

CESCO

CENTRO DE ESTUDIOS
DEL COBRE Y LA MINERÍA

—
CENTER FOR COPPER
AND MINING STUDIES

Minería emergente: desafíos de la mediana minería en Chile

Automatización y sus implicancias

Cristian Cifuentes G.
Analista Senior
CESCO

Octubre 2025



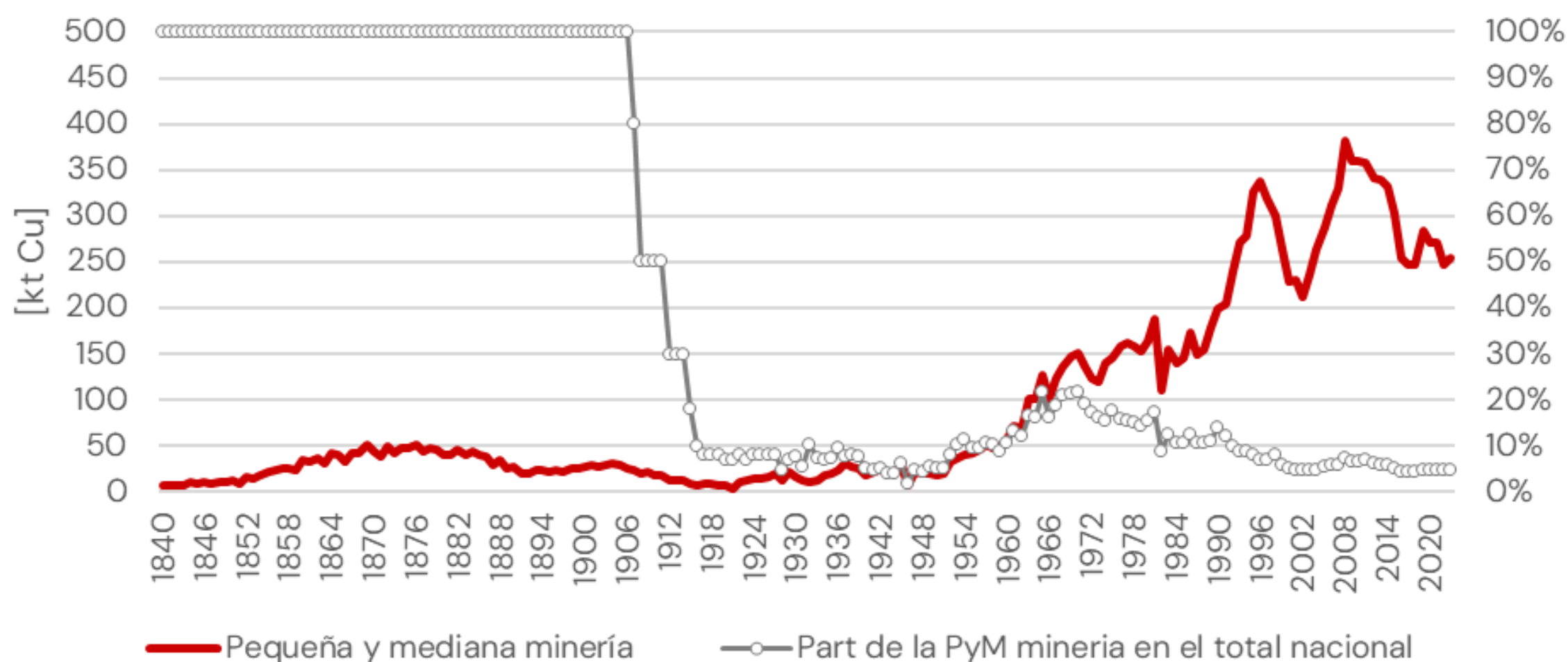
Agenda

- **Contexto**
- **Minería emergente**
- **Tecnología e Innovación**
- **CESCO y su visión de la Innovación**
- **Conclusiones**



Contexto

¿Porqué la mediana minería?



