



Proyección de demanda de agua en la minería del cobre

Período 2023-2034

DEPP 06/2024
RPI N° 2024-A-6337



Resumen Ejecutivo

El objetivo de este informe es dar a conocer las proyecciones de demanda futura de agua por parte de la minería del cobre para el periodo 2023–2034.

De acuerdo a la información analizada en la proyección de demanda de agua en la industria minera del cobre, para el 2034 se espera que el consumo de agua a nivel nacional sea de 23,7 m³/s, con una tasa de crecimiento promedio anual de 2,3%. De este análisis, además, se obtuvo que la proyección de **demanda de agua de origen continental esperada al 2034 alcanza los 7,15 m³/s**, lo que representa una disminución de un 39,0% respecto al consumo real de agua continental del 2022 en la minería del cobre. Por su parte, se espera que la **demanda de agua de mar alcance los 16,53 m³/s**, lo que significa un aumento cercano al 157,0% en relación al 2022.

Al analizar los datos según la distribución porcentual, se espera que al 2034 el agua de mar represente el 69,8% del abastecimiento de agua para suplir la demanda por parte de la minería del cobre.

Esta proyección es reflejo, en parte, del cambio de la matriz de producción hacia los minerales de sulfuros, los que son procesados a través de la flotación, proceso más intensivo en el uso de agua. Además, se debe considerar que la caída en las leyes de los minerales de cobre hace necesaria una mayor cantidad de agua en su procesamiento para lograr mantener el nivel de producción.

Para el 2034, más de la mitad de la demanda esperada de agua total procede de proyectos en condición base, alcanzando el 68,1%, le sigue un 17,5% asociado a proyectos en condición probable, un 6,7% a proyectos en condición posible y un 7,7% potencial.

Al analizar la demanda futura de agua según la etapa de desarrollo, se observa que la mayor cantidad de agua, tanto continental como de mar, se destina a las operaciones, representando un 58,8% del total para el 2034. Los proyectos en ejecución constituyen un 10,0% de la demanda estimada para ese año, mientras que aquellos en etapa de factibilidad alcanzan un 26,9%. Los proyectos en etapa de pre-factibilidad, que tienen una menor probabilidad de materialización, representarían aproximadamente un 4,2% del agua total estimada para el 2034, en donde estos últimos se abastecen casi completamente con agua de mar.

Con respecto al estado de los permisos ambientales, los proyectos mineros actualmente en operación o con EIA aprobados corresponderían a un 81,2% del consumo de agua total al 2034, mientras que el 18,8% restantes está asociado a proyectos que recientemente han presentado o no tienen los permisos ambientales, lo que da menor grado de certeza al cumplimiento de las fechas estipuladas.

Tabla de contenido

Resumen Ejecutivo.....	1
Contexto.....	3
Metodología.....	4
Etapa 1: Proyección de producción	4
Etapa 2: Coeficientes unitarios.....	5
Etapa 3: Vector de probabilidades.....	6
Etapa 4: Simulación de Montecarlo.....	7
Valor Esperado - Resultados.....	8
Valor esperado demanda de agua total	8
Valor esperado según origen	8
Valor esperado según proceso.....	9
Valor esperado según región	12
Valor esperado según condición.....	15
Valor esperado según etapa de desarrollo.....	17
Valor esperado según estado de los permisos ambientales.....	18
Catastro de agua de mar	20
Anexos.....	30

Contexto

En Chile, los conflictos entre usuarios que compiten por el agua se hacen cada vez más frecuentes, conforme se incrementan las demandas en los diferentes sectores productivos. Si bien la minería viene generando aprendizajes y desarrollando un conjunto de buenas prácticas en el uso del recurso hídrico, disminuyendo su consumo relativo en los últimos años, la escasez del agua genera conflictos de interés entre los distintos sectores y usuarios. Es por ello que la proyección de la demanda esperada de agua en la minería del cobre resulta fundamental a la hora de establecer políticas públicas por parte del Estado.

Por otra parte, se ha demostrado que el conocimiento de los temas relevantes para cada uno de los grupos de interés, permite mitigar riesgos y considerar oportunamente las inquietudes; y así informar y atender de manera oportuna las interrogantes.

El objeto de este estudio es proyectar la demanda de agua por parte de la industria minera del cobre y realizar un análisis detallado obteniendo resultados según el origen del agua, la región, el proceso minero, la condición actual y etapa de desarrollo de los proyectos y el estado de los permisos ambientales.

El análisis territorial del estudio abarca las regiones centro-norte del país, desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de O'Higgins, donde se concentra la mayor cantidad de operaciones mineras de cobre. El alcance temporal de las proyecciones se enfoca en el período 2023-2034, para el cual se formularán los escenarios de consumo de agua tanto para las operaciones vigentes como para los proyectos mineros. Los datos de consumo de agua correspondientes al año 2022 son reales y fueron recopilados a través de la Encuesta Minera de Producción, Agua y Energía (EMP AE) de ese año.

Metodología

A continuación se describen las etapas para realizar el cálculo del valor esperado de la demanda de agua para la próxima década.

Figura 1. Etapas de la metodología para obtener proyección de demanda de agua



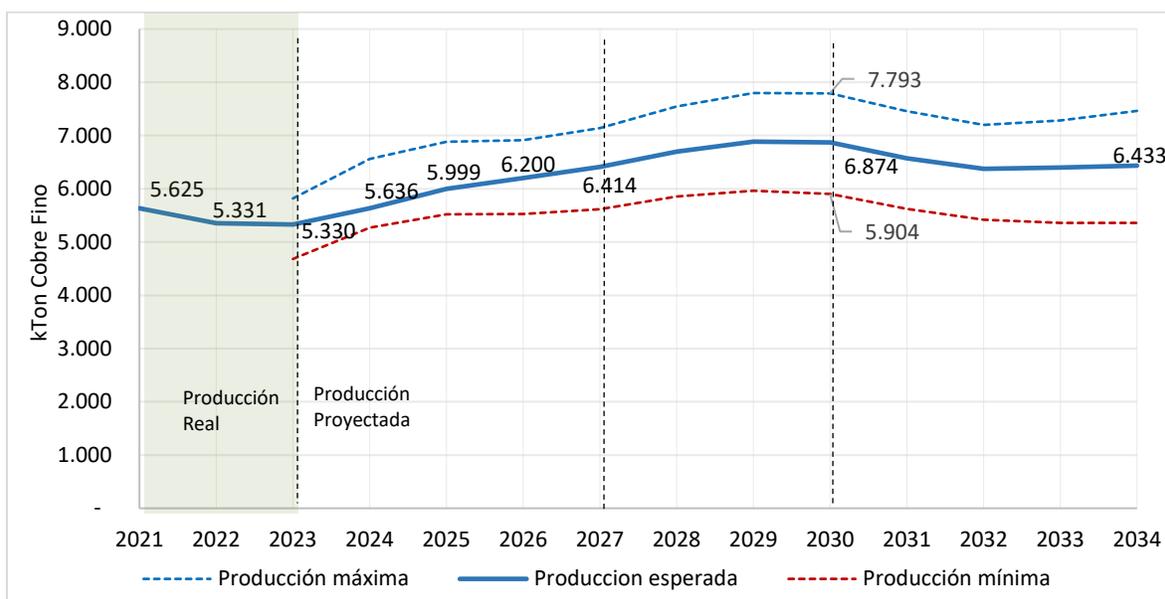
Fuente: COCHILCO, 2023

Etapa 1: Proyección de producción

Para la etapa de proyección de producción, se utilizó el catastro de proyectos elaborado anualmente por COCHILCO, con información actualizada de las operaciones y nuevos proyectos hasta el 2034. Con estos datos, se estima la proyección de producción, tanto en concentrados como en cátodos-SxEw, y en fundición y refinería. El análisis de la proyección de producción de cobre determina el mineral procesado en concentrados, la producción de fino en concentrados y la producción de cobre fino en cátodos SxEw del 2023 al 2034, permitiendo estimar el consumo de agua y energía durante el mismo periodo.

Los resultados obtenidos en la proyección de producción esperada de cobre para el periodo 2023-2034 muestran un crecimiento de 20,7% respecto a la producción real de 2022. Esto quiere decir que nuestro país alcanzaría una producción de cobre de 6,43 millones de toneladas al año 2034, a una tasa de crecimiento promedio de 1,7%, con un máximo esperado el año 2029 de 6,87 millones de toneladas.

Figura 2. Proyección máxima, esperada y mínima de cobre 2023–2034



Fuente: Proyección producción esperada de cobre 2023–2034. COCHILCO 2023.

Etapa 2: Coeficientes unitarios

Se determinan los consumos unitarios de agua continental y de mar de la industria minera del cobre, a partir de los resultados de la encuesta realizada por COCHILCO anualmente directamente a las empresas. Con esta información se obtienen los coeficientes unitarios de consumo de agua por tonelada de mineral tratado y/o por tonelada de cobre fino producido. La tasa de consumo unitario es expresada en metros cúbicos de agua continental por cada tonelada de mineral procesado.

