratamiento de agua en el lugar, entonces el volumen de agua reciclada y la eficiencia de reciclaje serán cero.



Para efectos de este informe también consideraremos las aguas recirculadas que definimos como:

- Agua recirculada: Agua que ha sido utilizada en una tarea operativa y es recuperada y utilizada nuevamente en la misma tarea operativa, puede ser tratada o no. Por ejemplo el agua desde los espesadores en el caso de la planta procesamiento de mineral o el caudal de refino en el caso de las pilas de lixiviación.

ANEXOS

Anexo 4 – Tablas resumen a nivel nacional Anuario Cochilco

EXTRACCIÓN DE AGUA EN LA MINERÍA DEL COBRE SEGÚN FUENTE DE EXTRACCIÓN

Año	Unidades	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	5.867	5.942	5.908	5.577	6.206	5.463	5.153	4.328	4.794	4.603
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	5.749	6.200	6.302	6.430	6.332	6.667	7.122	7.053	5.782	5.742
Aguas adq a terceros	lts/seg	ND	763	577	742	1.064	1.077	1.133	1.083	1.069	1.514	1.499
Aguas de mar	lts/seg	713	978	1.287	1.707	2.275	2.446	3.162	3.993	4.062	5.277	5.732
TOTAL PAÍS	lts/seg	-	13.357	14.006	14.658	15.347	16.060	16.426	17.351	16.512	17.366	17.576

USO DE AGUA DE MAR EN LA MINERÍA DEL COBRE

Año	Unidades	2011 ⁽²⁾	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Desalada	lts/seg	223	369	581	885	965	834	1.532	2.117	2.224	3.316	3.566
Salobre	lts/seg	490	609	706	822	1.309	1.612	1.630	1.876	1.838	1.961	2.166
TOTAL	lts/seg	713	978	1.287	1.707	2.275	2.446	3.162	3.993	4.062	5.277	5.732

AGUAS RECUPERADAS (REUTILIZADA, RECICLADA y/o RECIRCULADA)

Año	Unidades	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Agua recuperada total	lts/seg	25.367	34.291	32.138	31.708	40.382	43.269	38.069	44.867	53.325	46.977	49.394
Tasa de eficiencia total promedio	%	68,7%	74,0%	73,0%	73,9%	72,5%	72,9%	69,7%	72,1%	76,4%	73,0%	73,8%

AGUAS RECUPERADAS EN PLANTA CONCENTRADORA

Año	Unidades	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Agua recuperada en concentradora	lts/seg	20.601	21.750	20.386	21.408	25.071	23.717	27.720	35.934	36.497	33.924	36.314
Tasa de eficiencia concentradora promedio	%	67,7%	68,0%	67,8%	70,3%	73,2%	71,0%	75,7%	74,3%	74,6%	74,1%	64,7%

ANEXOS

Anexo 2 – Tabla resumen a nivel regional Anuario Cochilco

EXTRACCIÓN DE AGUA EN LA MINERÍA DEL COBRE SEGÚN FUENTE DE EXTRACCIÓN POR REGIONES												
	Unidades	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
ARICA Y PARINACOTA												
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	ND	ND	0	0	0	0	0	0	0	0
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	ND	ND	0	0	0	0	0	0	0	0
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	ND	ND	4	7	5	5	0,1		0	0
Total Aguas Continentales	lts/seg	ND	ND	ND	4	7	5	5	0	0	0	0
Aguas de mar	lts/seg	ND	ND	ND	0	0	0	0	0	0	13,5	12
TOTAL Arica y Parinacota	lts/seg	ND	ND	ND	4	7	5	5	0,1	0,0	13,5	12,0
TARAPACA												
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	0	105	104	0	15	0	0	5	18	13
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	1.271	1.215	1.153	1.133	1.030	1.090	1.156	1.257	1.294	1.052
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	90	0	84	84	85	77	79	74	81	88
Total Aguas Continentales	lts/seg	ND	1.361	1.320	1.341	1.217	1.129	1.167	1.235	1.336	1.393	1.152
Aguas de mar	lts/seg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL Tarapacá	lts/seg	0	1.361	1.320	1.341	1.217	1.129	1.167	1.235	1.336	2.785	1.152,30
ANTOFAGASTA												
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	1.915	1.964	1.926	1.674	1.747	750	801	761	778	785
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	2.539	2.580	2.921	3.148	2.854	3.433	3.580	3.481	2.155	2.255
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	498	422	484	691	715	784	834	814	932	863
Total Aguas Continentales	lts/seg	ND	4.952	4.966	5.331	5.512	5.315	4.967	5.214	5.056	3.865	3.903
Aguas de mar	lts/seg	713	978	1.039	1.990	1.767	2.053	2.694	3.656	3.620	5.001	5.480
TOTAL Antofagasta	lts/seg	713	5.931	6.005	7.321	7.279	7.368	7.661	8.870	8.676	12.731	9.383
ATACAMA												
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	701	541	545	408	384	546	594	520	568	526
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	747	717	708	704	767	634	668	701	656	595
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	175	154	155	56	171	171	121	49	15	17
Total Aguas Continentales	lts/seg	ND	1.624	1.412	1.407	1.168	1.322	1.351	1.383	1.270	1.239	1.139
Aguas de mar	lts/seg	0	0	248	433	508	393	468	337	419	262	240
TOTAL Atacama	lts/seg	0	1.624	1.660	1.841	1.676	1.714	1.819	1.720	1.689	2.739	1.379
COQUIMBO												
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	589	494	552	608	660	609	611	458	647	528
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	433	590	433	507	614	520	622	579	606	812
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	0	0	0	31	17	16	5	5	3	2
Total Aguas Continentales	lts/seg	ND	1.023	1.085	986	1.145	1.291	1.146	1.238	1.042	1.256	1.342
Aguas de mar	lts/seg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aguas Superficiales	lts/seg	0	1.023	1.085	986	1.145	1.291	1.146	1.238	1.041	2.512	1.342

