Comisión Chilena del Cobre

Ministerio de Minería

Gobierno de Chile

Reporte Fundición y Refinación

2021

Resumen ejecutivo

- **Chile, principal productor de cobre del mundo, exporta más de un 50% de su producción en forma de concentrado y se espera que en la próxima década este valor aumente hasta un 70%**

- **Existe sobrecapacidad en la industria de fundición. China, principal *player* de la industria, es quien ha liderado el crecimiento y bajado los costos medios**
  - China es el principal país en fundiciones y va en aumento, con un crecimiento anual compuesto de +10% en los últimos 30 años de producción de fundición.
  - Las fundiciones a nivel mundial están en ~72% de utilización, el mercado de fundiciones es competitivo y los TCRC están en mínimos históricos (~15 c/lb combinado)
  - China compra ~53% del cobre y tiene ~40% de capacidad de fundición (vs. 7% de Chile) a nivel mundial
  - China tiene los menores costos directos de producción (56 USD/ton concentrado vs. la media global de ~100 USD/ton)

- **Las fundiciones chilenas son antiguas y poco competitivas, y la mayor parte están ubicadas en el cuarto cuartil de costos**
  - El promedio de costos de las fundiciones chilenas es de 188 USD/ton de concentrado
  - Las fundiciones estatales tienen mayores costos que las privadas (208 USD/ton promedio estatal vs. 143 USD/ton en privados)
  - Las fundiciones chilenas son antiguas: Altonorte, fundición privada, es la más moderna del país y fue construida en 1993

- **Los ingresos de las fundiciones chilenas varían entre ~180 y ~230 USD/tonelada de concentrado tratado, y están compuestos principalmente por TCRC, recuperación metalúrgica, venta de ácido, ahorro por fletes y las penalidades por arsénico**

- **Chile cuenta con concentrados complejos (alto contenido de arsénico, ~6% volumen actual) más difíciles de comercializar, y ha desarrollado tecnologías de tratamiento ad hoc. A su vez, China ha comenzado a realizar *blending* en sus puertos, posibilitando su comercialización**
  - Los concentrados complejos tienen penalidades significativas en China (~77,5 USD/ton de concentrado al 1,4% de As, media de Codelco DN)

- **Las etapas de extracción y procesamiento en planta capturan mayor parte del valor en cadena productiva de cátodos de cobre**
  - ~76% del valor capturado de cadena productiva de cátodos (entre mina y FUREs) está en la etapa minera (mina y planta), considerando precio de 3 USD/lb Cu

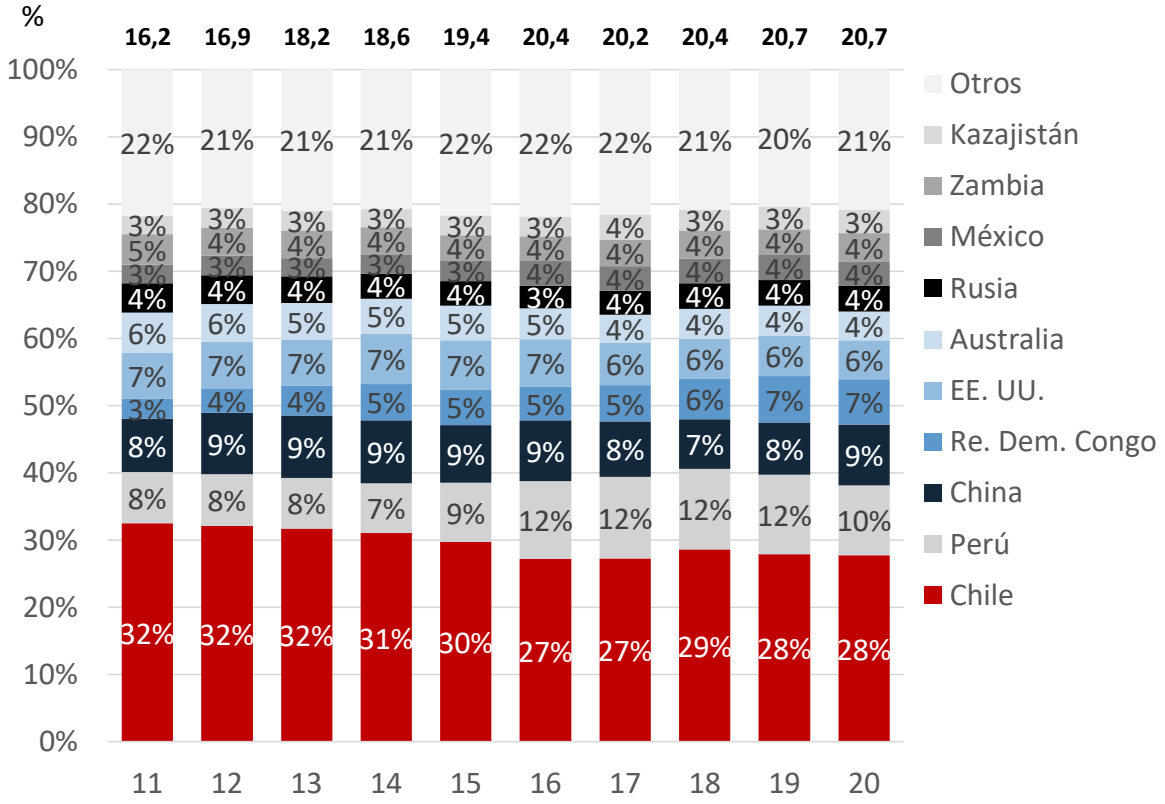
Agenda

Mercado de cobre y concentrado	• Producción de cobre de Chile por tipo de producto y proyección • Cartera de exportación de cobre de Chile • Distribución de compra de cobre exportado
Mercado de fundiciones	• Participación de mercado histórica y proyectada del mercado de fundiciones • Utilización actual de fundiciones a nivel global • Distribución de costos por fundición • Desglose de estructura de ingreso del negocio de fundición • Costos de las fundiciones chilenas
Distribución de disponibilidad de concentrado en Chile	• Producción de concentrado por región, demanda de ácido y capacidad instalada de fundición
Captura de valor agregado	• Precio del cobre, costos C1 y C3 • Distribución de captura de valor y análisis de sensibilidad

Chile es el principal productor de cobre del mundo, aunque ha perdido participación de mercado; concentrado representa mayor parte del producto de exportación

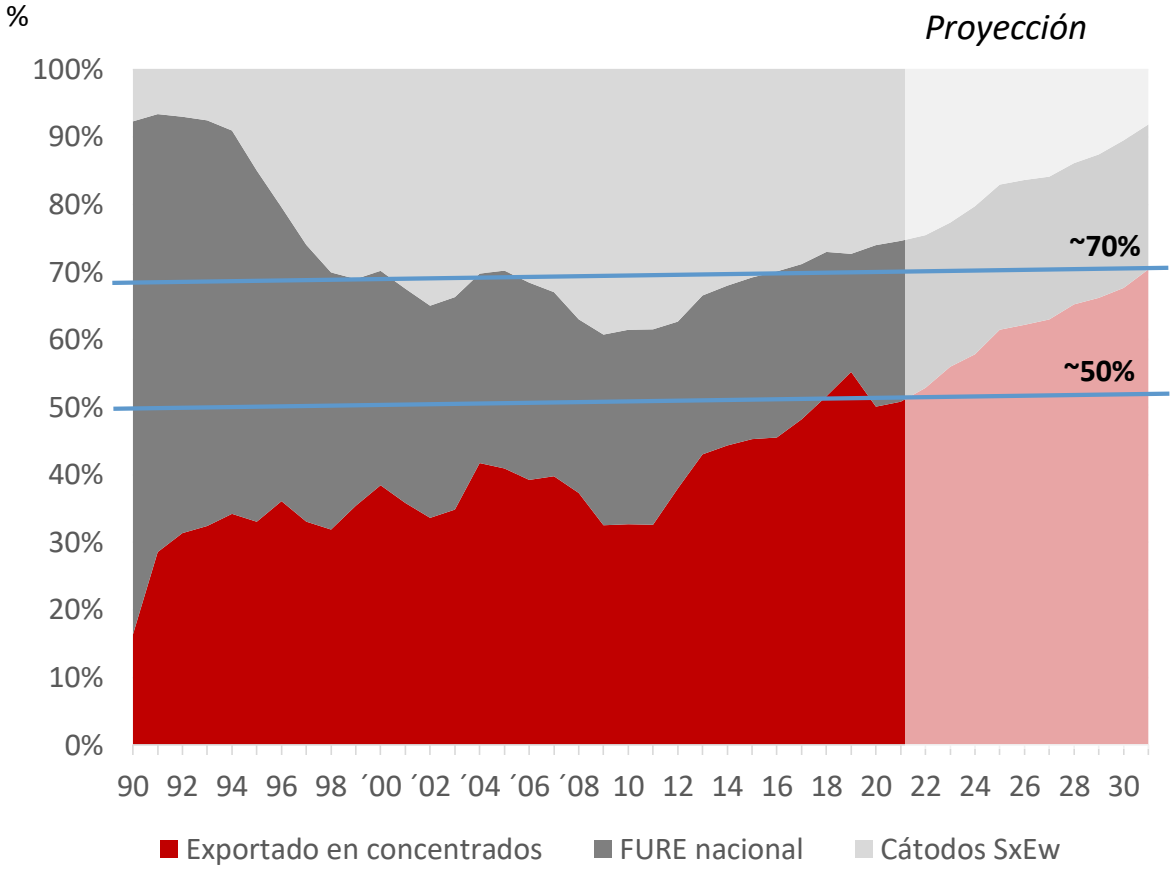
Chile, principal productor de cobre del mundo, ha reducido su participación de 32% a 28% en la última década

Producción de cobre mina



+50% del cobre producido es exportado como concentrado y se espera que aumente al 70% durante la próxima década

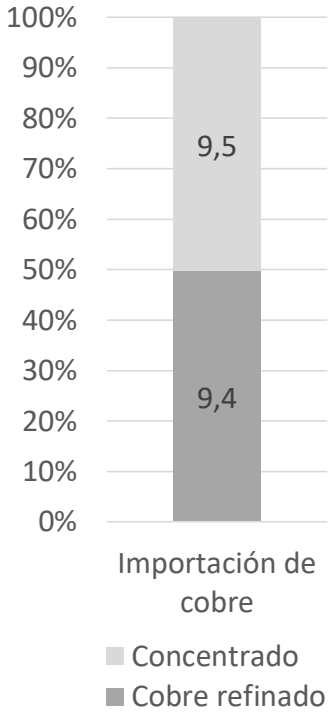
Producción de cobre en Chile por producto