De este modo se obtienen tres escenarios de demanda de agua fresca en la minería del cobre 2023–2034 de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

- Demanda de agua fresca en Mina

$$Dda \text{ agua Mina } \left(\frac{m^3}{seg} \right) = \text{Cobre fino total } \left(\frac{ton_{fino}}{año} \right) * \text{Coef. Unitario Mina } \left(\frac{m^3}{ton_{fino}} \right) * f_a$$

- Demanda de agua fresca para la obtención de concentrados

$$Dda \text{ agua Conc. } \left(\frac{m^3}{seg} \right) = \text{Min. Tratado Concentradora } \left(\frac{ton_{min}}{día} \right) * \text{Coef. Unitario Conc. } \left(\frac{m^3}{ton_{min}} \right) * f_d$$

- Demanda de agua fresca para la obtención de cátodos SX-EW

$$Dda\ agua\ Cátodos.\left(\frac{m3}{seg}\right) = Cobre\ fino\ cátodos\left(\frac{ton_{fino}}{año}\right) * Coef.\ Unitario\ Cátodos\left(\frac{m3}{ton_{fino}}\right) * f_a$$

- Demanda de agua fresca para "Otros"

$$Dda\ agua\ Otros.\left(\frac{m3}{seg}\right) = Cobre\ fino\ total\left(\frac{ton_{fino}}{año}\right) * Coef.\ Unitario\ Otros\left(\frac{m3}{ton_{fino}}\right) * f_a$$

- Demanda de agua fresca para la fundición

$$Dda\ agua\ Fund.\left(\frac{m3}{seg}\right) = Cobre\ fino\ total\left(\frac{ton_{fino}}{año}\right) * Coef.\ Unitario\ Fund\left(\frac{m3}{ton_{fino}}\right) * f_a$$

- Demanda de agua fresca para la refinería

$$Dda\ agua\ Ref.\left(\frac{m3}{seg}\right) = Cobre\ fino\ total\left(\frac{ton_{fino}}{año}\right) * Coef.\ Unitario\ Ref\left(\frac{m3}{ton_{fino}}\right) * f_a$$

Donde:

f_a : Factor de conversión día a segundos

f_a : Factor de conversión año a segundos

Etapa 3: Vector de probabilidades

En base a la información histórica sobre la materialización de los proyectos de inversión, se determina la probabilidad de ocurrencia de producción prevista en las fechas presentadas, con lo que se crean tres escenarios de consumo de agua. Considerando la incertidumbre propia de las operaciones mineras, como también de sus proyectos de inversión, se estima la probabilidad de que éstos alcancen su capacidad nominal esperada en las fechas tentativas. Dado esto, se construyen tres escenarios distintos:

- **Escenario mínimo**, en el cual se proponen condiciones para que se posterguen las decisiones de inversión de los proyectos. Se ajusta el escenario más probable con cifras inferiores dentro de un criterio técnico razonable.
- **Escenario más probable**, construido en base a la información histórica que cuenta COCHILCO, que reflejan la producción real versus la estimada desde el año 2005. Este escenario pondera los perfiles de producción de cobre esperado y reportado por las firmas mineras con valores menores a la unidad, ya que existe una alta probabilidad que los proyectos sufran variaciones y no se lleven a cabo en la fecha y capacidad productiva estimada inicialmente. Esta ponderación ha sido determinada por COCHILCO en base a información histórica del comportamiento de la materialización de proyectos mineros.
- **Escenario máximo**, en el cual las faenas y los proyectos alcanzan sus producciones estimadas en los plazos declarados, considera que las operaciones continúan según lo planificado y todos los proyectos se ponen en marcha en la fecha y capacidad productiva estimada actualmente por sus titulares.

Las condiciones/estados de los proyectos que se establecen en el presente informe son: Base, Probable, Posible-factibilidad, Potencial-factibilidad y Potencial-prefactibilidad.

Como resultado de la generación de escenarios, se obtiene tres valores de consumo anual del proceso individualizado, uno por cada escenario, los que se someten a la simulación Montecarlo con el fin de generar una distribución probabilística de su consumo anual, en el cual se calcula el estadístico "valor esperado" para cada año en el periodo 2023-2034.

Etapa 4: Simulación de Montecarlo

El objetivo de la simulación de Montecarlo es aplicar un modelo del proceso a analizar, identificando aquellas variables cuyo comportamiento aleatorio determina el comportamiento global del sistema.

Una vez identificadas las variables aleatorias, se lleva a cabo un experimento que consiste en generar muestras aleatorias para dichos inputs y analizar el comportamiento del sistema ante los valores generados. Tras repetir este experimento "n" veces, se obtienen "n" observaciones sobre el comportamiento, lo cual será útil para entender su funcionamiento futuro.

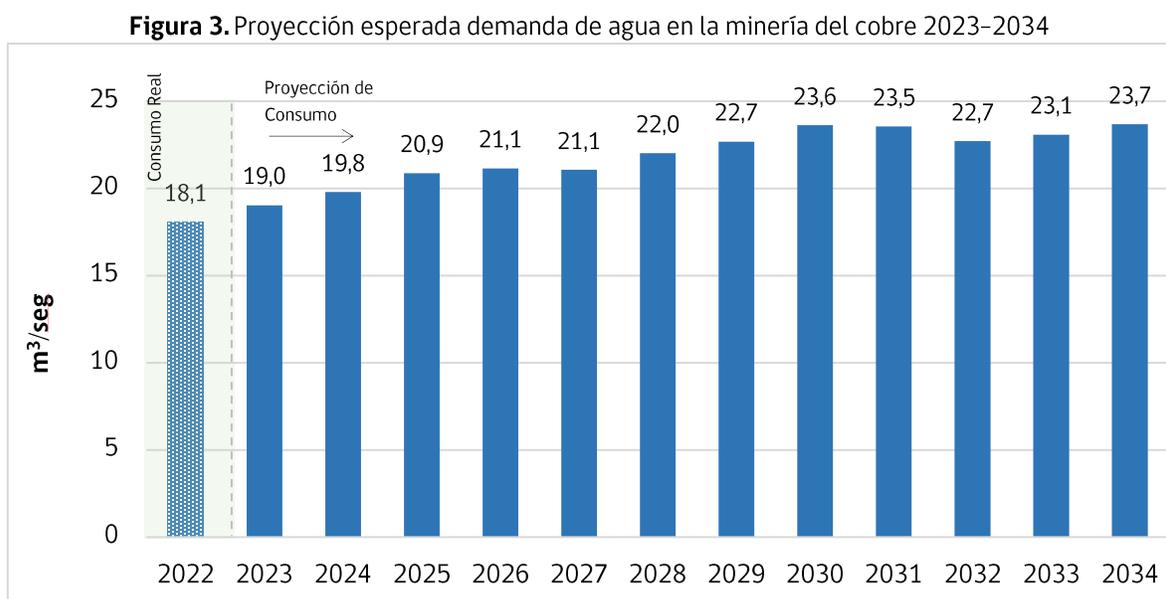
En el caso específico de este estudio, se realizaron 1.000 iteraciones por cada año proyectado para cada proceso, utilizando una distribución beta. A partir de la generación de escenarios, se obtienen tres valores de consumo anual del proceso individualizado, uno por cada escenario. Estos valores se someten a la simulación de Montecarlo con el fin de generar una distribución probabilística de su consumo anual, a la cual se le calcula el valor esperado estadístico.

Valor Esperado – Resultados

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos de la simulación Montecarlo según la metodología descrita previamente. Estos resultados se exponen a nivel nacional, respecto al origen del agua, según proceso minero, región, condición de proyecto, etapa de desarrollo y el estado de los permisos ambientales.

Valor esperado demanda de agua total

Como resultado de la simulación de Montecarlo, para el año 2034 se espera que el consumo de agua a nivel nacional sea de 23,7 m³/seg, con una tasa de crecimiento promedio anual de 1,8%, considerando el año 2022 como base.



Fuente: COCHILCO. 2023.

En esta actualización, se proyecta un crecimiento interanual positivo en el periodo del año 2022 hasta el año 2030. El año 2030 se espera un máximo de demanda de agua por parte de la minería del cobre, alcanzando los 23,6 m³/seg. Al cierre de la década se espera un aumento en la demanda de agua total de un 30,9% en relación al 2022.

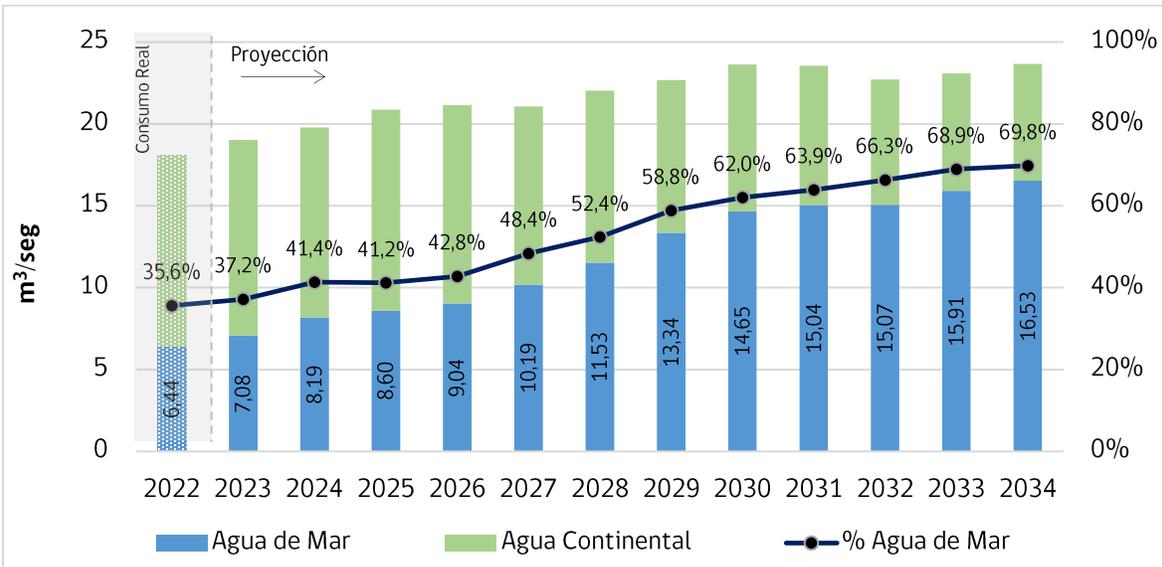
Valor esperado según origen

Como se ha visto en los últimos años, el agua de origen continental es un recurso escaso, que no solo es considerado una limitante hidrológica, sino también, y cada vez en mayor grado, un problema económico que podría restringir el desarrollo de importantes actividades económicas.

