



# Proyección de la producción de cobre en Chile 2022 – 2033

---

DEPP 30/2022

## Resumen ejecutivo

Si bien los resultados obtenidos en la proyección de producción esperada de cobre para el periodo 2022-2033 muestran un crecimiento respecto de la producción real de 2021 de 17%, es bastante menor a las proyecciones realizadas en años anteriores. Esto responde a que muchos de los proyectos importantes en la próxima década, no han avanzado en sus ingenierías ni en la preparación de líneas bases medioambientales en estos años de pandemia. De todas formas, se espera que Chile alcance una producción de cobre de 6,58 millones de toneladas al año 2033, a una tasa de crecimiento promedio de 1,3%, con un *peak* productivo en el año 2030 (dos años después de lo estimado en el informe anterior) de 7,14 millones de toneladas. Asimismo, se espera que se supere la barrera de las 6 millones de toneladas hacia el año 2025 (6,39 millones de toneladas esperadas de producción cuprífera).

Como se ha podido observar en las últimas versiones de este trabajo, existe una extensión importante de la vida útil de algunas faenas de óxidos, sin embargo esto no es suficiente para subsanar la problemática relacionada al cambio de matriz productiva, esto es la inexistencia de iniciativas públicas o privadas que busquen una forma de utilizar la capacidad instalada de alrededor de 2,2 millones de toneladas de cobre fino en plantas hidrometalúrgicas.

Por otra parte, la producción hidrometalúrgica en la próxima década pasaría de una participación de 25,1% de la producción total en 2021 (1,41 millones de toneladas), a un 6,3% de participación hacia 2033, lo que equivale a poco más de 416 mil toneladas, es decir una caída de 70,6%. Esto viene de la mano del cierre de casi 14 operaciones hidrometalúrgicas, quedando hacia fines del periodo de análisis 20 operativas, 9 pertenecientes a la gran minería estatal y privada, más las 6 operaciones de Enami y 5 operaciones de mediana minería.

El foco actual inversional es expandir o extender la vida operacional de faenas de minerales sulfurados o incluso crear nuevas operaciones mineras en la línea de concentrados, lo que impactaría positivamente la producción de concentrados en nuestro país, la cual crecería un 46,4% entre los años 2021 y 2033, pasando de 4,21 millones de toneladas a 6,17 millones de toneladas, todo esto sin aumentos sustanciales en el consumo interno de concentrados en procesos FURE. Cabe destacar que, actualmente, existen 32 operaciones activas a 2021, mientras que para 2033 se espera que de estas solo 19 estén operativas, de las cuales 8 tendrán proyectos de expansión, mientras que el resto serán reemplazadas por 3 proyectos de reposición y 17 nuevas iniciativas, totalizando 39 operaciones de producción de concentrados.

Finalmente es importante destacar que, para alcanzar las metas productivas esperadas en el modelamiento de la proyección cuprífera nacional, es necesario que se materialicen todas aquellas iniciativas nuevas de la cartera de inversiones nacional, las que aportarían un 17% más de producción hacia el 2033, ya que las iniciativas que buscan mantener operativas faenas actuales (reposición) o aquellos proyectos que buscan aumentar la capacidad productiva de operaciones activas (expansión), no logran revertir la caída natural de las operaciones actuales.



**Índice**

Resumen ejecutivo .....	1
Índice .....	2
Índice de figuras .....	3
Índice de tablas .....	3
Introducción .....	4
1. Análisis nacional de la proyección de producción esperada de cobre fino .....	5
1.1. Proyección nacional de cobre mina 2022 - 2033 .....	5
1.1.1. Proyección nacional de producción de cobre fino según condición .....	6
1.1.2. Proyección nacional de producción de cobre fino según producto .....	8
1.1.3. Proyección nacional de producción de cobre fino según tipo de proyecto .....	11
1.1.4. Proyección nacional de producción de cobre fino según método de explotación .....	11
2. Análisis regional de la proyección de producción esperada de cobre fino .....	13
2.1. Proyección nacional de cobre mina 2021 - 2032 .....	13
2.1.1. Aporte y estructura productiva futura región de Atacama .....	13
2.1.2. Aporte y estructura productiva futura región de Antofagasta .....	15
2.1.3. Aporte y estructura productiva futura región de Tarapacá .....	16
2.1.4. Aporte y estructura productiva futura región de Coquimbo .....	17
3. Comentarios finales .....	19
Anexo 1: Metodología de proyección de producción esperada .....	21
Escenarios de producción .....	21
✓ Cálculo de la variable de producción máxima de cobre fino .....	22
✓ Cálculo de la variable de producción más probable de cobre fino .....	23
✓ Cálculo de la variable de producción mínima de cobre fino .....	25
Anexo 2: Proyección de producción a nivel nacional al año 2033 .....	27
Anexo 3: Unidades de medida y abreviaciones .....	30



## Índice de figuras

Figura 1: Producción de cobre mina 2021 y proyección periodo 2022 – 2033, a nivel nacional.....	5
Figura 2: Producción de cobre 2021 y proyección esperada 2022 – 2033, según condición. ....	8
Figura 3: Producción de cobre 2021, proyección esperada 2022 – 2033 vs proyecciones 2021, según producto.....	9
Figura 4: Producción de cátodos SxEw y concentrados refinados y sin refinar, histórico y esperado .....	10
Figura 5: Producción de cobre 2021 y proyección esperada 2022 – 2033, según tipo de proyecto. ....	11
Figura 6: Producción de cobre 2010 – 2021 y proyección esperada 2022 - 2033, según método de explotación.....	12
Figura 7: Producción regional de cobre 2021 y proyección de producción esperada 2022 – 2032. ....	13
Figura 8: Aporte productivo de los proyectos según condición en la región de Atacama.....	14
Figura 9: Producción esperada de cobre en la región de Atacama según producto final. ....	14
Figura 10: Aporte productivo de los proyectos según condición en la región de Antofagasta. ....	15
Figura 11: Producción esperada de cobre en la región de Antofagasta según producto final. ....	16
Figura 12: Aporte productivo de los proyectos según condición en la región de Tarapacá. ....	16
Figura 13: Producción esperada de cobre en la región de Tarapacá según producto final. ....	17
Figura 14: Aporte productivo de los proyectos según condición en la región de Coquimbo. ....	17
Figura 15: Producción esperada de cobre en la región de Coquimbo según producto final. ....	18

## Índice de tablas

Tabla 1: Ponderadores determinísticos de producción futura máxima.....	23
Tabla 2: Ponderadores determinísticos de producción futura más probable .....	24
Tabla 3: Ponderadores determinísticos de producción futura mínima .....	26
Tabla 4: Proyección esperada, cap. máxima y mínima de producción, 2022 – 2033. ....	27
Tabla 5: Proy. esperada de prod. de cobre a nivel nacional según condición, 2022 – 2033. ....	27
Tabla 6: Proy. esperada de prod. de cobre a nivel nacional según producto, 2022 – 2033. ....	27
Tabla 7: Proy. esperada de prod. de cobre país según producto exportable, 2022 – 2033. ....	28
Tabla 8: Proy. esperada de prod. de cobre a nivel nacional según tipo de proyecto, 2022 – 2033. ....	28
Tabla 9: Proy. esperada de prod. de cobre país según método de explotación, 2022 – 2033. ....	28
Tabla 10: Proy. esperada de prod. de cobre a nivel regional según área productiva, 2022 – 2033. ....	29



## Introducción

Este informe corresponde a la séptima edición formal de la línea de trabajo impulsada en 2015, y nace como un subproducto del informe anual de inversiones desarrollado por COCHILCO.

La necesidad de obtener una metodología que permitiese identificar el aporte productivo futuro de las iniciativas catastradas, utilizando como base metodológica la suma de una serie de variables que inciden directamente en la producción de cobre de cada iniciativa catastrada y de cada operación actualmente activa, permitió establecer una forma de proyectar la producción que impactó posteriormente en las respectivas metodologías de proyección de agua y energía.

El objetivo principal de esta versión del informe es proyectar la producción de cobre mina de nuestro país en el periodo 2022 – 2033, dos años más que el periodo de análisis del informe *Inversión en la minería chilena - Cartera de proyectos 2021 -2031*. Esta proyección se basa en una simulación de Montecarlo utilizando los datos de la última cartera de inversiones, donde se identifica la capacidad máxima de producción de cobre mina para los próximos 12 años.

El análisis de este trabajo consta de dos etapas: una revisión de la proyección de cobre a nivel nacional, separada según condición, producto final y según tipo<sup>1</sup>, para posteriormente analizar de forma regional las variaciones de producción significativas observadas.

---

<sup>1</sup> Para mayor información respecto de esta categorización se ruega revisar el documento *Inversión en la minería chilena - Cartera de proyectos 2021 -2030* (Cifuentes G., 2022).



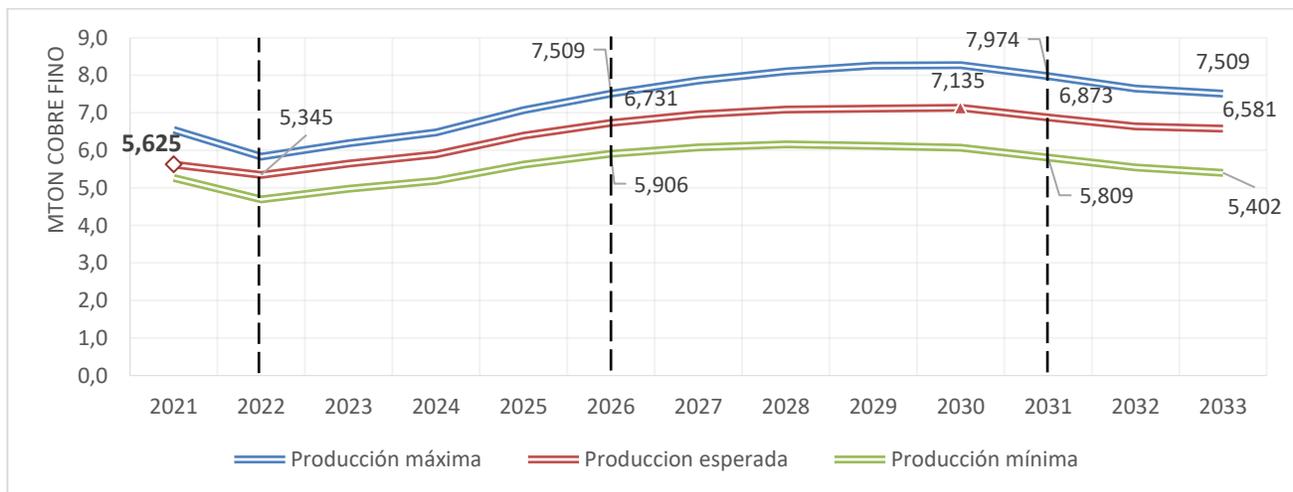
## 1. Análisis nacional de la proyección de producción esperada de cobre fino

Este capítulo muestra el análisis producto de la interacción entre la producción máxima y mínima de las operaciones actuales y proyectos futuros, la cual genera la proyección esperada de cobre. Posteriormente, se muestra la proyección de producción categorizada según *condición*, *tipo* de proyecto y *producto*, logrando observar los aportantes más importantes a la producción futura de cobre del país

### 1.1. Proyección nacional de cobre mina 2022 - 2033

Los resultados obtenidos en la proyección de producción esperada de cobre para el periodo 2022-2033 muestran un crecimiento de 17% respecto a la producción real de 2021. Esto quiere decir que nuestro país alcanzaría una producción de cobre de 6,58 millones de toneladas al año 2033, a una tasa de crecimiento promedio de 1,3%, con un *peak* en el año 2030 de 7,14 millones de toneladas (Figura 1).

Figura 1: Producción de cobre mina 2021 y proyección periodo 2022 – 2033, a nivel nacional.



Fuente: Cochilco, 2022.