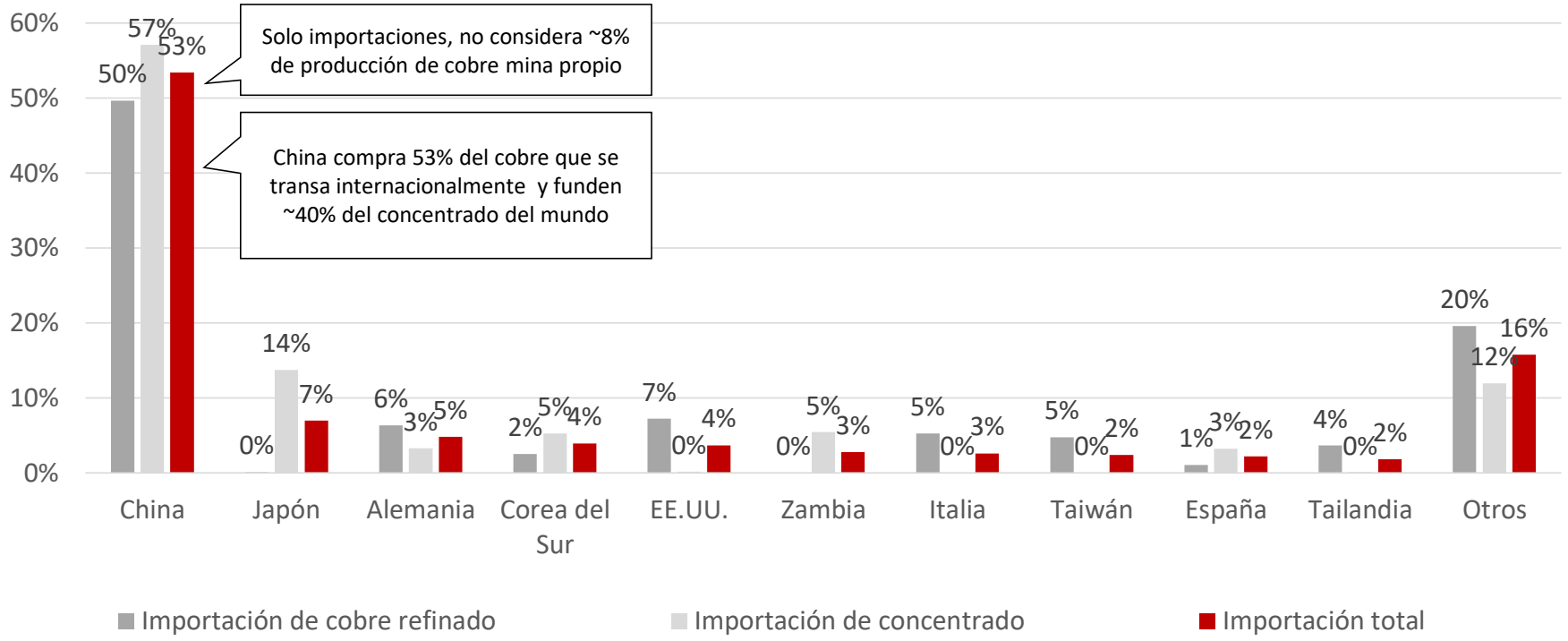
Fuente: Cochilco.

China es el principal país importador de cobre, con 57% de la compra de concentrados y 50% de cobre refinado, equivalente a 53% de las importaciones mundiales

Importación de cobre a nivel mundial
M TMF, 2020



Importación de cobre en concentrado y refinado por país
%, M TMF, 2020



Fuente: World Bureau of Metal Statistics (WBMS).

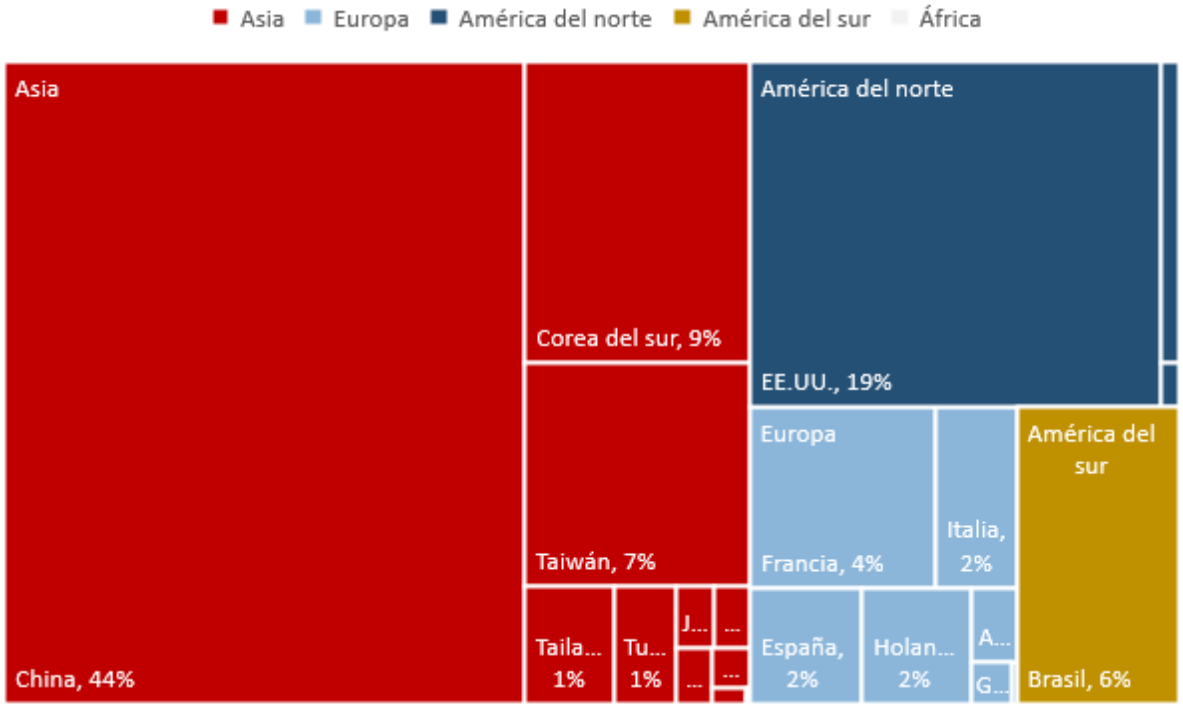
Comisión Chilena del Cobre

En 2019, exportaciones chilenas de cobre refinado a Asia representaron un ~60%, mientras que para concentrado este porcentaje representó ~85%; China es el principal comprador

En 2019, Chile exportó 44% de su cobre refinado a China, segundo comprador más relevante es Estados Unidos

Venta de cobre refinado
USD B, 2019

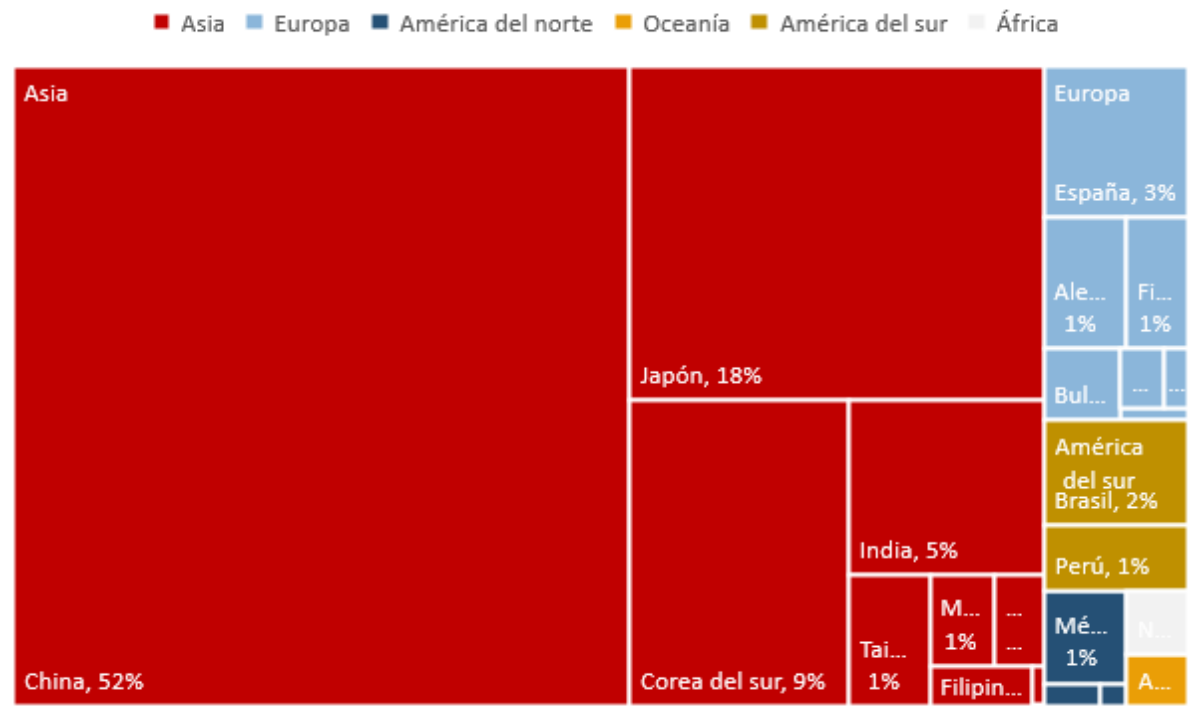
Total: 13,4 B



Chile exportó +85% de su concentrado a Asia en 2019; 52% del total fue a China

Venta de cobre como concentrado
USD B, 2019

Total: 18,4 B



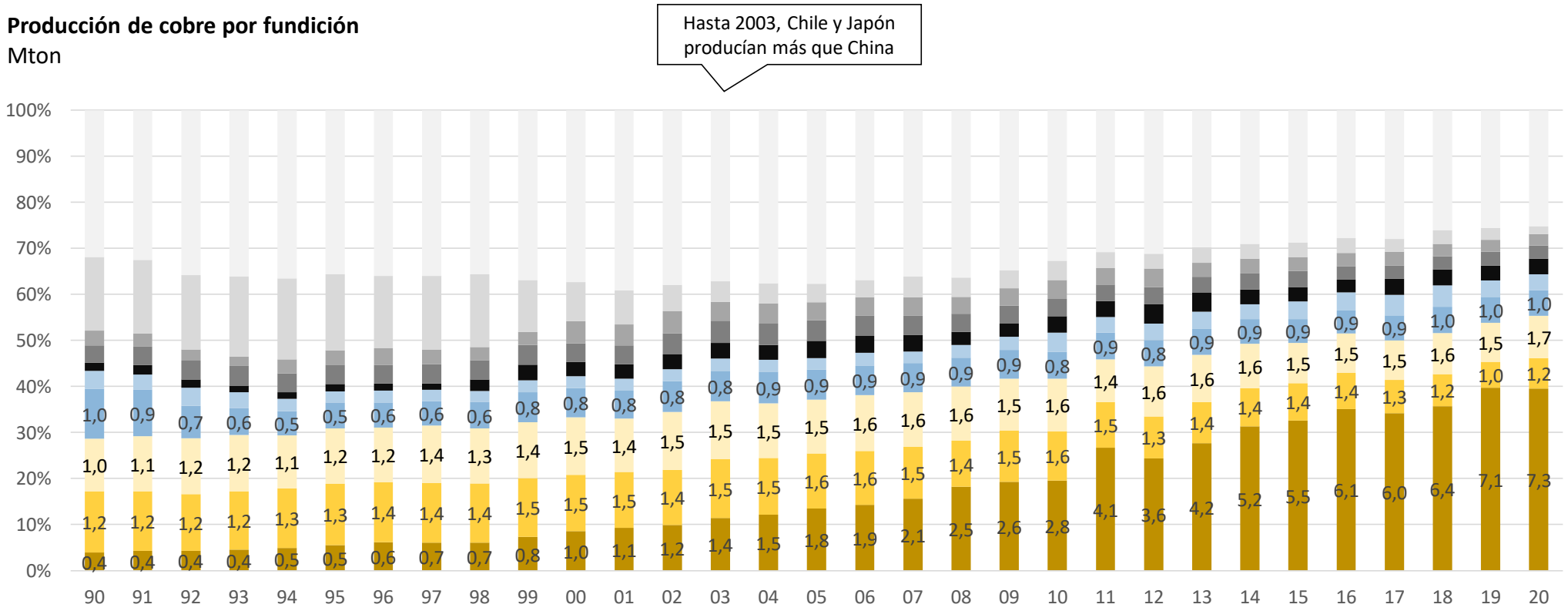
Fuente: Observatory of Economic Complexity.

