



**GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN**

INFORME

DERECHOS, EXTRACCIONES Y TASAS UNITARIAS DE CONSUMO DE AGUA DEL SECTOR MINERO REGIONES CENTRO-NORTE DE CHILE

REALIZADO POR:

PROUST CONSULTORES

S.I.T. N°146

SANTIAGO, MARZO 2008

**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN**

**Ministro de Obras Públicas
Sr. Sergio Bitar Chacra**

**Director General de Aguas
Sr. Rodrigo Weisner Lazo**

**Jefe División de Estudios y Planificación
Sr. Pedro Rivera Izam**

**Profesional Participante
Sr. Luis Rojas Badilla**

PROUST CONSULTORES:

**Jefe de Proyecto
Sr. Manuel Tejos Lemus
Sr. Jorge Proust Duclos**

CONTENIDO DEL ESTUDIO

1.	RESUMEN EJECUTIVO	2
▪	<i>Derechos de Agua</i>	2
▪	<i>Extracciones de Agua</i>	3
▪	<i>Extracciones vs. Derechos</i>	3
▪	<i>Tasa Unitaria de Consumo de Agua</i>	4
▪	<i>Recomendaciones</i>	4
2.	INTRODUCCIÓN	5
3.	ALCANCE DEL ESTUDIO	6
	Cuadro 1: Principales Empresas Mineras con Operaciones en las Regiones Centro-Norte	8
	Cuadro 2: Principales Regiones y Cuencas que Comprende el Estudio	9
4.	METODOLOGÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN	10
5.	INFORMACIÓN RECOPIADA	12
	Tabla 1: Derechos y Extracciones de Agua por Región – Sector Minero	13
	Tabla 2: Derechos y Extracciones de Agua por Cuenca – Sector Minero	14
	Tabla 3: Tasa de Consumo Unitario de Agua Fresca Procesos de Beneficio de Minerales de Cobre	15
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	16
	Gráfico 1: Derechos Consuntivos Informados por Región (L/s)	18
	Gráfico 2: Derechos Consuntivos Informados por Región (%)	19
	Gráfico 3: Extracción Total Informada por Región (L/s)	19
	Gráfico 4: Extracción Total Informada por Región (%)	20
	Gráfico 5: Composición de Derechos Consuntivos Catastro Público de Aguas (DGA)	20
	Gráfico 6: Derechos Consuntivos Catastro DGA v/s Informados	21
	Gráfico 7: Porcentaje de Uso de Derechos Consuntivos Informados por Región	21
	Gráfico 8: Derechos Consuntivos Informados por Cuenca (L/s)	22
	Gráfico 9: Extracción Total por Cuenca (L/s)	22
	Gráfico 10: Porcentaje de Uso de Derechos Consuntivos por Cuenca	23
	Gráfico 11: Extracción Informada de Agua Fresca por Empresas Mineras (L/s)	24
	Gráfico 12: Consumo Unitario de Agua en Proceso de Concentración por Compañía Minera (m ³ /t)	25
	Gráfico 13: Consumo Unitario de Agua en Proceso de Hidrometalurgia por Compañía Minera (m ³ /t)	26
	Gráfico 14: Eficiencia Hídrica en Proceso de Concentración	27
	Gráfico 15: Eficiencia Hídrica en Proceso de Hidrometalurgia	27
7.	CONCLUSIONES	28
8.	RECOMENDACIONES	29
9.	BIBLIOGRAFÍA	30

INFORME

DERECHOS, EXTRACCIONES Y TASAS UNITARIAS DE CONSUMO DE AGUA DEL SECTOR MINERO REGIONES CENTRO-NORTE DE CHILE

Preparado para:

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio ha sido encomendado por la Dirección General de Aguas (DGA) y tiene por objetivo establecer los derechos de aprovechamiento de agua con que cuenta del sector minero nacional, el caudal de extracciones de agua empleado en las faenas mineras como agua fresca (o *make-up*) y la tasa de consumo unitario de agua fresca por proceso minero. El estudio comprende las regiones centro-norte del país (desde la VI Región al norte¹) y está basado en la información disponible en el Catastro Público de Aguas de la DGA, y en los derechos de aprovechamiento, extracciones de agua y tasa promedio de procesamiento de minerales informados por las empresas mineras para el período 2006. El alcance del análisis comprende las empresas mineras productoras de cobre, oro, plata, hierro y minerales no metálicos, representando más del 95% de las producciones a nivel nacional.

■ *Derechos de Agua*

De acuerdo a la información recabada, el monto total de derechos consuntivos de agua del sector minero, para las regiones indicadas, alcanza a 30,7 m³/s (metros cúbicos por segundo), de los cuales 13 m³/s (42%) corresponden a derechos permanentes y eventuales de agua superficial y 17,7 m³/s (58%) a derechos permanentes y provisionales de agua subterránea. Los derechos permanentes de aguas superficiales y subterráneas alcanzan un monto estimado de 24,7 m³/s, representando un 80% de los derechos consuntivos totales. El sector minero cuenta, además, con 76,8 m³/s de derechos no consuntivos de agua, de los cuales un 91% y 8% han sido otorgados en la Regiones VI y V respectivamente.

La II Región concentra el 33% de los derechos consuntivos de agua del sector minero, seguida de las Regiones IV y VI, con 17% y 16% respectivamente; luego se ubican las Regiones III y

¹XV Región: Región Arica y Parinacota

I Región: Región de Tarapacá

II Región: Región de Antofagasta

III Región: Región de Atacama

IV Región: Región de Coquimbo

V Región: Región de Valparaíso

VI Región: Región del Libertador General Bernardo O'Higgins

RM: Región Metropolitana

I, con 13% y 10% respectivamente, y la Región Metropolitana y V Región, con 6% y 5% respectivamente.

En las Regiones I, II y III predominan los derechos de agua subterránea por sobre los derechos de agua superficial, destacándose la I Región, donde más del 97% de los derechos consuntivos son de agua subterránea, seguida de la II Región con cerca del 91%. En las demás regiones predominan los derechos de agua superficial por sobre los derechos de agua subterránea, destacándose la VI Región, donde más del 93% de los derechos consuntivos son de agua superficial, seguida de la IV Región con cerca del 70%.

El total de derechos consuntivos de agua informados por las empresas mineras es mayor en un 12,5% respecto de la información disponible en el Catastro Público de Aguas de la DGA. Esta diferencia se atribuye, en parte, a que algunos derechos de agua no estarían inscritos a nombre de las empresas mineras, y también a que el catastro podría no estar completamente actualizado. En todo caso, la diferencia identificada no resulta significativa para efectos del presente estudio.

▪ ***Extracciones de Agua***

Las extracciones de agua informadas por las empresas mineras para el período 2006 alcanzan un promedio anual de 11,9 m³/s. Este monto no incluye agua de mar, agua adquirida a terceros o agua alumbrada en las labores mineras. El caudal total de extracción de agua representa un 39% de los derechos consuntivos totales del sector minero, y un 48% de los derechos consuntivos permanentes.

Las Regiones II y VI concentran el 41% y 17%, respectivamente, de las extracciones de agua del sector minero, seguidas de las Regiones III y I, ambas con 12%; luego se ubican las Regiones V y Metropolitana, con 8% y 6% respectivamente, y la IV Región con 4%.

▪ ***Extracciones vs. Derechos***

El sector minero opera con una relación levemente inferior a 0,5 (50%) entre las extracciones de agua para *make-up* y los derechos permanentes (de mayor seguridad hidrológica). Este factor contribuye a dar seguridad al abastecimiento de agua de las operaciones mineras, considerando que los derechos de aguas deben cubrir los periodos de consumos máximos puntuales, que no se encuentran reflejados en los valores promedio anuales. Asimismo, los derechos de agua permiten a las empresas mineras evaluar las posibilidades de ampliación de sus faenas. Sin embargo, el 52% restante de los derechos consuntivos permanentes no necesariamente representa en su totalidad recursos hídricos disponibles para su explotación, debido, entre otros factores, a que algunas cuencas ya presentan cierto grado de sobreexplotación por el conjunto de usuarios, y debido a los manejos ambientales que se han debido adoptar en el último tiempo.

El mayor porcentaje de uso de los derechos consuntivos de agua, es decir, la relación entre las extracciones de agua para *make-up* y los derechos consuntivos, corresponde a la V Región, con un 58%, en tanto el menor porcentaje de uso corresponde a la IV Región, con un 8%. En el resto de las regiones el porcentaje de uso de los derechos consuntivos se ubica en un rango de 36% a 48%.

▪ ***Tasa Unitaria de Consumo de Agua***

El consumo unitario de agua fresca en los procesos de beneficio de minerales de cobre, incluyendo concentración (flotación) e hidrometalurgia (lixiviación, extracción por solventes y electro-obtención) presenta una marcada diferencia entre procesos y condiciones operacionales de las faenas mineras. La tasa de consumo, expresada en metros cúbicos de agua fresca por cada tonelada de mineral procesado (m^3/ton), alcanza un valor promedio de 0,79 para los procesos de concentración y de 0,13 para los procesos de hidrometalurgia.

La tasa de consumo de agua fresca en los procesos de concentración fluctúa en un rango amplio de 0,3 a 2,1 m^3/ton . Los valores más altos corresponden a operaciones en que no es posible recircular las aguas desde los depósitos de relave. Por su parte, la tasa de consumo de agua fresca en los procesos de hidrometalurgia fluctúa en un rango de 0,08 a 0,25 m^3/ton .

▪ ***Recomendaciones***

Se recomienda la creación de una base de datos electrónica georeferenciada de derechos y extracciones de agua del sector minero, y de un sistema que permita sistematizar, verificar y actualizar periódicamente esta información. Tal herramienta de gestión no existe en la actualidad, y su implementación permitiría en un corto tiempo eliminar el rango de incertidumbre de la información (aunque no es significativa) y medir en el tiempo el desempeño y eficiencia del sector minero en la utilización de los recursos hídricos.

Se recomienda desarrollar un estudio de similares características para los otros sectores consumidores de agua, incluyendo las principales actividades industriales no mineras, la agricultura y las empresas sanitarias que abastecen de agua potable a la población en las regiones analizadas.

2. INTRODUCCIÓN

El estudio “Estimaciones de demandas de agua en Chile y proyecciones futuras” ha sido realizado por la Dirección General de Aguas (DGA) para tener una estimación general a escala nacional sobre los usos del agua por parte de los diferentes sectores productivos. La información levantada constituye uno de los principales antecedentes para la gestión y planificación estratégica de los recursos hídricos del país, orientada a satisfacer las demandas de los diversos rubros de la actividad económica y social. Sin embargo, dado el carácter general de la información de base utilizada, el uso apropiado de los resultados debe entenderse más bien como información de referencia que como valores absolutos. Una mayor definición de las condiciones de uso por sector, requiere de mayores esfuerzos de recopilación, sistematización, desagregación y convalidación de la información, así como, de su situación formal y legal. Con el presente trabajo, la DGA da inicio a una línea de trabajo sectorial de mayor detalle comenzando con el sector Minero.