Asimismo, se trata de un recurso muy sensible a la hora de generar posibles conflictos en las comunidades locales y con los stakeholders.

De manera general, la estimación de la proyección de demanda de agua de origen continental esperada al 2034 alcanza los 7,15 m³/s, lo que representa una disminución del 38,6% respecto al consumo real de agua continental del 2022 en la minería del cobre. Por su parte, se espera que el agua de mar alcance los 16,53 m³/s, lo que significa un aumento cercano al 157% en relación al 2022. Según la distribución porcentual del agua para la minería del cobre, se espera que al 2034 el agua de mar represente el 69,8% del abastecimiento de agua para suplir la demanda requerida.

Figura 4. Proyección esperada demanda de agua en la minería del cobre según origen 2023–2034



Fuente: COCHILCO, 2023

Valor esperado según proceso

Para el análisis de la información, se identifican y agrupan 5 áreas distintas 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:

- **Agua mina/control de polvo:** Considera la operación de la mina, ya sea a cielo abierto o subterráneo, y el transporte del material hasta el chancado primario. En esta área el agua es utilizada principalmente para la supresión de polvo en caminos de minería a cielo abierto, y para la extracción y bombeo desde labores subterráneas.

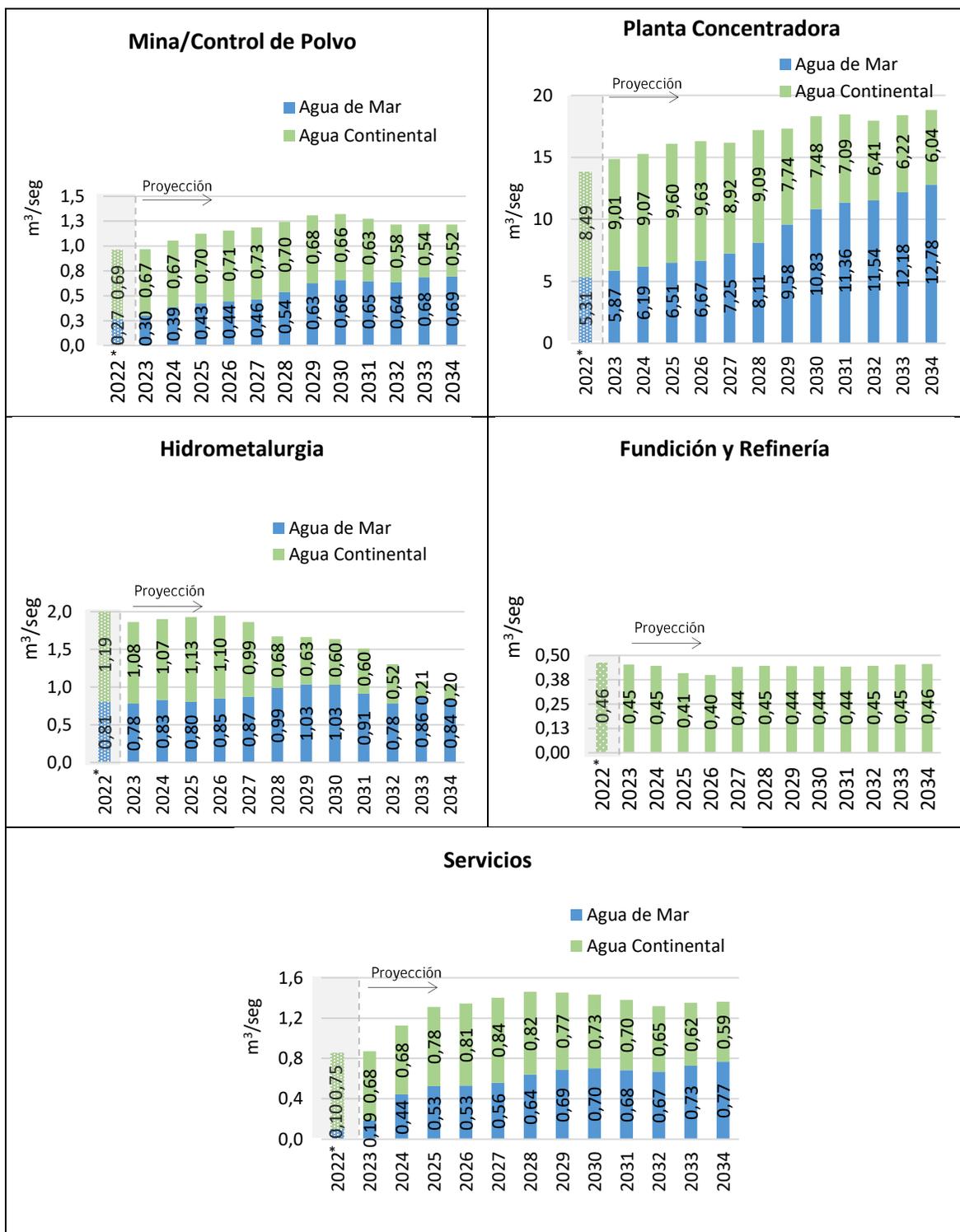
- **Área planta concentradora:** Comprende el procesamiento de minerales, el cual representa el mayor consumo de agua con respecto a los volúmenes totales. Esta área involucra la conminución del mineral (molienda secundaria), la flotación, clasificación y posterior espesamiento. Las aguas residuales de los procesos pueden o no ser recirculadas desde los depósitos de relaves (aguas claras), así como también desde los procesos de espesamiento y filtrado, entre otros. Se incluye la planta de molibdeno.
- **Área planta hidrometalurgia:** Considera los procesos de lixiviación en pilas, extracción por solventes y electro obtención para la producción de cátodos. Los principales consumos de agua resultan como consecuencia de la evaporación de las pilas de lixiviación.
- **Fundición y refinería:** El concentrado seco se somete a un proceso de pirometalurgia para la obtención de ánodos. Este es comercializado directamente o enviado al proceso de refinación, la cual se lleva a cabo en celdas electrolíticas, en donde a una solución de ácido sulfúrico se le aplica una corriente eléctrica, lográndose cátodos de cobre de alta pureza.
- **Servicios:** El principal uso del agua es para consumo personal, lavado, riego y baños en los campamentos, entre otros consumos menores. Este ítem agrupa diferentes procesos menores que en su conjunto representan parte importante del consumo de agua. Algunos de los procesos que involucra son cesión o venta a terceros, servicios, campamentos, entre otros.

Según los resultados se observa que los concentrados siguen demandando gran parte del agua en la minería del cobre, debido tanto al aumento en la proyección de producción de concentrados, producto del natural agotamiento de los recursos oxidados y su reemplazo por los recursos sulfurados, como a lo intensivo en consumo de agua en el proceso de concentración.

La planta concentradora representara el 82,9% del consumo de agua total al 2034, mientras que la hidrometalurgia solo un 4,3%. Esta proyección es reflejo, en parte, del cambio de la matriz de producción hacia los minerales sulfurados, los que son procesados a través de la flotación, proceso mucho más intensivo en el uso de agua.

Como se indica en el informe de proyección de producción, se espera aumente en un 44,1% la producción esperada de concentrados hacia el año 2034, respecto la producción real de 2022, lo que viene de la mano con un aumento importante del procesamiento de minerales sulfurados en plantas concentradoras, que se espera pase de las 657,9 millones de toneladas en 2022 a 1.014,6 millones de toneladas hacia 2034, lo que corresponde a un crecimiento de 54,2%.