Agenda

Mercado de cobre y concentrado	• Producción de cobre de Chile por tipo de producto y proyección • Cartera de exportación de cobre de Chile • Distribución de compra de cobre exportado
Mercado de fundiciones	• Participación de mercado histórica y proyectada del mercado de fundiciones • Utilización actual de fundiciones a nivel global • Distribución de costos por fundición • Desglose de estructura de ingreso del negocio de fundición • Costos de las fundiciones chilenas
Distribución de disponibilidad de concentrado en Chile	• Producción de concentrado por región, demanda de ácido y capacidad instalada de fundición
Captura de valor agregado	• Precio del cobre, costos C1 y C3 • Distribución de captura de valor y análisis de sensibilidad

China aumentó su producción de cobre por fundición en más de un 10% anual en los últimos 30 años y actualmente representa un 40% de la producción mundial

Producción de cobre por fundición
Mton



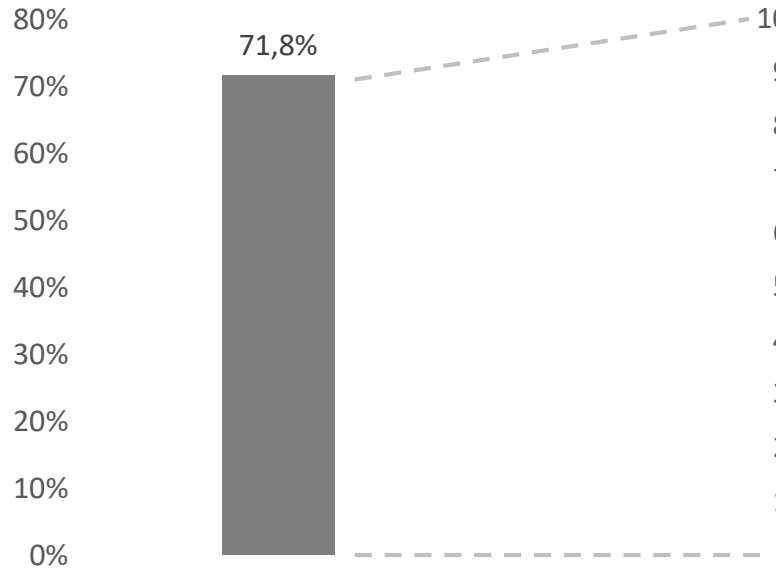
	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Market share China (%)	4	4	4	5	5	6	6	6	6	7	9	9	10	11	12	13	14	16	18	19	20	27	24	28	31	33	35	34	36	40	40
Market share Chile (%)	13	13	12	13	13	13	13	13	13	13	12	12	12	13	12	12	12	11	10	11	11	10	9	9	8	8	8	7	7	6	7
Producción total (Mton)	9.1	9.1	9.7	9.7	9.7	9.7	10.4	10.8	10.9	11.5	11.9	12.4	12.0	12.1	12.3	13.0	13.4	13.5	13.7	13.7	14.5	15.4	14.8	15.3	16.5	16.9	17.4	17.4	17.8	17.8	18.4

	Crecimiento anual compuesto (1990-2020)
Otros	1.6%
EE.UU.	-5.0%
Alemania	1.5%
Polonia	1.5%
Corea del Sur	4.6%
Zambia	2.0%
Rusia	0.1%
Japón	1.7%
Chile	0.0%
China	10.6%
Total	**2.4%**

Fuente: World Metal Statistics, a través de anuario de Cochilco.

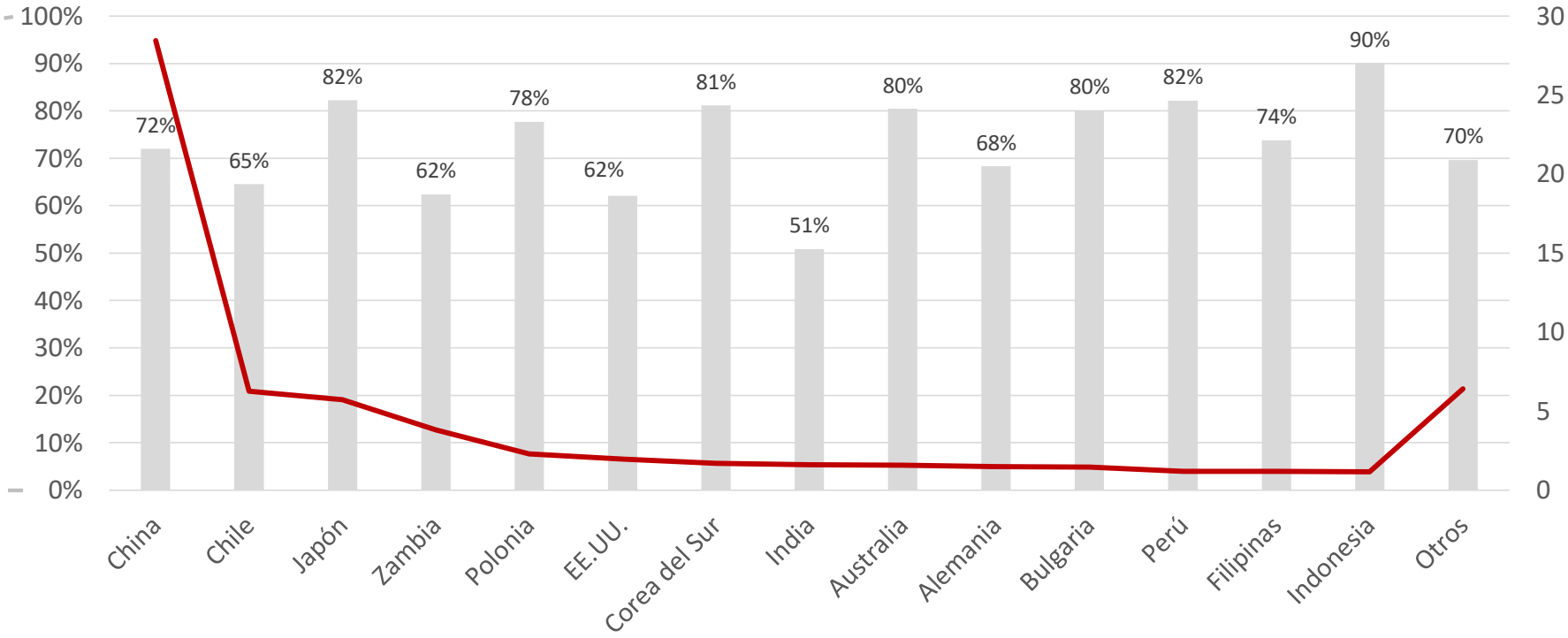
Existe sobrecapacidad en fundiciones, las cuales están a un 72% de utilización

Utilización de capacidad de fundición
%, 2020



Utilización de fundiciones
Toneladas de concentrado fundido %, 2020

Capacidad de fundición
Mton de conc./año, 2020



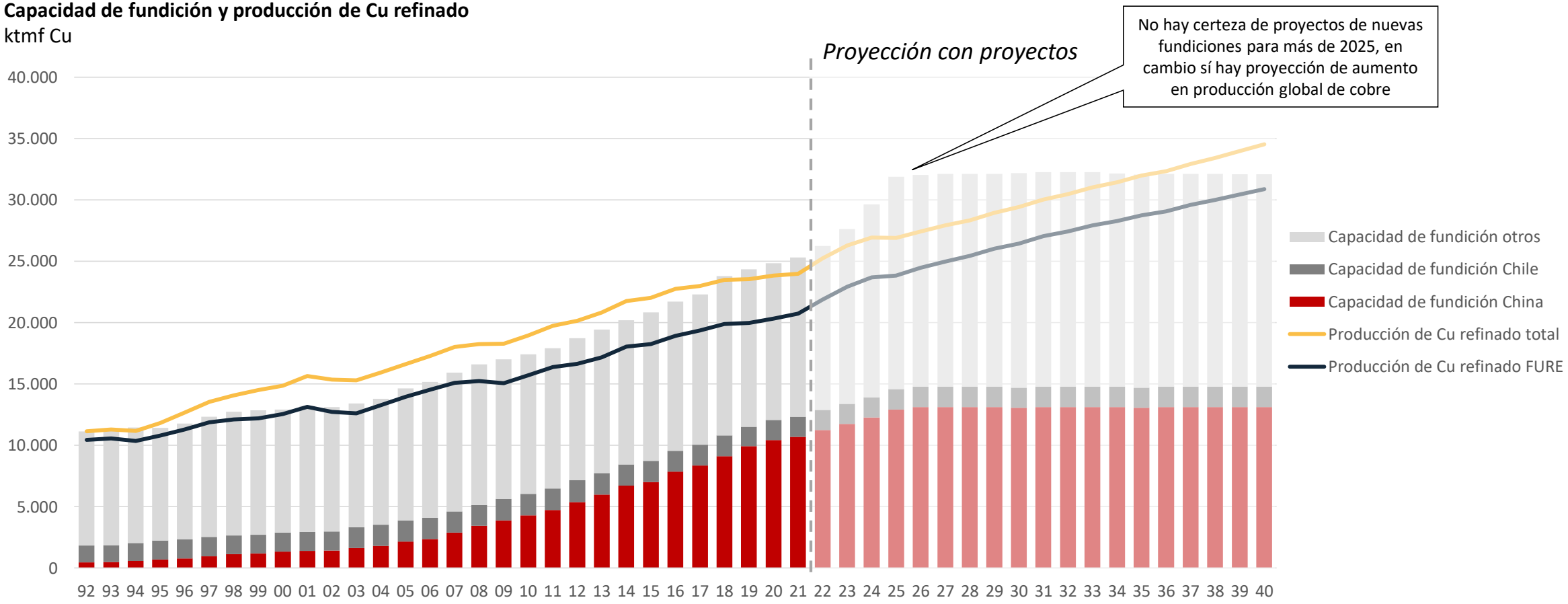
La utilización se define como la razón de la **producción de fundición** con la **capacidad instalada neta total**[1], sin incluir chatarra, solamente fundición de concentrado de cobre

Fundiciones	22	7	5	4	3	2	1	1	2	1	1	1	1	1	9
Costo directo cash (USD/ton)	56	188	107	58	139	179	89	153	136	99	72	115	178	72	166

Nota: (1) Descuenta periodo de mantención programado.
Fuente: Cochilco de origen WM, Q3 2021.

Proyección indica que en los próximos años habrá más capacidad de fundición, superando la producción total de cobre refinado

Capacidad de fundición y producción de Cu refinado
ktmf Cu

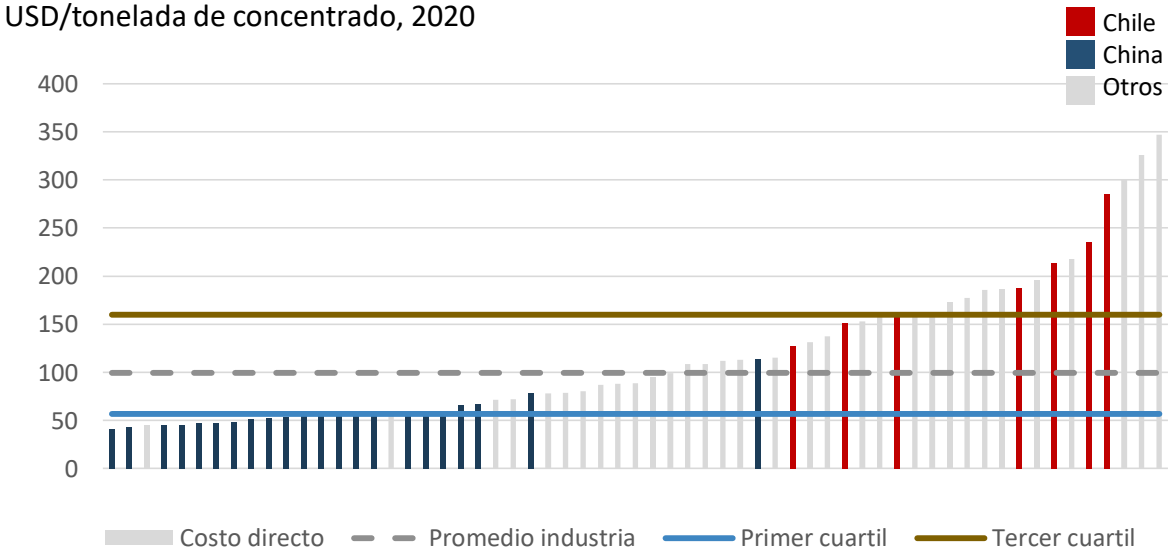


Fuente: Cochilco de origen WM, Q1 2021.

