Módulo 1 – Tema 1 – Importancia del agua en la industria minera y su impacto ambiental.

- **Ing. Danny Flores Cruz**

RelaveNet
A Community of Excellence

EL AGUA EN EL MUNDO

70%
de su superfiecie
está cubierta de agua



97.5%
es agua salada

2.5%
es agua dulce

DEL TOTAL DE **AGUA DULCE** EN EL MUNDO

70%
son glaciares, nieve o hielo

casi el **30%**
son aguas subterráneas de difícil acceso

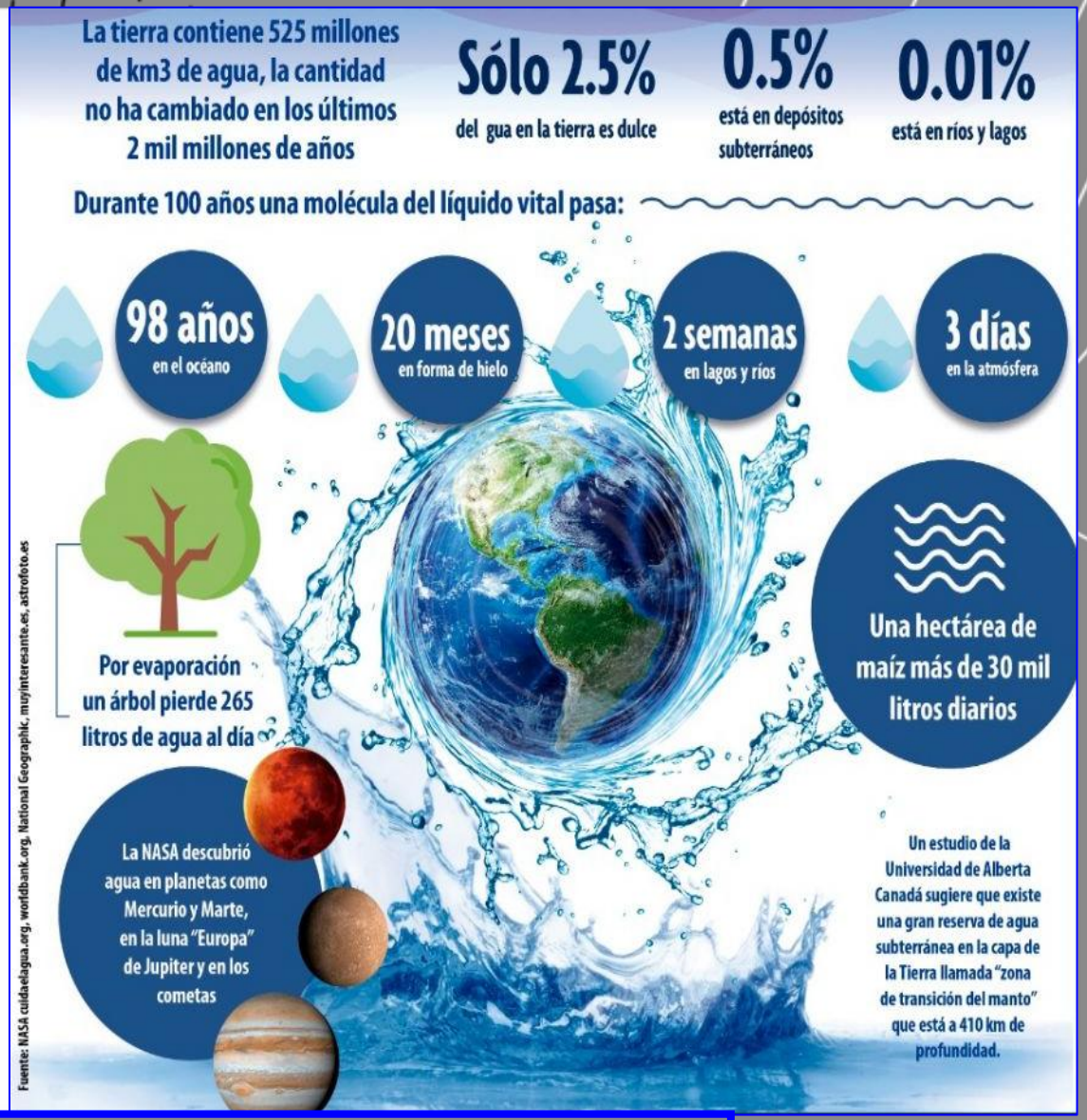
menos del **1%**
es agua disponible para consumo humano y los ecosistemas