A través de la gráfica anterior, podemos analizar las variaciones productivas en tres periodos:

- **2022 – 2026:** Se espera una producción de 5,35 millones de toneladas para 2022, una caída de 5% respecto a la producción real 2021. Esto debería cerrar el ciclo de pérdidas productivas asociadas a la pandemia, por lo cual se espera que 2023 sea un año de recuperación productiva para el país, alcanzando las 5,65 millones de toneladas, levemente superior a la producción real 2021, pero un 5,6% más de producción que la esperada para 2022. El crecimiento de la producción esperada para el periodo completo será a una tasa anual de 5,9%, alcanzando hacia el 2026 las 6,73 millones de toneladas de cobre mina, un aumento de 25,9% con respecto a lo esperado para 2022. Si bien, la proyección del año pasado indicaba al año 2023 en el cual se sobrepasarían los 6 millones de toneladas, en esta versión se desplaza dos años dicha estimación, dejando para 2025 una producción esperada de 6,39 millones de toneladas.

- **2027 – 2031:** Hacia 2027 se observa una producción esperada de 6,96 millones de toneladas de cobre fino. Este periodo será en el que se rompa la barrera de las 7 millones de toneladas, lo cual sería momentáneo solamente (entre los años 2028 y 2030), lo que se refleja en una tasa de decrecimiento productivo para el periodo de 0,3%, cerrando el periodo de análisis con 6,87 millones de toneladas, 1,2% menos que 2027. Por otra parte, en este periodo se alcanzaría el máximo productivo de 7,14 millones de toneladas durante el año 2030.
- **2032 – 2033:** Este periodo destaca por una caída productiva de 0,9%, pasando de una producción de 6,64 millones de toneladas el 2032 a 6,58 millones de toneladas el 2033. Esto se debe a alrededor de 36 operaciones, tanto de sulfuros como de óxidos, particularmente estas últimas que caen 70,6% respecto de la producción real 2021, que cerrarán durante el periodo analizado, sin expectativas de proyectos de reposición que les permitan su continuidad.

En los siguientes subcapítulos se analizarán estos resultados según condición, producto y tipo de proyecto.

### 1.1.1. Proyección nacional de producción de cobre fino según condición.

La condicionalidad de la inversión es una característica asignada en base a la asociación e interacción de diversas variables que afectan el desarrollo de cualquier proyecto minero, como por ejemplo, su nivel de ingeniería, tipo de proyecto, estado de sus permisos ambientales o la capacidad de la compañía de poder avanzar en los proyectos, lo cual va de la mano de cómo ésta conoce o no el funcionamiento de la orgánica institucional del país donde invierte. Ésta caracterización permite dar una estimación un poco más certera sobre la probabilidad de materialización de las iniciativas en los plazos establecidos por los propietarios de estos proyectos y sus respectivos equipos de ingeniería, pero por ningún motivo es un indicador que permita decidir si un proyecto se realizará o no (Cifuentes G., 2022).

En el caso de los proyectos y operaciones pertenecientes a la condición *base*, durante el periodo 2021-2033, podrían ver afectada su producción de cobre fino en 18,8% a una tasa de 1,7%, para llegar a 4,57 millones de toneladas hacia el cierre del periodo de análisis, con un máximo productivo esperado para el 2026 con 6,11 millones de toneladas. Si consideramos las iniciativas en condición *probable*, la producción caería a una tasa de 0,02% hasta alcanzar una producción hacia el 2033 de 5,61 millones de toneladas, 0,3% menos que la producción real de 2021, con un máximo de 6,7 millones de toneladas hacia el 2027. El mínimo a producir en este y los siguientes perfiles a analizar es la producción esperada para 2022.

El análisis por periodos de los proyectos con mayor probabilidad de materializarse, que es la suma de los proyectos base y probables, es el siguiente:

- **2022 – 2026:** De una producción esperada de 5,35 millones de toneladas para 2022, hacia 2026 los proyectos base alcanzarían una producción de 6,11 millones de toneladas, un aumento 14,3% en el periodo. Si consideramos la producción esperada proveniente de aquellas iniciativas en condición *probable*, la producción crecería 23,4%, alcanzando las 6,6 millones de toneladas hacia el 2026, a una tasa de crecimiento de 5,4%.
- **2027 – 2031:** Periodo caracterizado por una caída de la producción esperada de los proyectos en condición *base* y *probable*, relacionado al cierre operaciones hidrometalúrgicas en el período. La

producción esperada en conjunto de los proyectos *con mayor probabilidad de materializarse* pasaría de 6,7 millones de toneladas en 2027 a 6,05 millones de toneladas hacia 2031, una caída de 9,7%. Durante 2027 se alcanzaría el máximo productivo de los proyectos en condiciones *base y probable*: 6,7 millones de toneladas.

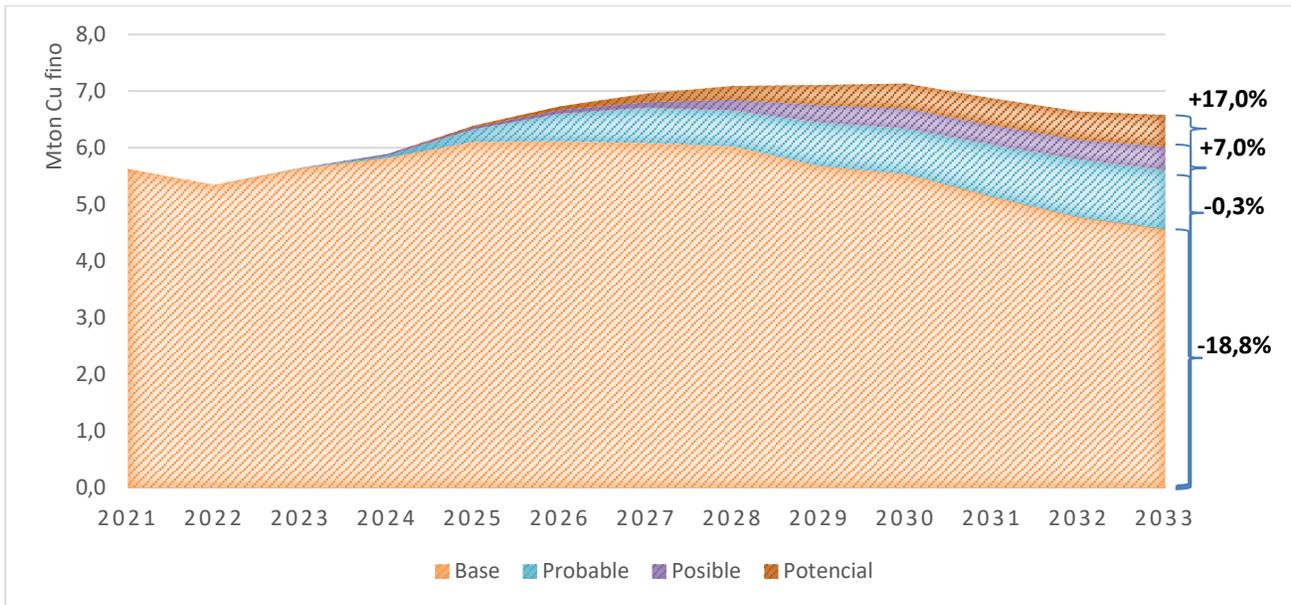
- **2032 – 2033:** En este periodo, la producción de los proyectos base y probable cae bajo las 6 millones de toneladas alcanzadas en los periodos anteriores. Es así como, pasaría de 5,8 millones de toneladas esperadas para 2032 a 5,61 millones de toneladas el 2033.

Del análisis anterior se desprende que la producción de cobre en Chile necesita de nuevos proyectos para poder mantener el crecimiento observado en el primer quinquenio. Es así que, al considerar en los perfiles productivos aquellas iniciativas en condición *posible*, la producción esperada aumentaría un 7% para el periodo de análisis, llegando a 6,02 millones de toneladas hacia el 2033, una tasa de crecimiento anual de 0,6%. Por otra parte, si consideramos aquellos proyectos en condición *potencial*, la producción esperada hacia el 2033 aumentaría un 17% con respecto a 2021, alcanzando las 6,58 millones de toneladas, un crecimiento productivo anual de 1,3%, donde la producción máxima se alcanzaría hacia el 2030 con 7,14 millones de toneladas.

Para analizar de mejor manera como la inclusión de aquellos proyectos con menor probabilidad de materializarse en los tiempos definidos por las compañías afecta el perfil productivo anterior, lo haremos por periodos:

- **2022 – 2026:** El impulso productivo al considerar las iniciativas en condición *posible y potencial* solo añade entre 1,1 a 1,4 puntos porcentuales de crecimiento por cada condición considerada sobre el escenario inicial (añadiendo proyectos *posibles*, 24,8% de crecimiento, mientras que al añadir proyectos *potenciales*, 25,9% de crecimiento). En resumen, en este periodo la producción pasaría de 5,35 millones de toneladas esperadas para 2022 a 6,73 millones de toneladas hacia 2026, un crecimiento anual de 5,93%.
- **2027 – 2031:** Tal como en el escenario (proyectos *base + probable*) se observa un periodo negativo en crecimiento productivo, que ni con la inclusión de las iniciativas en condición *posible + potencial* se podría revertir. Es así como la producción hacia el 2031 podría alcanzar las 6,87 millones de toneladas, una caída de 1,2% para el quinquenio analizado. Así y todo, este periodo es donde se alcanzaría la máxima producción de 7,14 millones de toneladas en el año 2030.
- **2032 – 2033:** Este periodo cierra el perfil a la baja observado en el quinquenio anterior, específicamente desde 2030 cuando se llega al máximo productivo. Si solo consideramos los proyectos *posibles*, la producción caería 2%. El incluir las iniciativas *potenciales* alivianaría la caída a solo un 0,9% entre 2032 y 2033. Al cierre del periodo de análisis, la producción nacional alcanzaría las 6,64 millones de toneladas de cobre fino.

**Figura 2: Producción de cobre 2021 y proyección esperada 2022 – 2033, según condición.**



Fuente: Cochilco, 2022.

### 1.1.2. Proyección nacional de producción de cobre fino según producto.

Tal como se ha venido observando hace un tiempo, el cambio de matriz productiva es un hecho. La mayoría de las iniciativas consideradas para la próxima década buscan una producción de concentrados, sin proyectos públicos o privados que busquen una forma de utilizar la gran capacidad instalada que se dispone de plantas hidrometalúrgicas. La proyección de producción esperada para el periodo 2022-2033 muestra que la producción hidrometalúrgica pasaría de una participación de 25,1% de la producción total en 2021, 1,41 millones de toneladas, a un 6,3% hacia 2033 con un poco más de 416 mil toneladas, una caída de 70,6% (Figura 3).

De las actuales 34 operaciones hidrometalúrgicas activas, hacia el 2033 solo quedarán 20 operativas, 9 pertenecientes a la gran minería estatal y privada, más las 6 operaciones de Enami y 5 operaciones de mediana minería. De estas, se pueden considerar como proyectos Rajo Inca (2023-2036), Polo Sur (2027-2038), Sierra Norte óxidos (2024-2036), Costa Fuego óxidos (2025-2034), Marimaca (2025-2036) y la reapertura de Iván-Zar (2023-2037).