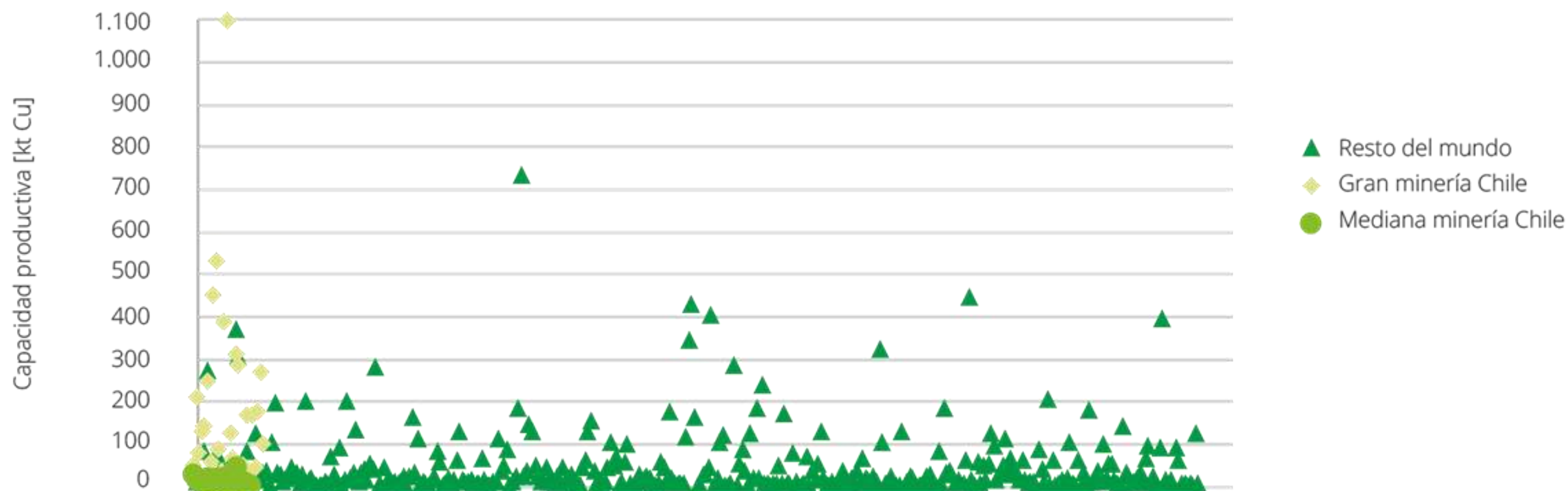
Este sector fue el preponderante hasta 1906, donde el precio sufre una importante baja como resultado de una reestructuración del mercado internacional con la aparición de las grandes corporaciones, las que dieron el paso a lo que conocemos hoy como la gran minería.

Sus características difusas entre pequeños y grandes productores y su relación con el entorno, asociado no solo al empleo entregado si no que también a los encadenamientos directos que puede tener, la convierten en un sector atractivo de análisis.

Contexto

¿Minería emergente o minería del resto del mundo?

Gráfico N°2: Capacidad minas de cobre en Chile y el mundo



*El eje X no entrega información adicional

Fuente: Elaboración propia con datos de distintas fuentes

Contexto

Empresas convocadas

Es bien sabido que la mediana minería en Chile tiene diversas definiciones, lo que hace complejo abordar adecuadamente las políticas públicas para su desarrollo.

Para poder convocar una muestra adecuada, definimos un criterio estándar que es **“aquellas empresas mineras que posean planta propia y produzcan no más de 50.000 tmf de cobre”**. Estas, al año 2023, totalizan 26 operaciones con una producción de **340,4 ktmf de cobre fino**.

Fuente: : CESCO, Deloitte. Minería emergente, desafíos de la mediana minería en Chile, 2023.

Compañía	Región	Operación
Battery Mineral Resources	IV Coquimbo	Minera Altos de Punitaqui
COEMIN (Minera Carola)	III Atacama	Minera Carola
CEMIN	V Valparaíso	Amalia – Catemu
Minera Cerro Negro	V Valparaíso	Cerro Negro
Minera Las Cenizas	II Antofagasta	Franke y Las Cenizas Taltal
Don Alberto	IV Coquimbo	Mina Don Alberto
ENAMI	Atacama	Matta, Vallenar y Salado
ENAMI	Antofagasta	Planta J.A. Moreno (Taltal)
ENAMI	Coquimbo	Delta
Haldeman Mining Co. S.A	I Tarapacá	Michilla
Mantos de la Luna S.A	II Antofagasta	Mantos de la luna
Minera Carmen Bajo	III Atacama	Mina Las Pintadas, Tigresa, Tránsito y Planta Las Pintadas
Minera Cruz	IV Coquimbo	Minera Cruz
Minera El Reloj	III Atacama	Minera El Reloj
Minera La Patagua	V Valparaíso	La Patagua
Minera San Andrés	III Atacama	Mina Pensamiento, Soplon, San Andrés y Planta Elisa de Bordo
Minera San Gerónimo	IV Coquimbo	San Geronimo (Planta Talcuna)
Minera Valle Central	VI O’Higgins	Valle Central
Pampa Camarones SpA	XV Arica y Parinacota	Pampa Camarones
Pucobre	III Atacama	Pucobre
S.C.M Atacama Kozan	III Atacama	Atacama Kozan
SCM Tres Valles	IV Coquimbo	Papomono – Don Gabriel
Altiplano Metals	IV Coquimbo	Farellon Copper – Planta El Peñón
Capstone Copper	II Antofagasta	Mantos Blancos
Capstone Copper	III Atacama	Mantoverde
Minera Pampa San Pedro	RM Metropolitana	San Pedro