SU EXTRACCIÓN POR **USO** ES

69%
Sector Agropecuario

19%
Sector Industrial

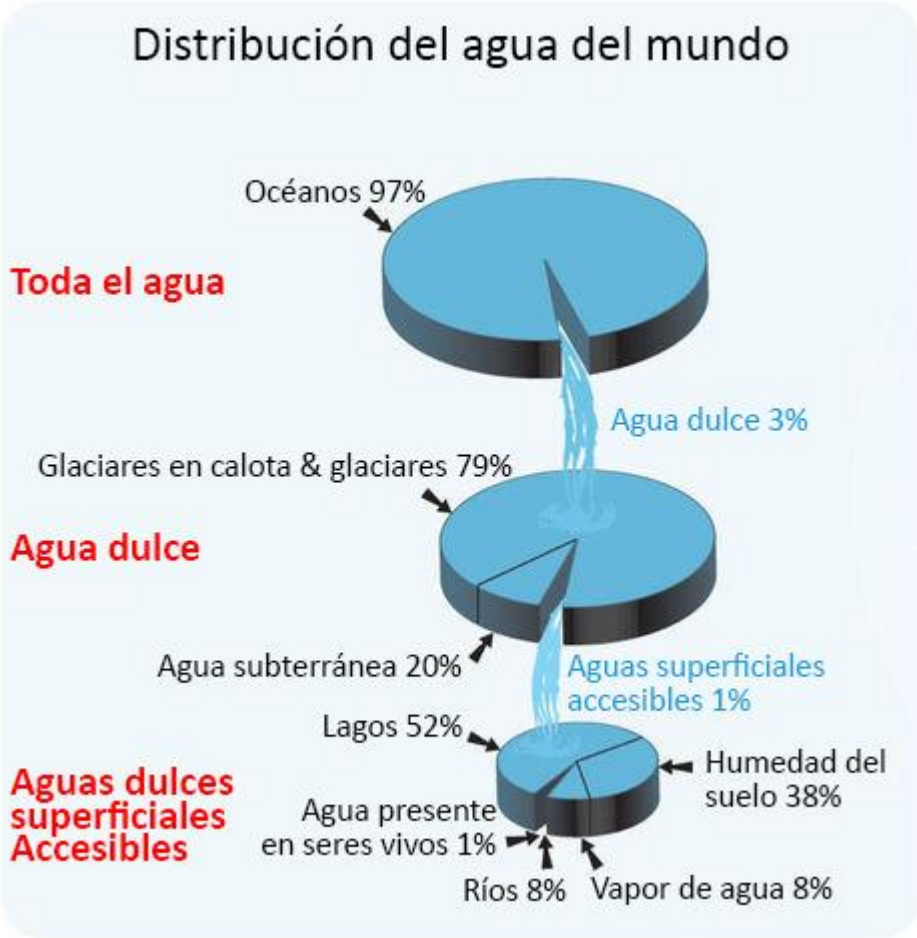
12%
Sector Municipal



Aunque el planeta parece tener mucha agua, la fracción utilizable es mínima. En minería, cada litro cuenta. Comprender esta limitación es el primer paso para operar con responsabilidad ambiental.