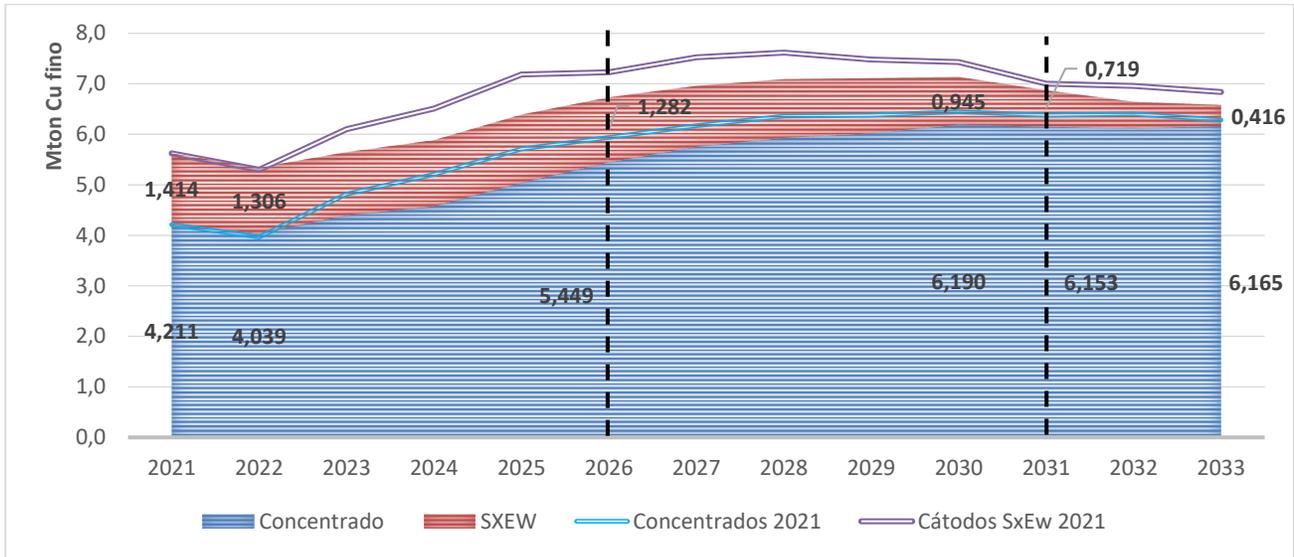
Por otra parte, la gran cantidad de iniciativas que buscan expandir o extender la vida operacional de faenas de minerales sulfurados o incluso crear nuevas operaciones mineras en la línea de concentrados, impacta positivamente en la producción de concentrados en nuestro país. En definitiva, la producción de concentrados crecerá un 46,4% entre los años 2021 y 2033, pasando de 4,21 millones de toneladas a 6,17 millones de toneladas, todo esto sin aumentos sustanciales en el consumo interno de concentrados en procesos FURE (Figura 3).

Cabe destacar que, actualmente, existen 32 operaciones activas a 2021, mientras que para 2033 se espera que de estas solo 19 estén operativas, de las cuales 8 tendrán proyectos de expansión, mientras que el resto



serán reemplazadas por 3 proyectos de reposición y 17 nuevas iniciativas, totalizando 39 operaciones de producción de concentrados.

**Figura 3: Producción de cobre 2021, proyección esperada 2022 – 2033 vs proyecciones 2021, según producto**



Fuente: Cochilco, 2022.

El análisis por periodos arroja los siguientes resultados:

- **2022 – 2026:** La producción esperada de cobre fino en concentrados crecería 34,9% en el período a una tasa anual de 7,8%, hasta llegar a las 5,45 millones de toneladas hacia el 2026. Proyectos importantes en este periodo que permiten este acelerado crecimiento son Esperanza Sur (2022), Rajo Inca (2022), Pelambres Ampliación Marginal I o Proyecto INCO (2023), Collahuasi Optimización 170 ktpd (2023), QB2 (2023), Desembotellamiento Mantos Blancos Fase II (2024), Desarrollo Mantoverde (2024), Sierra Norte (2024), Arqueros Cobre (2024), El Espino (2024), Santo Domingo (2025), Collahuasi Mejoramiento Capacidad Productiva 210 ktpd (2025), Sierra Gorda Expansión 230 ktpd (2025), Optimización y Continuidad Operacional Minera Candelaria (2025), Costa Fuego (2025), Desarrollo Mantoverde Fase II (2026), Los Bronces Integrado (2026), Encuentro Sulfuros (2026), Plan de Desarrollo El Teniente (2026) y Ciclón-Exploradora (2026). Por otro lado, la producción de cátodos SxEw caería levemente en torno a un 1,8%, para cerrar este quinquenio con una producción esperada de 1,28 millones de toneladas, esto gracias a la inclusión de algunos proyectos hidrometalúrgicos tales como la continuación operacional de Salvador a través de Rajo Inca (2022), Sierra Norte óxidos (2023), la reapertura de Sagasca (2023), la continuidad operacional de Collahuasi SxEw (2024), Marimaca (2025), Costa Fuego óxidos (2025) y Polo Sur (2026).
- **2027 – 2031:** Se espera que la producción esperada de cobre fino en concentrados crezca mucho menos que el periodo anterior, 6,9% a una tasa anual de 1,7%, para alcanzar las 6,15 millones de toneladas de cobre fino, impulsada por proyectos importantes como Pelambres Futuro I (2027), Vizcachitas (2027), RT Sulfuros Fase 2 (2028), NuevaUnión Fase I (2028), la Concentradora El Abra (2029) y NuevaUnión Fase 2 (2031). Por el contrario, en este periodo vemos una caída abrupta de la

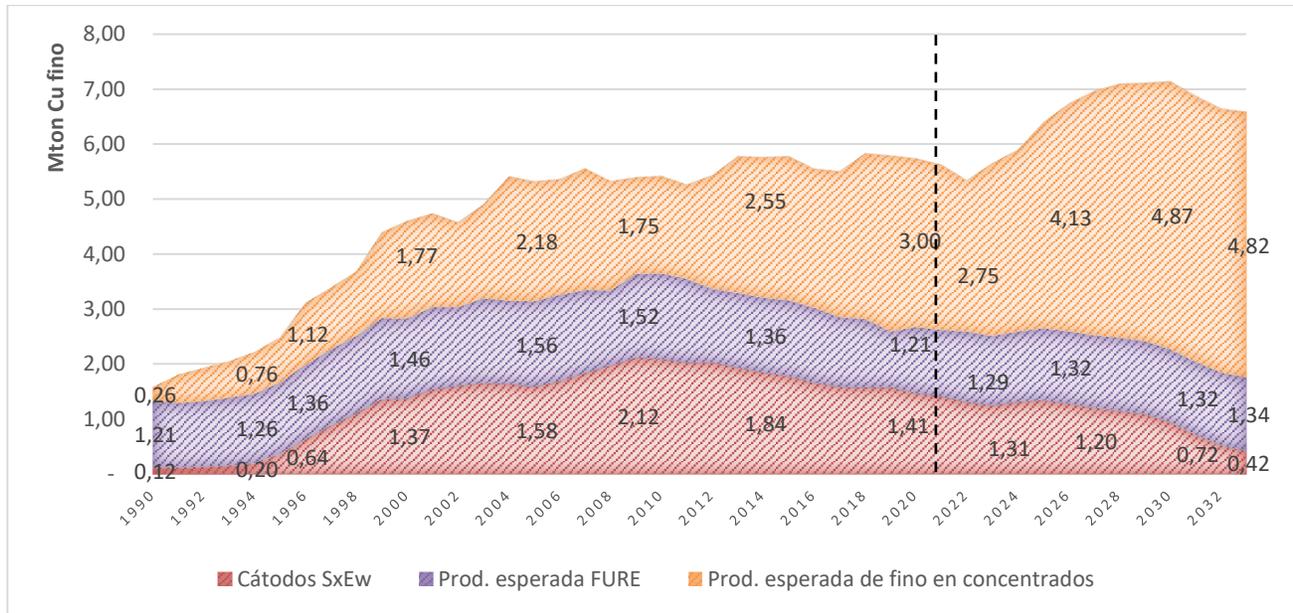


producción de cátodos SxEw, un 40,1% hacia el 2031 respecto de lo esperado para 2027, llegando a una producción esperada de 719 mil toneladas, producto del cierre de líneas hidrometalúrgicas como Pampa Camarones (2027), Pucobre (2028), Tres Valles (2028), Lomas Bayas (2029), Michilla (2030), Radomiro Tomic (2030), Gabriela Mistral (2030), Collahuasi SxEw (2030), El Abra (2030), Sagasca (2030), Mantos de la Luna (2030) y Zaldívar (2031).

- **2032 – 2033:** La producción esperada de concentrados se mantiene estable y crece solo un 0,8% entre estos dos años, cerrando el periodo de análisis con 6,17 millones de toneladas. Por su parte, la producción hidrometalúrgica, cae 20,4% entre estos dos años llegando a una producción esperada de 416 mil toneladas de cobre fino en cátodos SxEw, equivalentes aproximadamente a un 19% de la capacidad hidrometalúrgica instalada.

Tal como se viene indicando hace algunos años, el incremento en producción de minerales sulfurados no necesariamente se traduciría en aumento de producción de FURE en nuestro país, Figura 4, ya que la producción de concentrados sin refinar en nuestro país pasará desde un 53,4% de participación en la producción total de cobre fino en 2021 a un 78% hacia 2033, pasando de exportar alrededor de 2,72 millones de toneladas de cobre fino en concentrados como promedio de los últimos diez años, en torno a las 10,5 millones de toneladas métricas secas de concentrados, a alrededor de 4,61 millones de toneladas de cobre fino hacia 2033, aproximadamente 16,95 millones de toneladas métricas secas de concentrados.

**Figura 4: Producción de cátodos SxEw y concentrados refinados y sin refinar, histórico y esperado**



Fuente: Cochilco, 2022.

Como se indicó anteriormente, la producción esperada de concentrados se espera alcance un aumento de 46,4% hacia 2033, respecto la producción real de 2021, lo que viene de la mano con un aumento importante del procesamiento de minerales sulfurados en plantas concentradoras, que se espera pase de las 677,98 millones de toneladas en 2021 a 1.080,62 millones de toneladas hacia 2033, que corresponde a un crecimiento de 59,4%.

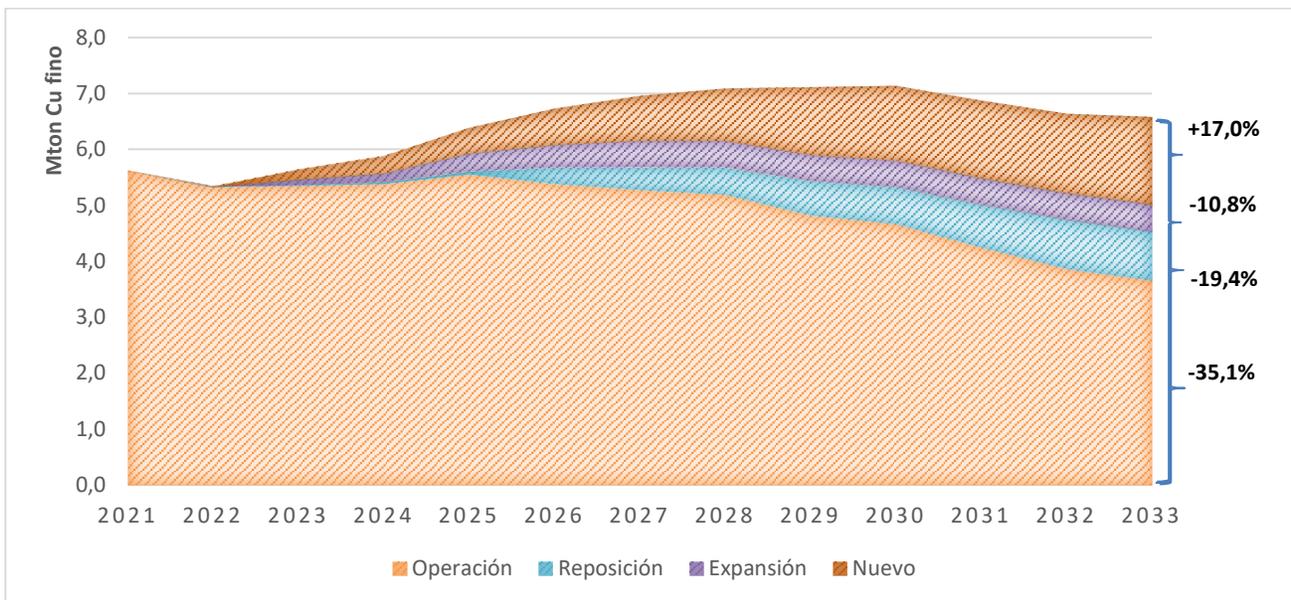


### 1.1.3. Proyección nacional de producción de cobre fino según tipo de proyecto.

Al revisar las proyecciones según el tipo de proyectos, se observa que, hacia 2033, las operaciones actuales disminuyen su producción en un 35,1%, a una tasa de decrecimiento de 3,5% con respecto a 2021, llegando a 3,65 millones de toneladas de cobre fino. Esta caída natural de las operaciones solo fortalece la tesis de la necesidad de nuevos proyectos que tiene nuestra actividad minera.