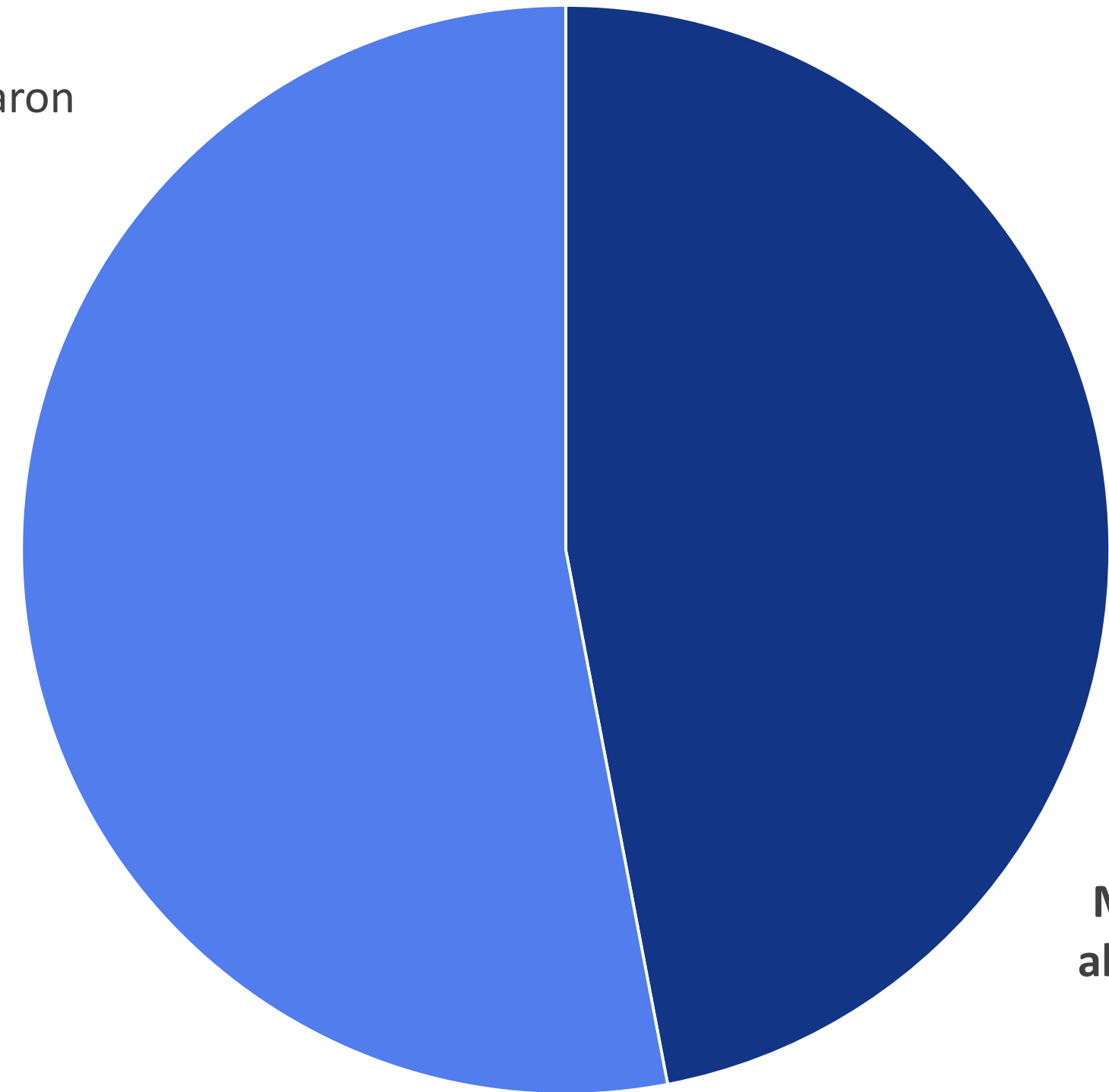
Minería emergente

Tamaño de la muestra

La mediana minería, a diferencia de la gran minería, posee tiempos completamente distintos a nivel operacional y muchas veces sus procesos no están debidamente medidos, lo que impide tanto destinar tiempos extras fuera de la operación misma, como también dificulta la reportabilidad.