RelaveNet
A Community of Excellence

EL AGUA EN EL MUNDO



Cuadro. Fuentes de entrada y extracción de agua definidas en COCHILCO

Agua fresca Se entiende por agua fresca aquellas extracciones provenientes de aguas superficiales como Aguas lluvias, Escorrentías, Embalses superficiales, Lagos y Ríos y aguas subterráneas, como las aguas alumbradas y acuíferos, para las cuales se cuenta con los respectivos derechos de aguas y aguas adquiridas a terceros. El agua fresca cubre las pérdidas producidas a través de los procesos.	**Aguas Superficiales:** De acuerdo con el artículo 2º del Código de Aguas, las aguas superficiales son "aquellas que se encuentran naturalmente a la vista del hombre y pueden ser corrientes o detenidas". Las aguas superficiales (aquellas que corren por cauces naturales como vertientes, esteros, ríos y quebradas, o se encuentran acumuladas en depósitos naturales como lagos, lagunas, pantanos, ciénagas, y embalses) se encuentran al alcance del hombre y son fácilmente encauzadas, desviadas y luego aprovechadas en actividades económicas como la agricultura, la industria y para uso doméstico.	**Aguas lluvias (o pluviales)** **Escorrentías** **Embalses superficiales** **Lagos, ríos y afluentes**
	Aguas Subterráneas: De acuerdo con el artículo 2º del Código de Aguas, las aguas subterráneas son aquellas que "están ocultas en el seno de la tierra". Las aguas subterráneas almacenadas en acuíferos o embalses subterráneos requieren de labores previas de exploración, con el objeto de ubicarlas y conocer sus características para su posterior explotación y aprovechamiento.	**Acuíferos** **Salares** **Aguas alumbradas o de contacto ("Aguas del minero")**
	Agua de Mar: En este punto se hace referencia a toda agua de mar que es extraída desde la costa. Esta tiene dos vías posibles, ya sea utilizada directamente en los procesos o previa desalinización. Es importante destacar que el uso de agua de mar no requiere derechos de agua competitivos con el agua fresca. Es necesario especificar si el agua salada es desalinizada previamente a la impulsión.	**Agua de mar sin desalar** **Agua desalinizada**
	Agua adquirida a terceros: Contrato con terceros: Compra de agua directamente a terceros con sus derechos respectivos. (No compro los derechos, sino que el agua).	
	Aguas residuales tratadas: Para las aplicaciones de minería, tratamiento de aguas residuales es el proceso de eliminación de contaminantes del agua ya utilizada en las operaciones de extracción y procesamiento de minerales, así como de los establecimientos y la superficie de escorrentía. Tratadas para su reutilización.	
Agua total: Se considera como el agua fresca más el agua recirculada en los procesos. El agua total es aquella necesaria para mantener a régimen el proceso productivo. Corresponde al total de entrada de aguas.		

Fuente: CEPAL sobre la base de COCHILCO.

La minería moderna no puede basarse en un acceso irrestricto al agua dulce. Comprender la escasa disponibilidad y diversificar las fuentes hídricas es esencial para una operación responsable.

RelaveNet
A Community of Excellence

EL CICLO DEL AGUA



El ciclo del agua no es solo un proceso natural, es la base de la sostenibilidad hídrica. Es importante comprender cada fase ya que permite identificar puntos de presión sobre el recurso y diseñar estrategias de gestión más responsables y adaptadas al entorno.

RelaveNet
A Community of Excellence

Importancia del uso del agua en la Industria Minera

El 16% de las minas de minerales críticos, yacimientos y distritos se ubican en zonas con estrés hídrico extremo (color rojo) o en regiones áridas con bajo uso de agua (gris).

La ubicación de una mina no solo define qué mineral se extrae, sino también cómo se gestiona el agua. Comprender esto es clave para aplicar soluciones sostenibles adaptadas a cada realidad geográfica