Es importante destacar que, incluso considerando en el perfil productivo aquellas iniciativas que buscan mantener operativas faenas actuales (reposición) o aquellos proyectos que buscan aumentar la capacidad productiva de operaciones activas (expansión), no se logra revertir la caída productiva de cobre, llegando a las 5,02 millones de toneladas hacia el 2033, un 10,8% menos que lo alcanzando en 2021.

**Figura 5: Producción de cobre 2021 y proyección esperada 2022 – 2033, según tipo de proyecto.**



Fuente: Cochilco, 2022.

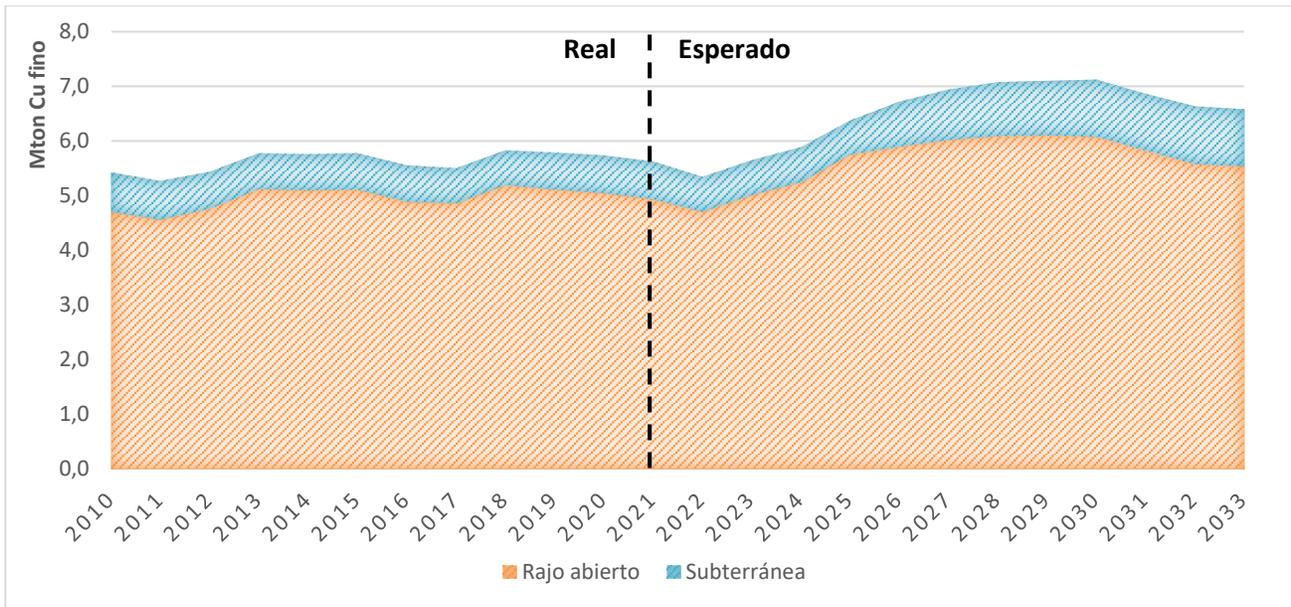
El resultado del análisis final muestra que, para alcanzar las metas productivas esperadas en el modelamiento de la proyección cuprífera nacional, es necesario que se materialicen todas aquellas iniciativas nuevas de la cartera de inversiones nacional, las que aportarían un 17% más de producción hacia el 2033.

### 1.1.4. Proyección nacional de producción de cobre fino según método de explotación.

Tal como se ha venido observando en los últimos años, y a pesar de que Chile ha avanzado enormemente en investigación y desarrollo de tecnologías de automatización y mejoramiento de la extracción de minerales mediante métodos subterráneos, en los próximos 13 años no habrá cambios sustanciales en la producción proveniente de este método extractivo (Figura 6).



**Figura 6: Producción de cobre 2010 – 2021 y proyección esperada 2022 - 2033, según método de explotación.**



Fuente: Cochilco, 2022.

En los últimos 12 años la producción de cobre proveniente de minería a rajo abierto ha crecido un 4,9% al 2021, mientras que la producción proveniente de minas subterráneas que ha caído un 4,2%. La inclusión de proyectos como Chuquicamata subterránea, el Plan de Desarrollo El Teniente (Andes Norte, Andesita y Diamante) y Los Bronces Integrado, permitirían aumentar la producción de minería subterránea en un 50,4% entre 2021 y 2033, sin embargo la producción proveniente de rajo abierto mantendrá relativamente estable su participación en la producción nacional, pasando de 87,6% en 2021 a 84,1% en 2033.



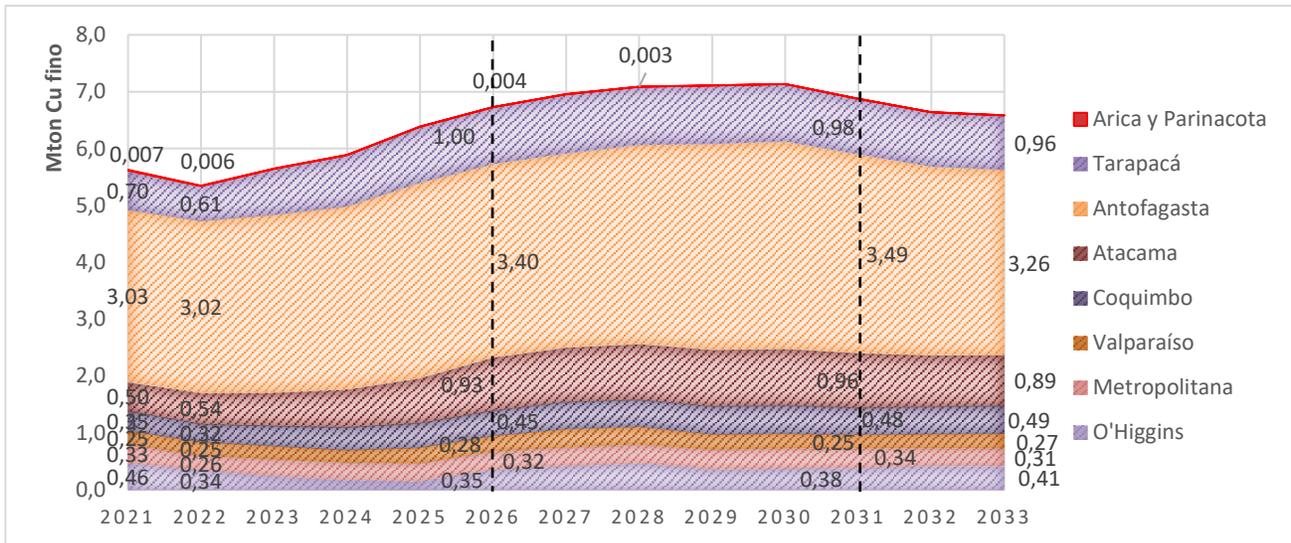
## 2. Análisis regional de la proyección de producción esperada de cobre fino

Este capítulo pretende dar una mirada regional a las proyecciones de producción de cobre esperadas para el periodo 2021- 2032, focalizando el análisis en aquellas con mayor aporte productivo.

### 2.1. Proyección nacional de cobre mina 2021 - 2032

Al revisar los perfiles productivos regionales, se observa que el “top 3” de las regiones con mayor crecimiento son Atacama (77,4%), Coquimbo (39%) y Tarapacá (36,7%), sin embargo a nivel de aporte productivo, Antofagasta seguirá siendo importante. Debido a esto, es que consideraremos para el análisis regional estas cuatro regiones (Figura 7).

**Figura 7: Producción regional de cobre 2021 y proyección de producción esperada 2022 – 2032.**



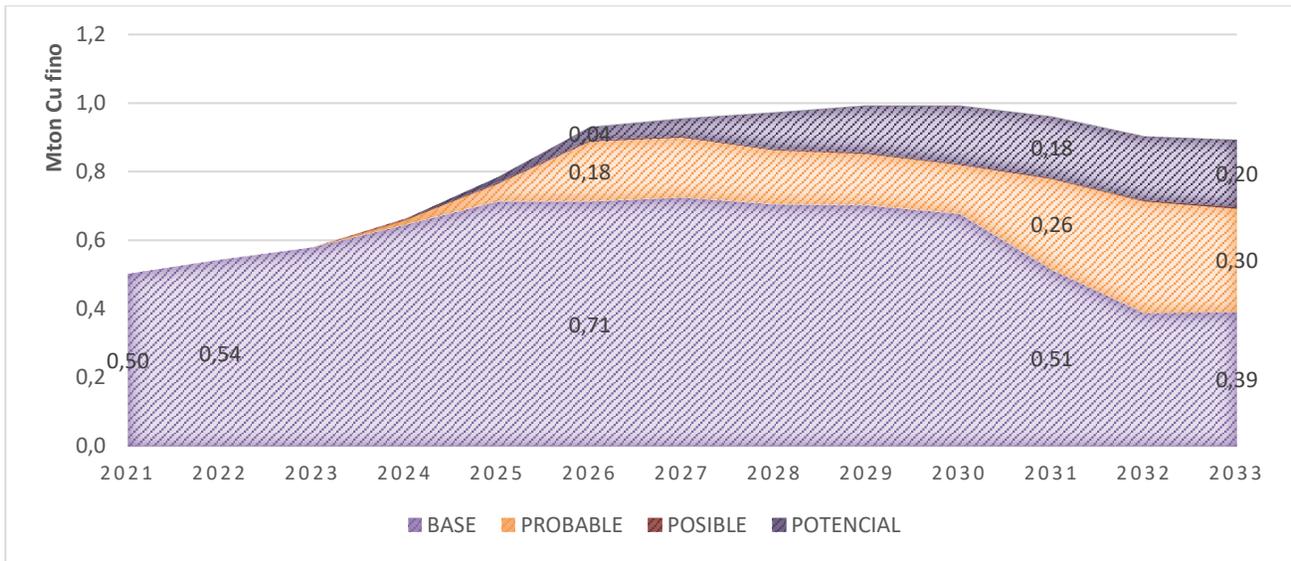
Fuente: Cochilco, 2021.

#### 2.1.1. Aporte y estructura productiva futura región de Atacama

Para la región de Atacama, se observa que el aumento productivo estaría impulsado por aquellas iniciativas en condición *probable* y *potencial*, las cuales aportarían un 55,8% de la oferta de la región, alrededor de 497 mil toneladas de cobre fino hacia el 2033 (Figura 8).