A las empresas se les consultó sobre tres ejes: sostenibilidad, innovación y capital humano. Aquellas que pudieron responder en los tiempos considerados alcanzaron un total de **13 compañías con una producción de 159,1 ktmf de cobre fino.**

No
contestaron
53%



**Muestra
alcanzada**
47%

Minería emergente

Caracterización de la muestra

63% de la muestra corresponde a concentrados de cobre

3 exportan el 100% de su producción de cátodos de forma directa. El resto vende menos del 25% dentro del país y el resto vía traders.

50% de las empresas encuestadas poseen entre 101 y 500 trabajadoras y trabajadores

8 de las 13 empresas encuestadas tienen más de un trabajador externo por cada empleado propio contratado.

CESCO

Minería emergente

Aspectos consultados

Inversión

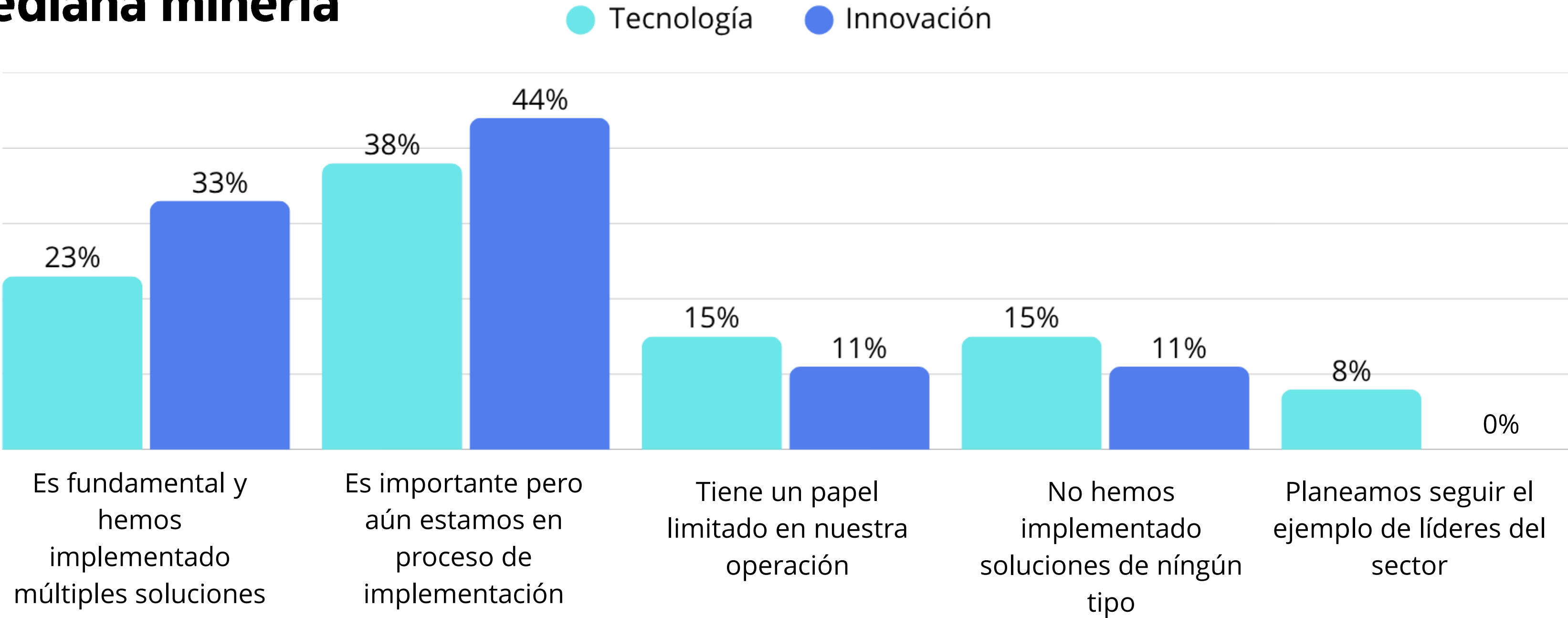
Capital humano

Sostenibilidad

Tecnología e innovación

Tecnología e Innovación: pilares del futuro

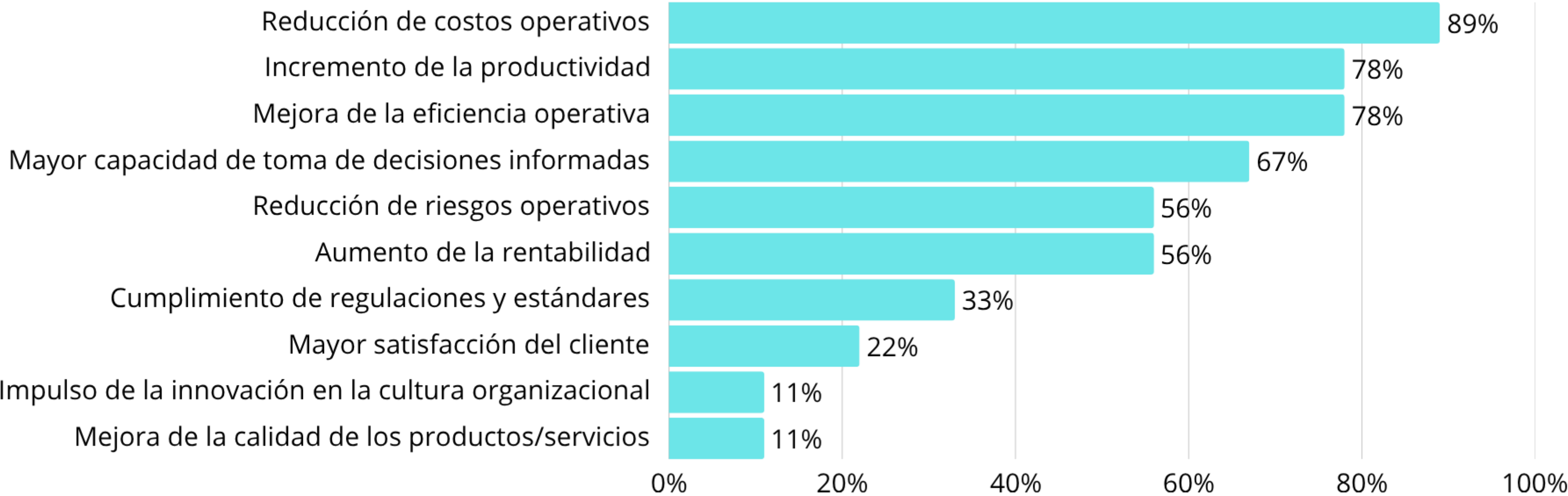
El rol que juegan la tecnología y la innovación en las operaciones de mediana minería



Fuente: : CESCO, Deloitte. Minería emergente, desafíos de la mediana minería en Chile, 2023.