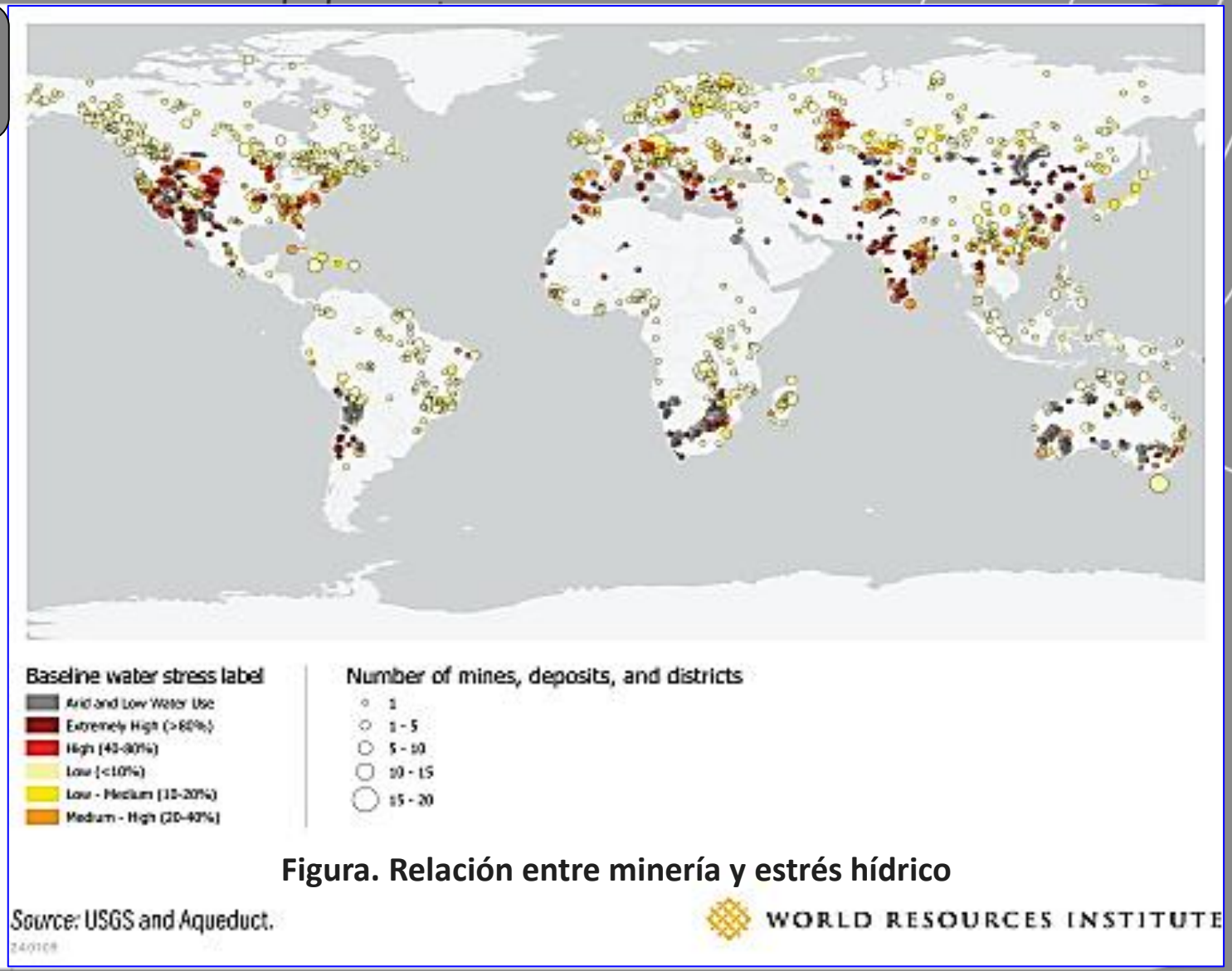


Figura. Relación entre minería y estrés hídrico

RelaveNet
A Community of Excellence

Importancia del uso del agua en la Industria Minera

El crecimiento exponencial en la demanda de minerales exige una minería intensiva en agua. Se debe diseñar soluciones sostenibles que no trasladen el problema climático a un problema hídrico y social.