Los procesos de beneficio de minerales, cualquiera sea su tipo (flotación, lixiviación u otro), requieren suministrar agua. En la mayoría de las faenas mineras es posible manejar el recurso hídrico en circuito cerrado dentro del proceso, recirculando el agua una y otra vez, requiriéndose el suministro de agua nueva o “fresca” (*make-up*) sólo para reponer las pérdidas inevitables que se generan por evaporación y la humedad remanente en los residuos sólidos². Bajo ciertas condiciones geográficas, de distancia y/o diferencia de altitud entre el proceso principal y los sitios en que se obtiene el producto final o se dispone el residuo sólido, no resulta posible recircular toda el agua de proceso, haciéndose necesario eliminar el excedente, lo que genera un mayor requerimiento de agua fresca en la planta de procesos.

El presente estudio ha sido encomendado por la DGA con el propósito de recopilar y sistematizar la información sobre derechos, extracciones y tasa de consumo unitario de agua de la industria minera nacional. Los objetivos específicos del estudio son los siguientes:

- Establecer los derechos de aprovechamiento de agua con que dispone el sector minero nacional para realizar sus operaciones y evaluar proyectos;
- Establecer el caudal de extracciones de agua que emplean las faenas mineras como agua fresca (o *make-up*);
- Establecer la tasa de consumo unitario de agua fresca, desglosado en los procesos de la minería del cobre (concentración e hidrometalurgia).

El estudio se enmarca en una iniciativa mayor impulsada por la DGA, orientado a establecer la participación que le cabe al sector minero, como consumidor de agua, en el contexto global de

² Denominados “residuos masivos mineros”, que incluyen estériles, relaves, rípios de lixiviación y escorias, entre otros.

extracciones del recurso hídrico, donde participan otras actividades y sectores productivos. En tal sentido, los resultados de este estudio contribuirán a establecer un diagnóstico sobre la oferta, la demanda y eficiencia de agua en las principales cuencas con presencia de actividad minera, como primer paso en el diseño de planes de manejo sustentable del recurso hídrico, donde necesariamente debe incluirse la participación de los demás sectores, como el sanitario, la industria no minera y la actividad agrícola.

3. ALCANCE DEL ESTUDIO

El estudio comprende las regiones centro-norte del país (desde la VI Región al norte), en las cuales se desarrolla un porcentaje mayoritario de la actividad minera nacional. Para esta área se ha recopilado y analizado la información de derechos, extracciones y tasa de consumo unitario de agua de las principales empresas mineras (ver **Cuadro 1**), clasificando la información a nivel de región. Además, se establece una clasificación de derechos y extracciones de aguas a nivel de cuenca (ver **Cuadro 2**).

La cobertura del estudio contempla las empresas de minería metálica y no-metálica que operan en el país y que representan los siguientes porcentajes aproximados de producción anual:

- **96%** de la producción de **cobre**
- **95%** de la producción de **oro**
- **97%** de la producción de **plata**
- Uno de los principales productores de minería **no-metálica**, con un valor de producción de **90%** de sales de potasio y nitratos; y **53%** de yodo y litio.

El estudio está enfocado a recopilar y analizar información de derechos de aguas superficiales y subterráneas, así como información sobre los caudales de extracción de agua que realizan las empresas mineras conforme a los derechos otorgados, además las tasas unitarias de consumo de agua fresca en los principales procesos de la minería del cobre.

El presente trabajo no considera las extracciones de agua de mar, aguas adquiridas a terceros (no mineros) o aguas halladas en labores mineras, cuyo aprovechamiento se realiza conforme a lo establecido en el artículo 56 del Código de Aguas y en el artículo 110 del Código de Minería.

La información sobre caudales de extracción de agua de las empresas mineras cubre el período 2006, por lo que los resultados y conclusiones del estudio se consideran representativos de un escenario actualizado, en que se aprecian mayores eficiencias en el uso del recurso hídrico respecto de la situación de años anteriores.

El análisis de derechos, extracciones y tasa de consumo de agua se realiza a nivel de valores medios anuales. No se incluye en el presente estudio el análisis a nivel mensual o estacional de los derechos de aprovechamiento otorgados bajo modalidades variables en el tiempo (en tales casos se emplea el valor medio anual).

Cuadro 1: Principales Empresas Mineras con Operaciones en las Regiones Centro-Norte

I Región: *Cía. Minera Doña Inés de Collahuasi*
Cía. Minera Cerro Colorado
Cía. Minera Quebrada Blanca
Soquimich

II Región: *Cía. Minera Zaldívar*
Spence
Minera Escondida
Codelco División Codelco Norte
Cía. Minera Meridian
Cía. Minera Lomas Bayas
Fundición Altonorte
Minera El Abra
Minera El Tesoro
Minera Michilla
Soquimich
Minera Mantos Blancos

III Región: *Manto Verde*
Cía. Minera Nevada
Cía. Minera Mantos de Oro
Codelco División Salvador
Cía. Minera Candelaria
Cía. Minera Ojos del Salado
Cía. Minera del Pacífico
Sociedad Punta del Cobre
Soquimich

IV Región: *Cía. Minera El Indio*
Minera Carmen de Andacollo
Cía. Minera Los Pelambres
Cía. Minera del Pacífico

V Región: *El Soldado*
Codelco División Andina
Minera Las Cenizas

VI Región: *Codelco División El Teniente*

Región Metropolitana: *Cía. Minera Sur Andes*

Cuadro 2: Principales Regiones y Cuencas que Comprende el Estudio

Región	Cuenca
I Región	Salar de Coposa Salar de Michincha Alconcha Lagunillas Tamarugal
II Región	Río Loa Salas de Atacama Salar de Ascotán Salar de Punta Negra Quebrada La Negra
III Región	Río Copiapó Río Huasco Salar de Pedernales Salar de Maricunga Salar de la Azufrera
IV Región	Río Choapa El Culebrón Río Elqui
V Región	Río Aconcagua
VI Región	Río Cachapoal
Región Metropolitana	Ríos Maipo-Mapocho

4. METODOLOGÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

En una primera etapa se consultó la información disponible en el Catastro Público de Aguas de la Dirección General de Aguas (DGA) y en los derechos de aprovechamiento, extracciones y tasa de consumo unitario de agua informados por las empresas mineras para el período 2006.

El Catastro Público de Aguas fue consultado a nivel central, obteniéndose copia digital de las resoluciones que otorgan derechos de aprovechamiento de agua a empresas mineras. Esta información fue clasificada y sistematizada del siguiente modo:

- Número de Resolución
- Fecha de Resolución
- Tipo de derecho otorgado
- Sector o cuenca
- Comuna, Provincia y Región
- Caudal total otorgado por punto o pozo.

En **Anexo A** de este estudio se presenta el detalle de la información obtenida en el Catastro Público de Aguas, desglosado por compañía minera.

Posteriormente, la información sobre derechos de aprovechamiento, extracciones y tasas unitarias de consumo de agua de las empresas mineras fue consultada en las siguientes fuentes:

- Informes Oficiales presentados por las empresas mineras a las oficinas regionales de la DGA
- Reportes de Sustentabilidad publicados por las empresas mineras
- Consulta realizada a través de una carta enviada a las empresas mineras
- Resoluciones de Calificación Ambiental - Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

La información del Catastro Público de Aguas se analizó diferenciando los siguientes tipos de derechos:

- **Derechos consuntivos superficiales**, sub-clasificados en: (a) derechos permanentes; y (b) derechos eventuales;
- **Derechos consuntivos subterráneos**, sub-clasificados en: (a) derechos permanentes; y (b) derechos provisionales.

Lo derechos no consuntivos fueron considerados separadamente, debido a que, por definición, no constituyen un derecho que pueda emplearse para respaldar un consumo de *make-up*.

En los casos en que se identificó una diferencia entre la información del Catastro Público de Aguas y lo reportado por alguna empresa minera, se adoptó como criterio considerar el valor más alto, con lo cual se obtiene un resultado conservador para efectos del presente análisis.

La información de derechos y extracciones de agua fue analizada a nivel regional y de cuenca, en tanto la información de tasa unitaria de consumo de agua fue analizada a nivel regional, obteniéndose en cada caso los siguientes resultados:

- Derechos consuntivos informados por región, expresados en caudal y distribución porcentual en la zona de estudio (regiones centro-norte de Chile);
- Extracción total informada por región, expresada en caudal y distribución porcentual en la zona de estudio;
- Composición de derechos consuntivos provenientes del Catastro Público de Aguas de la DGA (distribución porcentual);
- Comparación de información de derechos consuntivos provenientes del Catastro Público de Aguas de la DGA v/s derechos consuntivos informados por las Empresas Mineras;
- Composición de derechos consuntivos informados por las Empresas Mineras (distribución porcentual);
- Porcentaje de uso de derechos consuntivos informados por región;
- Derechos consuntivos informados por cuenca, expresados en caudal;
- Extracción total por cuenca, expresado en caudal;
- Porcentaje de uso de derechos consuntivos informados por cuenca;
- Extracción informada de agua fresca por empresas mineras;
- Consumo unitario de agua en proceso de concentración de cobre (fc) por Compañía Minera, expresado en metros cúbicos de agua fresca por tonelada de mineral ingresado a proceso;
- Consumo unitario de agua en proceso de hidrometalurgia de cobre (fh) por Compañía Minera, expresado en metros cúbicos de agua fresca por tonelada de mineral ingresado a proceso.

5. INFORMACIÓN RECOPIADA

En la **Tabla 1** se presenta la información sobre derechos de aprovechamiento y extracciones de agua recopilada y clasificada por región, incluyendo los antecedentes del Catastro Público de Aguas de la DGA y la información oficializada por las empresas mineras.

En la **Tabla 2** se presenta la información sobre derechos de aprovechamiento y extracciones de agua recopilada y clasificada por cuenca.

En la **Tabla 3** se presenta la información sobre tasa de consumo unitario de agua fresca clasificada por proceso de beneficio de minerales de cobre (concentración e hidrometalurgia de cobre). Este último análisis se realizó sobre ciertas empresas mineras de cobre que representan cerca del 90% de la extracción total de aguas del sector minero analizado.

En **Anexo A** de este documento se incluye la información del Catastro Público de Aguas de la DGA. Además, en **Anexo B** se incluye la información entregada por las Empresas Mineras.