Tecnología e Innovación: pilares del futuro

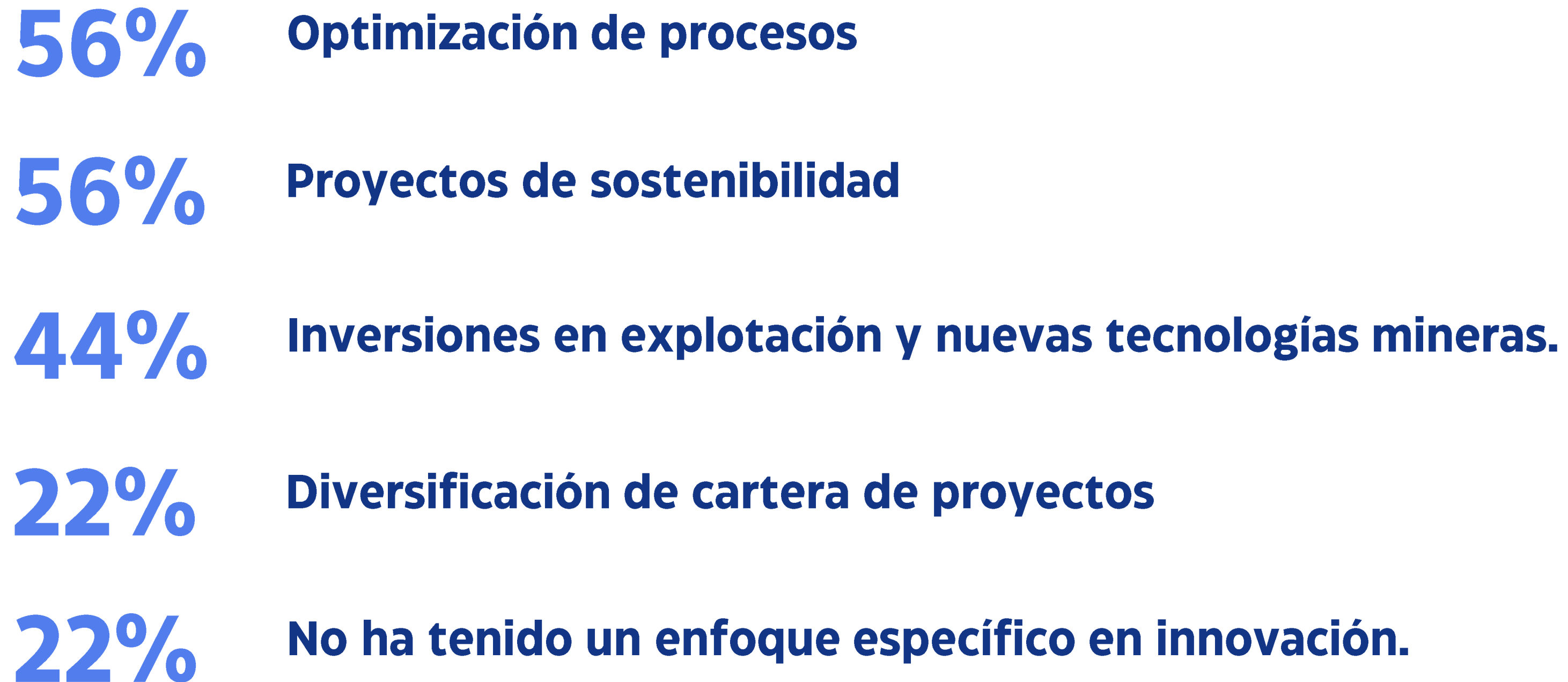
Beneficios obtenidos o esperados por la implementación de tecnologías e innovación



Fuente: : CESCO, Deloitte. Minería emergente, desafíos de la mediana minería en Chile, 2023.

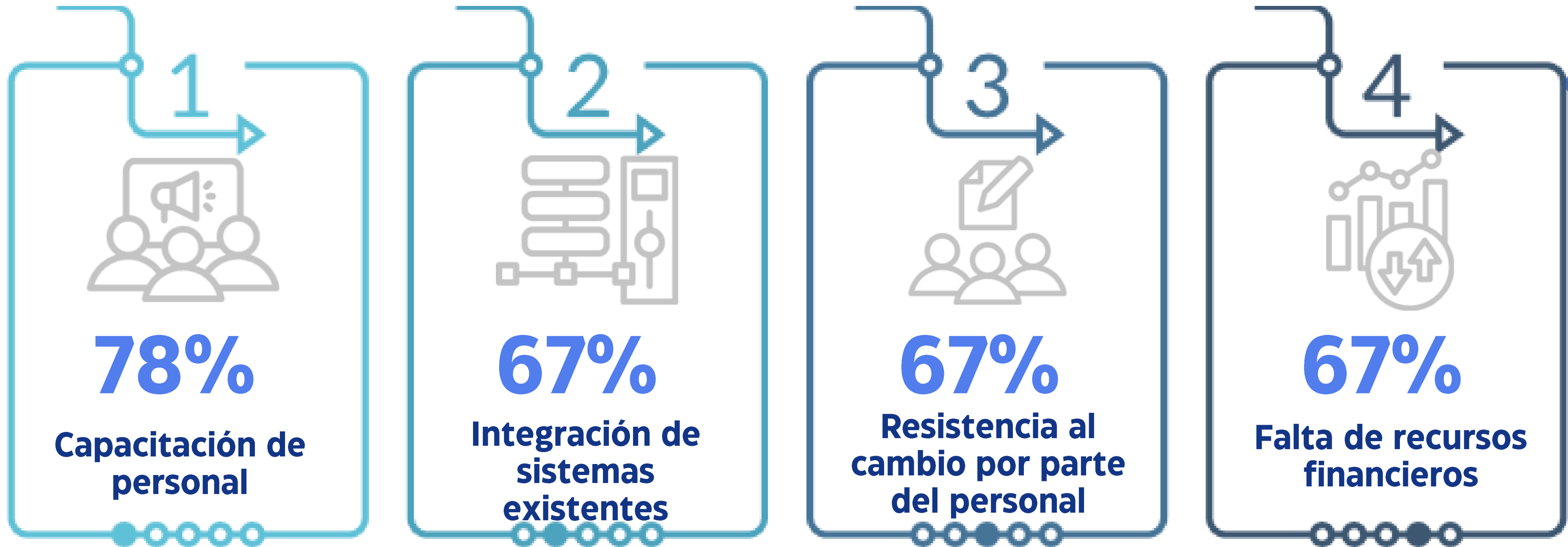
Tecnología e Innovación: pilares del futuro