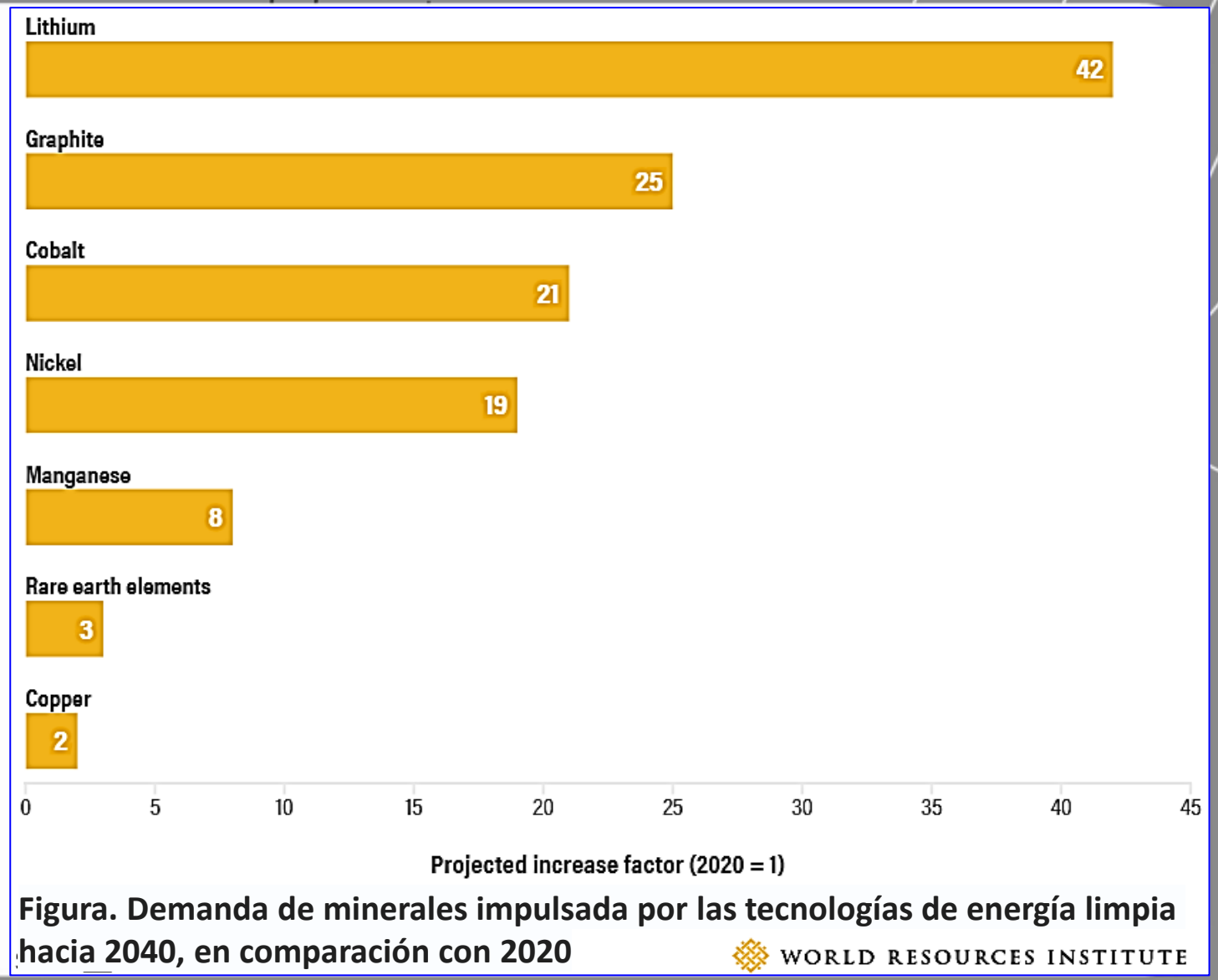


Figura. Demanda de minerales impulsada por las tecnologías de energía limpia hacia 2040, en comparación con 2020

RelaveNet
A Community of Excellence

Importancia del uso del agua en la Industria Minera

La minería moderna debe alinearse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En este sentido las metas del ODS 6 se intersectan con la gestión hídrica minera permitiendo evaluar el verdadero impacto ambiental de la industria y proponer soluciones sostenibles e integradas.