Fundiciones chinas son las de menores costos directos, mientras que las fundiciones chilenas están entre el tercer y cuarto cuartil

68% de las fundiciones chinas están en el 1er cuartil de costos y solo una sobre la media de la industria

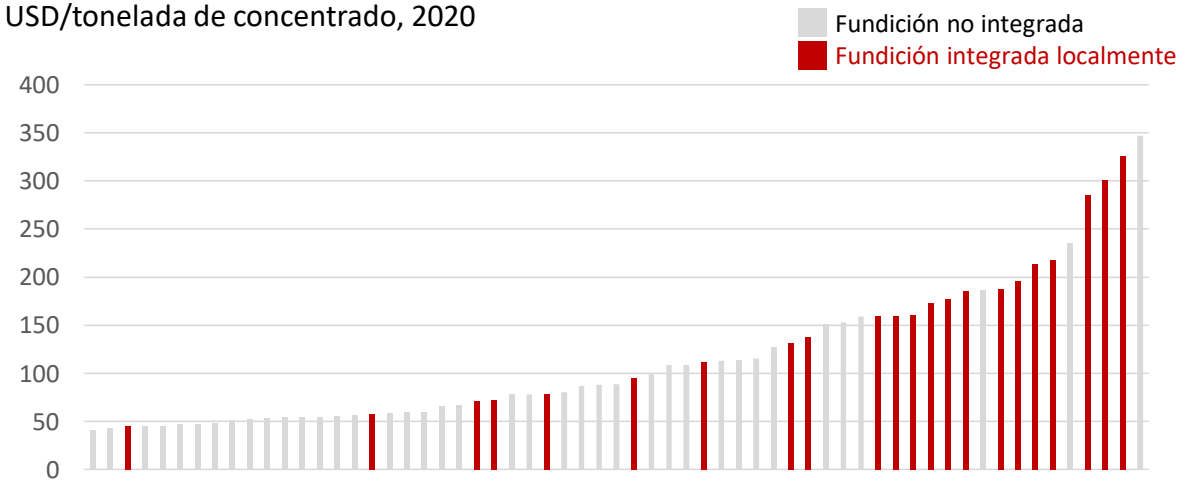
Costos directos de fundición
USD/tonelada de concentrado, 2020



Costo directo (o costo efectivo operativo directo) incluye mano de obra, energía eléctrica, combustibles, mantenimiento, materiales y servicios. Excluye depreciación, intereses, regalías y otros costos indirectos como gastos generales corporativos

Fundiciones integradas tienden a tener mayores costos que las fundiciones no integradas a una operación minera

Costos directos de fundición
USD/tonelada de concentrado, 2020

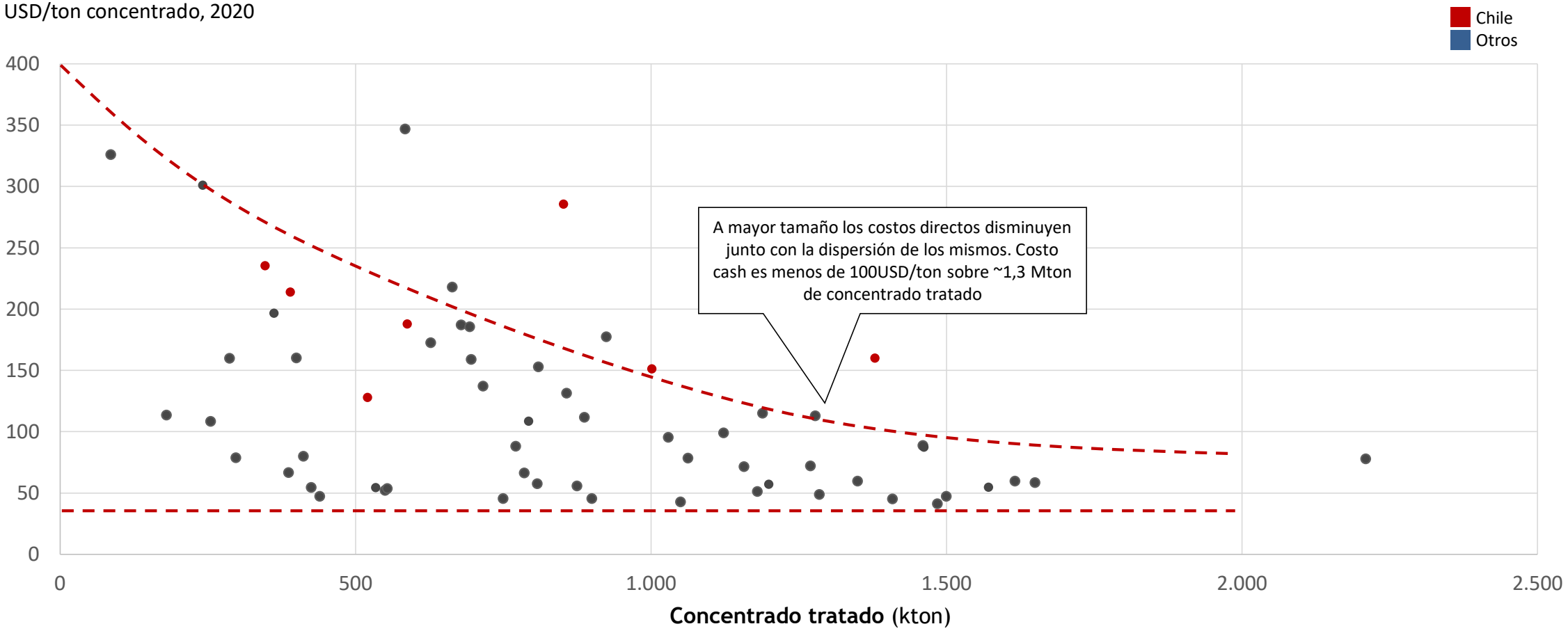


Fundiciones chilenas privadas son las de menores costos directos y no están integradas a una operación minera específica

Fuente: Cochilco de origen WM.

Si bien, a mayor escala los costos directos tienden a disminuir, fundiciones chilenas son, por lo general, las más costosas en su rango capacidad

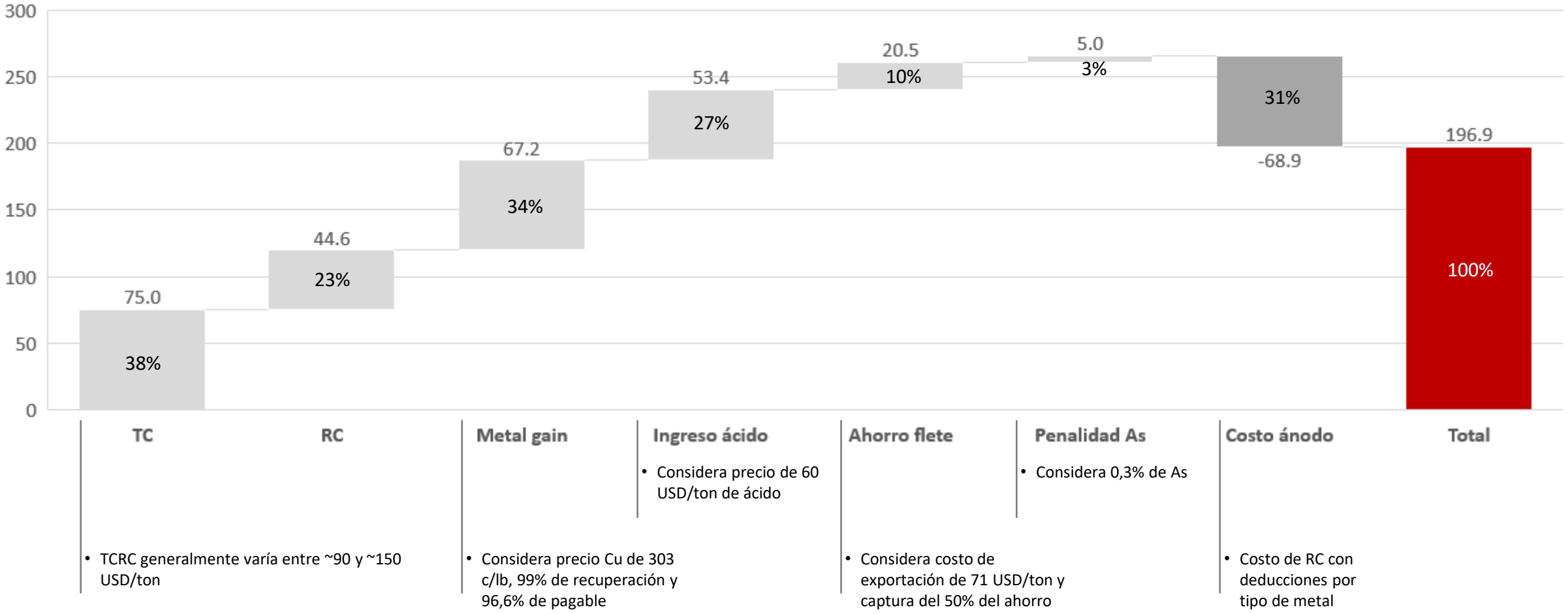
Costo directo cash de fundición
USD/ton concentrado, 2020



Fuente: Cochilco de origen WM.

Fundiciones chilenas reciben ~200 USD/tonelada de concentrado tratado; TCRC, recuperación de metales e ingreso por ácido son las principales partidas

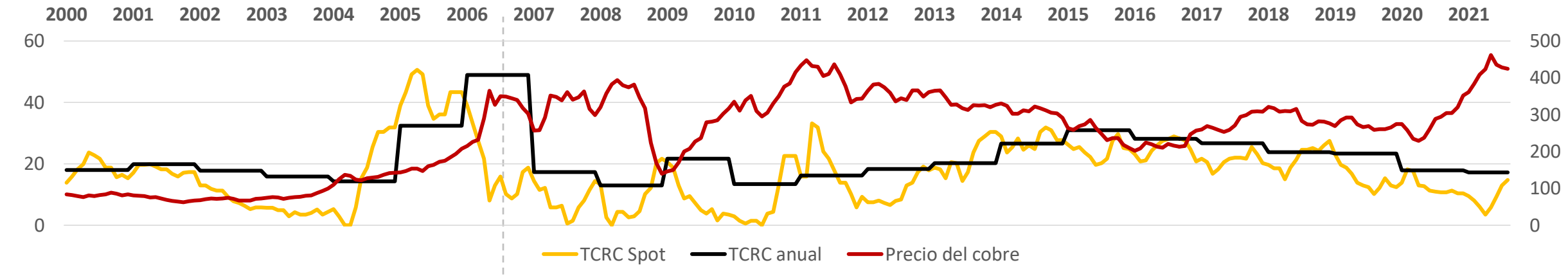
Desglose de ingreso de fundición en Chile
USD/ton concentrado



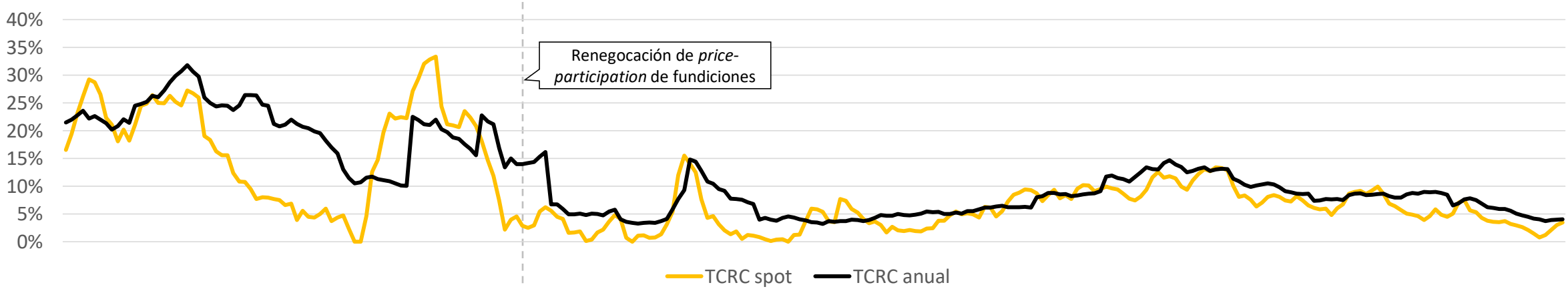
TCRC es volátil, pero ha disminuido junto a aumento de oferta, actualmente está en uno de sus niveles más bajos en términos absolutos y comparado con precio del cobre

TCRC spot y anual
cUSD/lb

Precio del cobre
cUSD/lb



TCRC como porcentaje del valor del cobre
%



Fuente: Cochilco.