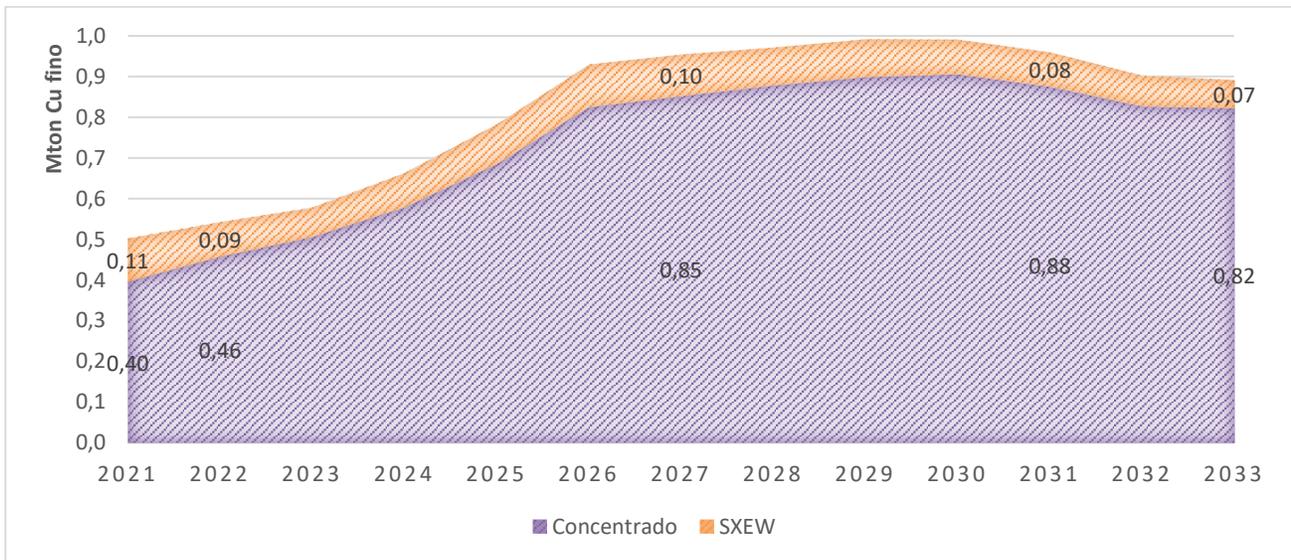
**Figura 8: Aporte productivo de los proyectos según condición en la región de Atacama.**



Fuente: Cochilco, 2022.

En el caso de las iniciativas en condición *probable* se destacan los proyectos Santo Domingo de Capstone Mining, la Optimización y Continuidad Operacional de Minera Candelaria de Lundin Mining y Sierra Norte. Por el lado de los proyectos en condición *potencial* Nueva Unión I, de propiedad de Newmont y Teck, y Costa Fuego, de Hot Chili.

**Figura 9: Producción esperada de cobre en la región de Atacama según producto final.**



Fuente: Cochilco, 2022.

En el caso de la estructura productiva de la región, ésta se mantendrá enfocada en la producción de concentrados, pasando de un 78,8% de participación en 2021 al 92,2% hacia 2033. Este aumento de participación es debido a que la producción de concentrados aumentará en 427 mil toneladas, 107,7% más

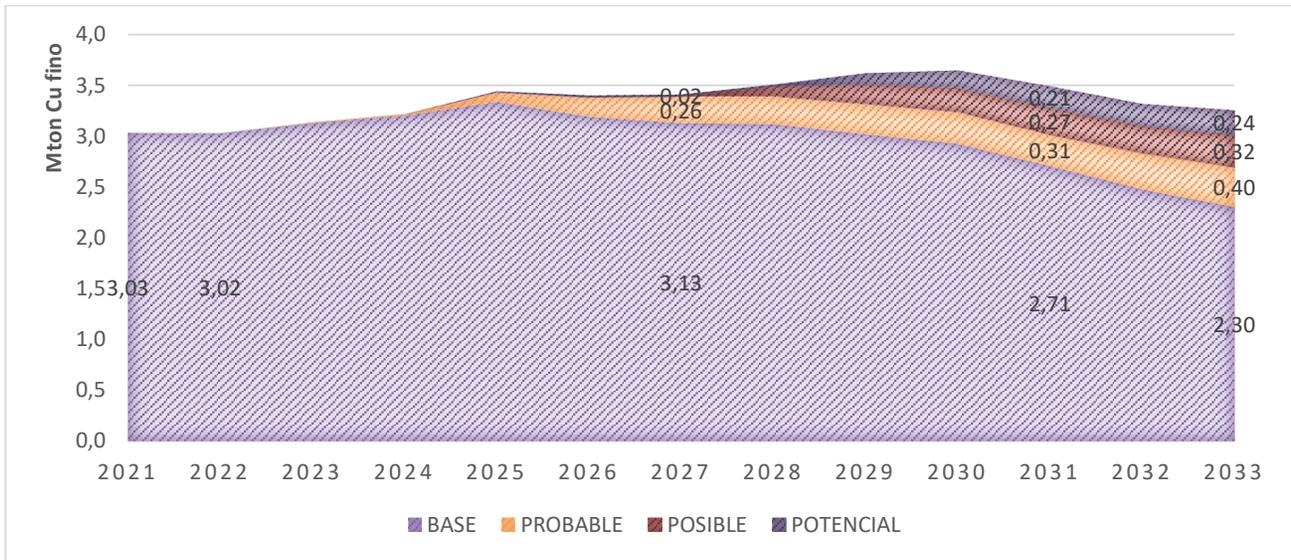


con respecto a 2021, mientras que la producción de cátodos SxEw caerá en 37 mil toneladas, una disminución de 35% (Figura 9).

### 2.1.2. Aporte y estructura productiva futura región de Antofagasta.

En esta región, el impulso productivo lo darán aquellos proyectos en condición *potencial*, los que aportarían un 17,5% de la oferta productiva de la región hacia 2033, equivalente a de 243 mil toneladas de cobre fino (Figura 10). El resto de proyectos no son suficientes para contener la caída productiva de las operaciones actuales (proyectos en condición *base*).

Figura 10: Aporte productivo de los proyectos según condición en la región de Antofagasta.

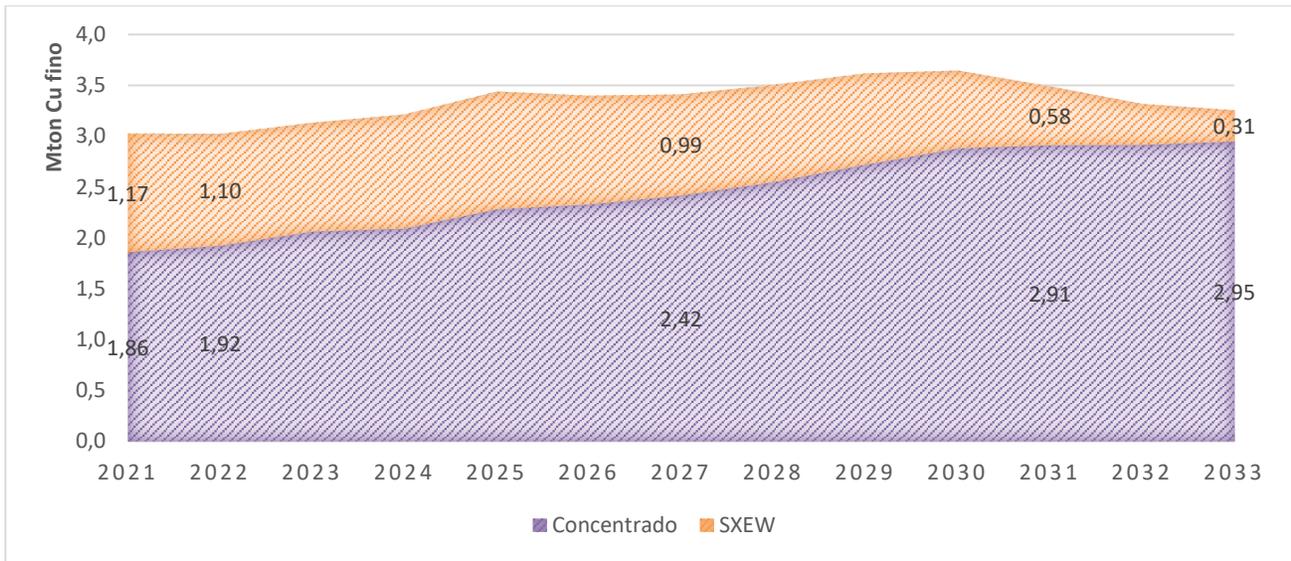


Fuente: Cochilco, 2022.

Con respecto a la estructura productiva esperada, se mantiene la preponderancia de la producción de concentrados, pasando de 61,5% de participación en 2021 a 90,6% en 2033, equivalentes a 1,09 millones de toneladas adicionales a la producción de 2021, crecimiento de 58,4%. En cambio, la producción de cátodos SxEw tendría una caída de 73,7%, esto quiere decir alrededor de 859 mil toneladas menos de cátodos SxEw. (Figura 11).



**Figura 11: Producción esperada de cobre en la región de Antofagasta según producto final.**

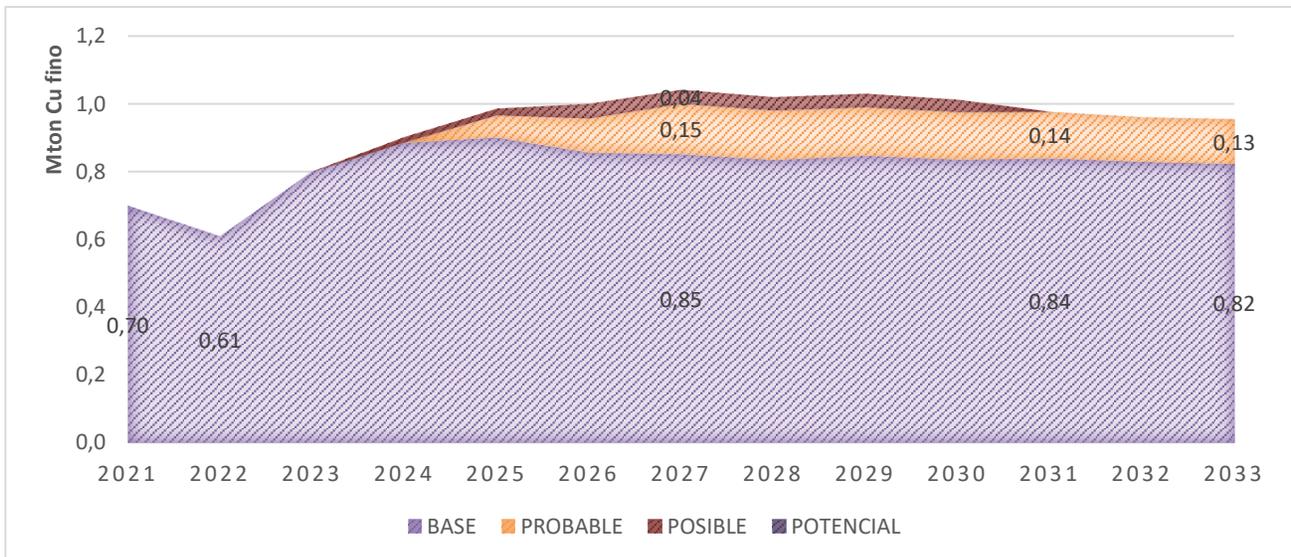


Fuente: Cochilco, 2022.

### 2.1.3. Aporte y estructura productiva futura región de Tarapacá.

En el caso de la región de Tarapacá, el impulso productivo lo dará Collahuasi con sus proyectos, actualmente en condición *probable*. Estos aportarían alrededor de 133 mil toneladas adicionales de producción, equivalente a un 13,9% de la oferta futura de la región (Figura 12).

**Figura 12: Aporte productivo de los proyectos según condición en la región de Tarapacá.**



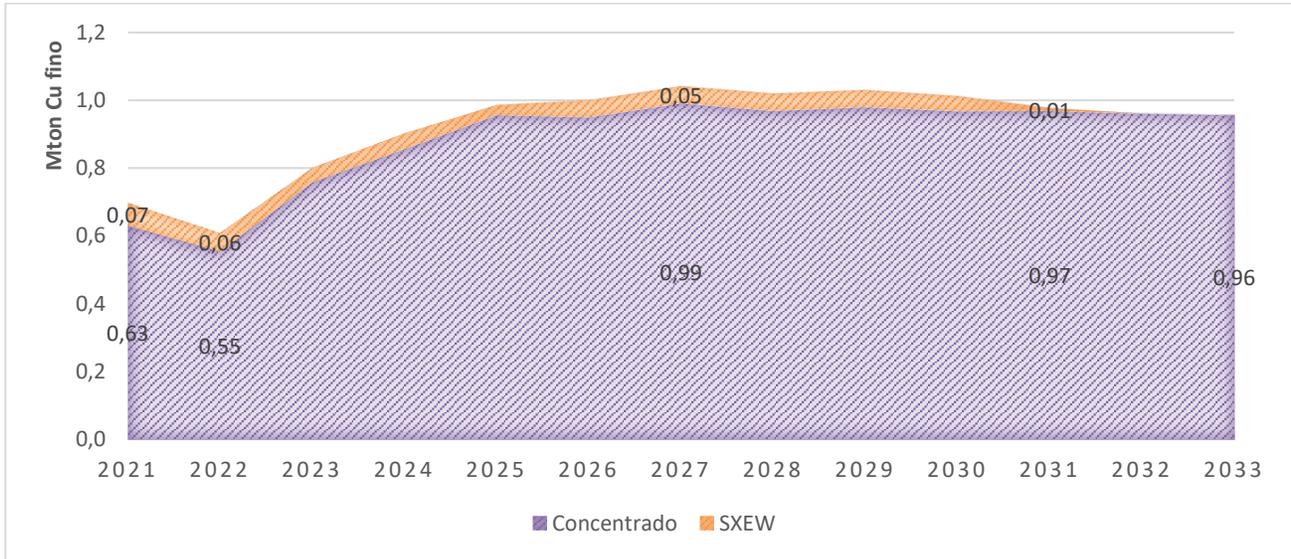
Fuente: Cochilco, 2022.