Cuadro. Metas e indicadores del Objetivo 6 de los ODS

Nº	Metas		Indicadores
6.1	Para el 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable, a un precio asequible para todos	6.1.1	Proporción de la población que utiliza servicios de suministro de agua potable gestionados sin riesgos
6.2	Para el 2030, lograr el acceso equitativo a servicios de saneamiento e higiene adecuados para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones vulnerables	6.2.1	Proporción de la población que utiliza: a) servicios de saneamiento gestionados sin riesgos y b) instalaciones para el lavado de manos con agua y jabón
6.3	Para el 2030, mejorar la calidad del agua mediante la reducción de la contaminación, la eliminación del vertimiento y la reducción al mínimo de la descarga de materiales y productos químicos peligrosos, la reducción a la mitad del porcentaje de aguas residuales sin tratar y un aumento sustancial del reciclado y la reutilización en condiciones de seguridad a nivel mundial	6.3.1	Proporción de aguas residuales tratadas de manera adecuada
		6.3.2	Proporción de masas de agua de buena calidad
6.4	Aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua	6.4.1	Cambio en el uso eficiente de los recursos hídricos con el paso del tiempo
		6.4.2	Nivel de estrés hídrico: extracción de agua dulce en proporción a los recursos de agua dulce disponibles
6.5	Poner en práctica la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda	6.5.1	Grado de implementación de la gestión integrada de los recursos hídricos (0-100)
		6.5.2	Proporción de la superficie de cuencas transfronterizas sujetas a arreglos operacionales para la cooperación en materia de aguas
6.6	Proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos	6.6.1	Cambio en la extensión de los ecosistemas relacionados con el agua con el paso del tiempo
6.a	Ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, incluidos el acopio y almacenamiento de agua, la desalinización, el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos, el tratamiento de aguas residuales y las tecnologías de reciclaje y reutilización	6.a.1	Volumen de la asistencia oficial para el desarrollo destinada al agua y el saneamiento que forma parte de un plan de gastos coordinados por el gobierno
6.b	Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento	6.b.1	Proporción de dependencias administrativas locales que han establecido políticas y procedimientos operacionales para la participación de las comunidades locales en la gestión del agua y el saneamiento

Fuente: Sobre la base del documento Naciones Unidas (2018), y portal de internet de los ODS, https://onu.org.pe/ods-6/.

RelaveNet
A Community of Excellence

Importancia del uso del agua en la Industria Minera

La extracción de minerales no solo moviliza toneladas de roca: también consume grandes volúmenes de agua dulce, un recurso cada vez más escaso.

Hay minerales que requieren más agua lo que impacta tanto en un proyecto minero así como en el momento de diseñar políticas de uso eficiente del recurso.

Cuadro. Mundo: extracción de agua para producción de distintos minerales y metales, 2006 a 2009

	Extracción de agua (millones de m³ por año)				Producción del comodity (porcentaje de la producción mundial)			
	2006	2007	2008	2009	2006	2007	2008	2009
Bauxita	67	65	76	79	79	76	79	78
Cobalto	3	16	26	19	40	38	30	39
Cobre	1 337	1 233	1 301	1 363	83	82	79	76
Mineral de Hierro	589	737	555	883	60	58	65	46
Molibdeno	129	102	86	58	77	66	56	54
Níquel	20	71	147	165	64	67	67	63
Oro	657	942	997	1 141	74	73	70	67
Plata	22	21	28	40	68	69	67	68
Plomo	44	118	30	29	59	52	47	47
Zinc	195	243	82	95	66	64	59	59
Total	**6 870**	**7 766**	**7 449**	**7 517**				

Fuente: CEPAL, sobre la base de Gunson (2013).
Nota: En el estudio también se considera para el resultado total diamantes, paladio, rodio, platino, fosfato, potasa, cromo, tungsteno y uranio.

RelaveNet
A Community of Excellence

Importancia del uso del agua en la Industria Minera

No todos los metales consumen agua por igual, ni todas las tecnologías son iguales. La elección del proceso de beneficio condiciona no solo la viabilidad económica, sino también el impacto ambiental.
Por lo tanto, el agua debe ser un criterio esencial en la planificación.

Cuadro. Consumo directo de agua para la obtención de cobre, oro y níquel

Tipo de mena	Ley de mineral	Proceso	Consumo directo *(m³/t)*
Sulfuro de cobre	0,75 % Cu	Pirometalurgia	91
Oxido de cobre	0,75 % Cu	Hidrometalurgia	70
Oro no refractario	3,5g Au/t	Carbón en pulpa (CIP)	244.701 (~ 8 m³/oz)
Oro refractario	3,5g Au/t	Oxidación a presión, CIP	284.235 (~ 9 m§/oy)
Sulfuro de níquel	1,3% Ni	Pirometalurgia	68
Limonita níquel	1,3% Ni	Hidrometalurgia (HPAL)	303

Fuente: CEPAL sobre la base de "Life cycle-based water footprint of selected metal production" Northey & Haque (2013).
Nota: Solo se consideró el consumo directo, que se refiere a los metros cúbicos por tonelada de metal de alta pureza.