Metal gain o ganancia metalúrgica es el ingreso percibido por la diferencia entre el contenido pagable en el concentrado y el que es realmente recuperado

Definción	• Ingreso percibido por la diferencia entre el contenido pagable en el concentrado y el que es realmente recuperado por el proceso de fundición • Ingreso sujeto al precio de los metales

Metales considerados	• En un contrato de compra de concentrado tipo se valorizan los diferentes minerales contenidos, dentro de los cuales 3 concentran mayor parte del valor:
	  • Cobre: En general, el pagable en un contrato tipo es del 96,6% y la recuperación puede fluctuar entre el 96,2 y 98,2%. Contenido en concentrado oscila entre 23 y 30%
	  • Oro: En general, el pagable en un contrato tipo es del 18% y la recuperación puede fluctuar entre el 15 y 20 %. Contenido en concentrado oscila entre 0,9 y 2,5 g/tm
	  • Plata: En general, el pagable en un contrato tipo es del 18% y la recuperación puede fluctuar entre el 15 y 20%. Contenido en concentrado oscila entre 55 y 108 g/tm
	  • Otros: El platino y el paladio no son pagables por su baja concentración

Precios	• Cobre: Ha oscilado entre 202 cUSD/lb y 461 cUSD/lb en los últimos 10 años, lo que implica que por una diferencia de 1% entre recuperación real y contenido pagable, generaría un ingreso entre 120.239 y 274.407 USD por 10ktm[1] de concentrado tratado, para concentrado con 27% de ley de cobre • Oro: Ha oscilado entre 1.068 USD/ozt y 1.971 USD/ozt en los últimos 10 años, lo que implica que por una diferencia de 1% entre recuperación real y contenido pagable, generaría un ingreso entre 5.651 y 10.429 USD por 10ktm de concentrado tratado, para concentrado con 1,5 g/tm de ley de oro • Plata: Ha oscilado entre 14 USD/ozt y 42 USD/ozt en los últimos 10 años, lo que implica que por una diferencia de 1% entre recuperación real y contenido pagable, generaría un ingreso entre 3.457 y 10.371 USD por 10ktm de concentrado tratado, para concentrado con 70 g/tm de ley de plata
Ingreso total	• Ingreso por este concepto generalmente oscila entre 572.752 y 1.307.370 USD/10ktm de concentrado tratado

Nota: (1) Tamaño tipo de embarques de concentrado.
Fuente: Cochilco.

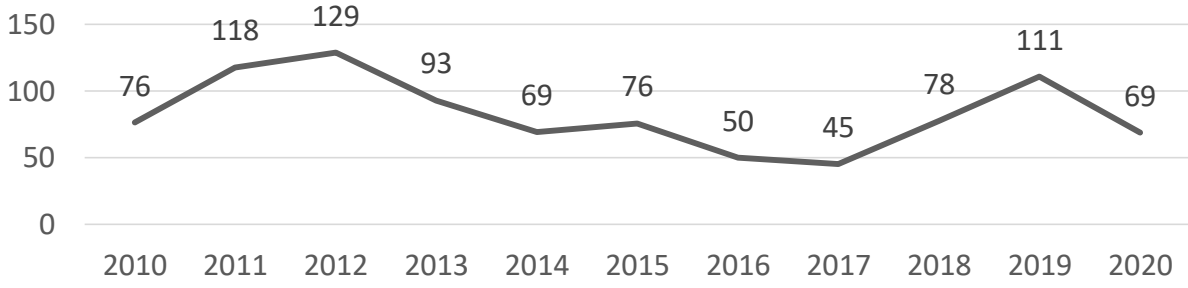
Ácido sulfúrico, subproducto relevante de fundiciones, tiene un precio volátil y se espera que en a partir de 2030 Chile pase a ser exportador neto, lo que disminuiría el precio local

- La cantidad de ácido sulfúrico producida por el tratamiento de una tonelada de concentrado es en promedio 879 kgs, oscilando entre 841 y 942 kgs dependiendo del contenido de azufre del concentrado

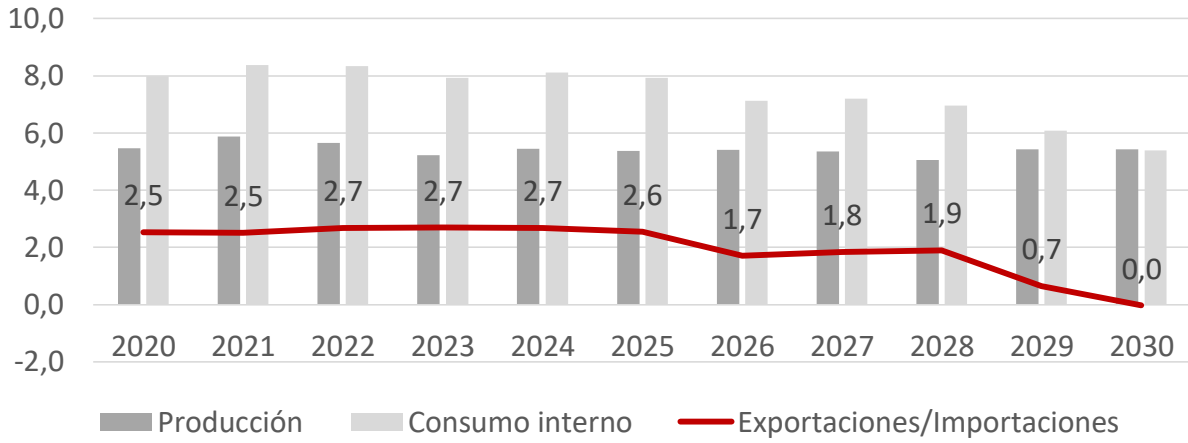
- Precio de ácido sulfúrico es volátil y varía según la demanda local. Por lo general, productores de ácido se ubican cerca de la demanda para minimizar costos y riesgos en transporte

- Chile históricamente ha sido un importador neto de ácido, el cual se utiliza en minería principalmente para lixiviación de minerales oxidados (~93% del consumo nacional). A medida que las minas se van profundizando, el contenido de minerales oxidados disminuye y junto a él la demanda por ácido. Se estima que posterior al año 2030, Chile pase a ser exportador neto de ácido. En caso de no tener otras actividades económicas que demanden ácido localmente, y si se mantiene la capacidad de producción actual de ácido, el precio debería disminuir localmente. Actividades extranjeras potencialmente podrían requerir ácido, tales como la agricultura (producción de fertilizantes) o la producción de cátodos SxEw, en fuerte crecimiento en Perú

Precio promedio anual de ácido sulfúrico en Chile
USD/ton



Proyección de producción, consumo y balance neto de ácido en Chile[1]
Mton

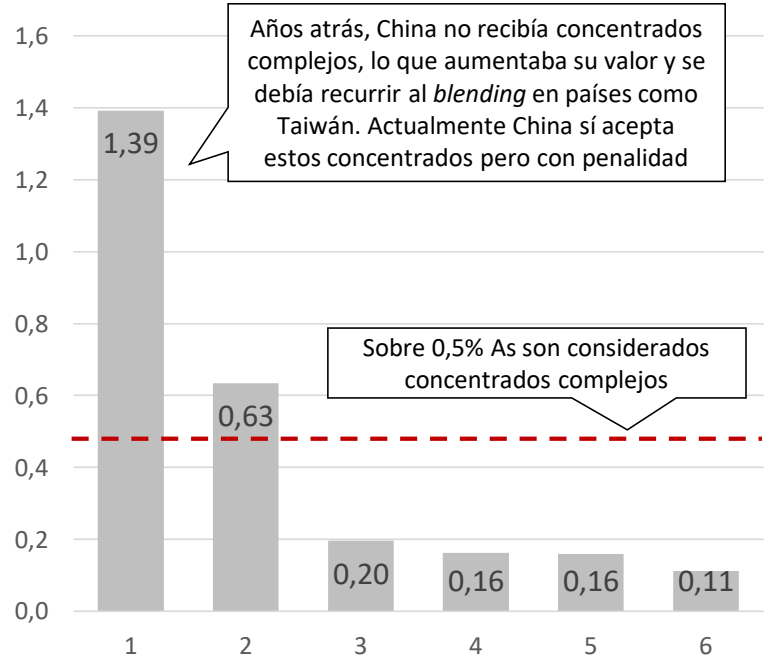


Nota: (1) Considera producción y consumo base de proyecciones.
Fuente: Cochilco.

Concentración de arsénico es mayor el norte del país, penalización para algunas empresas nacionales podría ser de 77,5 USD/ton o de 17,5 USD/ton

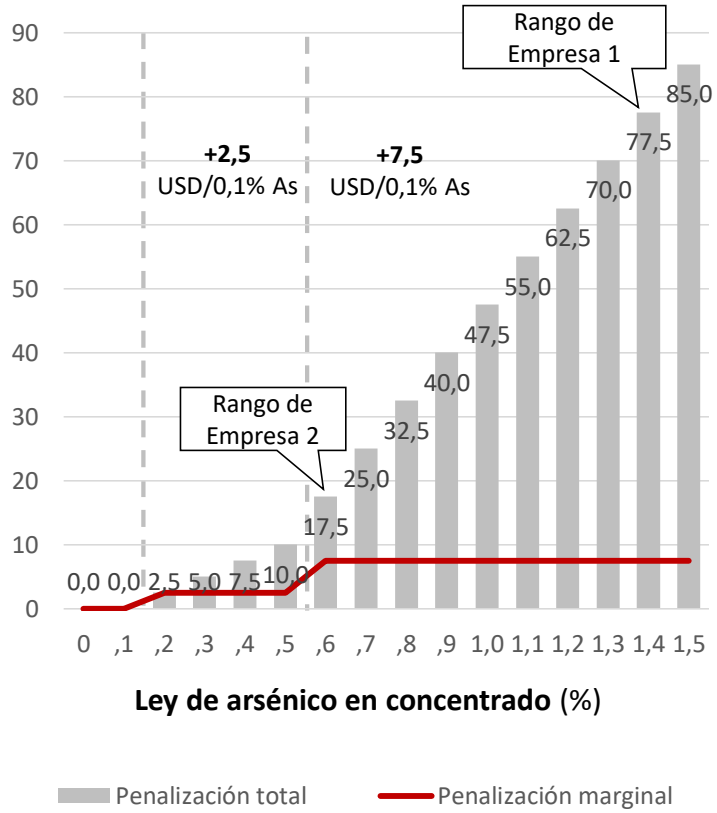
Concentración de arsénico en dos empresas chilenas supera la barrera de 0,5%