El cambio en la estructura productiva de esta región es similar al resto de regiones, ya que la producción de concentrados pasará de ser responsable de un 90,1% de la producción de la región al 100% de participación



hacia 2033, debido a que a esa fecha ni la reactivación de la planta SxEW de Collahuasi estará operativa (Figura 13).

**Figura 13: Producción esperada de cobre en la región de Tarapacá según producto final.**

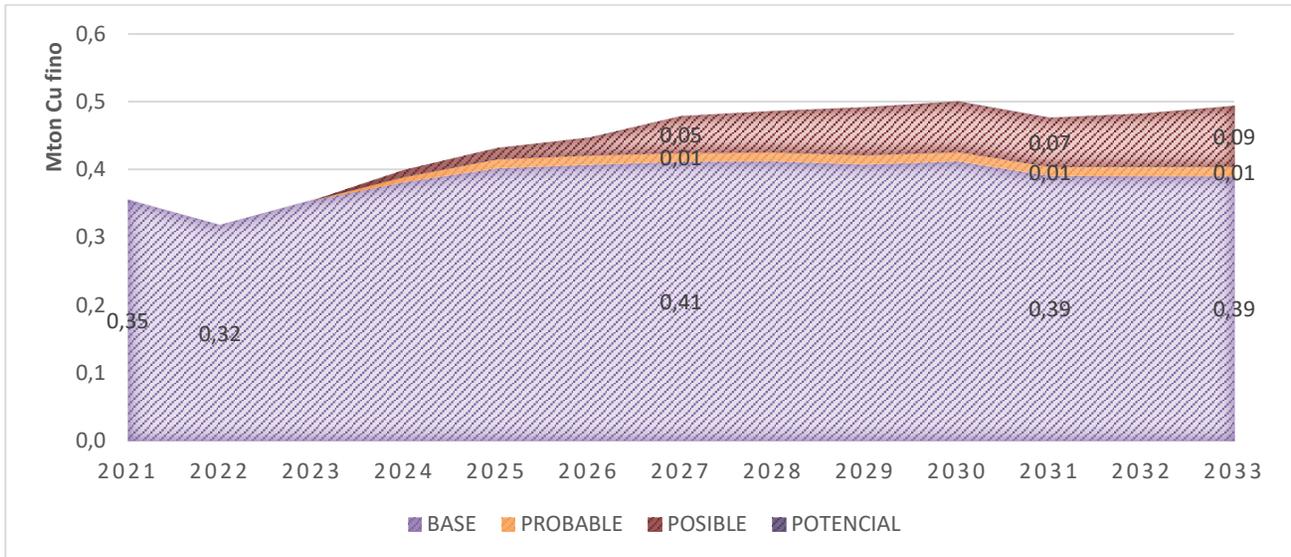


Fuente: Cochilco, 2022.

**2.1.4. Aporte y estructura productiva futura región de Coquimbo.**

Como se observó en el informe anterior, la región de Coquimbo verá un crecimiento importante de la mano de Pelambres Futuro Fase I y los proyectos de mediana minería Arqueros Cobre y El Espino, todas en condición *probable* y *posible*. Estos serán responsables de un 21% de la oferta futura hacia 2033 (Figura 14).

**Figura 14: Aporte productivo de los proyectos según condición en la región de Coquimbo.**

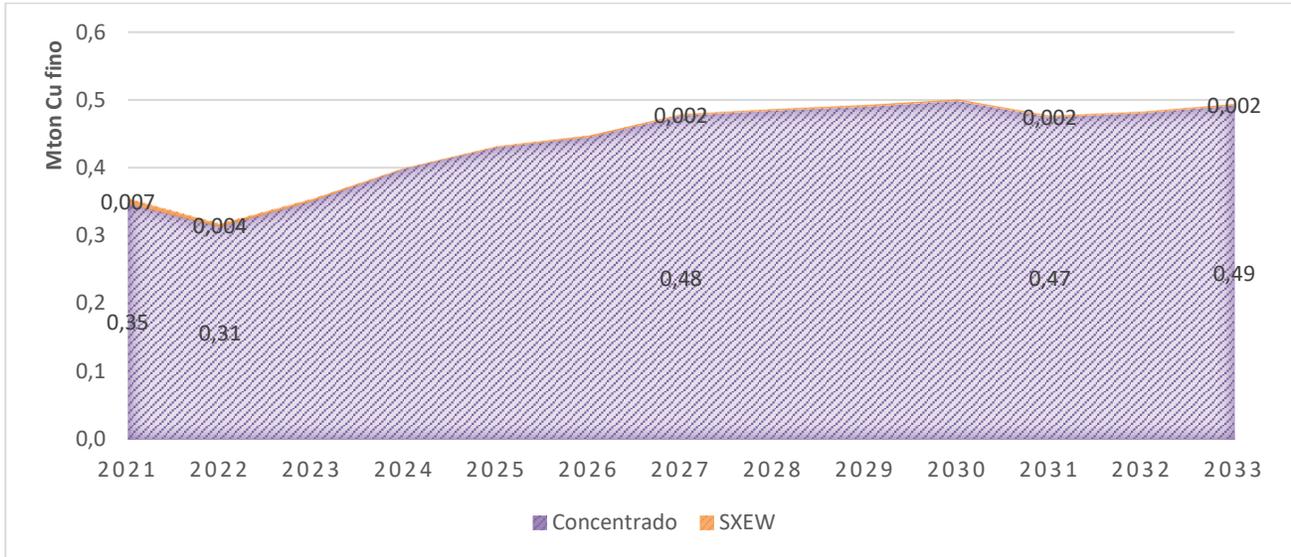


Fuente: Cochilco, 2022.



La estructura productiva de esta región es distinta, ya que la producción SxEw no tiene relevancia importante dentro de la región, por lo cual ésta se mantendrá casi estable hacia el 2033, pasando de 7 mil toneladas en 2021 a un poco más de 2 mil toneladas hacia el cierre del periodo en análisis (Figura 15).

**Figura 15: Producción esperada de cobre en la región de Coquimbo según producto final.**



Fuente: Cochilco, 2022.



### 3. Comentarios finales

Si bien, los resultados obtenidos en la proyección de producción esperada de cobre para el periodo 2022-2033 muestran un crecimiento respecto de la producción real de 2021 de 17%, es bastante menor a las proyecciones realizadas en años anteriores. Esto responde a que muchos de los proyectos importantes en la próxima década no han avanzado en sus ingenierías ni en la preparación de líneas bases medioambientales durante los años de pandemia. De todas formas, se espera que Chile alcance una producción de cobre de 6,58 millones de toneladas al año 2033, a una tasa de crecimiento promedio anual de 1,3%, con un *peak* productivo en el año 2030 (dos años después de lo estimado en el informe anterior) de 7,14 millones de toneladas. Asimismo, se espera que superemos la barrera de las 6 millones de toneladas hacia el año 2025 (6,39 millones de toneladas esperadas de producción cuprífera).

Como se ha podido observar en las últimas versiones de este trabajo, existe una extensión importante de la vida útil de algunas faenas de óxidos, sin embargo esto no es suficiente para subsanar la problemática relacionada al cambio de matriz productiva, esto es la inexistencia de iniciativas públicas o privadas que busquen una forma de utilizar la capacidad instalada de alrededor de 2,2 millones de toneladas de cobre fino en plantas hidrometalúrgicas.

#### ✓ **Proyección de producción esperada de cobre fino según condición.**

Los proyectos y operaciones pertenecientes a la condición *base* podrían ver afectada su producción de cobre fino en 18,8% en el periodo 2021-2033, alcanzando una producción de 4,57 millones de toneladas, con un máximo productivo esperado para el 2026 con 6,11 millones de toneladas. Al incluir aquellos proyectos en condición *probable*, la producción caería 0,3% hacia el 2033, alcanzando una producción de 5,61 millones de toneladas, con un máximo de 6,7 millones de toneladas hacia el 2027. La mínima producción esperada en este y los siguientes perfiles a analizar es la proyección para 2022.

Para poder mantener el crecimiento observado en el primer quinquenio se necesitan nuevos proyectos. Es así que, al considerar en los perfiles productivos aquellas iniciativas en condición posible, la producción esperada aumentaría un 7% para el periodo de análisis, llegando a 6,02 millones de toneladas hacia el 2033. Si a esto añadimos la producción proveniente de los proyectos en condición potencial, la producción esperada hacia el 2033 aumentaría un 17% con respecto a 2021, alcanzando las 6,58 millones de toneladas, donde la producción máxima se alcanzaría hacia el 2030 con 7,14 millones de toneladas.

#### ✓ **Proyección de producción esperada de cobre fino según tipo de producto.**

La proyección de producción esperada para el periodo 2021-2033 muestra que la producción hidrometalúrgica pasaría de una participación de 25,1% de la producción total en 2021, 1,41 millones de toneladas, a un 6,3% hacia 2033 con un poco más de 416 mil toneladas, una caída de 70,6%. De las actuales 34 operaciones hidrometalúrgicas activas, hacia el 2033 solo quedarán 20.

La gran cantidad de iniciativas que buscan expandir o extender la vida operacional de faenas de minerales sulfurados o incluso crear nuevas operaciones mineras en la línea de concentrados impacta positivamente en la producción de concentrados, la cual crecería un 46,4% entre los años 2021 y 2033, pasando de 4,21 millones

de toneladas a 6,17 millones de toneladas, todo esto sin aumentos sustanciales en el consumo interno de concentrados en procesos FURE. Esto último provocaría que la producción de concentrados sin refinar en nuestro país pasará desde un 53,4% de participación en la producción total de cobre fino en 2021 a un 78% hacia 2033, pasando de exportar alrededor de 2,72 millones de toneladas de cobre fino en concentrados como promedio de los últimos diez años, en torno a las 10,5 millones de toneladas métricas secas de concentrados, a alrededor de 4,61 millones de toneladas de cobre fino hacia 2033, aproximadamente 16,95 millones de toneladas métricas secas de concentrados.

#### ✓ **Proyección de producción esperada de cobre fino según tipo de proyecto.**

Se observa que, hacia 2033, las operaciones actuales disminuyen su producción en un 35,1% respecto a 2021, llegando a 3,65 millones de toneladas de cobre fino. Esta caída natural de las operaciones solo fortalece la tesis de la necesidad de nuevos proyectos que tiene nuestra actividad minera. Sin embargo, incluso considerando en el perfil productivo aquellas iniciativas que buscan mantener operativas faenas actuales (reposición) o aquellos proyectos que buscan aumentar la capacidad productiva de operaciones activas (expansión), no se logra revertir la caída productiva de cobre, llegando a las 5,02 millones de toneladas hacia el 2033, un 10,8% menos que lo alcanzando en 2021.

Es así como, para alcanzar las metas productivas esperadas, es necesario que se materialicen todas aquellas iniciativas nuevas de la cartera de inversiones nacional, las que aportarían un 17% más de producción hacia el 2033.