Figura 5. Demanda de agua en la minería del cobre según proceso, Proyección 2023–2034

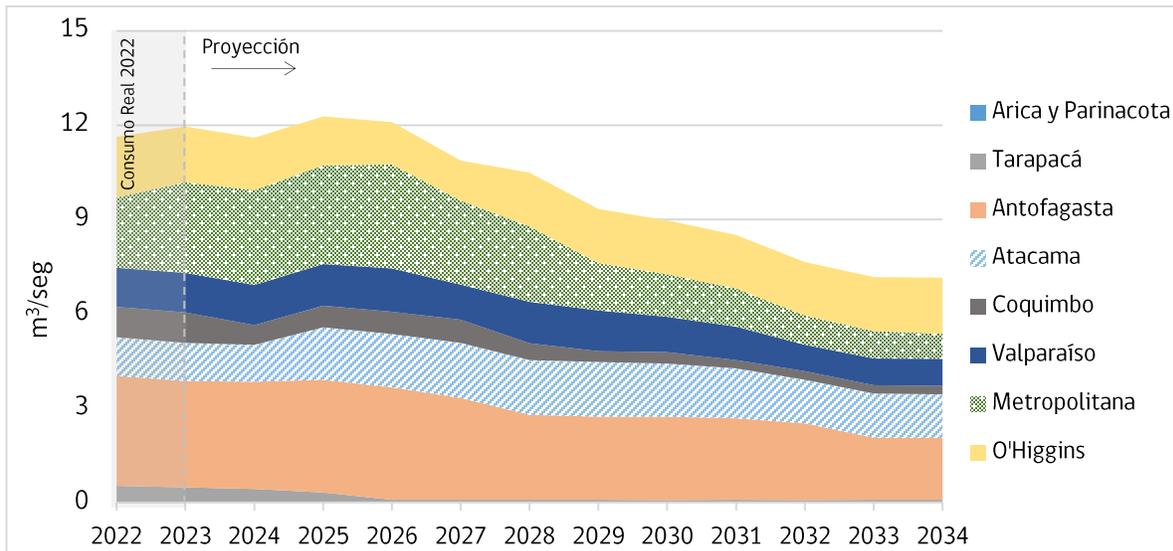


Fuente: COCHILCO, 2023. Consumo Real 2022.

Valor esperado según región

De manera general, la mayoría de las regiones mantienen una tendencia a la baja para la próxima década respecto del consumo del agua continental.

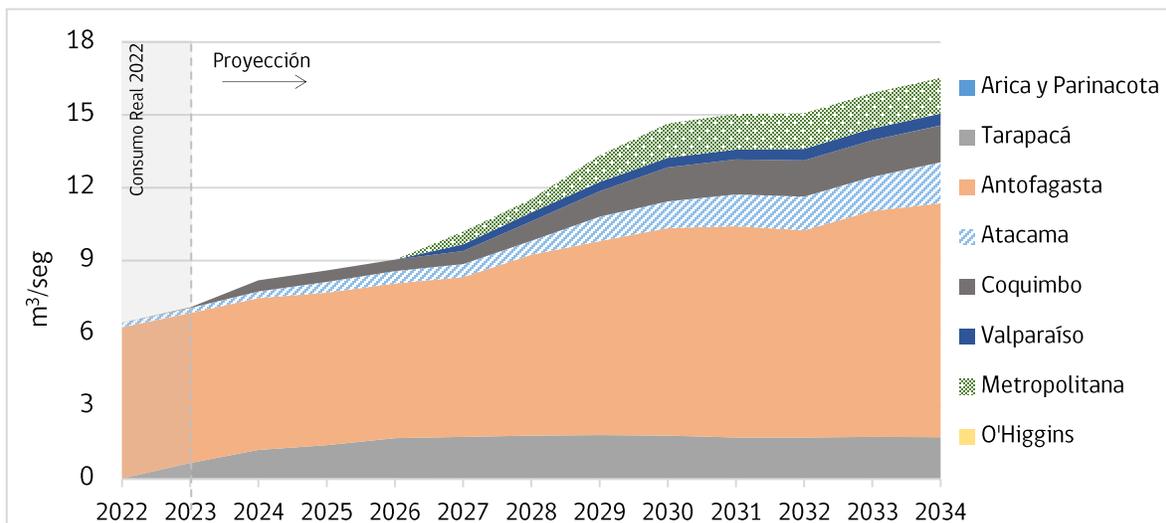
Figura 6. Proyección demanda de agua Continental en la minería del cobre por región 2023-2034



Fuente: COCHILCO, 2023.

En relación al consumo de agua de mar, las regiones que consideran proyectos de agua de mar como Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama, Coquimbo y Metropolitana, presentan incremento significativo en la demanda de agua de mar para la próxima década.

Figura 7. Proyección demanda de agua de Mar en la minería del cobre por región 2023-2034



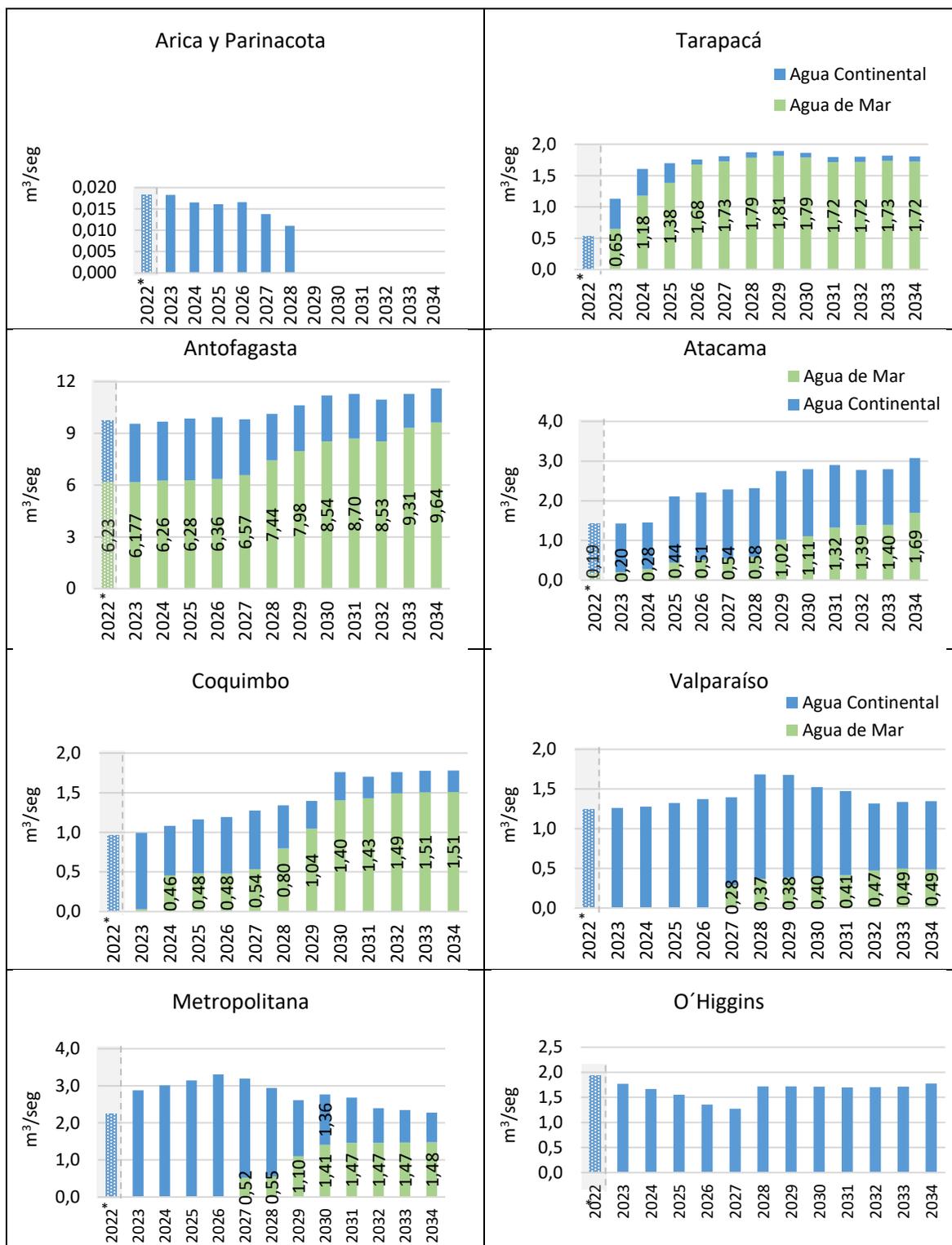
Fuente: COCHILCO, 2023.

Antofagasta es la región con mayor consumo de agua y se espera un comportamiento similar para la próxima década, justificado por ser la principal región de producción de cobre. Del mismo modo, en la medida que estas regiones aumenten su suministro de agua de mar, se espera que disminuyan su consumo de agua continental. En efecto, se estima al 2034 que el consumo de agua **continental** en la región de Tarapacá disminuya un 85%, en Antofagasta disminuya en un 44%, en Coquimbo un 72%, Valparaíso un 31%, la Metropolitana un 64% y en O´Higgins un 8%, respecto del consumo del 2022. Mientras que se proyecta un aumento del consumo de agua continental en la región de Atacama en un 13% en el periodo 2022 - 2034.

En la Figura 8 se muestra la proyección de demanda de agua en cada región con más detalle.

La entrada en operación del proyecto de desalación asociado a Quebrada Blanca Hipógeno en la región de Tarapacá transformará el panorama de extracción de agua en la zona cordillerana, desde donde tradicionalmente se extraía para la minería. Además, sobresalen los proyectos de desalación e impulsión de agua de mar en las regiones de Valparaíso y Metropolitana, donde se espera que el consumo de agua de mar alcance el 50% en la industria minera para el año 2030.