Tabla 1: Derechos y Extracciones de Agua por Región – Sector Minero

Región	Empresa Minera	Catastro Público de Aguas (DGA)							Empresas Mineras		
		Derechos Consuntivos Superficiales			Derechos Consuntivos Subterráneos			Total Derecho Consuntivo (L/s)	Derechos No Consuntivos (L/s)	Total Derecho Consuntivo Informado (L/s)	Extracción Informada (L/s)
		Permanentes	Eventuales	Total	Permanentes	Provisionales	Total				
		(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)				
I	Cía. Minera Doña Ines de Collahuasi	9	1	10	1.028	0	1.028	1.038	20	1.398	950
	Cía. Minera Cerro Colorado	0	0	0	300	0	300	300	0	300	111
	Cía. Minera Quebrada Blanca	0	0	0	436	0	436	436	0	436	129
	Soquimich	60	0	60	797	38	835	895	0	895	208
	Subtotal I	69	1	70	2.561	38	2.599	2.668	20	3.028	1.398
II	Cía. Minera Zaldivar	0	0	0	1.256	0	1.256	1.256	0	1.256	174
	Spence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	Minera Escondida	134	0	134	3.263	0	3.263	3.396	0	3.195	2.100
	Codelco División Codelco Norte	41	0	41	3.687	0	3.687	3.728	0	3.728	1.786
	Cía. Minera Meridian	0	0	0	52	0	52	52	0	52	8
	Cía. Minera Lomas Bayas	0	0	0	35	0	35	35	0	218	131
	Altonorte	0	0	0	70	0	70	70	0	70	39
	Minera El Abra	0	0	0	0	0	0	0	0	365	226
	Minera El Tesoro	0	0	0	45	0	45	45	0	142	48
	Minera Michilla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	Soquimich	460	94	554	581	0	581	1.135	0	1.135	343
Subtotal II	635	94	729	8.989	0	8.989	9.718	0	10.161	4.854	
III	Empresa Minera Mantos Blancos	556	200	756	129	0	129	885	0	885	116
	MantoVerde	0	0	0	200	0	200	200	0	200	91
	Cía. Minera Nevada	0	150	150	0	0	0	150	0	410	-
	Cía. Minera Mantos de Oro	0	3	3	474	0	474	477	0	477	-
	Codelco División Salvador	3	0	3	490	0	490	493	0	493	798
	Cía. Minera Candelaria	0	0	0	40	0	40	40	0	1.007	239
	Cía. Minera Ojos del Salado	0	0	0	905	0	905	905	0	70	89
	Cía. Minera del Pacífico	0	140	140	61	0	61	201	0	201	107
	Sociedad Punta del Cobre S.A.	0	0	0	155	0	155	155	0	155	-
	Soquimich	1	0	1	33	0	33	34	0	34	-
Subtotal III	560	493	1.053	2.486	0	2.486	3.539	0	3.932	1.441	
IV	Cía. Minera El Indio	105	125	230	20	0	20	250	0	250	-
	Cía. Minera Carmen de Andacollo	0	0	0	0	0	0	0	0	768	58
	Cía. Minera Los Pelambres	0	456	456	133	0	133	589	0	4.216	381
	Cía. Minera del Pacífico	0	0	0	88	0	88	88	0	88	-
Subtotal IV	105	581	686	241	0	241	927	0	5.322	439	
V	El Soldado	0	0	0	445	0	445	445	0	445	101
	Codelco División Andina	305	579	884	200	0	200	1.084	6.750	1.084	790
	Minera Las Cenizas (Cabildo)	0	0	0	27	0	27	27	0	82	35
Subtotal V	305	579	884	672	0	672	1.556	6.750	1.611	926	
VI	Codelco División El Teniente	1.200	3.461	4.661	306	0	306	4.966	70.036	4.966	2.100
	Subtotal VI	1.200	3.461	4.661	306	0	306	4.966	70.036	4.966	2.100
RM	División Los Bronces	600	593	1.193	269	0	269	1.462	0	1.675	718
	Subtotal RM	600	593	1.193	269	0	269	1.462	0	1.675	718
TOTAL		3.474	5.802	9.276	15.523	38	15.561	24.837	76.806	30.695	11.875

Tabla 2: Derechos y Extracciones de Agua por Cuenca – Sector Minero

Región	Cuencas	SubCuencas	Empresa Minera	Total Derecho Consuntivo Informado (L/s)	Extracción Informada (L/s)	
I	Altiplánicas		Coposa	Cía. Minera Doña Ines de Collahuasi	1.398	950
			Michincha	Cía. Minera Quebrada Blanca	316	129
			Alconcha	Cía. Minera Quebrada Blanca	120	-
			Lagunillas	Cía. Minera Cerro Colorado	300	111
			Tamarugal	Soquimich	590	92
			Subtotal I	2.724	1.282	
II	Río Loa	Río Loa	Soquimich		305	116
			Cía. Minera Lomas Bayas		218	131
			Codelco División Codelco Norte		3.728	1.786
			Minera El Tesoro		142	48
			Subtotal II	4.393	2.080	
II	Salar de Atacama	Salar Atacama	Cía. Minera Zaldivar		1.256	174
			Soquimich		1.135	343
			Minera Escondida		1.789	1.743
			Subtotal II	4.180	2.260	
II	Salar de Ascotán	Salar de Ascotán	Minera El Abra		365	226
			Subtotal II	365	226	
II	Salar Punta Negra	Salar Punta Negra	Minera Escondida		1.406	357
			Cía. Minera Meridian		52	8
			Subtotal II	1.458	365	
II	Quebrada La Negra	Quebrada La Negra	Altonorte		70	39
			Subtotal II	70	39	
III	Copiapo	Copiapo	Cía. Minera Candelaria		1.007	239
			Cía. Minera Ojos del Salado		70	89
			Sociedad Punta del Cobre S.A.		155	-
			Subtotal III	1.232	329	
III	Huasco	Huasco	Cía. Minera del Pacífico		201	107
			Cía. Minera Nevada		410	-
			Subtotal III	611	107	
III	Pedernales	Pedernales	Codelco División Salvador		493	798
			Subtotal III	493	798	
III	Salar Maricunga	Salar Maricunga	MantoVerde		200	91
			Empresa Minera Mantos Blancos		885	116
			Cía. Minera Mantos de Oro		477	-
			Subtotal III	1.562	207	
III	Salar de la Azufrera	Salar de la Azufrera	Soquimich		34	-
			Subtotal III	34	-	
IV	Choapa	Choapa	Cía. Minera Los Pelambres		4.216	381
			Subtotal IV	4.216	381	
IV	El Culebrón	El Culebrón	Cía. Minera Carmen de Andacollo		428	58
			Subtotal IV	428	58	
IV	Elqui	Elqui	Cía. Minera Carmen de Andacollo		340	-
			Cía. Minera del Pacífico		88	-
			Cía. Minera El Indio		250	-
			Subtotal IV	678	-	
V	Aconcagua	Aconcagua	Codelco División Andina		1.084	790
			El Soldado		445	101
			Los Bronces		643	-
			Minera Las Cenizas (Cabildo)		82	35
			Subtotal V	2.254	926	
VI	Cachapoal	Cachapoal	Codelco División El Teniente		4.966	2.100
			Subtotal VI	4.966	2.100	
RM	Maipo-Mapocho	Maipo-Mapocho	Los Bronces		1.032	718
			Subtotal RM	1.032	718	
			TOTAL	30.695	11.875	

Nota: Información de cuencas sujeta a revisión

Tabla 3: Tasa de Consumo Unitario de Agua Fresca Procesos de Beneficio de Minerales de Cobre

Región	Empresa Minera	Información Empresa									
		Extracción Validada					Capacidad Tratamiento (tpd)			Consumo Unitario (m ³ /t)	
		Concentración		Hidrometalurgia		Total				f _c	f _h
		(L/s)	(m ³ /d)	(L/s)	(m ³ /d)	(L/s)	Concentración	Hidrometalurgia	Total		
I	Cía. Minera Doña Ines de Collahuasi	933	80.600	17	1.440	950	130.000	18.000	148.000	0,62	0,08
	Cía. Minera Cerro Colorado	-	-	111	9.590	111	-	48.880	48.880	-	0,20
	Subtotal I	933	80.600	128	11.030	1.061	130.000	66.880	196.880	0,62	0,16
II	Spence	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Minera Escondida	1.973	170.467	127	10.973	2.100	230.570	168.214	398.784	0,74	0,07
	Codelco División Codelco Norte	1.408	121.651	378	32.659	1.786	163.836	188.685	352.521	0,74	0,17
	Minera El Abra	-	-	226	19.518	226	-	183.554	183.554	-	0,11
	Subtotal II	3.381	292.118	731	63.150	4.112	394.406	540.453	934.859	0,74	0,14
III	Empresa Minera Mantos Blancos	80	6.912	36	3.110	116	10.900	29.900	40.800	0,63	0,10
	MantoVerde	-	-	91	7.862	91	-	39.400	39.400	-	0,20
	Codelco División Salvador	737	63.677	61	5.270	798	30.712	20.959	51.671	2,07	0,25
	Cía. Minera Candelaria	239	20.658	-	-	239	60.800	-	60.800	0,34	-
	Cía. Minera Ojos del Salado	89	7.724	-	-	89	3.881	-	3.881	1,99	-
	Subtotal III	1.146	98.971	188	16.243	1.334	106.293	90.259	196.552	0,93	0,18
IV	Cía. Minera Los Pelambres	381	32.877	-	-	381	127.400	-	127.400	0,26	-
	Subtotal IV	381	32.877	0	0	381	127.400	0	127.400	0,26	-
V	El Soldado	97	8.381	4	346	101	26.624	1.792	28.416	0,31	0,19
	Codelco División Andina	790	68.282	-	-	790	70.137	-	70.137	0,97	-
	Subtotal V	887	76.663	4	346	891	96.761	1.792	98.553	0,79	0,19
VI	Codelco División El Teniente	2.100	181.440	-	-	2.100	129.041	-	129.041	1,41	-
	Subtotal VI	2.100	181.440	0	0	2.100	129.041	0	129.041	1,41	-
RM	División Los Bronces	658	56.851	60	5.184	718	56.205	63.014	119.219	1,01	0,08
	Subtotal RM	658	56.851	60	5.184	718	56.205	63.014	119.219	1,01	0,08
TOTAL		9.485	819.521	1.111	95.953	10.596	1.040.106	762.398	1.802.504	0,79	0,13