Enfoque de empresas en términos de innovación



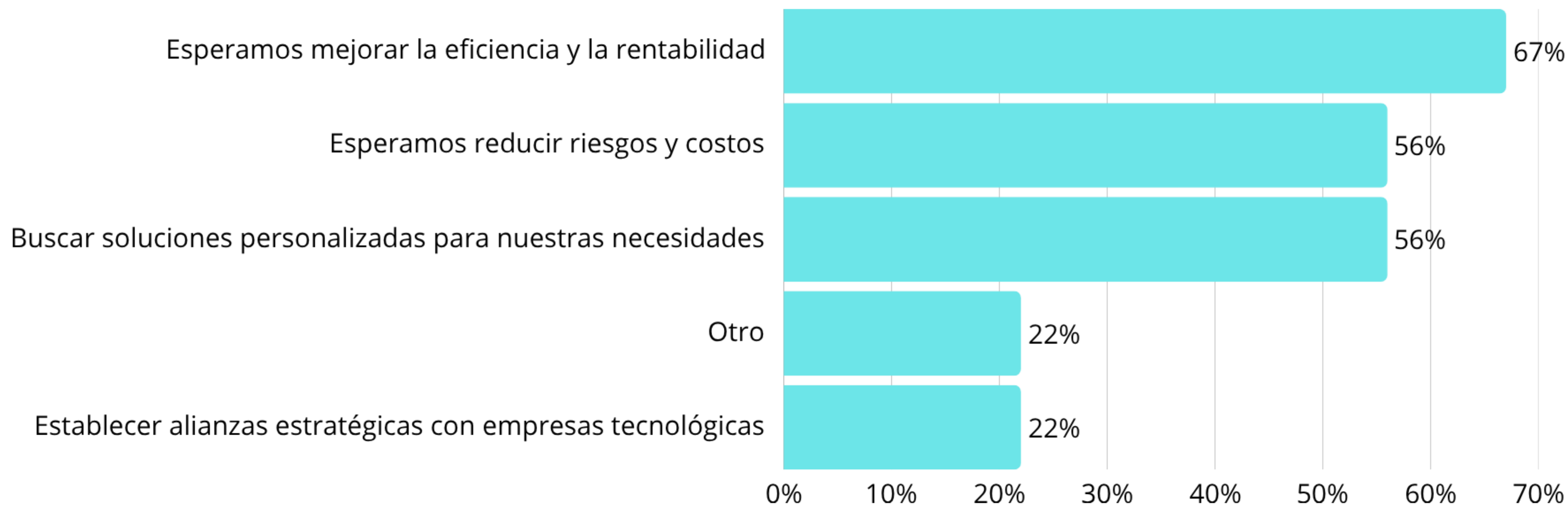
Tecnología e Innovación: pilares del futuro

Desafíos que han enfrentado al adoptar nuevas tecnologías



Tecnología e Innovación: pilares del futuro

Transformación digital como un imperativo para mejorar la competitividad del sector



Tecnología e Innovación: pilares del futuro

Casos exitosos

Minera San Gerónimo - CEIBO:

La colaboración entre la Compañía Minera San Gerónimo y CEIBO resultó en la implementación de una **Planta demostrativa de Lixiviación de sulfuros de escala de capacidad de producción de 100 kg/mes de cobre**, con disponibilidad operacional a nivel industrial. Esta iniciativa conjunta aportó distintas lecciones y desafíos de cómo las asociaciones se fundan en la colaboración y que pueden generar un gran impacto en la mediana minería.