Figura 8. Demanda de agua en la minería del cobre según región 2023-2034



Fuente: COCHILCO, 2023. * Consumo Real 2022

Valor esperado según condición

Para este análisis, se definen cuatro condiciones o etapas de condicionalidad para los proyectos, estos son: base, probable, posible y potencial. Estas condiciones o etapas están en base a los atributos específicos del tipo de proyecto, a la etapa de avance en que se encuentra, al estado de la tramitación ante el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y a la fecha estimada de puesta en marcha. Cada atributo tiene una gradualidad que puede asociarse a mayor o menor certeza y la combinación de ellos entrega una percepción de la condicionalidad en que se encuentra para su materialización.

Figura 9. Tabla caracterización de condicionalidad de los proyectos

Condición	Tipo proyecto	Etapas de avance	Trámite SEA	Puesta en marcha
BASE	Cualquiera	Ejecución	RCA aprobada	En el período
PROBABLE	Cualquiera	Ejecución suspendida	RCA aprobada o en reclamación judicial	En el período
	Cualquiera	Factibilidad	RCA aprobada	En el período
POSIBLE	Reposición o Expansión	Factibilidad	EIA o DIA en trámite	En el período
	Reposición o Expansión	Factibilidad suspendida	EIA o DIA en trámite	En el período
	Reposición o Expansión	Factibilidad	EIA o DIA no presentada	En el período
	Nuevo	Factibilidad	EIA o DIA en trámite o no presentada	En el período
	Cualquiera	Factibilidad	RCA aprobada	Fuera del período
POTENCIAL	Reposición o Expansión	Factibilidad	EIA o DIA en trámite o no presentada	Fuera del período
	Cualquiera	Factibilidad suspendida	Cualquiera	Fuera del período
	Cualquiera	Prefactibilidad	Cualquiera	Cualquiera

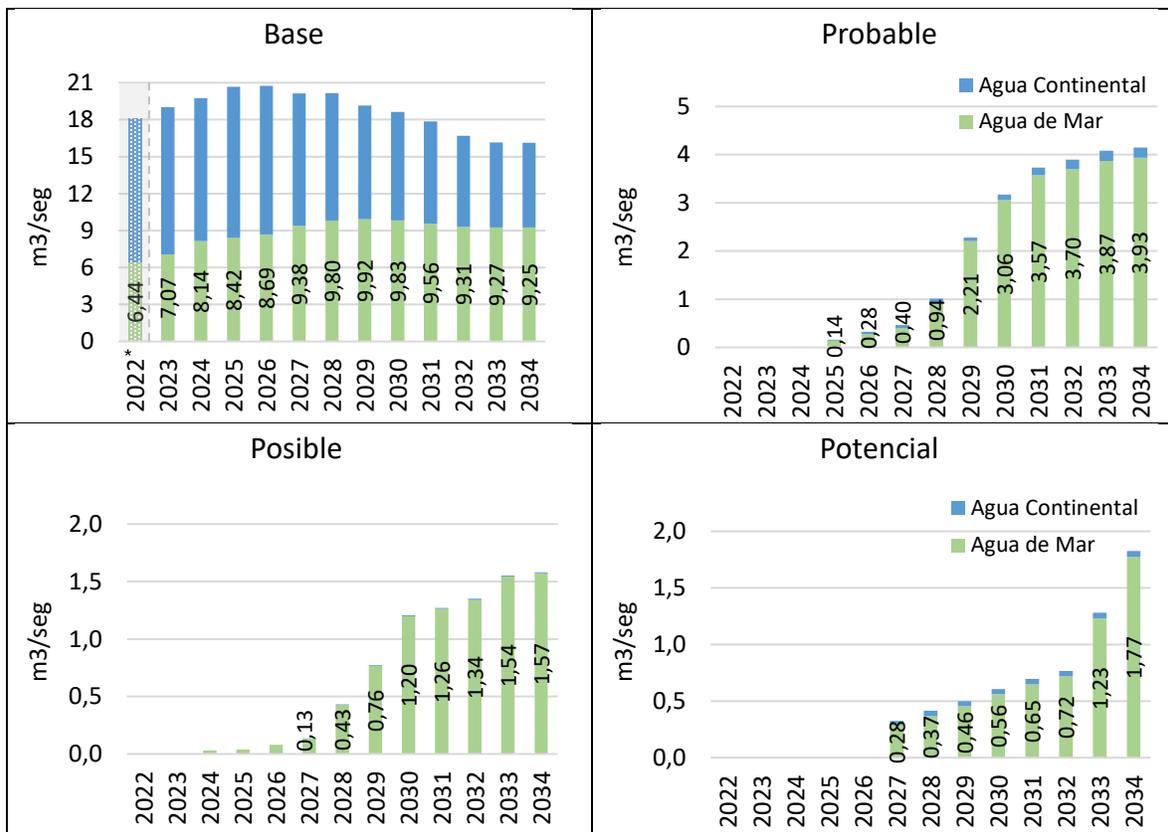
Fuente: COCHILCO, 2023.

A continuación, en la Figura 10 se observa que al 2034, para el caso del agua continental, el mayor consumo esperado en la próxima década proviene de faenas en condición base, es decir, proyectos

en operación o en ejecución, por lo que correspondería a un consumo esperado con un alto grado de certeza. Para el 2034, cerca del 96,2% del consumo de agua continental en la minería del cobre está asociado a proyectos en condición base, mientras que solo el 3,8% restante tiene mayor incertidumbre.

Por otro lado, los proyectos en condiciones probable, posible y potencial, aunque representan un porcentaje menor del consumo total, son cruciales para entender el panorama futuro de la demanda de agua. Estos proyectos, que se encuentran en diferentes etapas de planificación y obtención de permisos, muestran la necesidad de continuar desarrollando tecnologías y estrategias que permitan un uso más eficiente del agua, especialmente considerando la creciente importancia del agua de mar desalinizada.

Figura 10. Demanda de agua en la minería del cobre según condición 2023-2034



Fuente: COCHILCO, 2023. * Consumo Real 2022.

En términos generales, en los últimos años, la principal característica radica en que los proyectos de agua de mar han disminuido su grado de incertidumbre, ya que estos están relacionados a aquellas iniciativas con mayor probabilidad de materialización y de cumplimiento de las fechas propuestas.

Valor esperado según etapa de desarrollo

Para analizar la demanda esperada de agua fresca en la minería del cobre según el estado de avance de los proyectos en el catastro de inversiones, se definieron cuatro etapas de desarrollo; pre factibilidad, factibilidad, en ejecución y operación.

Las distintas etapas se definen como:

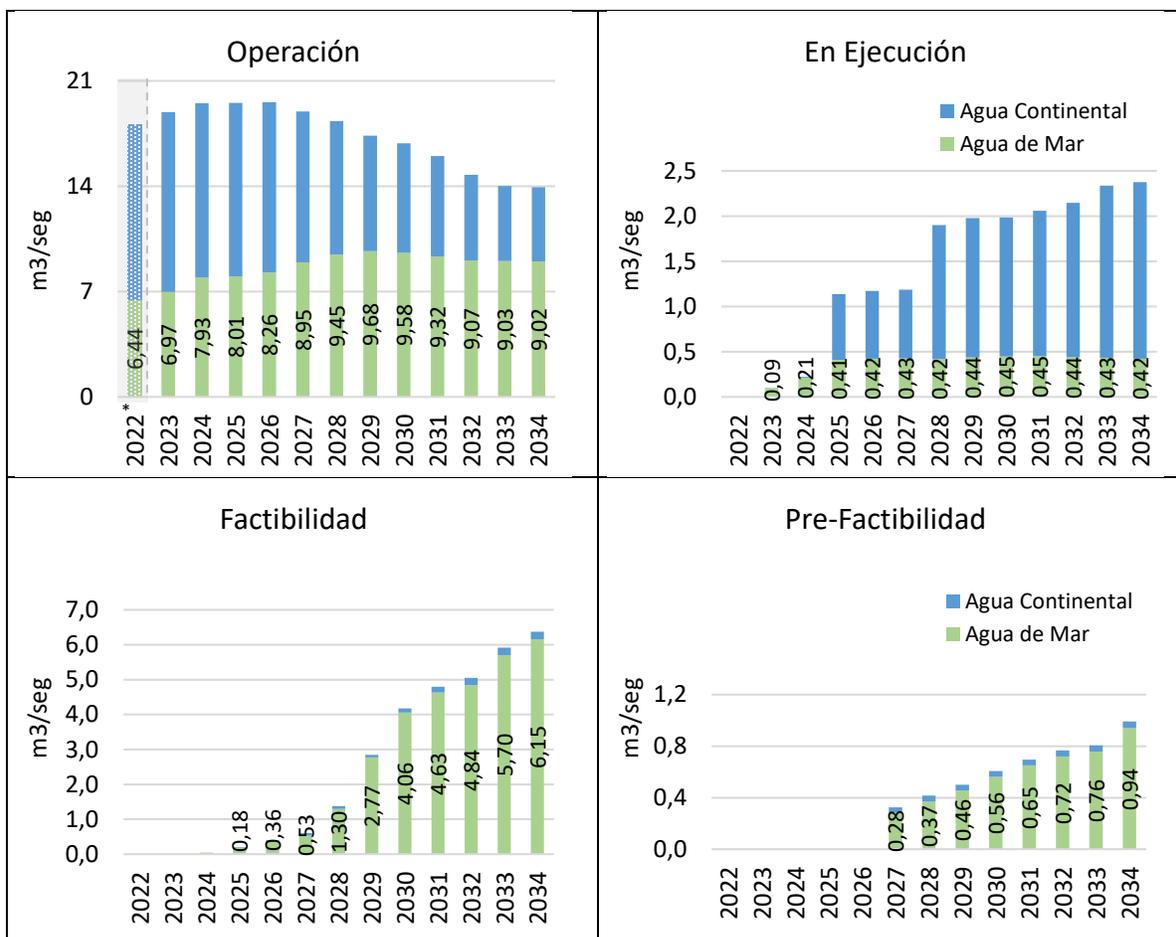
- **Operación:** Proyectos que se encuentran actualmente operando.
- **En ejecución:** Cuentan con la aprobación de la inversión y de los permisos correspondientes para su desarrollo. Ya se encuentran en alguna de las fases de ingeniería de detalle y de construcción hasta el inicio de la puesta en marcha.
- **En estudio de factibilidad:** Aquellos que ya han iniciado los estudios de factibilidad y de evaluación ambiental (EIA o DIA) hasta que los hayan terminado, pero sin haber tomado aún la decisión final aprobatoria de la inversión.
- **En estudio de prefactibilidad:** Aquellos que se encuentran en la fase inicial de estudios de prefactibilidad hasta que se tome la decisión de continuar a la etapa siguiente