Nota: Los derechos de aprovechamiento de aguas de Mantoverde se encuentran otorgados a la Empresa Minera Mantos Blancos en la III Región.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- En los Gráficos 1 y 2 se presentan los resultados de la recopilación de información sobre derechos consuntivos de agua informados por las Empresas Mineras en cada región. Se aprecia que la II Región agrupa la mayor cantidad de derechos de aguas (33%), consecuente con el nivel de actividad minera que posee dicha región. En segundo lugar se ubican las Regiones IV y VI, con 17% y 16% respectivamente; luego se ubican las Regiones III y I, con 13% y 10% respectivamente, y la Región Metropolitana y V Región, con 6% y 5% respectivamente.
- En términos de las extracciones de agua del sector minero, tal como se visualiza en los Gráficos 3 y 4, la II Región agrupa el 41%, lo que también se relaciona con el mayor nivel de actividad minera de dicha región. La sigue la VI Región con 17%; posteriormente se ubican las Regiones III y I, ambas con 12%; luego se ubican las Regiones V y Metropolitana, con 8% y 6% respectivamente, y finalmente la IV Región con 4%.
- En el Gráfico 5 se presenta la composición de los derechos de aprovechamiento de aguas de carácter consuntivo, cuya fuente de información es el Catastro Público de Aguas administrado por la DGA. Se observa que alrededor del 63% de los derechos corresponden a derechos subterráneos permanentes.
- El análisis comparativo de información de derechos de agua entre el Catastro Público de Aguas de la DGA y los antecedentes informados por las empresas mineras se presentan en el Gráfico 6, observándose diferencias en las Regiones I, II III ,IV y V. A nivel global, el total de derechos consuntivos de agua informados por las empresas mineras es mayor en un 12,5% respecto de la información disponible en el Catastro Público de Aguas de la DGA.
- En el Gráfico 7 se muestra el porcentaje de uso de derechos consuntivos informados por región, donde el mayor porcentaje de uso de los derechos consuntivos de agua corresponde a la V Región con un 58%, en tanto el menor porcentaje de uso corresponde a la IV Región, con un 8%. En el resto de las regiones el porcentaje de uso de los derechos consuntivos se ubica en un rango de 36% a 48%.
- A nivel de cuencas, en el Gráfico 8 se visualiza que el 16,2% de los derechos consuntivos han sido otorgados en la cuenca del Cachapoal, lo que equivale a 5 m³/s aproximadamente, seguido de las cuencas del Loa, Choapa y Atacama, con 14,3%, 13,7% y 13,6% respectivamente, lo cual equivale a 4,4 m³/s, 4,2 m³/s y 4,1 m³/s respectivamente.

- En términos de extracciones de aguas del sector minero (ver Gráfico 9) el 19% de las extracciones actuales se realizan en la cuenca del Salar de Atacama, lo que equivale a 2,3 m³/s, seguido de las cuencas del Cachapoal y Loa con 17,7% y 17,5% respectivamente, lo cual equivale a 2,1 m³/s y 2,0 m³/s respectivamente.
- En el Gráfico 10 se observa que el mayor porcentaje de uso de los derechos consuntivos de agua corresponde a la Cuenca del Maipo -Mapocho, con un 69%, en tanto el menor porcentaje de uso corresponde a la Cuenca de Alconcha y Salar de Azufrera, ambas con menos de 1%. En el resto de las cuencas el porcentaje de uso de los derechos consuntivos se ubica en un rango de 12% a 67%.
- En el Gráfico 11 se muestra la distribución de extracción de agua fresca informada por las empresas mineras, expresada en litros por segundo (L/s). Se visualiza que la máxima extracción de agua promedio anual de agua fresca la realiza Minera Escondida en conjunto con Codelco División El Teniente ambas representadas con un valor de 2.100 (L/s).
- En el Gráfico 12 se presenta la distribución de consumo unitario de agua en proceso de concentración por Compañía Minera, expresada en metros cúbicos de agua fresca por toneladas de mineral. El promedio de consumo unitario de las empresas mineras de la Gran Minería de cobre es de aproximadamente 0,79 m³/ton.
- En el Gráfico 13 se presenta la distribución de consumo unitario de agua en procesos de hidrometalurgia por Compañía Minera, expresada en metros cúbicos de agua fresca por toneladas de mineral. El promedio de consumo unitario de las empresas mineras de la Gran Minería de cobre es de aproximadamente 0,13 (m³/ton).
- En el Gráfico 14 se muestra la eficiencia hídrica del proceso de concentración de cobre en términos porcentuales, comparando la información levantada en el Acuerdo de Producción Limpia “Uso eficiente de aguas en la industria minera y buenas prácticas”³ para el año 2000 y la información levantada en el marco del presente Estudio para el año 2006, donde se visualiza un aumento en la eficiencia hídrica de un 42%, pese al incremento lineal de la capacidad de tratamiento en concentración de cobre (toneladas por día). La meta propuesta en el APL para el mediano plazo es un consumo unitario de agua en proceso de concentración de 0,60 m³/ton.
- En el Gráfico 15 se muestra la eficiencia hídrica del proceso de hidrometalurgia de cobre en términos porcentuales, comparando la información levantada en el Acuerdo de Producción Limpia “Uso eficiente de aguas en la industria minera y buenas prácticas” para el año 2000 y la información levantada en el marco del presente Estudio para el año 2006, donde se visualiza un aumento en la eficiencia hídrica de un 65%, pese al

³ Acuerdo Marco de Producción Limpia Sector Gran Minería – Buenas Prácticas y Gestión Ambiental, Noviembre 2002.

incremento lineal de la capacidad de tratamiento en hidrometalurgia de cobre (toneladas por día). La meta propuesta en el APL para el mediano plazo es un consumo unitario de agua en proceso de hidrometalurgia de 0,25 m³/ton.

Gráfico 1: Derechos Consuntivos Informados por Región (L/s)

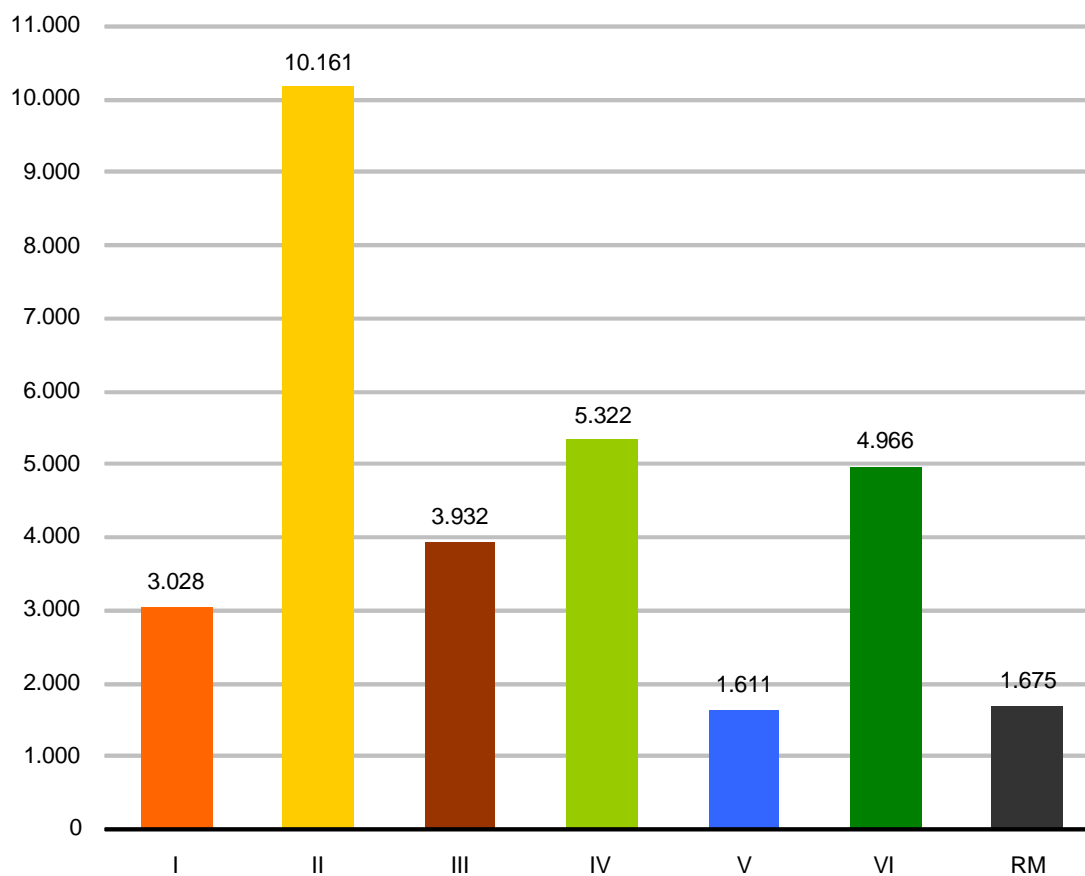


Gráfico 2: Derechos Consuntivos Informados por Región (%)

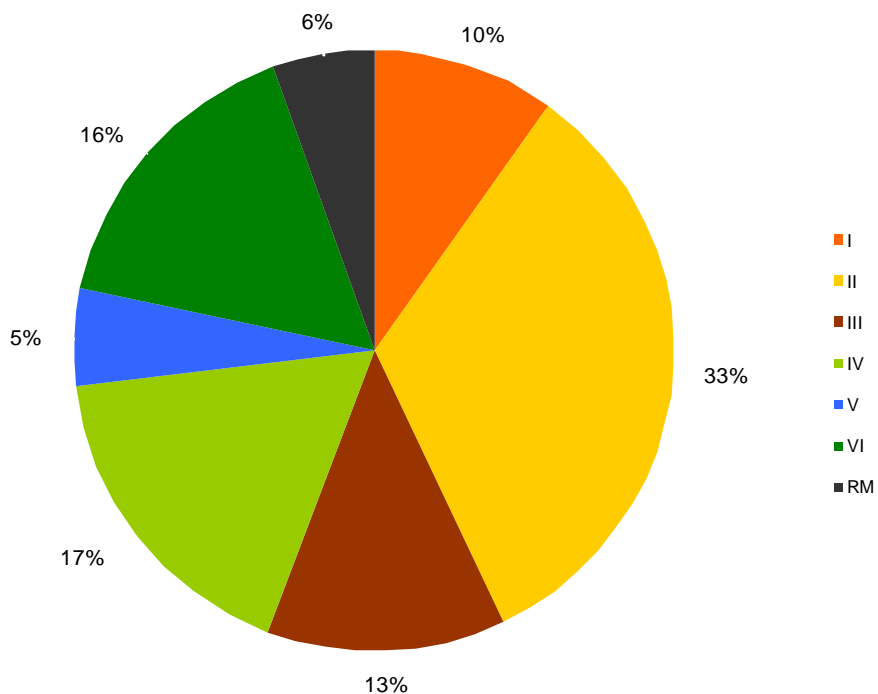


Gráfico 3: Extracción Total Informada por Región (L/s)