Ley de arsénico en concentrados de exportación
%, 2020



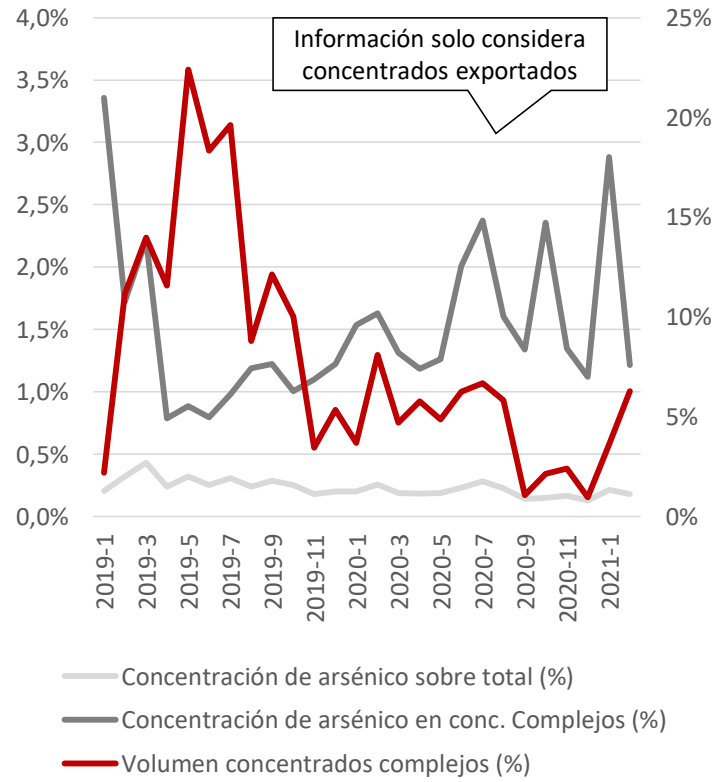
Penalización es incremental por tramo de concentración

Penalización por contenido de arsénico
USD/ TMS



Concentrados complejos han disminuido, pero tienen mayor contenido de arsénico

Concentración de As **Concentrados complejos**
% %

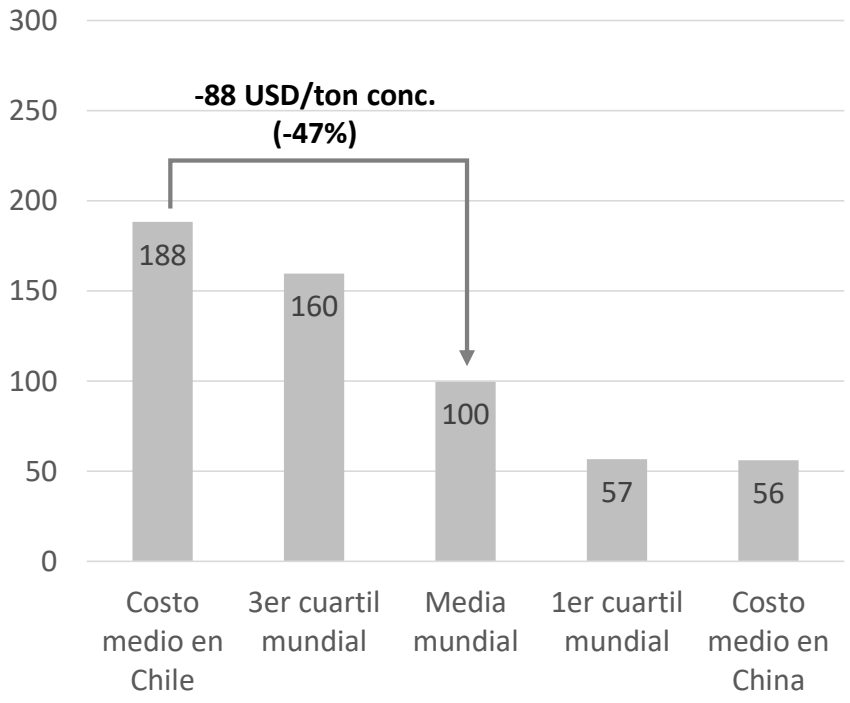


Fuente: Cochilco. Informe trimestral 2021.

Fundiciones chilenas deben disminuir un 47% sus costos para llegar a la media global; operaciones estatales menores son las de mayores costos

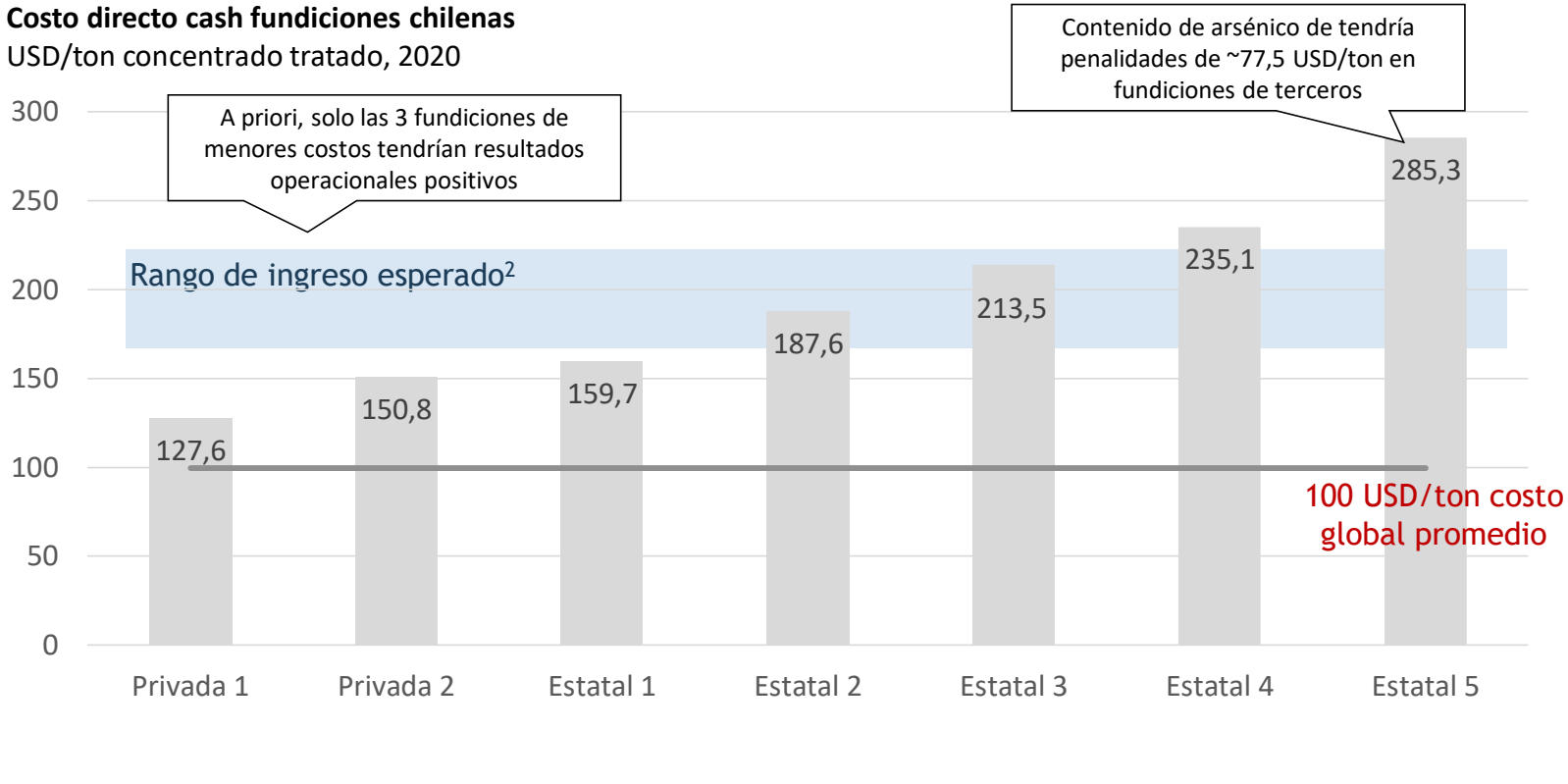
Fundiciones chilenas tienen una diferencia de ~88 USD/ton (-47%) con la media de mercado

Costo directo cash de fundición
USD/ton concentrado tratado, 2020



En Chile, tan solo 3 fundiciones tendrían resultados operacionales positivos para variados valores de ingreso

Costo directo cash fundiciones chilenas
USD/ton concentrado tratado, 2020



	Privada 1	Privada 2	Estatal 1	Estatal 2	Estatal 3	Estatal 4	Estatal 5
Producción (kton/año), 2020	521	1.002	1.380	588	390	348	852
Participación producción (%), 2020	10%	20%	27%	12%	8%	7%	17%

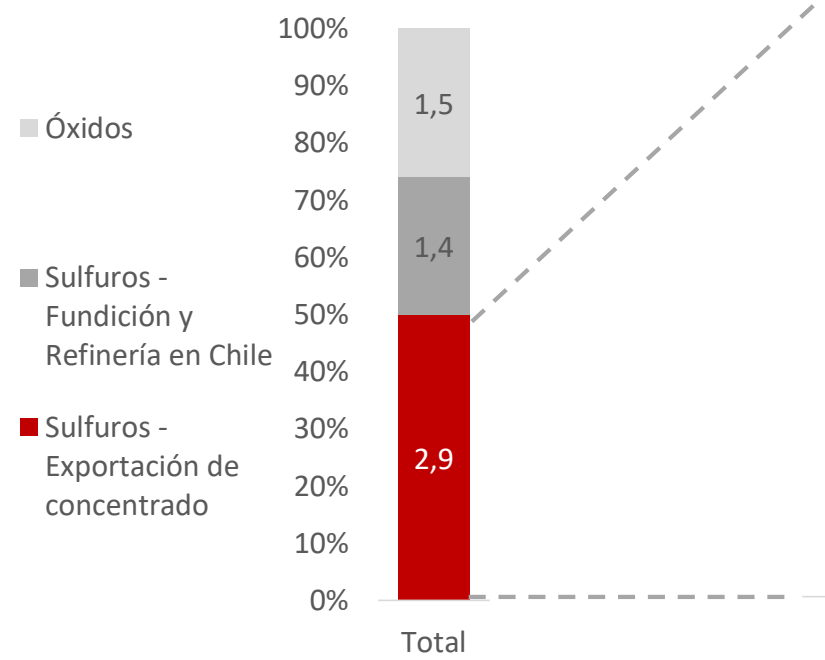
Nota: (1) Considera fundición y refinación (2) Considera ingreso por TCRC, ganancia metalúrgica, venta de ácido, ahorro por flete y penalidad por arsénico, con variaciones de valores esperados de mercado para cada partida de ingreso. **Fuente:** Cochilco de origen WM.

Agenda

Mercado de cobre y concentrado	• Producción de cobre de Chile por tipo de producto y proyección • Cartera de exportación de cobre de Chile • Distribución de compra de cobre exportado
Mercado de fundiciones	• Participación de mercado histórica y proyectada del mercado de fundiciones • Utilización actual de fundiciones a nivel global • Distribución de costos por fundición • Desglose de estructura de ingreso del negocio de fundición • Costos de las fundiciones chilenas
Distribución de disponibilidad de concentrado en Chile	• Producción de concentrado por región, demanda de ácido y capacidad instalada de fundición
Captura de valor agregado	• Precio del cobre, costos C1 y C3 • Distribución de captura de valor y análisis de sensibilidad