Al analizar la demanda futura de agua según la etapa de desarrollo se observa que la mayor cantidad de agua, continental y de mar, está en las operaciones, representando el 58,8% al 2034, donde se aprecia una tendencia a la baja en el consumo de agua continental y una tendencia al alza en el consumo de agua de mar.

Por otro lado, los proyectos en ejecución, representan un 10% al 2034, respecto del consumo de agua total. Aquellos que están en etapa de factibilidad, con un menor grado de certidumbre representan un 26,9% del agua total al 2034, donde destaca el uso de agua de mar. Finalmente, los proyectos en etapa de pre factibilidad, sujetos a una menor probabilidad de materialización, representarían cerca del 4,2% del agua estimada para el 2034, donde estos últimos son casi totalmente abastecidos con agua de mar.

Específicamente, en el caso de los proyectos con agua de mar se puede concluir que estos han aumentado su nivel de certidumbre conforme los proyectos van acercándose a su fecha de materialización y cuentan con los permisos exigidos.

Figura 11. Demanda de agua en la minería del cobre según condición 2023-2034



Fuente: COCHILCO, 2023. * Consumo Real 2022.

Valor esperado según estado de los permisos ambientales

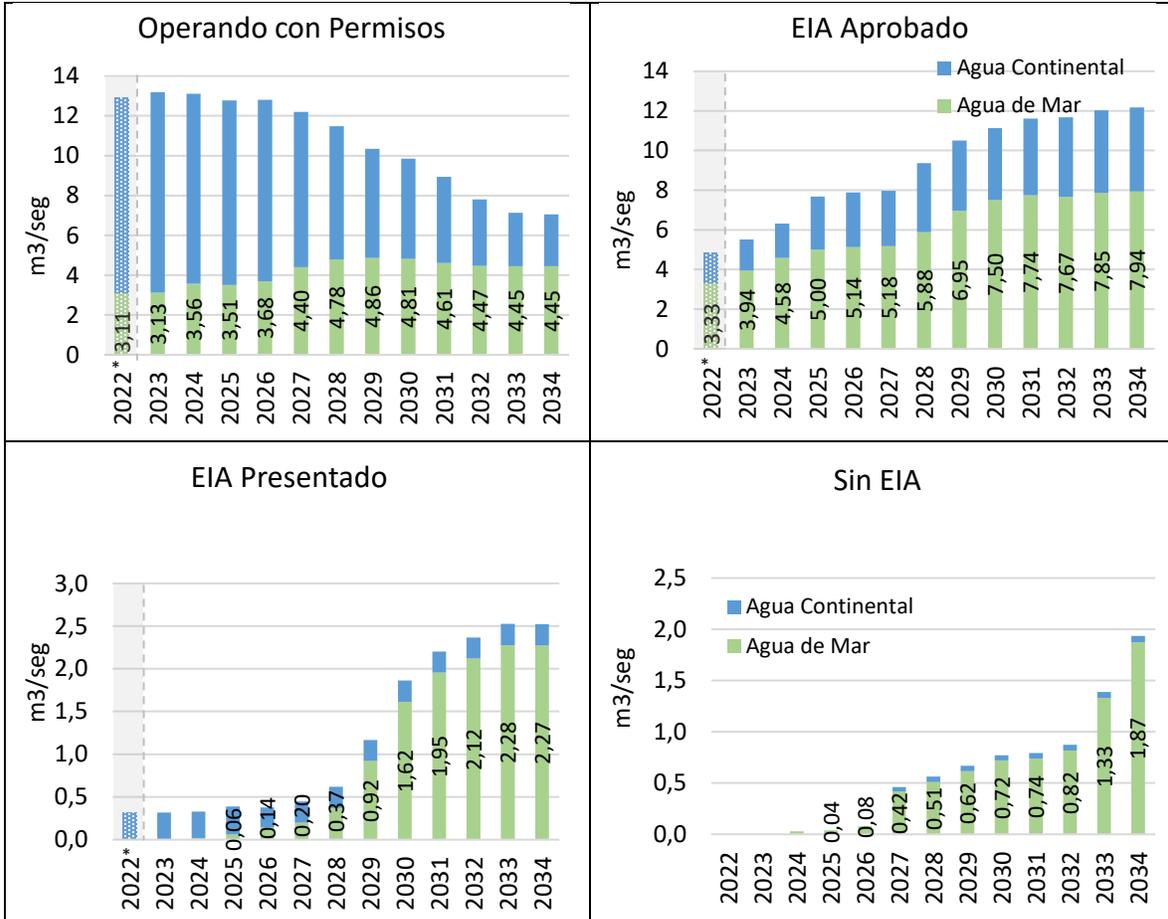
La RCA que entrega el Servicio de Evaluación Ambiental SEA, es un documento administrativo que se obtiene una vez culminado el proceso de evaluación del Estudio de Impacto Ambiental EIA o de la Declaración de Impacto Ambiental DIA según corresponda, donde se establece si el proyecto presentado ha sido aprobado o rechazado.

Por ello se distinguen cuatro estados de mayor a menor certidumbre:

- Operando con permisos
- EIA o DIA aprobada

- EIA o DIA presentado
- Sin EIA o DIA

Figura 12. Demanda de agua en la minería del cobre según condición 2022-2034



Fuente: Cochilco, 2023. * Consumo Real 2022

La evolución de la demanda esperada de agua según el estado de los permisos ambientales de los proyectos, indica una tendencia donde los proyectos actualmente en operación o con EIA aprobados corresponderían a un 84% del consumo de agua total al 2034, mientras que el 16% restantes está asociado a proyectos que recientemente han presentado o no tienen los permisos ambientales, lo que da menor grado de certeza al cumplimiento de las fechas estipuladas.

Es importante resaltar el alto porcentaje de proyectos que en materia ambiental cumplen, y por ende, sus permisos se encuentran aprobados.

Catastro de agua de mar

La escasez de agua en algunas regiones del norte de Chile se ha transformado en un tema estratégico para industrias como la minería. La búsqueda de opciones para enfrentar la escasez hídrica ha llevado a las empresas a privilegiar la construcción de plantas desalinizadoras. A través de la construcción de estas plantas, las empresas mineras pueden generar una visión de largo plazo respecto del acceso al suministro hídrico.

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

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

En esa misma línea, la búsqueda de sinergias entre operaciones mineras u otros sectores es fundamental para el desarrollo del uso de agua de mar. Hasta la fecha se ha visto el desarrollo uno a uno de planta-operación minera, sin embargo, un trabajo conjunto podría ser beneficioso en los ámbitos económicos, sociales y ambientales. El desarrollo de infraestructura compartida es parte de la mirada a largo plazo que debemos desarrollar.

CATASTRO DE PLANTAS DESALADORAS Y PROYECTOS DE USO DE AGUA DE MAR – Actualización 2023

AÑO PUESTA EN MARCHA	PROPIETARIO	MINA/PROYECTO	REGIÓN	ETAPA DE DESARROLLO	TIPO	CAPACIDAD DE DESALACIÓN (lts/seg)	CAPACIDAD USO AGUA DE MAR (lts/seg)	Longitud tuberías de transporte de agua (Km)
ND	ENAMI	Planta J.A. Moreno (Taltal)	Antofagasta	Operando	Operación	-	15	0,5
1994	ANTOFAGASTA MINERALS	Michilla	Antofagasta	Detenida	Detenida	-	-	-
1996	LAS CENIZAS	Las Cenizas Taltal	Antofagasta	Operando	Operación	9	12	7
2005	MANTOS DE LA LUNA	Mantos de Luna	Antofagasta	Operando	Operación	5	20	8
2006	BHP BILLITON	Escondida - Planta Coloso	Antofagasta	Operando	Operación	525	-	180
2010	ANTOFAGASTA MINERALS	Distrito Centinela (Esperanza + El Tesoro)	Antofagasta	Operando	Operación	50	1500	145
2013	LUNDIN MINING	Candelaria	Atacama	Operando	Operación	500	-	110
2014	MANTOS COPPER	Mantoverde	Atacama	Operando	Operación	120	-	42
2014	KGHM INT.	Sierra Gorda	Antofagasta	Operando	Operación	-	1315	142
2015	CAP Minería	CAP Minería y otros clientes	Atacama	Operando	Operación	600	-	120
2015	PAMPA CAMARONES	Pampa Camarones	Arica y Parinacota	Detenida	Detenida	-	25	12
2017	ANTOFAGASTA MINERALS	Antucoya	Antofagasta	Operando	Operación	30	280	145
2018	BHP BILLITON	Escondida Water Supply Extension (WSE)	Antofagasta	Operando	Operación	2500	-	180
2019	HALDEMAN	Continuidad operacional faena minera Michilla	Antofagasta	Reapertura planta existente	Reapertura	15	70	15
2021	BHP BILLITON	Spence Growth Option (SGO)	Antofagasta	Operando	Operación	1000	-	154
2023	TECK	Quebrada Blanca Hipógeno	Tarapacá	Operando	Operación (Nuevo)	850 (potencial de 1.200)	-	165
2023	CAPSTONE	Desarrollo Mantoverde	Atacama	Operando	Operación (Ampliación)	agrega 260	-	42