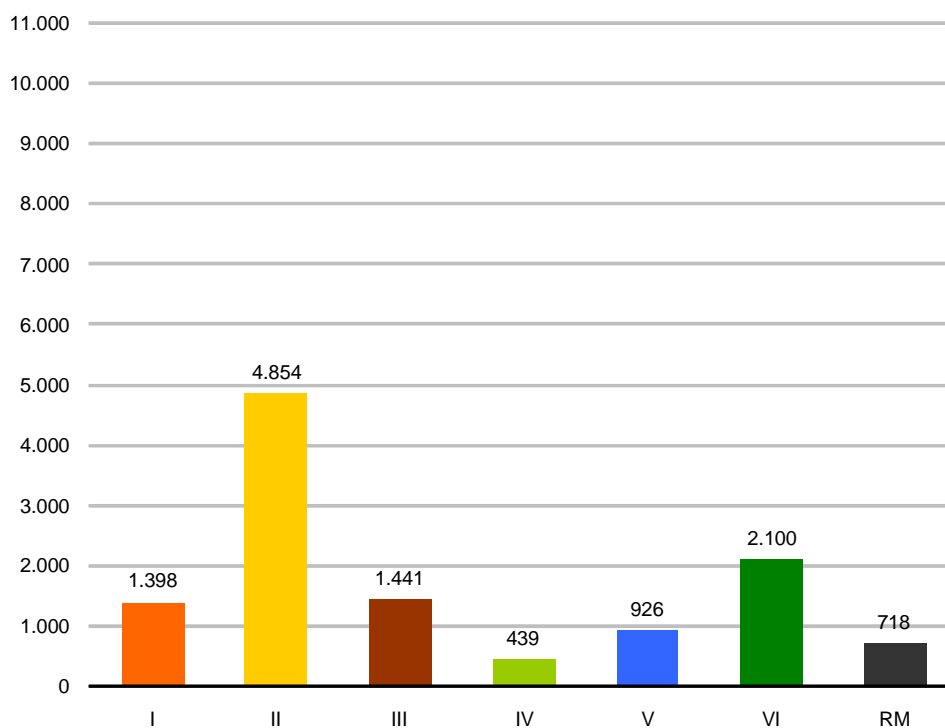


Gráfico 4: Extracción Total Informada por Región (%)

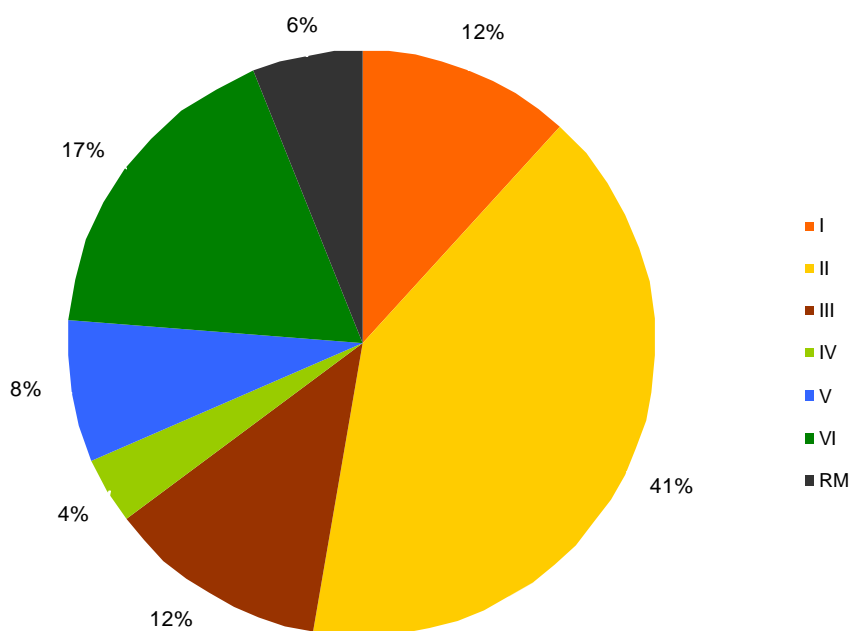


Gráfico 5: Composición de Derechos Consuntivos Catastro Público de Aguas (DGA)

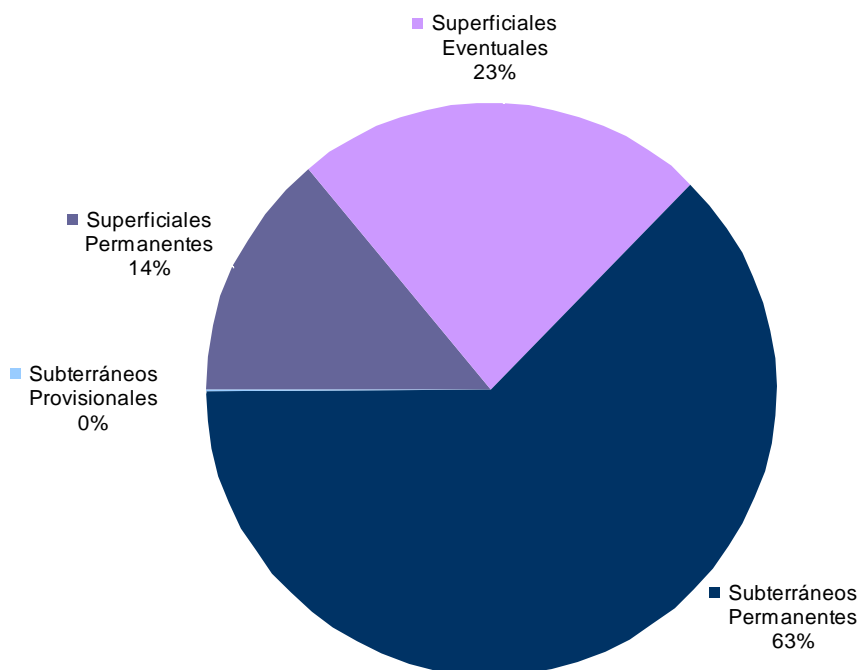


Gráfico 6: Derechos Consuntivos Catastro DGA v/s Informados

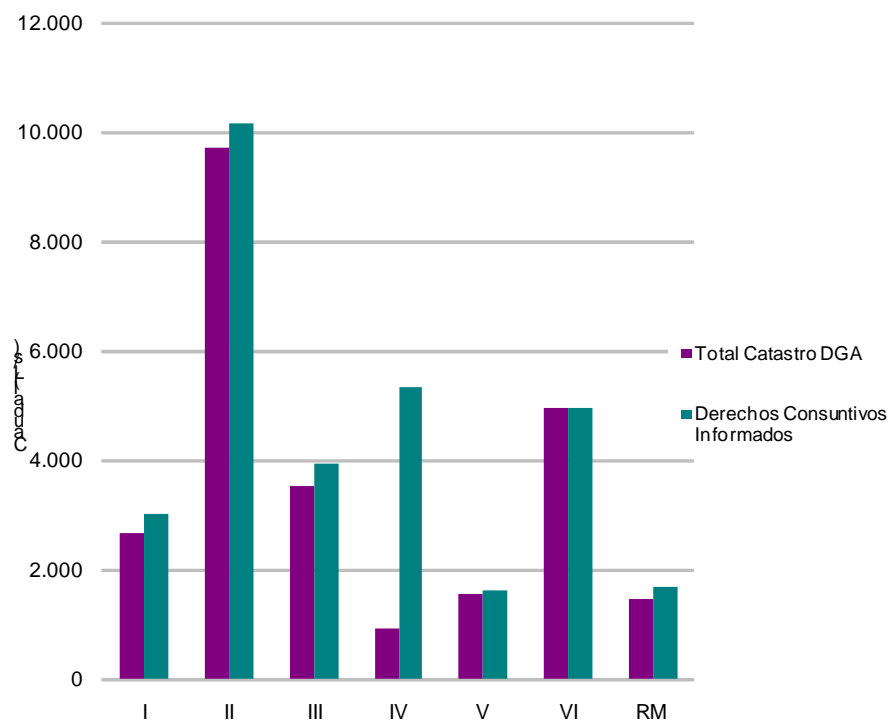


Gráfico 7: Porcentaje de Uso de Derechos Consuntivos Informados por Región

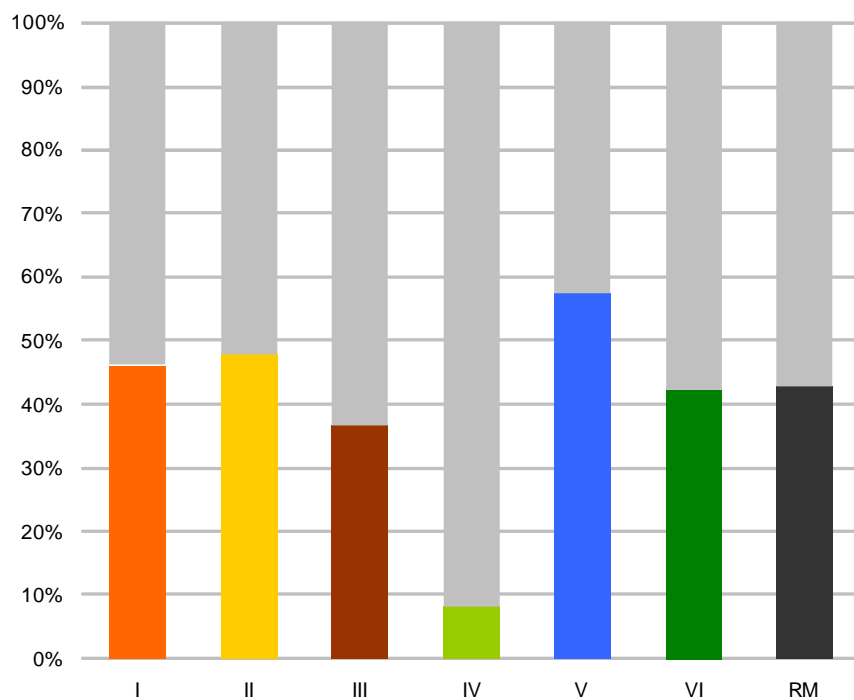


Gráfico 8: Derechos Consuntivos Informados por Cuenca (L/s)