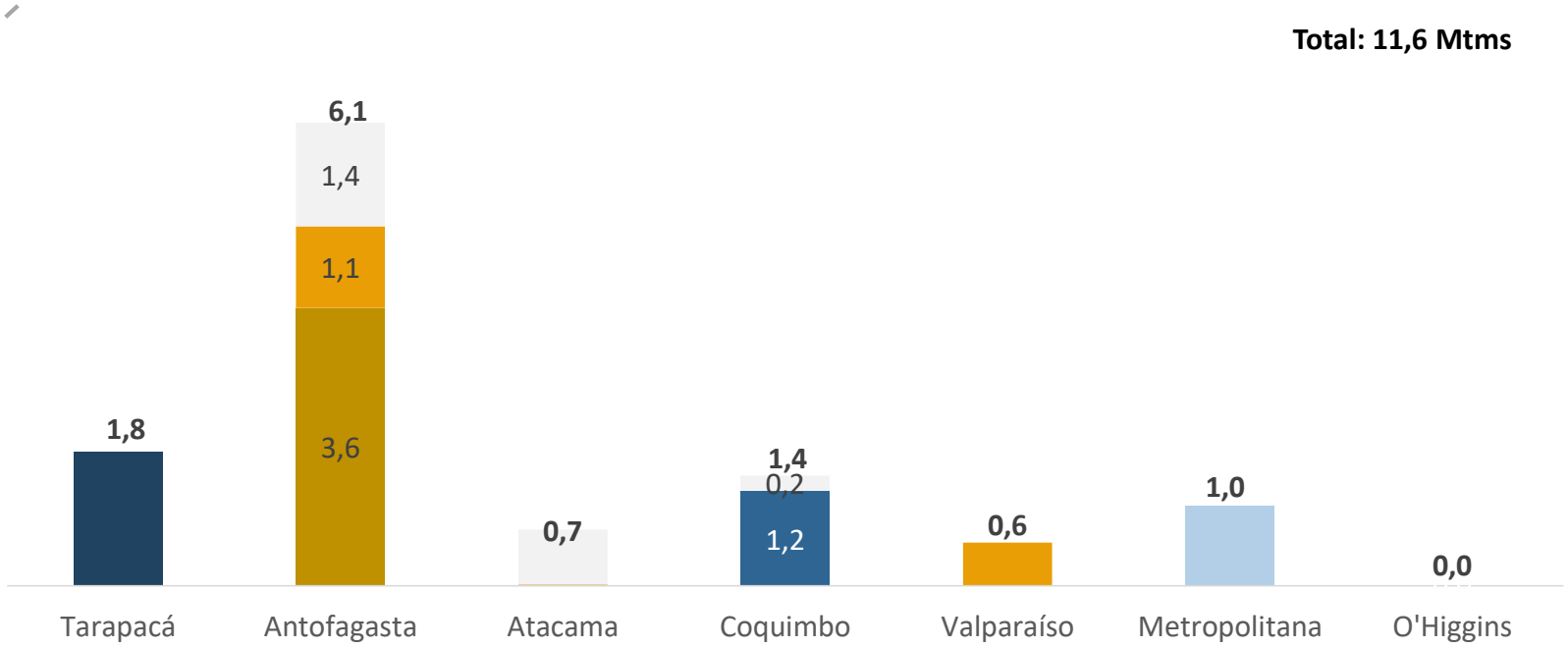
Producción de concentrado está ubicada principalmente en la I y II región. Escondida, Collahuasi, Pelambres y Anglo Sur representan ~2/3 del concentrado exportado

Producción de Cu en Chile
Mton Cu, 2020



Distribución y origen de concentrado de cobre de exportación
Mtms, 2020

Total: 11,6 Mtms

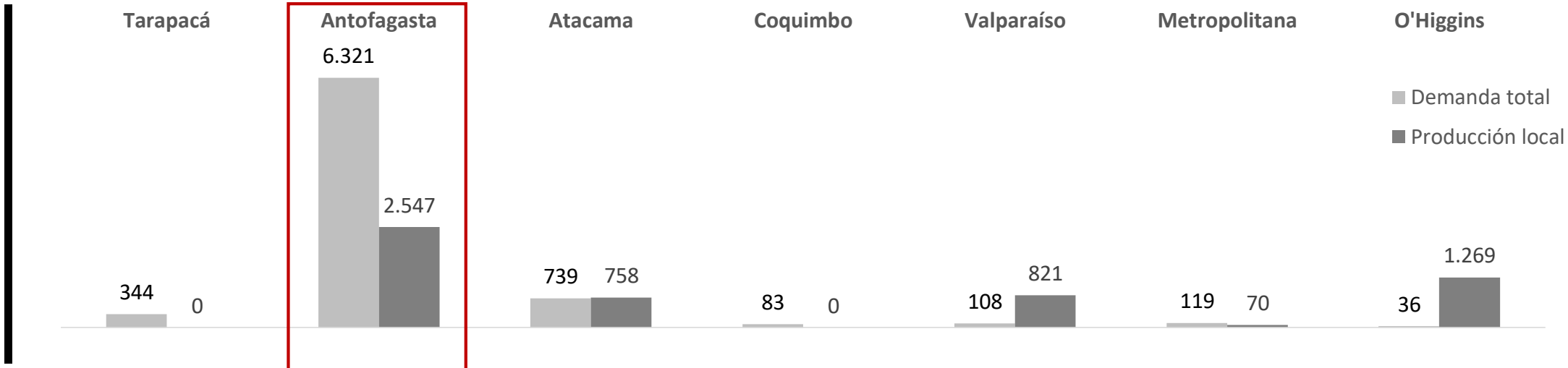


Participación producción (%)	Tarapacá	Antofagasta	Atacama	Coquimbo	Valparaíso	Metropolitana	O'Higgins
	15%	52%	6%	12%	5%	9%	0%

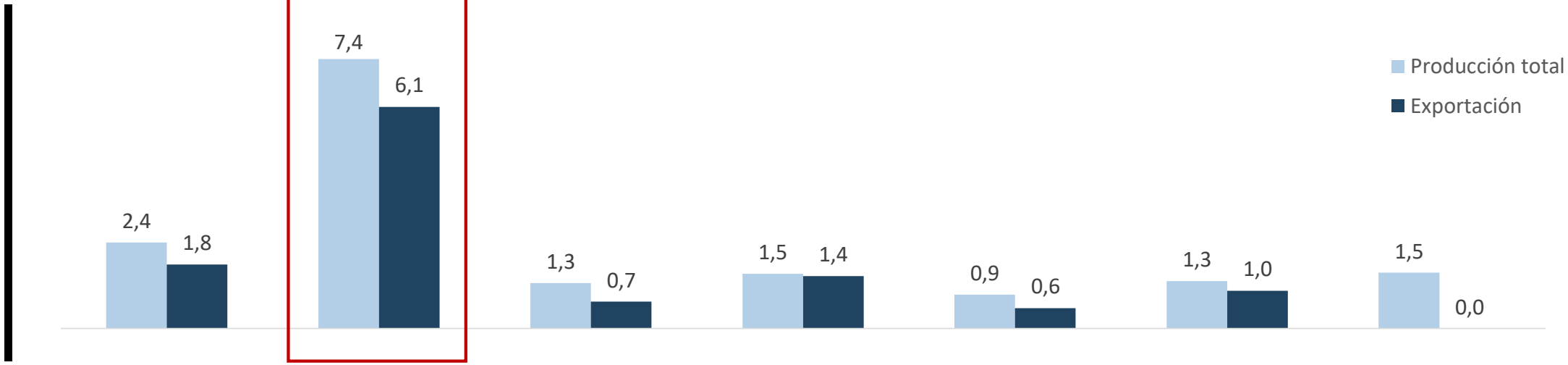
Fuente: Cochilco.

Demanda de ácido es mayor en región con más disponibilidad de concentrados

Distribución de demanda y producción de ácido sulfúrico[1]
kton, 2020



Distribución de producción y exportación de concentrado
Mtms, 2020

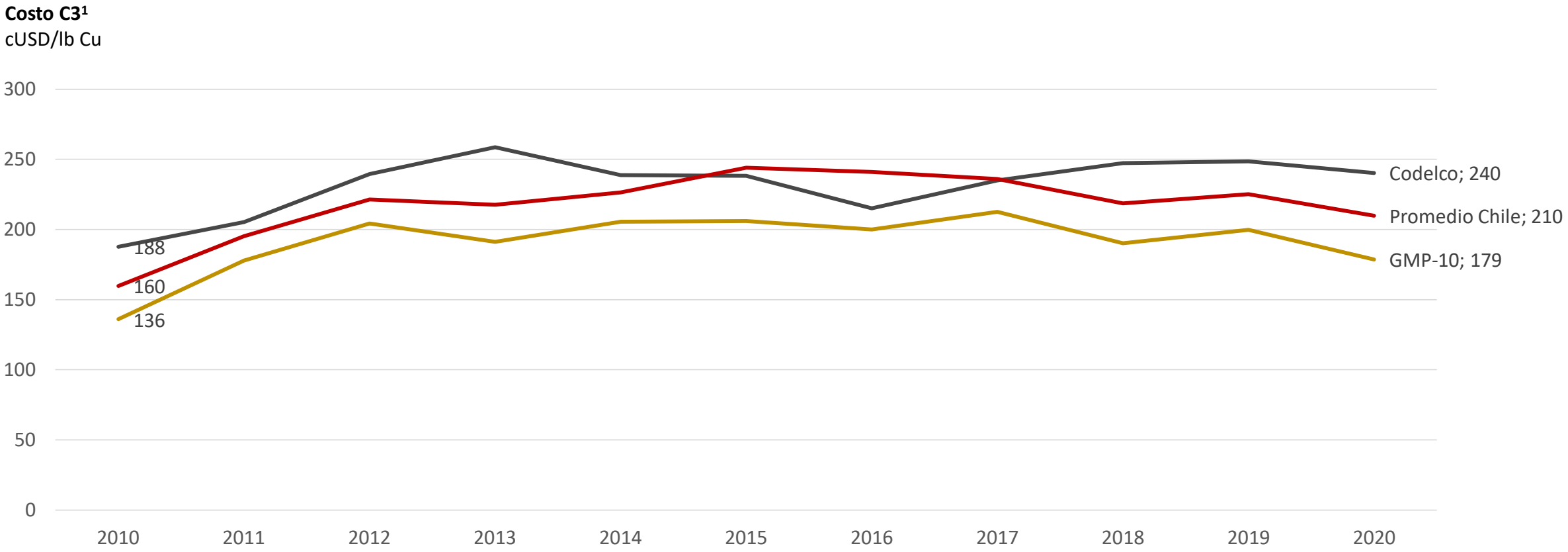


Nota: (1) 88% de la producción de ácido sulfúrico en Chile es a partir de fundiciones.
Fuente: Cochilco.

Agenda

Mercado de cobre y concentrado	• Producción de cobre de Chile por tipo de producto y proyección • Cartera de exportación de cobre de Chile • Distribución de compra de cobre exportado
Mercado de fundiciones	• Participación de mercado histórica y proyectada del mercado de fundiciones • Utilización actual de fundiciones a nivel global • Distribución de costos por fundición • Desglose de estructura de ingreso del negocio de fundición • Costos de las fundiciones chilenas
Distribución de disponibilidad de concentrado en Chile	• Producción de concentrado por región, demanda de ácido y capacidad instalada de fundición
Captura de valor agregado	• Precio del cobre, costos C1 y C3 • Distribución de captura de valor y análisis de sensibilidad

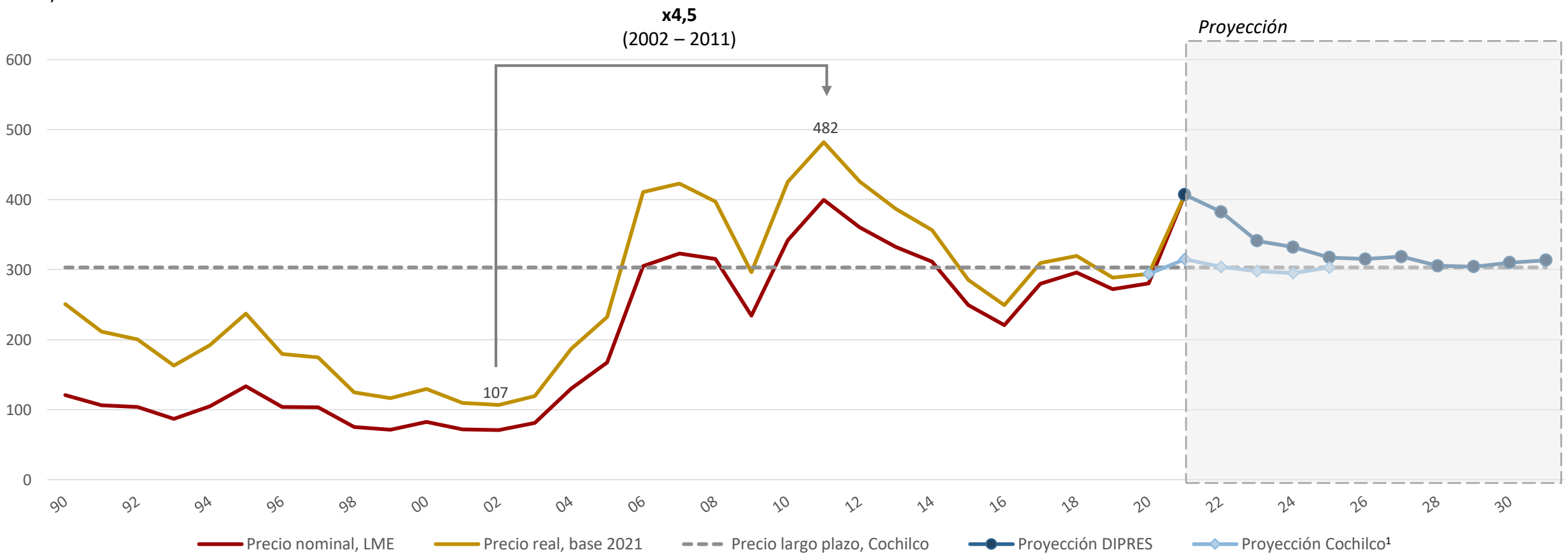
En la última década, costos C3 han aumentado, tanto para la gran minería privada como para Codelco. Costo C3 promedio fue de 210 cUSD/lb en 2020



Nota: (1) Costo C3 considera costos operacionales, no operacionales, gastos de oficina, gastos financieros, depreciación y amortización, TCRC y crédito por subproductos.
Fuente: Cochilco de origen WM.