#### ✓ **Proyección regional de producción esperada de cobre fino.**

Las regiones con mayor crecimiento productivo en la próxima década son Atacama con 77,4% (+389 mil toneladas), Coquimbo con 39% (+139 mil toneladas) y Tarapacá con 36,7% (+256 mil toneladas). Antofagasta si bien no está dentro de las regiones con más crecimiento, ya que se espera un aumento solo de 7,6% en la década (+229 mil toneladas), sigue siendo una región a analizar debido a la importancia de esta en la producción nacional.



## Anexo 1: Metodología de proyección de producción esperada

La metodología que se emplea para la confección de este informe se basa en los siguientes criterios.

### Escenarios de producción

La proyección de producción de en minería está sujeta a riesgo e incertidumbre. El cálculo de la producción de cobre fino será mediante el método probabilístico de Montecarlo. La función de probabilidad utilizada para la simulación es una *Beta*. Esta permite estimar la distribución de los consumos en base a rangos de valor que puede tomar la variable, indicando un valor mínimo, más probable y máximo:

- **Escenario de producción máxima:** 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. Es, por cierto, un escenario optimista.
- **Escenario de producción más probable:** 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 de 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, obtenida de los catastros de proyectos históricos publicados por COCHILCO.
- **Escenario de producción mínima:** que ajusta el escenario más probable con cifras inferiores dentro de un criterio técnico razonable. Es, entonces, un escenario pesimista.

El valor de la producción de cobre fino para un año  $t$  se calcula como se muestra en la ecuación (1):

$$Producción\_Cobre\_fino_t = \sum_i E[f(X_{ijt}; Y_{ijt}; Z_{ijt})] \quad (1)$$

Donde,

- $i$ : Faena minera considerada.
- $j$ : Tipo de producto final considerado.
- $K$ : Condición/estado del proyecto minero considerado<sup>2</sup>.
- $t$ : Año considerado en el periodo de proyección.
- $f$ : Distribución de probabilidad que describe el rango de valores que puede tomar el consumo de electricidad y la probabilidad asignada a cada valor de acuerdo a las variables de entrada.

<sup>2</sup> Las condiciones/estados de los proyectos que se establecen en el presente informe son: Base, Probable, Posible-factibilidad, Potencial-factibilidad y Potencial-prefactibilidad.



- $Z_{ijkt}$ : Corresponde a la producción máxima de cobre fino en la faena  $i$ , en el proceso  $j$ , de acuerdo a la condición/estado  $k$  del proyecto, en el año  $t$ . La unidad de medida es ktpa.
- $Y_{ijkt}$ : Corresponde a la producción más probable de cobre fino en la faena  $i$ , en el proceso  $j$ , de acuerdo a la condición/estado  $k$  del proyecto, en el año  $t$ . La unidad de medida es ktpa.
- $X_{ijkt}$ : Corresponde a la producción mínima de cobre fino en la faena  $i$ , en el proceso  $j$ , de acuerdo a la condición/estado  $k$  del proyecto, en el año  $t$ . La unidad de medida es ktpa.

Entonces, para calcular la producción esperada de cobre fino en un año determinado, es necesario en primera instancia, determinar las variables de entrada de la función “ $f$ ” para cada proceso en cada faena:  $X_{ijkt}$ ,  $Y_{ijkt}$  y  $Z_{ijkt}$ . El detalle del cálculo se muestra en las secciones 2, 3 y 4.

#### ✓ **Cálculo de la variable de producción máxima de cobre fino.**

Corresponde al valor máximo de producción de cobre fino de un proceso en una faena minera específica. Este cálculo se basa en el supuesto que no existe retraso en la puesta en marcha de los proyectos mineros y el perfil de producción se desarrolla de acuerdo a las cantidades determinadas para cada proyecto en el periodo considerado a proyectar.

De esta manera, la producción máxima de cobre en una faena  $i$ , para un proceso  $j$  y en el tiempo  $t$ , queda determinado por la ecuación (2):

$$Z_{ijkt} = \text{Producción\_Est}_{ijt} \times \text{Pond\_Max}_{ik} \quad (2)$$

Donde,

- $\text{Producción\_Est}_{ijt}$ : Corresponde a la producción cobre fino máxima estimada con las formulas 1 y 5, para cada proceso  $j$ , en la faena  $i$  y en el tiempo  $t$ .
- $\text{Pond\_Max}_{ik}$ : Corresponde al ponderador de producción máxima en base a información histórica según la condición de un proyecto  $k$  en una faena minera  $i$ . En este caso se utiliza un ponderador de valor 1, ya que se trata de la producción máxima posible. El detalle de los posibles valores se encuentra en la Tabla 1.



Tabla 1: Ponderadores determinísticos de producción futura máxima<sup>3</sup>

Condición/estado de proyectos mineros	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Potencial/Prefactibilidad	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Potencial/Factibilidad	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Posible/Factibilidad	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Probable	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Base	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fuente: Cochilco

### ✓ Cálculo de la variable de producción más probable de cobre fino.

Corresponde al valor más probable de producción de cobre fino de un proceso en una faena minera específica. Esta producción se calcula sobre el supuesto que los proyectos mineros sufren retrasos en su ejecución y variaciones en su producción estimada respecto de la real.

Para modelar este efecto se construyó un vector de ponderadores de producción determinísticos en base a información histórica en la ejecución de proyectos mineros, según condición y fecha de puesta en marcha. El cálculo de los vectores corresponde al promedio ponderado de las razones de producción real sobre la producción proyectada en faenas mineras de igual condición y estado.

El detalle de los ponderadores de producción se muestra en la Tabla 2. De esta manera, la producción de cobre fino más probable en un proceso  $j$ , en una faena  $i$  en el tiempo  $t$ , queda determinado por la ecuación (3):

$$Y_{ijkt} = \text{Producción\_Est}_{ijt} \times \text{Pond\_MP}_{ik} \quad (3)$$

Donde,

- $\text{Producción\_Est}_{ijt}$ : Corresponde a la producción cobre fino máxima estimada con las formulas 1 y 5, para cada proceso  $j$ , en la faena  $i$  y en el tiempo  $t$ .
- $\text{Pond\_MP}_{ik}$ : Corresponde al ponderador de producción máxima en base a información histórica según la condición y estado de un proyecto. En este caso, los ponderadores son menores uno y reflejan el retraso promedio ocurrido en la producción estimada en proyectos mineros de acuerdo a su condición y estado.

<sup>3</sup> Cabe destacar que el *año 1* hace referencia al primer año de puesta en marcha de proyectos mineros específicos. Este no hace referencia a un año calendario en particular ya que el primer año de operación queda definido dependiendo del proyecto minero.

**Tabla 2: Ponderadores determinísticos de producción futura más probable**

Condición/estado de proyectos mineros	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Potencial/Prefactibilidad	0,15	0,16	0,28	0,32	0,37	0,42	0,45	0,49	0,55	0,69	0,70	0,71
Potencial/Factibilidad	0,37	0,42	0,45	0,49	0,55	0,69	0,70	0,71	0,80	0,80	0,83	0,84
Posible/Factibilidad	0,49	0,55	0,69	0,70	0,71	0,80	0,80	0,83	0,84	0,84	0,85	0,88
Probable	0,71	0,80	0,80	0,83	0,84	0,84	0,85	0,88	0,92	0,92	0,92	0,93
Base	0,80	0,83	0,84	0,84	0,85	0,88	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93

Fuente: Cochilco

### Cálculo de ponderadores determinísticos de producción futura más probable

Los ponderadores de producción futura más probable, mostrados en la Tabla 2, se calculan en base a información histórica de proyección de producción de cobre fino por parte de compañías mineras que poseen proyectos de expansión, reposición y nuevos proyectos mineros, en relación con la producción real alcanzada.

Esta información es recopilada a través del informe anual de inversiones en la minería desde el año 2005. En este sentido, la información utilizada para el cálculo de estos ponderadores corresponde a los datos acumulados de proyección de producción desde 2005. Esta información es agregada en una base de datos única.

Para efectuar el cálculo de los ponderadores de producción futura más probable, primero se agrupan los proyectos mineros según su condición en alguna de las categorías: i) Potencial/Prefactibilidad, ii) Potencial/Factibilidad, iii) Posible/Factibilidad, iv) Probable o v) Base, utilizando la información de proyección de producción máxima recopilada en los catastros de inversión desde el año 2005, hasta el último disponible, que en este caso corresponde al año 2020.

Una vez agrupados los proyectos mineros, se calcula individualmente el porcentaje de producción alcanzado por las faenas. Para esto, se determina la razón entre la producción de cobre fino proyectada para un año determinado y la producción real alcanzada para el mismo año. Este cálculo se realiza para todos los proyectos considerados, agrupados según su condición, como se muestra en la ecuación (4). Se interpreta como el grado de producción alcanzado por una faena minera en un año específico de acuerdo a la condición del proyecto.

$$Ponderador\_Prod\_Cu_{kiat} = \frac{Producción\_Real_{kiat}}{Producción\_Est_{kiat}} \quad (4)$$

Donde,

- $k$ : Condición/estado del proyecto minero considerado<sup>4</sup>.
- $i$ : Faena minera considerada.

<sup>4</sup> Las condiciones/estados de los proyectos que se establecen en el presente informe son: Base, Probable, Posible-factibilidad, Potencial-factibilidad y Potencial-prefactibilidad.

- $a$ : Año en que se realizó el catastro minero.
- $t$ : Año calendario considerado en el periodo de proyección de producción.

Una vez hecho el cálculo de la ecuación (4) para todos los proyectos considerados, se procede a calcular el vector de ponderadores de producción según condición. Este vector corresponde al promedio ponderado de los ponderadores individuales de producción de cobre agregados por condición. Se debe mencionar que no se ponderan y agregan los datos de acuerdo al año calendario en cuestión, sino que se clasifican considerando el año número de años de operación del proyecto. Por ejemplo, el año de puesta en marcha de los proyectos corresponde al “Año 1” de operación. De esta manera se puede calcular el vector de ponderadores determinísticos de producción futura más probable como se detalla en la ecuación (5):

$$Pond\_MP_{ky} = \sum \frac{Producción\_Est_{kiy}}{Producción\_Est\_Total_{ky}} \times Ponderador\_Prod\_Cu_{kiy} \quad (5)$$

Donde,

- $k$ : Condición/estado del proyecto minero considerado<sup>5</sup>.
- $i$ : Faena minera considerada.
- $y$ : Número de años de operación de un proyecto minero de inversión.

Finalmente, se considera que los proyectos mineros no son estáticos por lo tanto su condición y estado evoluciona en el tiempo. Para modelar esta situación, se calculó el tiempo promedio que pasa un proyecto minero en una condición determinada<sup>6</sup>. De esta manera se estima que los proyectos mineros pasan en promedio 3 años en condición Potencial/Prefactibilidad, 5 años en condición Potencial/Factibilidad, 5 años en condición Posible/Factibilidad y 4 años en la condición Probable. Esta situación queda plasmada de la manera en que son construidos los diferentes vectores, en donde una vez que se cumple el tiempo promedio de permanencia en una condición, el complemento de los ponderadores pasa a ser el siguiente vector el cual representa un mayor grado de certidumbre en la producción.

#### ✓ Cálculo de la variable de producción mínima de cobre fino.

Corresponde al valor mínimo estimado de producción de cobre fino en un proceso minero de una faena minera en particular. Este cálculo se basa en que los proyectos mineros presentes en la cartera de inversiones sufren retrasos más allá de los previstos, por ejemplo variaciones en las condiciones macroeconómicas, retrasos en la aprobación de permisos, retrasos en la ingeniería, etc.

<sup>5</sup> Las condiciones/estados de los proyectos que se establecen en el presente informe son: Base, Probable, Posible-factibilidad, Potencial-factibilidad y Potencial-prefactibilidad.

<sup>6</sup> Son múltiples las variables que afectan la condición y estado de un proyecto minero, como por ejemplo, precio de los metales, estabilidad política y económica, regulación, estado de avance de la ingeniería, entre otros.