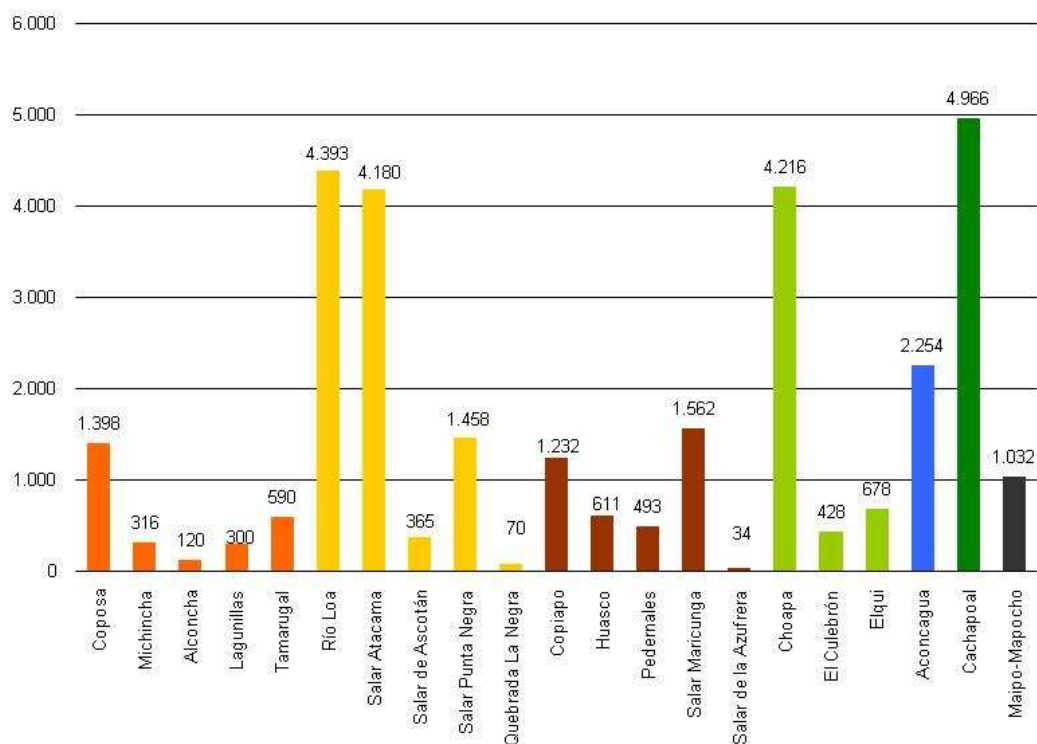


Gráfico 9: Extracción Total por Cuenca (L/s)

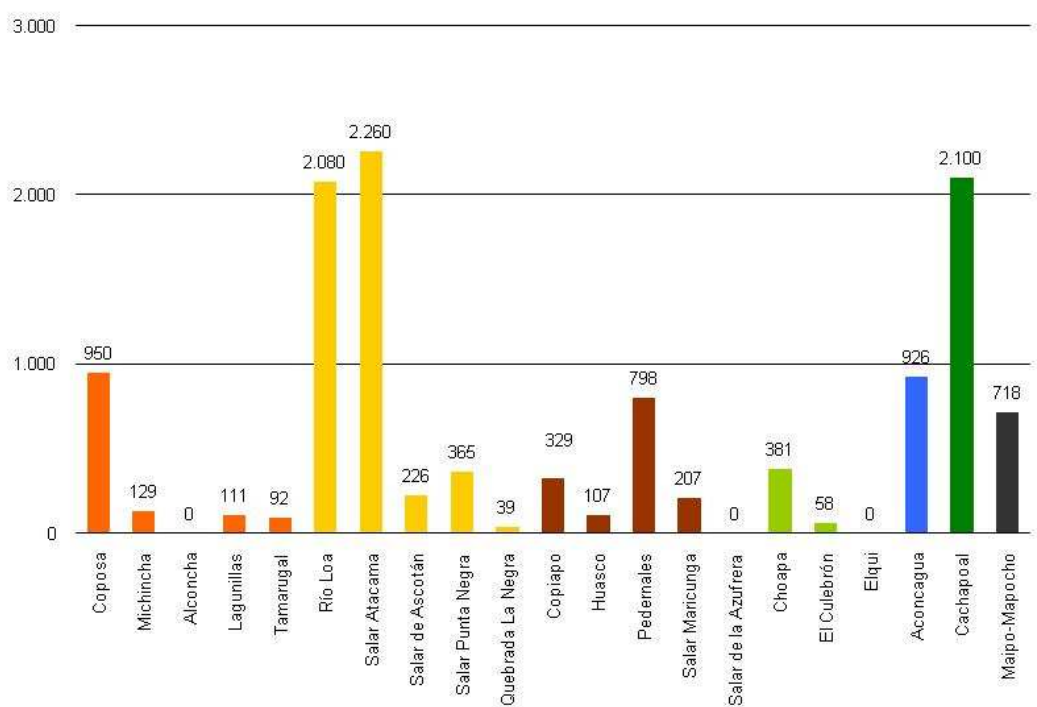


Gráfico 10: Porcentaje de Uso de Derechos Consuntivos por Cuenca

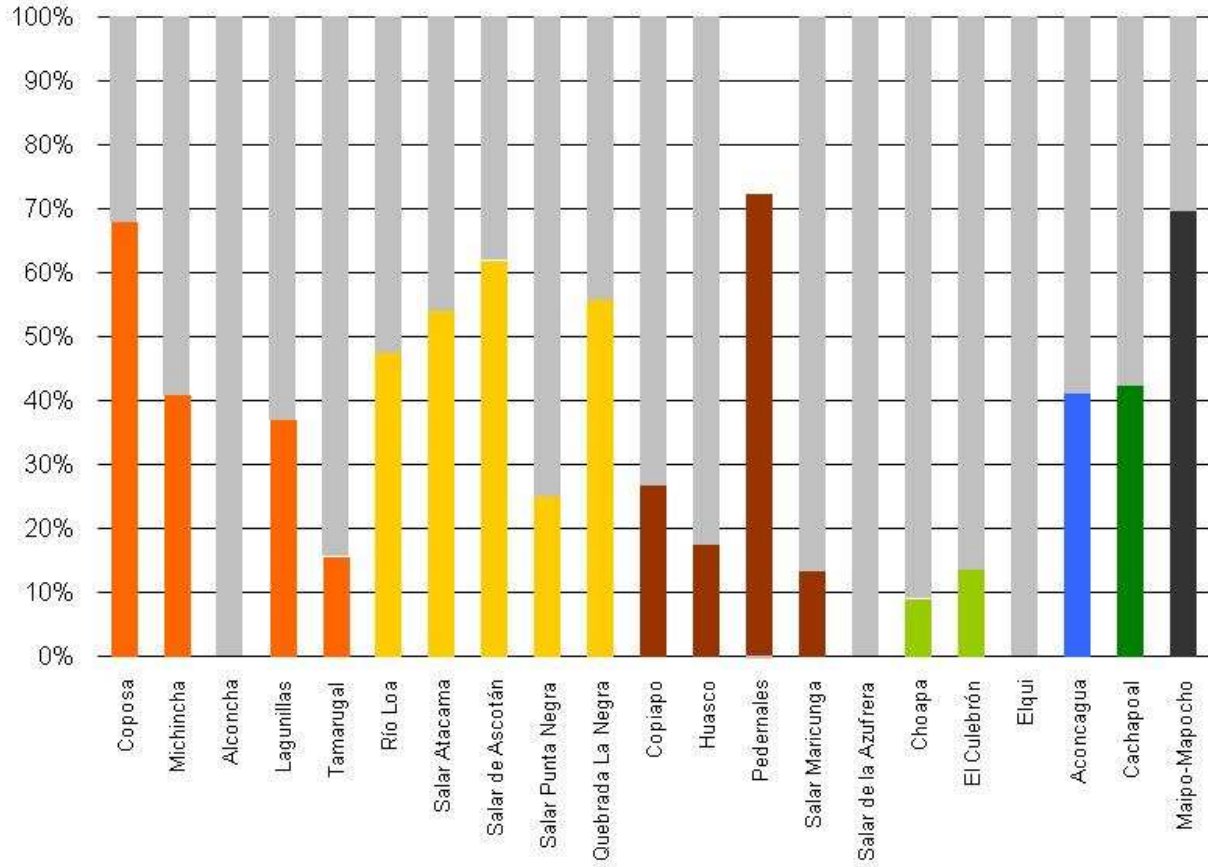


Gráfico 11: Extracción Informada de Agua Fresca por Empresas Mineras (L/s)

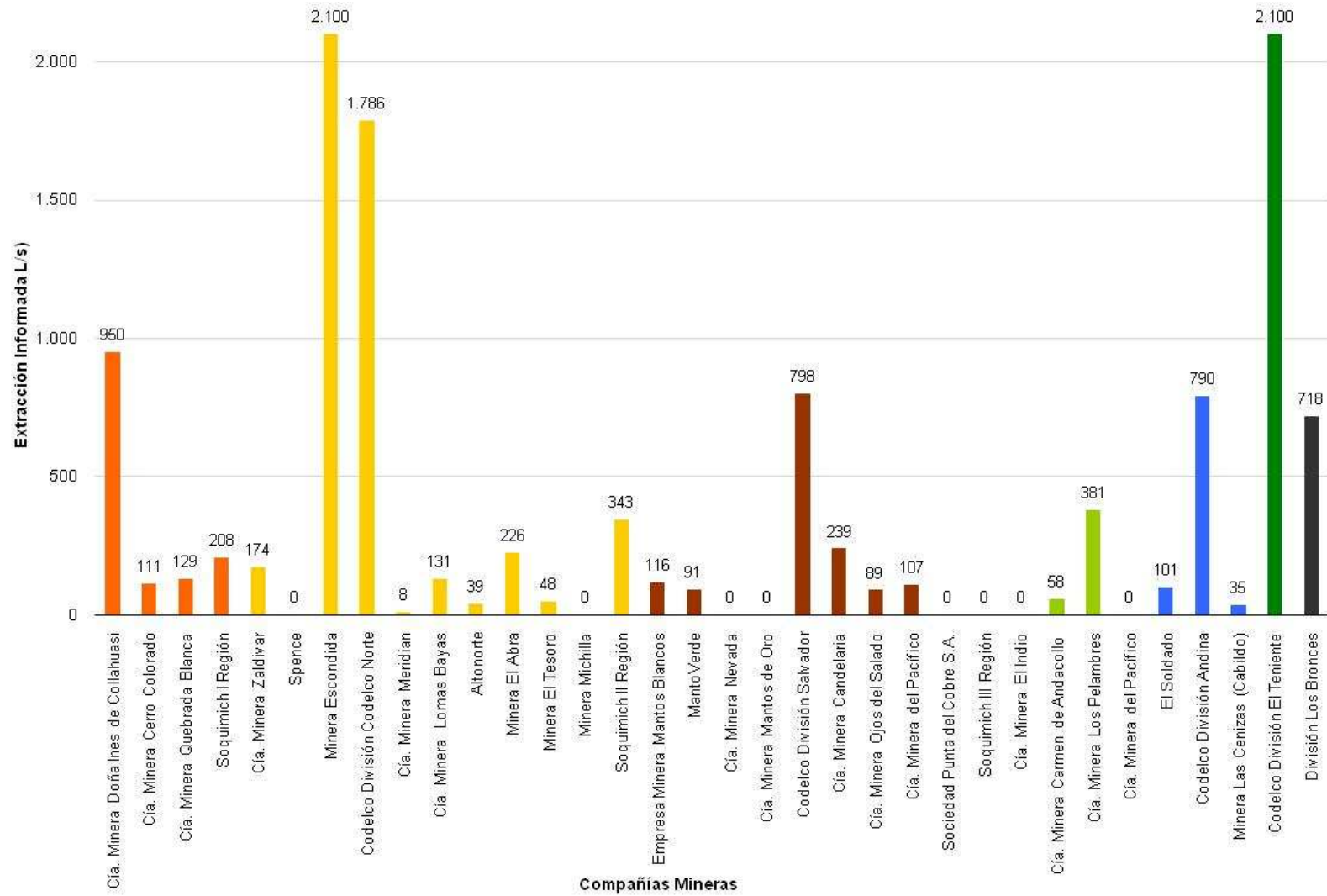


Gráfico 12: Consumo Unitario de Agua en Proceso de Concentración por Compañía Minera (m³/t)