ANEXOS

Anexo 2 – Tabla resumen a nivel regional Anuario Cochilco

EXTRACCIÓN DE AGUA EN LA MINERÍA DEL COBRE SEGÚN FUENTE DE EXTRACCIÓN POR REGIONES												
	Unidades	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
VALPARISO												
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	754	829	819	681	705	638	466	475	507	356
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	322	509	525	606	619	612	679	675	661	603
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	0	0	15	14	12	13	9	11	13	129
Total Aguas Continentales	lts/seg	ND	1.075	1.338	1.359	1.301	1.336	1.263	1.154	1.161	1.181	1.088
Aguas de mar	lts/seg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL Valparaíso	lts/seg	0	1.075	1.338	1.359	1.301	1.336	1.263	1.154	1.162	2.361	0
O'HIGGINS												
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	1.430	1.363	1.423	1.683	1.953	2.017	2.133	1.871	2.000	2.081
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	229	219	175	181	285	251	211	184	315	269
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	0	0	0	150	0	0	0	0	0	1
Total Aguas Continentales	lts/seg	ND	1.659	1.582	1.598	2.013	2.238	2.268	2.344	2.055	2.315	2.350
Aguas de mar	lts/seg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL O'Higgins	lts/seg	0	1.659	1.582	1.598	2.013	2.238	2.268	2.344	2.054	4.630	2.350
RM												
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	478	600	537	523	742	903	548	237	275	314
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	207	194	174	153	162	127	206	177	96	157
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	0	0	0	32	74	67	35	116	470	399
Total Aguas Continentales	lts/seg	ND	685	794	711	708	979	1.097	789	530	841	870
Aguas de mar	lts/seg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL RM	lts/seg	0	685	794	711	708	979	1.097	789	531	1.683	870
TOTAL												
Aguas Superficiales	lts/seg	ND	5.867	5.942	5.908	5.577	6.206	5.463	5.153	4.328	4.794	4.603
Aguas Subterráneas	lts/seg	ND	5.749	6.200	6.302	6.430	6.332	6.667	7.122	7.053	5.782	5.742
Aguas adquiridas a terceros	lts/seg	ND	763	577	742	1.064	1.077	1.133	1.083	1.069	1.514	1.499
Total Aguas Continentales	lts/seg	ND	12.379	12.719	12.951	13.072	13.614	13.264	13.358	12.450	12.089	11.844
Aguas de mar	lts/seg	713	978	1.287	1.707	2.275	2.446	3.162	3.993	4.062	5.277	5.732
TOTAL PAÍS	lts/seg	-	13.357	14.006	14.658	15.347	16.060	16.426	17.351	16.512	17.366	17.576

REFERENCIAS

- MCA Water Accounting Framework User Guide 2.0, 2022
- Water Reporting, good practice guide, 2nd edition, 2021
- Actualización del Balance Hídrico Nacional, Universidad de Chile, 2020
- Mesa nacional del agua, informe final, 2022
- Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile, DGA, 2017



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

Camila Montes P.
Analista de Estrategias y Políticas Públicas

Victor Garay
Director de Estudios y Políticas Públicas (S)

Diciembre/ 2022