De esta manera, se determinó un vector de ponderadores producción mínimo de los proyectos mineros según su condición en base a la información histórica de Cochilco y juicio de experto. Para esto, primero se efectuó el cálculo de los vectores correspondiente al promedio ponderado de las razones de producción real sobre la producción proyectada en faenas mineras de igual condición y estado. En segunda instancia, se utilizó el menor valor de cada tipo de proyecto, manteniéndose constante en el tiempo.

La producción mínima de cobre fino en un proceso  $j$ , en una faena  $i$  en el tiempo  $t$ , se calcula como en (6):

$$X_{ijkt} = \text{Producción\_Est}_{ijt} \times \text{Pond\_Min}_{ik} \quad (6)$$

Donde,

- $\text{Producción\_Est}_{ijt}$ : Corresponde a la producción cobre fino máxima estimada con las formulas 1 y 5, para cada proceso  $j$ , en la faena  $i$  y en el tiempo  $t$ .
- $\text{Pond\_Min}_{ik}$ : Corresponde al ponderador de producción mínimo en base a información histórica según la condición y estado de un proyecto. Estos ponderadores reflejan la producción mínima promedio estimada de los proyectos mineros según su condición. El detalle de los posibles valores se encuentra en la Tabla 3.

**Tabla 3: Ponderadores determinísticos de producción futura mínima**

Condición/estado de proyectos mineros	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Potencial/Prefactibilidad	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Potencial/Factibilidad	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Posible/Factibilidad	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Probable	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
Base	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

Fuente: Cochilco

## Anexo 2: Proyección de producción a nivel nacional al año 2033.

En la Tabla 4 se muestra el detalle de la proyección esperada de producción de cobre fino mina a nivel nacional en el periodo 2022 – 2033. Esta producción se estima en 5,35 millones de toneladas de cobre en 2022, para luego aumentar hasta 6,58 millones de toneladas en 2033. Por otro lado, la producción máxima y mínima posible, en base a la cartera de proyectos 2022, sería de 7,51 millones de toneladas de cobre fino y 5,40 millones de toneladas hacia el 2033, respectivamente.

**Tabla 4: Proyección esperada, cap. máxima y mínima de producción, 2022 – 2033.**

Miles de toneladas de cobre fino	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Producción máxima	5.834	6.187	6.474	7.072	7.509	7.857	8.108	8.256	8.270	7.974	7.649	7.509
Producción esperada	5.345	5.647	5.891	6.390	6.731	6.956	7.089	7.111	7.135	6.873	6.641	6.581
Producción mínima	4.694	4.978	5.189	5.622	5.906	6.076	6.159	6.119	6.070	5.809	5.549	5.402

Fuente: Cochilco.

En la Tabla 5 se muestran las proyecciones de producción esperada según condición, mientras que en las tablas 6, 7, 8, 9 y 10 se muestran los datos de la producción de cobre esperada al año 2033, según diferentes clasificaciones.

**Tabla 5: Proy. esperada de prod. de cobre a nivel nacional según condición, 2022 – 2033.**

Condición (Miles de toneladas de cobre fino)	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
BASE	5.345	5.643	5.822	6.103	6.112	6.083	6.023	5.674	5.535	5.137	4.774	4.570
PROBABLE	-	5	38	221	485	621	630	770	801	914	1.022	1.040
POSIBLE	-	-	30	41	75	100	199	311	356	343	348	410
POTENCIAL	-	-	-	25	59	152	237	356	443	478	498	561

Fuente: Cochilco.

**Tabla 6: Proy. esperada de prod. de cobre a nivel nacional según producto, 2022 – 2033.**

Producto final (Miles de toneladas de cobre fino)	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Concentrados	4.039	4.398	4.577	5.046	5.449	5.755	5.933	6.018	6.190	6.153	6.119	6.165
Cátodos EW	1.306	1.249	1.313	1.344	1.282	1.201	1.155	1.093	945	719	523	416

Fuente: Cochilco.

Tabla 7: Proy. esperada de prod. de cobre país según producto exportable, 2022 – 2033.

Producto final (Miles de toneladas de cobre fino)	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Cátodos EW	1.306	1.249	1.313	1.344	1.282	1.201	1.155	1.093	945	719	523	416
Ánodos + Cátodos ER	1.289	1.263	1.281	1.305	1.315	1.322	1.328	1.327	1.322	1.322	1.322	1.341
Concentrados	2.750	3.135	3.296	3.741	4.133	4.433	4.605	4.691	4.867	4.831	4.796	4.824

Fuente: Cochilco.

Tabla 8: Proy. esperada de prod. de cobre a nivel nacional según tipo de proyecto, 2022 – 2033.

Tipo de proyecto (Miles de toneladas de cobre fino)	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Operación	5.319	5.341	5.375	5.545	5.375	5.269	5.181	4.812	4.661	4.239	3.857	3.650
Reposición	17	17	40	57	297	406	489	618	665	774	888	884
Expansión	-	103	156	324	401	476	477	469	475	470	475	485
Nuevo	9	186	319	464	658	806	942	1.212	1.333	1.390	1.421	1.563

Fuente: Cochilco.

Tabla 9: Proy. esperada de prod. de cobre país según método de explotación, 2022 – 2033.

Método de explotación (Miles de toneladas de cobre fino)	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Rajo abierto	4.699	5.009	5.242	5.749	5.893	6.016	6.084	6.096	6.073	5.817	5.572	5.534
Subterránea	646	638	644	630	826	928	993	1.003	1.050	1.045	1.063	1.047

Fuente: Cochilco.



Tabla 10: Proy. esperada de prod. de cobre a nivel regional según área productiva, 2022 – 2033.

Región/Producto	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
<b>Arica y Parinacota</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	-	-	-	-	-
CONCENTRADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SXEW	6	6	6	5	4	4	3	-	-	-	-	-
<b>Tarapacá</b>	<b>610</b>	<b>801</b>	<b>902</b>	<b>986</b>	<b>1.000</b>	<b>1.041</b>	<b>1.020</b>	<b>1.030</b>	<b>1.012</b>	<b>976</b>	<b>960</b>	<b>955</b>
CONCENTRADO	554	758	855	956	950	990	968	980	967	969	960	955
SXEW	55	43	47	30	50	51	52	50	46	8	-	-
<b>Antofagasta</b>	<b>3.025</b>	<b>3.134</b>	<b>3.217</b>	<b>3.440</b>	<b>3.401</b>	<b>3.411</b>	<b>3.506</b>	<b>3.621</b>	<b>3.647</b>	<b>3.492</b>	<b>3.318</b>	<b>3.257</b>
CONCENTRADO	1.922	2.063	2.093	2.283	2.331	2.418	2.550	2.722	2.879	2.911	2.915	2.950
SXEW	1.103	1.070	1.123	1.157	1.071	993	957	898	767	581	403	307
<b>Atacama</b>	<b>543</b>	<b>579</b>	<b>663</b>	<b>783</b>	<b>930</b>	<b>954</b>	<b>972</b>	<b>992</b>	<b>991</b>	<b>960</b>	<b>903</b>	<b>892</b>
CONCENTRADO	458	506	579	685	825	852	878	898	906	875	826	823
SXEW	85	73	84	99	105	102	93	93	85	84	76	69
<b>Coquimbo</b>	<b>318</b>	<b>355</b>	<b>400</b>	<b>432</b>	<b>447</b>	<b>479</b>	<b>486</b>	<b>492</b>	<b>500</b>	<b>476</b>	<b>482</b>	<b>494</b>
CONCENTRADO	314	351	399	430	445	477	484	490	498	474	480	492
SXEW	4	3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Valparaíso</b>	<b>248</b>	<b>246</b>	<b>233</b>	<b>285</b>	<b>279</b>	<b>330</b>	<b>317</b>	<b>282</b>	<b>267</b>	<b>253</b>	<b>252</b>	<b>268</b>
CONCENTRADO	234	230	218	271	265	316	303	268	254	239	239	257
SXEW	15	16	15	14	14	14	14	14	14	14	13	11
<b>Metropolitana</b>	<b>258</b>	<b>288</b>	<b>296</b>	<b>305</b>	<b>323</b>	<b>327</b>	<b>326</b>	<b>338</b>	<b>349</b>	<b>337</b>	<b>317</b>	<b>309</b>
CONCENTRADO	222	251	261	269	287	293	292	304	320	308	289	283
SXEW	37	37	36	36	36	34	34	34	29	29	27	26
<b>O'Higgins</b>	<b>337</b>	<b>239</b>	<b>173</b>	<b>154</b>	<b>347</b>	<b>410</b>	<b>459</b>	<b>357</b>	<b>368</b>	<b>378</b>	<b>410</b>	<b>407</b>
CONCENTRADO	336	238	172	152	346	409	458	355	366	377	408	406
SXEW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Cochilco.

## Anexo 3: Unidades de medida y abreviaciones

### Peso y medida

g	Gramo
kg	Kilogramo
t	Tonelada métrica
kt	Miles de toneladas métricas
Mt	Millones de toneladas métricas
oz	Onza troy
koz	Miles de onzas troy
Moz	Millones de onzas troy
lb	Libra
Mlb	Millones de libras
m	Metro
km	Kilómetro
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico

### Elementos químicos y minerales

Ag	Plata
Au	Oro
Cu	Cobre
Cu cát	Cátodos de cobre
Cu conc	Cobre contenido en concentrados
Cu <sub>Eq</sub>	Cobre equivalente
Fe	Hierro
Fsp	Feldspatos
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Ácido bórico
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ácido sulfúrico
KCl	Cloruro de potasio
KNO <sub>3</sub>	Nitrato de potasio
LiCl	Cloruro de litio
NaNO <sub>3</sub>	Nitrato de sodio
Mo	Molibdeno
TiO <sub>2</sub>	Dióxido de titanio (Rutilo)

### Concentración y tasas de producción

gpt	Gramos por tonelada
ppm	Partes por millón
oz/a	Onzas troy por año
koz/a	Miles de onzas troy por año
Moz/a	Millones de onzas troy por año
kg/a	Kilogramos por año
tph	Toneladas métricas por hora
tpd	Toneladas métricas por día
tpm	Toneladas métricas por mes
tpa	Toneladas métricas por año
ktpa	Miles de toneladas por año
Mtpa	Millones de toneladas por año

### Procesos e insumos

g/L	Gramos por litro
kg/L	Kilogramos por litro
l/s	Litros por segundo
l/m	Litros por mes

kV	Kilovoltios
kVA	Kilovoltio-amperios
GWh	Gigawatt-hora
MWh	Megawatt-hora

### Procesos de producción

Flot	Flotación
Lix	Lixiviación
SX	<i>Solvent extraction</i> (Extracción por solventes)
EW	<i>Electrowinning</i> (Electro-obtención)

### Moneda y precios

US\$	Dólar estadounidense
MUS\$	Miles de dólares estadounidenses
MMUS\$	Millones de dólares estadounidenses
US\$/lb	Dólares por libra
cUS\$/lb	Centavos de dólar por libra
US\$/oz	Dólares por onza troy

### Abreviaciones geográficas

m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
UTM	<i>Universal Transversal Mercator</i>

### Tipos de sociedades

Cía.	Compañía
Inc.	<i>Incorporated</i>
Int.	<i>International</i>
Ltda.	Limitada
Ltd.	<i>Limited</i>
S.A.	Sociedad anónima
SCM	Sociedad contractual minera
CCM	Compañía contractual minera

### Otras

Ind.	Industrial
Min.	Mineral
RCA	Resolución de calificación ambiental
DIA	Declaración de impacto ambiental
EIA	Estudio de impacto ambiental
SAG	Semiautógeno
API	Autorización de Proyectos de Inversión
PND	Plan de Negocios y Desarrollo.

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

**Cristian Cifuentes González**

Analista de Estrategias y Políticas Públicas

**Victor Garay Lucero**

Director de Estudios y Políticas Públicas (s)

Diciembre/ 2022