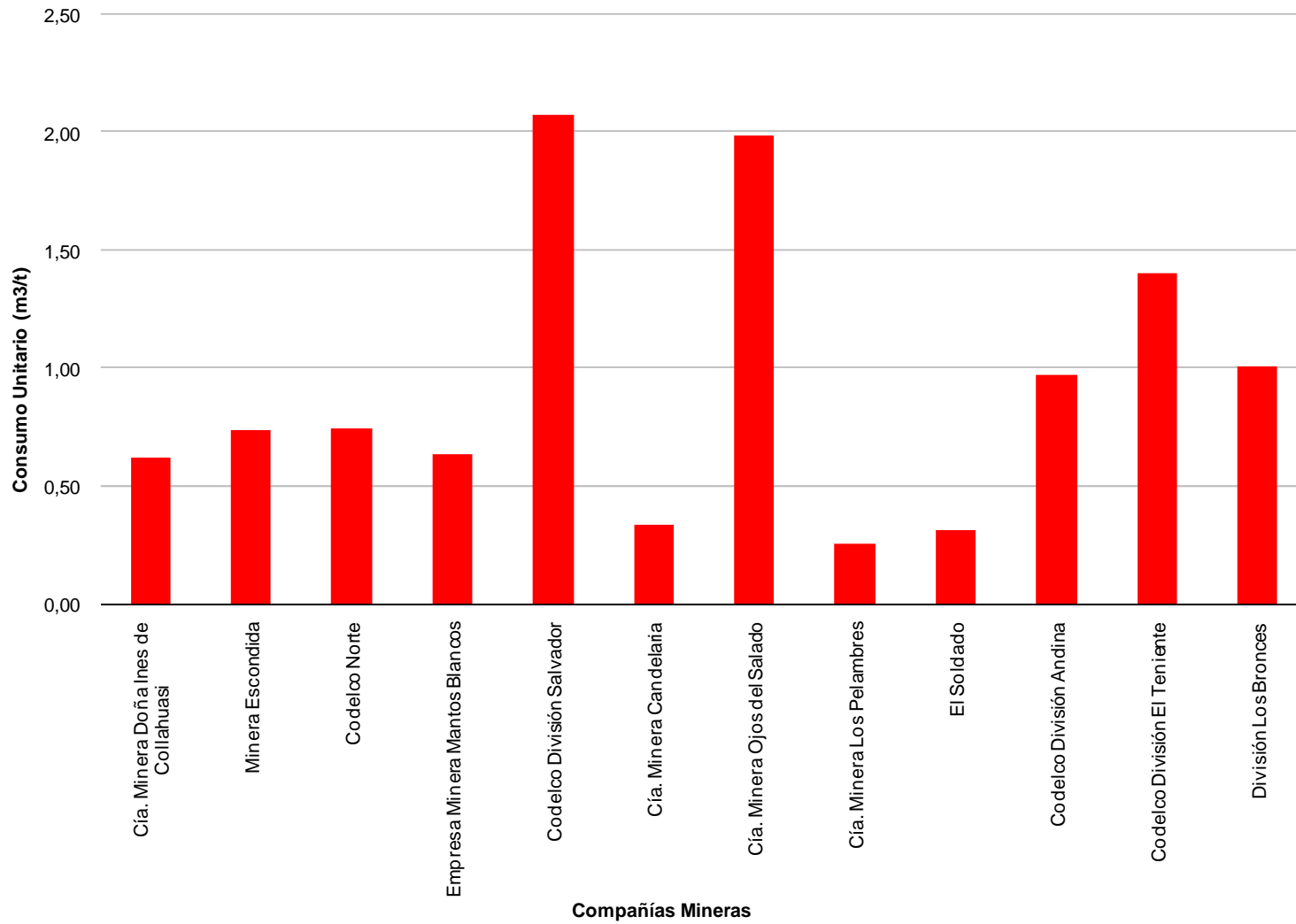


Gráfico 13: Consumo Unitario de Agua en Proceso de Hidrometalurgia por Compañía Minera (m³/t)