RelaveNet
A Community of Excellence

Importancia del uso del agua en la Industria Minera

El 91% de los derechos de agua están en manos del sector minero, lo que valida empíricamente la afirmación del artículo de que "la mayoría de los derechos han sido otorgados a empresas mineras privadas y estatales", y deja a los demás actores con un acceso severamente restringido a este recurso vital.

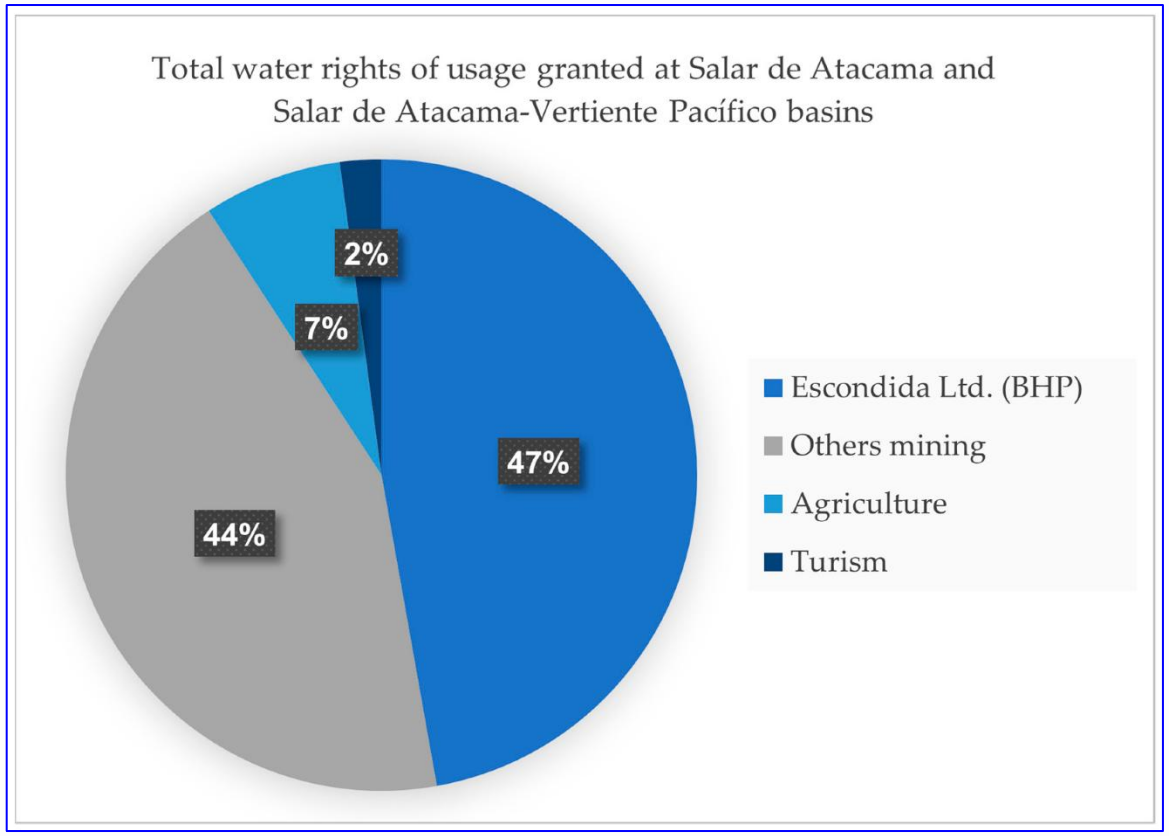


Figura. Derechos de uso de agua en las cuencas del Salar de Atacama y Salar de Atacama-Vertiente Pacífico



RelaveNet
A Community of Excellence