AÑO PUESTA EN MARCHA	PROPIETARIO	MINA	REGIÓN	ETAPA DE DESARROLLO	TIPO	CAPACIDAD DE DESALACIÓN (lts/seg)	CAPACIDAD USO AGUA DE MAR (lts/seg)	Longitud tuberías de transporte de agua (Km)
2024	ANTOFAGASTA MINERALS	Proyecto de Infraestructura Complementaria (INCO)	Coquimbo	En Ejecución	Nuevo	400	-	150
2025	LUNDIN MINING	Candelaria - Optimización y Continuidad Operacional	Atacama	Factibilidad - EIA en Evaluación	Ampliación	agrega 100	-	110
2025	COLLAHUASI	Collahuasi	Tarapacá	Factibilidad - EIA Presentado	Nuevo	525 ^a	-	195
2026	CODELCO-CHILE	Planta desaladora Distrito Norte	Antofagasta	Factibilidad - EIA Aprobado	Nuevo	840 ^b	-	160
2026	Copper Bay	Playa Verde	Atacama	Factibilidad - EIA Aprobado	Nuevo	Sin información	Sin información	Sin información
2027	ANTOFAGASTA MINERALS	Desarrollo Minera Centinela - Fusión Etapa 1 y Etapa 2	Antofagasta	Factibilidad - EIA Aprobado	Distribución	-	1150 ^c	145
2028	CAPSTONE	Santo Domingo ^d	Atacama	Factibilidad - EIA Aprobado	Nuevo	30	400	112
2030	Andes Iron	Dominga (Hierro)	Coquimbo	Factibilidad - EIA Presentado	Nuevo	495	-	26,4
Hipotéticos								
2027	ANTOFAGASTA MINERALS	Proyecto Adaptación Operacional	Coquimbo	Pre Factibilidad - Sin EIA	Ampliación	ampliar planta MLP +400	-	150
2029	Sociedad Minera El Águila	Costa Fuego (Ex Productora)	Atacama	Pre Factibilidad - Sin EIA	Nuevo	368	-	62
ND	GOLDCORP y TECK	Nueva Unión Fase 1	Atacama	Factibilidad - Sin EIA	Nuevo	700	-	90
ND	Coro Mining	Proyecto Marimaca	Antofagasta	Pre Factibilidad - Sin EIA	Nuevo	Sin información	100	25
ND	ALXAR (COPEC)	Sierra Norte (ex Diego de Almagro)	Atacama	Factibilidad - EIA Aprobado	Nuevo	-	315	61
ND	FREEPORT McMORAN	El Abra Mill Project	Antofagasta	Factibilidad - Sin EIA	Nuevo	500	-	ND
ND	Minera Viscahitas y Desala Petorca SPA	Proyecto Vizcachitas	Valparaíso (Papudo)	Estudio de prefactibilidad	Nuevo	2050	-	ND

Multiclientes								
ND	Trends Industrial	ENAPAC (Energías y Aguas del Pacífico).	Atacama	Factibilidad - EIA Aprobado	Nuevo	1750		
ND	Redabast Chile SPA	ENAPAC Distribución Norte (conducción y distribución)	Atacama	En Calificación	Distribución	Hasta 1900		
ND	Redabast Chile SPA	ENAPAC Distribución Este (conducción y distribución)	Atacama	En Calificación	Distribución	Hasta 1200		
2026	Cramsa	Aguas marítimas	Antofagasta	En Calificación	Distribución	350,000 m3/día	-	510 ^e
2026	Aguas pacifico	Proyecto Aconcagua	Valparaíso	EIA Aprobado		1000 ^f	-	105

a: Agua desalada que se utilizará en caso de mantención o falla de las instalaciones de abastecimiento hídrico de uso permanente. El sistema de desalinización y conducción será habilitado en dos fases para suplir caudales máximos de 525 L/s y 1.050 L/s en el cuarto y octavo año del Proyecto.

b: La desalinizadora, con una capacidad inicial de 840 litros por segundo y con potencial para expandirse a 1.956 litros por segundo

c: Desarrollo Minera Centinela, pendiente de decisión inversional. El proyecto fue concebido en 2 fases, pero proyecta construir en una sola fase con un caudal de 1.150 L/s. Originalmente considera etapa 1 nuevo acueducto paralelo y etapa 2 Reemplazo de acueducto existente.

d: Corresponde a una ampliación de la planta desaladora existente de la faena minera Matoverde, para alcanzar un total de Evaluación de posibles sinergias para el uso de infraestructura entre Mantoverde y proyecto Santo Domingo.

e: Red de acueductos de distribución de 510 km

f: 500 l/s serian para abastecer la planta Las Tórtolas de la operación minera Los Bronces.

ND = No Disponible

Comentarios finales y Conclusiones:

De acuerdo a los resultados obtenidos y expuestos en este informe, se identifican varios desafíos y oportunidades en relación con la demanda de agua en la minería del cobre para el periodo 2023-2034, en relación a:

Proyección de Demanda de Agua:

- Se proyecta que el consumo de agua en la minería del cobre alcanzará 23,7 m³/s en 2034, con una tasa de crecimiento promedio anual de 2,3%.
- La demanda de agua continental se espera que disminuya un 39% en comparación con 2022, alcanzando 7,15 m³/s en 2034.
- La demanda de agua de mar, por otro lado, se proyecta que aumentará significativamente, alcanzando 16,53 m³/s, lo que representa un aumento del 157% respecto a 2022.
- Para 2034, se espera que el agua de mar represente el 69.8% del abastecimiento de agua para la minería del cobre.
- El aumento de la demanda y consumo de agua en la minería refleja en parte un cambio hacia el uso de minerales de sulfuros y procesos más intensivos en el uso de agua como la flotación, el que ocurre principalmente un agotamiento en el procesamiento de minerales oxidados a nivel nacional.

Condiciones y Etapas de Desarrollo:

- Más de la mitad de la demanda de agua proyectada proviene de proyectos en operación o ejecución, lo que proporciona un alto grado de certeza en estas proyecciones.
- Proyectos en condiciones probable, posible y potencial también contribuyen a la demanda futura, destacando la necesidad de continuar desarrollando tecnologías y estrategias eficientes en el uso del agua.

Regiones y Consumo de Agua:

- Las regiones de Antofagasta y Tarapacá seguirán siendo las mayores consumidoras de agua, con una tendencia a la baja en el consumo de agua continental y un aumento en el uso de agua de mar debido a la implementación de proyectos de desalación.
- Se espera que regiones como Atacama y Coquimbo aumenten su consumo de agua de mar debido a la implementación de proyectos de desalación.

Impacto Ambiental y Permisos:

- El 84% del consumo de agua proyectado para 2034 proviene de proyectos con permisos ambientales aprobados, lo que refuerza la importancia de la planificación ambiental en la industria minera.
- Proyectos sin permisos ambientales aprobados representan un menor grado de certeza, subrayando la necesidad de un marco regulatorio claro y eficaz.

Desafíos y Recomendaciones:

- **Relaciones con Comunidades:** La administración proactiva del agua es crucial para mantener buenas relaciones con las comunidades y evitar conflictos que puedan afectar la licencia social para operar.
- **Eficiencia Energética y Hídrica:** Dada la estrecha relación entre el uso de agua de mar y el consumo energético, es fundamental optimizar tanto la eficiencia hídrica como la energética.
- **Cambio Climático:** La gestión de riesgos relacionados con el cambio climático y la disponibilidad de agua debe ser una prioridad para las operaciones mineras.
- **Gestión Integrada de Cuencas:** Se recomienda una gestión integrada del agua que considere tanto la cantidad como la calidad del agua, promoviendo el reciclaje, la reutilización y la recirculación en un sistema de circuito cerrado.
- **Uso de agua de mar:** La desalación y el uso directo de agua de mar en las operaciones mineras representan una vía válida para asegurar la sostenibilidad y sustentabilidad a largo plazo en la industria del cobre. Este enfoque permite reducir la competencia por el recurso hídrico con las comunidades locales y otras industrias, mitigando potenciales conflictos sociales. Sin embargo, es esencial que estos proyectos de desalación sean sustentables, incorporando tecnologías que minimicen su impacto ambiental. Además, es crucial que los costos asociados a la electricidad permitan una producción competitiva en comparación con otros distritos mineros a nivel global. Esto no solo garantiza la viabilidad económica de los proyectos, sino que también posiciona a Chile como un líder en la implementación de soluciones hídricas innovadoras y sostenibles en la minería.