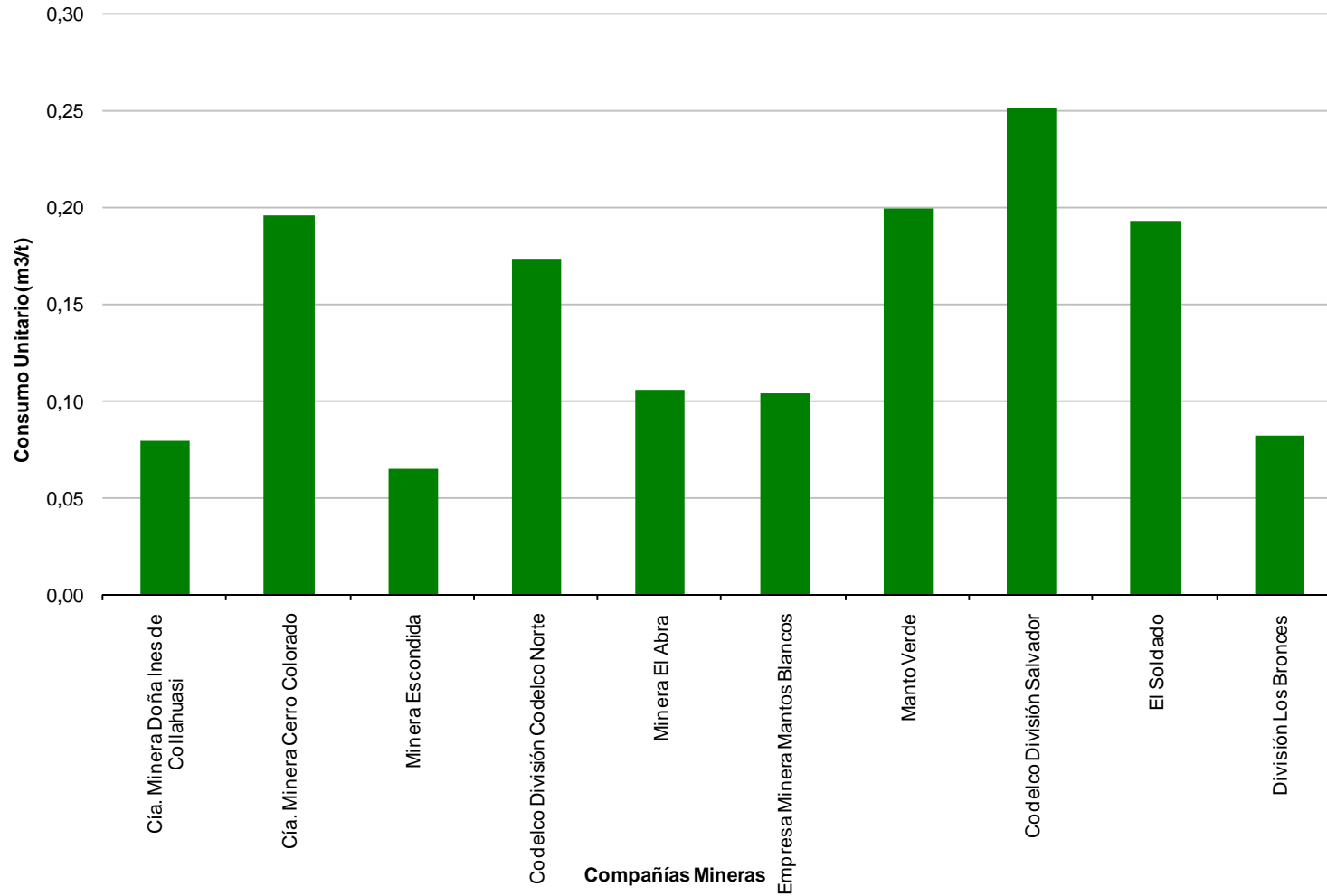


Gráfico 14: Eficiencia Hídrica en Proceso de Concentración

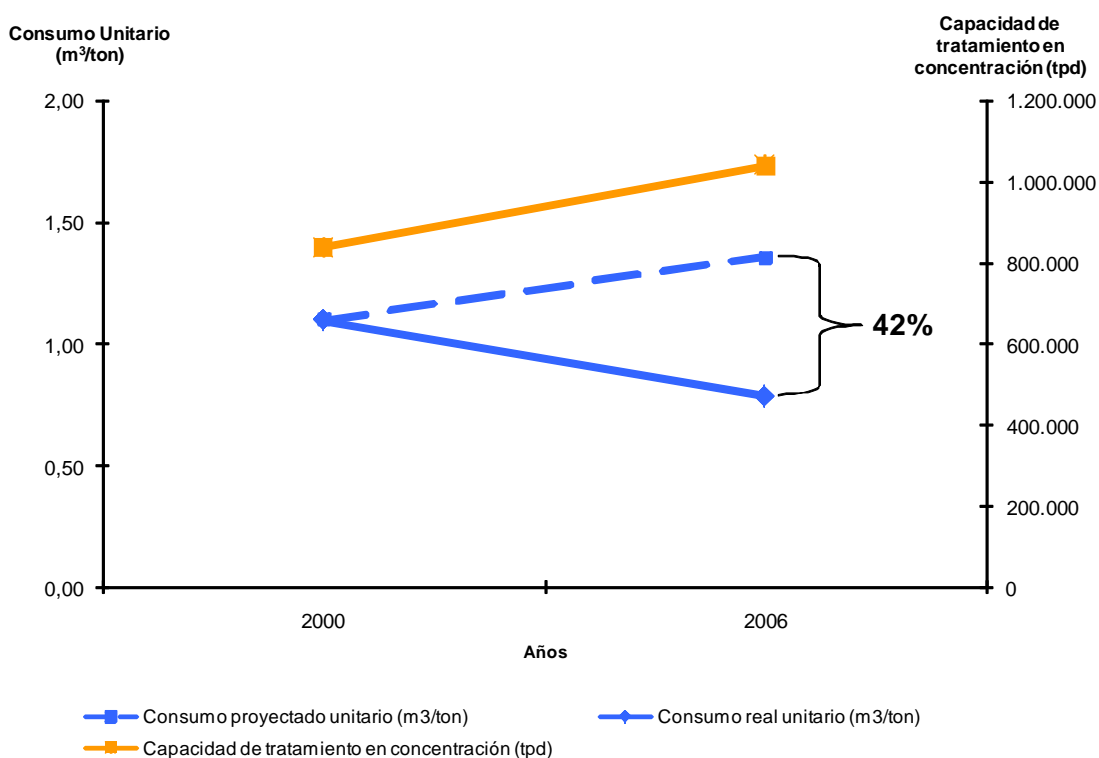
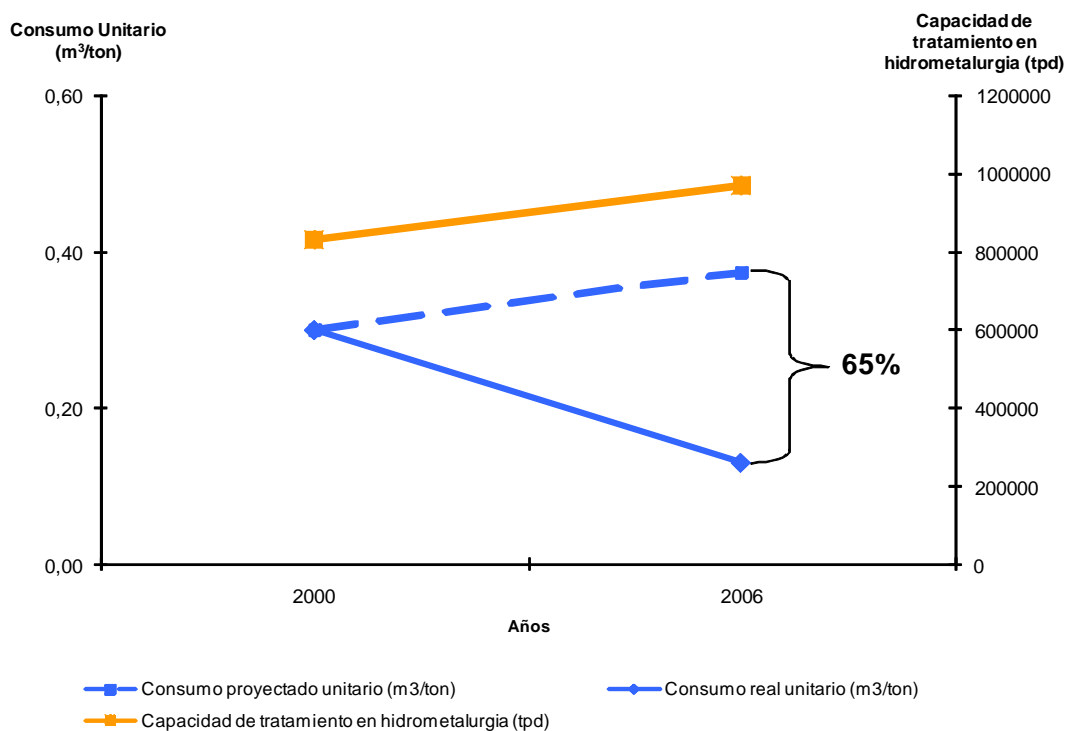


Gráfico 15: Eficiencia Hídrica en Proceso de Hidrometalurgia



7. CONCLUSIONES

- Los antecedentes disponibles consultados en relación con derechos y extracciones de agua han permitido obtener un dimensionamiento adecuado respecto de los montos correspondientes al sector minero, encontrándose una diferencia no significativa entre la información del Catastro Público de Aguas de la DGA y lo informado por las Empresas Mineras.
- A diciembre de 2006, el monto total de derechos consuntivos de agua del sector minero alcanza a 30,7 m³/s (metros cúbicos por segundo).
- Del total de derechos consuntivos, un 42% (13,0 m³/s) corresponden a derechos permanentes y eventuales de agua superficial y un 58% (17,7 m³/s) a derechos permanentes y provisionales de agua subterránea.
- A diciembre de 2006, los derechos permanentes de aguas superficiales y subterráneas alcanzan un monto estimado de 24,7 m³/s, representando un 80% de los derechos consuntivos totales.
- Las extracciones de agua informadas por las empresas mineras para el período 2006 alcanzan un promedio anual de 11,9 m³/s. Este monto no incluye agua de mar ni agua alumbrada en las labores mineras.
- Como se ha señalado, los valores presentados tienen una representatividad de más del 95% de la producción nacional de cobre, oro, plata, hierro y minerales no metálicos. Aplicando la tasa media de consumo unitario correspondiente al proceso de mayor consumo hídrico (concentración, con 0,79 m³/ton de mineral procesado) al 5% de producción no cubierta por la información disponible, es posible obtener un valor estimativo conservador de 12,8 m³/s como caudal de extracción de agua del 100% de la minería nacional.
- El caudal total de extracción de agua representa un 39% de los derechos consuntivos totales del sector minero, y un 48% de los derechos consuntivos permanentes. A partir de lo anterior, se puede establecer que el sector minero opera con una relación levemente inferior a 0,5 (50%) entre las extracciones de agua para make-up y los derechos permanentes (de mayor seguridad hidrológica). El factor 2 contribuye a la seguridad del abastecimiento de agua de las operaciones mineras, considerando que los derechos de aguas deben cubrir los periodos de consumos máximos puntuales, que no se encuentran reflejados en los valores promedios anuales y al mismo tiempo permite que las empresas mineras puedan proyectar ampliaciones de sus faenas.
- En las Regiones I, II y III predominan los derechos de agua subterránea por sobre los derechos de agua superficial, destacándose la I Región, donde más del 97% de los derechos consuntivos son de agua subterránea, seguida de la II Región con cerca del 91%. En las demás regiones predominan los derechos de agua superficial por sobre los derechos de agua

subterránea, destacándose la VI Región, donde más del 93% de los derechos consuntivos son de agua superficial, seguida de la IV Región con cerca del 70%.

- El total de derechos consuntivos de agua informados por las empresas mineras es mayor en un 12,5% respecto de la información disponible en el Catastro Público de Aguas de la DGA. Dicha diferencia es atribuible principalmente a que algunos derechos de agua no estarían inscritos a nombre de las empresas mineras, y también a que el catastro podría no estar completamente actualizado. En todo caso, la diferencia identificada no resulta significativa para efectos del presente estudio, y puede reducirse con la implementación de un sistema de obtención sistematizada y actualizada de información por parte de las empresas mineras.
- En el periodo estudiado se ha observado un importante desacople entre las curvas de capacidad de producción, tanto para concentración como para hidrometalurgia, y la de consumos de agua, mostrando así un aumento sostenido en la eficiencia de uso del recurso hídrico de este sector productivo.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda la creación de una base de datos georeferenciada de derechos y extracciones de agua del sector minero, y de un sistema que permita verificar y actualizar periódicamente esta información. Tal herramienta no existe en la actualidad, y su implementación permitiría maximizar en un corto tiempo la confiabilidad de la información y medir el desempeño del sector minero en cuanto a la utilización de los recursos hídricos.

Además, se recomienda desarrollar un estudio de similares características para los otros sectores consumidores de agua, incluyendo las principales actividades industriales no mineras, la agricultura y las empresas sanitarias que abastecen de agua potable a la población en las regiones analizadas.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Dirección General de Aguas, Catastro Público de Aguas, Resoluciones de constitución de derechos de aprovechamiento de aguas.
- Anglo American Chile, Reporte de Desarrollo Sustentable 2005, página 60.
- Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, Reporte de monitoreo de extracción de agua enviado a la Dirección General de Aguas I Región, julio 2005 – junio 2006.
- Compañía Minera Quebrada Blanca S.A., Reporte de monitoreo de extracción de agua enviado a la Dirección General de Aguas I Región, abril 2006 – marzo 2007.
- Compañía Minera Cerro Colorado, Reporte de monitoreo de extracción de agua enviado a la Dirección General de Aguas I Región, abril 2006 – marzo 2007.
- SOQUIMICH S.A., Reporte de monitoreo de extracción de agua enviado a la Dirección General de Aguas I Región, abril 2006 – marzo 2007.
- Compañía Minera Zaldivar, Registro de extracción y explotación del recurso hídrico enviado a la Dirección General de Aguas II Región, enero 2006 – diciembre 2006.
- Minera Escondida Limitada, Reporte de Sustentabilidad 2005, página 99.
- Codelco División Norte, Reporte de Sustentabilidad 2006, página 55.
- Minera Meridian Limitada, Reporte de monitoreo de extracción de agua enviado a la Dirección General de Aguas II Región, enero 2006 – diciembre 2006.
- Compañía Minera Lomas Bayas, Reporte de Sustentabilidad 2006, División Norte de Chile Xstrata Copper, página 50.
- Altonorte, Reporte de Sustentabilidad 2006, División Norte de Chile Xstrata Copper, página 49.
- Minera El Abra, Encuesta de Demanda de Agua, enero 2005 – diciembre 2005.
- Minera El Tesoro, Reporte de monitoreo de extracción de agua enviado a la Dirección General de Aguas II Región, abril 2006 – marzo 2007.
- SOQUIMICH S.A., Reporte de monitoreo de extracción de agua enviado a la Dirección General de Aguas II Región, abril 2006 – marzo 2007.
- Minera Mantos Blancos, Reporte de Desarrollo Sustentable 2005, Anglo American Chile, página 60.

- Minera Mantoverde, Reporte de Desarrollo Sustentable 2005, Anglo American Chile, página 60.
- Codelco División Salvador, Reporte de Sustentabilidad 2006, página 55.
- Compañía Minera Ojos del Salado, Encuesta de Demanda de Agua, enero 2005 – diciembre 2005.
- Compañía Minera Candelaria, Encuesta de Demanda de Agua, enero 2005 – diciembre 2005.
- Minera Los Pelambres, Encuesta de Demanda de Agua, enero 2006 – diciembre 2006.
- División Los Bronces, Reporte de Desarrollo Sustentable 2005, Anglo American Chile, página 60.
- División el Soldado, Reporte de Desarrollo Sustentable 2005, Anglo American Chile, página 60.
- Codelco División Andina, Reporte de Sustentabilidad 2006, página 55.
- Minera Las Cenizas, Encuesta de Demanda de Agua, enero 2006 – diciembre 2006.
- Codelco División El Teniente, Reporte de Sustentabilidad 2006, página 55.
- Codelco Casa Matriz, Carta dirigida a la Dirección General de Aguas, GAES-048, 11 octubre 2007.
- BHP Billiton, Carta dirigida a la Dirección General de Aguas, 12 octubre 2007.
- Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, Casa Matriz, Carta dirigida a la Dirección General de Aguas, Vplc-056.07, 10 octubre 2007.
- Freeport – McMoran Copper and Gold, Carta dirigida a la Dirección General de Aguas, 16 octubre 2007.
- Anglo American Chile, Casa Matriz, Carta dirigida a la Dirección General de Aguas, 25 octubre 2007.