Precio del cobre es volátil, el precio real (base 2021) aumentó más de 4,5 veces en menos de 10 años. Precio de largo plazo estimado por Cochilco es 303 cUSD/lb

Precio del cobre nominal y real, base 2021
cUSD/lb Cu

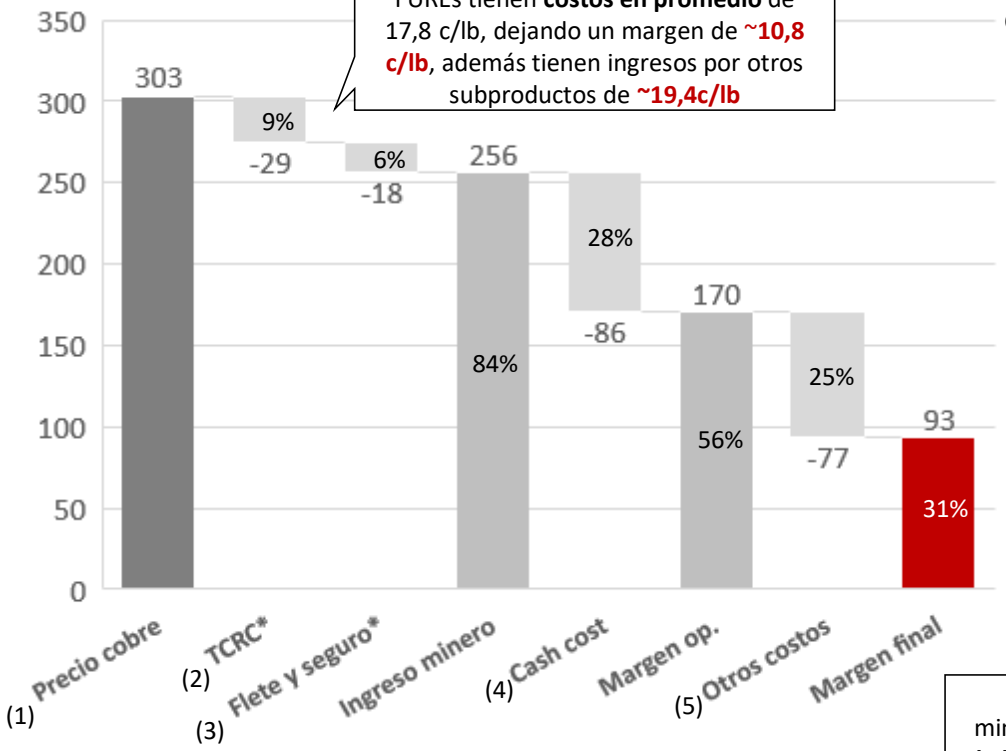


Nota: (1) Proyección de diciembre 2020
Fuente: Cochilco.

Para sulfuros, en el caso promedio de la industria nacional, mayor parte del valor de los cátodos es capturado por la mina y planta concentradora

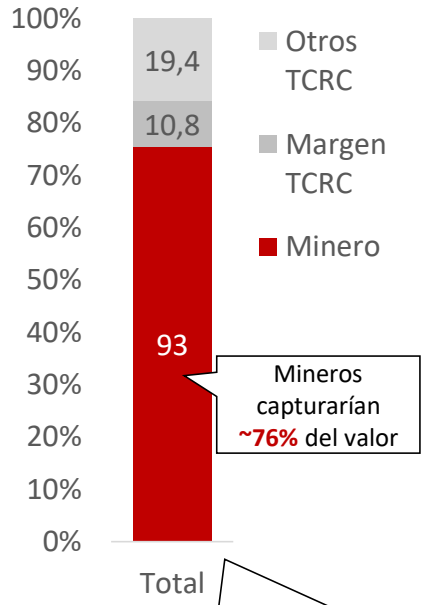
Mayor parte del valor capturado está en la etapa minera (mina y planta concentradora), con precio del cobre a ~3 USD/lb y TCRC de ~24 c/lb

Distribución de valor hasta cátodo
cUSD/lb Cu



FUREs tienen **costos en promedio** de 17,8 c/lb, dejando un margen de **~10,8 c/lb**, además tienen ingresos por otros subproductos de **~19,4c/lb**

Distribución de valor capturado
c/lb Cu



Mineros capturarían **~76%** del valor

Considera valor capturado entre mineros y FUREs con **costos promedio de la industria.** Considera sobre la base del valor del cobre, pero negocio FURE obtiene utilidades por más elementos

Análisis de sensibilidad indica que valor capturado en margen final minero es poco sensible a variaciones de TCRC

Análisis de sensibilidad asume que "Cash cost" varía con el precio, en la mitad de la variación porcentual del cambio del precio según caso base de largo plazo

Costo de "Flete y seguro" se asume fijo

Precio de Cu (c/lb) \ TCRC (c/lb)	15	20	25	30	35	40	45	50
250	70%	65%	61%	57%	54%	50%	48%	45%
300	81%	78%	74%	71%	69%	66%	64%	62%
350	86%	83%	81%	78%	76%	74%	72%	70%
400	89%	86%	84%	83%	81%	79%	77%	76%
450	90%	89%	87%	85%	84%	82%	81%	80%
500	92%	90%	89%	87%	86%	85%	83%	82%

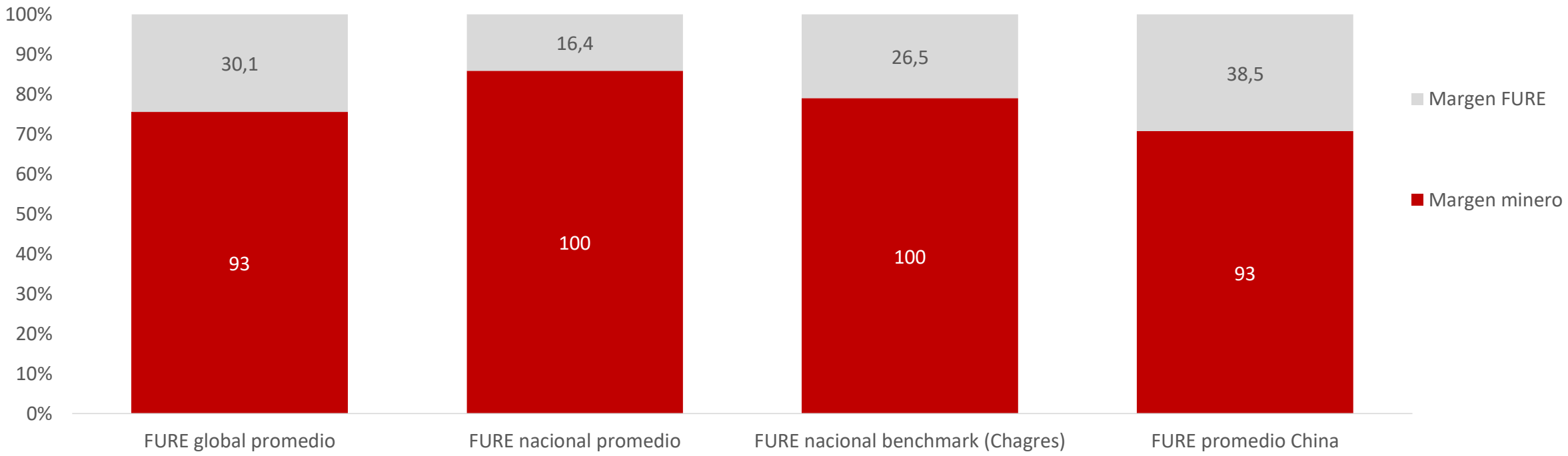
Escenario actual (2021) | Escenario LP proyectado | Escenario pesimista

Distribución de valor es aún más beneficiosa para grandes operaciones con costos bajo la media

Nota: (1) Valor largo plazo, Cochilco, (2) Valor largo plazo TCRC, Cesco, incluye deducción metalúrgica, créditos por metales y penalidades referenciales (concentrado limpio) (3) Valorización de concentrado referencial (4) Costos C1 promedio de Chile entre 2016 y 2020 sin cargos de TCRC, Observatorio de costos Cochilco, considera dcto. por gastos de TCRC, flete y seguro (5) Delta costo C3 (WM 2020) con C1 observatorio de costos Cochilco.

Incluso comparando las operaciones mineras chilenas con diferentes fundiciones locales y globales, negocio minero concentraría más del ~70% del valor del cobre en el largo plazo

Distribución de valor capturado
c/lb Cu



Valor capturado por minero (%)

FURE global promedio	FURE nacional promedio	FURE nacional benchmark (Chagres)	FURE promedio China
76%	86%	79%	71%
Costo por flete, cash cost de fundición promedio global	Ahorro por flete para minero, costos promedio de Chile	Ahorro por flete para minero, costos de *benchmark* local	Costo por flete, cash cost fundición de promedio en China

Nota: Distribución de valor estimada con valores promedio de industria. Considera sobre la base del valor del cobre, pero negocio FURE obtiene utilidades por más elementos.

Comentarios de cierre

- **El envejecimiento y desarrollo de operaciones mineras nacionales aumentará la producción y porcentaje total de cobre a partir de minerales sulfurados, y por ende, la producción de concentrado de cobre**
  - El aumento de capacidad de fundición local permitiría diversificar la cartera exportadora

- **La sobrecapacidad instalada a nivel global genera que condiciones de mercado para la industria de fundición no tenga márgenes grandes, como los del negocio minero. Además, hay riesgo asociado a la volatilidad de precios de cargos de refinación y de subproductos**
  - El alto costo de operación de fundiciones nacionales disminuye nuestra posición competitiva y atractivo de este nicho

- **A pesar de condiciones de mercado, que actualmente no son especialmente favorables para el negocio de fundición y refinación, estimaciones preliminares indicarían que sería posible generar un retorno aceptable sobre la inversión si se alcanzan bajos costos operativos, como los de las grandes y modernas fundiciones chinas**

- **Actualmente, 70% de la capacidad instalada en Chile es de propiedad del Estado: 63% de Codelco y 7% de ENAMI, permitiendo diversificación de cartera exportadora de producción estatal y de la pequeña minería**
  - Solamente ~26% de las exportaciones de Codelco son en forma de concentrado de cobre; ENAMI exporta el 100% de sus productos en forma de cátodo

- **Independiente de que etapas de extracción y procesamiento en planta concentradora capturen mayor parte del valor en cadena de producción de cátodos de cobre, sería posible que mineras privadas, u otros inversionistas privados, decidan invertir en la etapa de fundición y refinación, tanto por los potenciales retornos de este negocio, como por el valor estratégico de diversificar la cartera exportadora**

Comisión Chilena del Cobre

Ministerio de Minería

Gobierno de Chile

Reporte Fundición y Refinación

2021