Finalmente, es esencial adoptar un enfoque sistemático e integral para cuantificar y mitigar los riesgos relacionados con el agua, asegurando un suministro sostenible y eficiente para la industria minera del cobre en el futuro.

Anexos

Todas las tablas se encuentran en metros cúbicos por segundo (m³/seg).

Para el año 2022 los valores corresponden al consumo real, no estimado, de acuerdo a los datos de la Encuesta de Producción, Energía y Agua (EMPAE).

A1. Tabla proyección de demanda por fuentes de abastecimiento

FUENTES	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Agua Continental	11,64	11,96	11,60	12,28	12,10	10,87	10,49	9,34	8,98	8,50	7,65	7,17	7,15
Agua de Mar	6,44	7,08	8,19	8,60	9,04	10,19	11,53	13,34	14,65	15,04	15,07	15,91	16,53
Total general	18,07	19,03	19,79	20,88	21,15	21,06	22,03	22,69	23,63	23,55	22,72	23,08	23,67

A2. Tabla proyección de demanda por región

POR REGION	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Agua Continental	11,64	11,96	11,60	12,28	12,10	10,87	10,49	9,34	8,98	8,50	7,65	7,17	7,15
Arica y Parinacota	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tarapacá	0,53	0,48	0,43	0,31	0,08	0,08	0,09	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08
Antofagasta	3,50	3,38	3,42	3,59	3,58	3,25	2,70	2,65	2,66	2,60	2,44	1,98	1,97
Atacama	1,23	1,22	1,17	1,67	1,70	1,74	1,74	1,73	1,69	1,58	1,38	1,40	1,39
Coquimbo	0,96	0,96	0,63	0,68	0,71	0,74	0,54	0,35	0,36	0,27	0,27	0,27	0,27
Valparaíso	1,25	1,26	1,28	1,32	1,37	1,11	1,32	1,29	1,13	1,06	0,85	0,84	0,86
Metropolitana	2,23	2,88	3,01	3,14	3,31	2,67	2,39	1,51	1,36	1,21	0,93	0,88	0,80
O'Higgins	1,94	1,77	1,67	1,55	1,35	1,27	1,72	1,72	1,72	1,70	1,70	1,71	1,78
Agua de Mar	6,44	7,08	8,19	8,60	9,04	10,19	11,53	13,34	14,65	15,04	15,07	15,91	16,53
Arica y Parinacota	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tarapacá	0,00	0,65	1,18	1,38	1,68	1,73	1,79	1,81	1,79	1,72	1,72	1,73	1,72
Antofagasta	6,23	6,177	6,26	6,28	6,36	6,57	7,44	7,98	8,54	8,70	8,53	9,31	9,64
Atacama	0,19	0,20	0,28	0,44	0,51	0,54	0,58	1,02	1,11	1,32	1,39	1,40	1,69
Coquimbo	0,00	0,03	0,46	0,48	0,48	0,54	0,80	1,04	1,40	1,43	1,49	1,51	1,51
Valparaíso	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,37	0,38	0,40	0,41	0,47	0,49	0,49
Metropolitana	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,55	1,10	1,41	1,47	1,47	1,47	1,48
O'Higgins	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

A3. Tabla proyección de demanda por proceso

PROCESOS	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
CONCENTRADORA													
Agua Continental	8,49	9,01	9,07	9,60	9,63	8,92	9,09	7,74	7,48	7,09	6,41	6,22	6,04
Agua de Mar	5,31	5,87	6,19	6,51	6,67	7,25	8,11	9,58	10,83	11,36	11,54	12,18	12,78
FYR													
Agua Continental	0,46	0,45	0,45	0,41	0,40	0,44	0,45	0,44	0,44	0,44	0,45	0,45	0,46
HIDROMETALURGIA													
Agua Continental	1,19	1,08	1,07	1,13	1,10	0,99	0,68	0,63	0,60	0,60	0,52	0,21	0,20
Agua de Mar	0,81	0,78	0,83	0,80	0,85	0,87	0,99	1,03	1,03	0,91	0,78	0,86	0,84
SERVICIOS													
Agua Continental	0,75	0,68	0,68	0,78	0,81	0,84	0,82	0,77	0,73	0,70	0,65	0,62	0,59
Agua de Mar	0,10	0,19	0,44	0,53	0,53	0,56	0,64	0,69	0,70	0,68	0,67	0,73	0,77
MINA/CONTROL DE POLVO													
Agua Continental	0,69	0,67	0,67	0,70	0,71	0,73	0,70	0,68	0,66	0,63	0,58	0,54	0,52
Agua de Mar	0,27	0,30	0,39	0,43	0,44	0,46	0,54	0,63	0,66	0,65	0,64	0,68	0,69

A4. Tabla proyección de demanda por condición

CONDICIÓN	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
BASE													
Agua Continental	11,64	11,96	11,60	12,26	12,06	10,76	10,37	9,22	8,81	8,29	7,39	6,90	6,87
Agua de Mar	6,44	7,07	8,14	8,42	8,69	9,38	9,80	9,92	9,83	9,56	9,31	9,27	9,25
PROBABLE													
Agua Continental	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,16	0,20	0,21	0,21
Agua de Mar	0,00	0,01	0,02	0,14	0,28	0,40	0,94	2,21	3,06	3,57	3,70	3,87	3,93
POSIBLE													
Agua Continental	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Agua de Mar	0,00	0,00	0,03	0,04	0,08	0,13	0,43	0,76	1,20	1,26	1,34	1,54	1,57
POTENCIAL													
Agua Continental	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
Agua de Mar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,37	0,46	0,56	0,65	0,72	1,23	1,77

A4. Tabla proyección de demanda por etapa de desarrollo

ETAPA DE DESARROLLO	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
En Ejecución													
Agua Continental	0,00	0,00	0,01	0,73	0,75	0,76	1,48	1,54	1,54	1,61	1,71	1,90	1,95
Agua de Mar	0,00	0,09	0,21	0,41	0,42	0,43	0,42	0,44	0,45	0,45	0,44	0,43	0,42
Factibilidad													
Agua Continental	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,07	0,08	0,08	0,12	0,17	0,21	0,22	0,22
Agua de Mar	0,00	0,01	0,05	0,18	0,36	0,53	1,30	2,77	4,06	4,63	4,84	5,70	6,15
Operación													
Agua Continental	11,64	11,95	11,59	11,53	11,31	10,00	8,89	7,68	7,28	6,68	5,68	5,00	4,92
Agua de Mar	6,44	6,97	7,93	8,01	8,26	8,95	9,45	9,68	9,58	9,32	9,07	9,03	9,02
Pre-Factibilidad													
Agua Continental	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
Agua de Mar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,37	0,46	0,56	0,65	0,72	0,76	0,94

A5. Tabla proyección de demanda por estado de los permisos ambientales

ESTADO DE LOS PERMISOS AMBIENTALES	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
EIA aprobado													
Agua Continental	1,53	1,58	1,74	2,68	2,75	2,78	3,49	3,55	3,64	3,87	4,01	4,18	4,23
Agua de Mar	3,33	3,94	4,58	5,00	5,14	5,18	5,88	6,95	7,50	7,74	7,67	7,85	7,94
EIA presentado													
Agua Continental	0,31	0,31	0,31	0,33	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Agua de Mar	0,00	0,01	0,02	0,06	0,14	0,20	0,37	0,92	1,62	1,95	2,12	2,28	2,27
N/A													
Agua Continental	9,80	10,07	9,55	9,27	9,12	7,80	6,70	5,49	5,04	4,34	3,33	2,68	2,60
Agua de Mar	3,11	3,13	3,56	3,51	3,68	4,40	4,78	4,86	4,81	4,61	4,47	4,45	4,45
Sin EIA													
Agua Continental	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06
Agua de Mar	0,00	0,00	0,03	0,04	0,08	0,42	0,51	0,62	0,72	0,74	0,82	1,33	1,87

A6. Supuestos para la proyección y simulación.

- Para las faenas en operación se utiliza el coeficiente de consumo de agua continental reportado al 2022.
- Para proyectos de expansión se utiliza el mismo coeficiente que la operación madre u operaciones de análogas características.
- Para efectos de la proyección estos coeficientes se mantienen constantes.
- Para los nuevos proyectos se consideran coeficientes unitarios de operaciones similares, o el promedio de la industria.
- En el caso de agua de mar se establecen coeficientes similares a los de las operaciones actuales con agua de origen marino.
- Para los proyectos que tienen asociado el uso de agua de mar se rigen en base a las capacidades de las plantas y sistemas de impulsión, con un coeficiente por tonelada de mineral promedio.

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

Sergio Verdugo Montenegro

Analista de Estrategias y Políticas Públicas

Patricia Gamboa Lagos

Director de Estudios y Políticas Públicas

Junio / 2024

Se autoriza la reproducción total o parcial de este Informe, siempre que la fuente "Comisión Chilena del Cobre" y/o "Cochilco" sea citada, salvo que se indique lo contrario.

Copyright by Cochilco, todos los derechos reservados.