SCM Carola:

SCM Carola, mina subterránea con una producción de 25.000 toneladas de cobre fino anuales y 1.400 trabajadores, impulsó un proyecto de transformación digital para recopilar y transmitir datos en tiempo real desde el interior de la operación. Con una **inversión de US\$ 1,5 millones** y 12 meses de implementación, logró “Iluminar la Mina”, habilitando nuevas tecnologías que le permitieron implementar la **localización en tiempo real de personas y equipos, predicción de inestabilidades geotécnicas, control de KPIs operacionales e Incorporar teleoperaciones de última generación.**

CESCO y su visión de la Innovación

Nuestras propuestas

**Atrayendo inversiones
de calidad para
consolidar el liderazgo
productivo**

1

**UN NUEVO
IMPULSO DE
CRECIMIENTO
PARA CHILE DESDE
LA MINERÍA**

**Institucionalidad
minera para el futuro**

2

**Transformación
productiva e innovación
desde la minería**

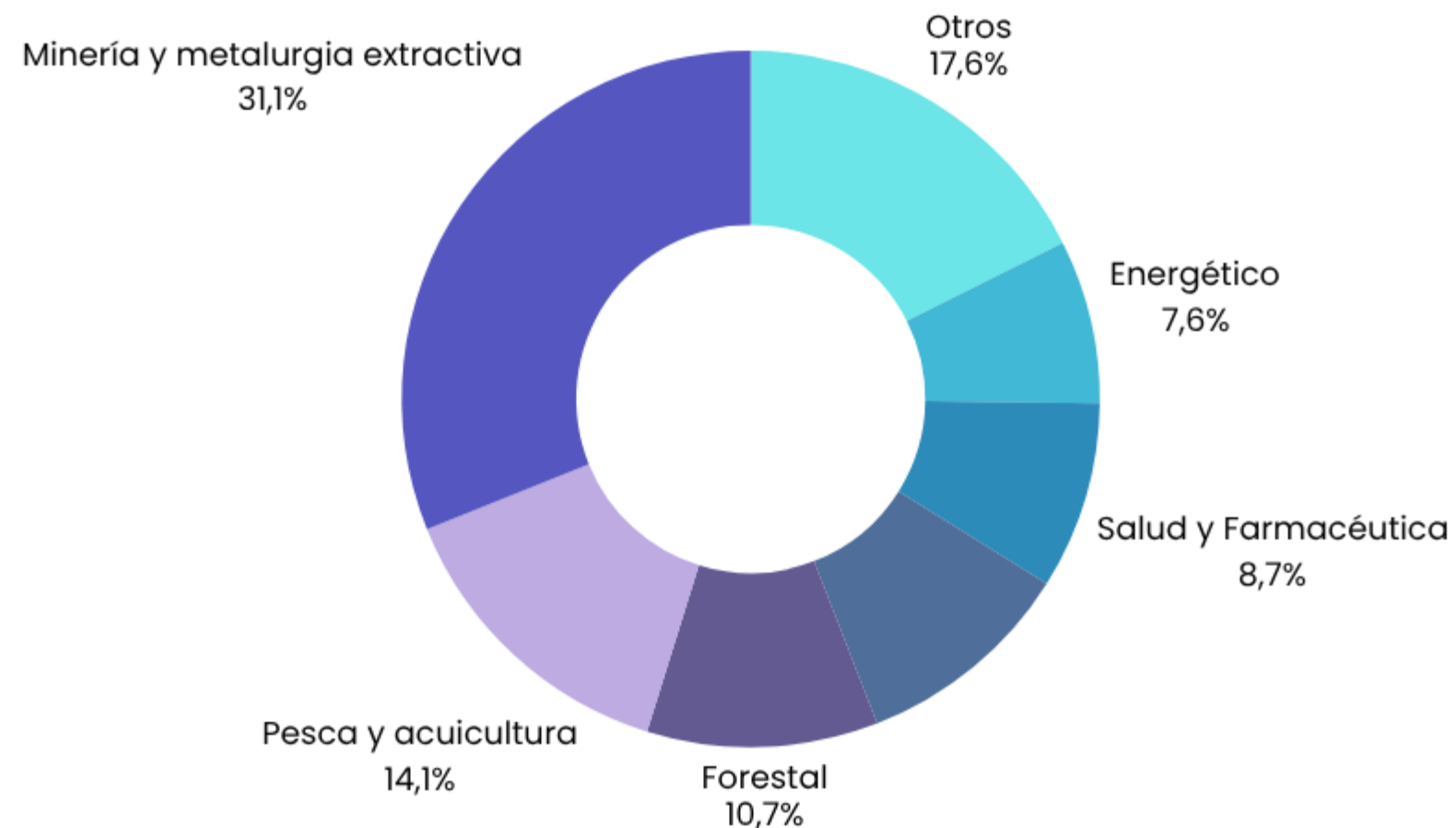
3

PROPUESTA 17: REFORMAR LA LEY I+D (20.241) PARA AMPLIAR SU ACCESO EFECTIVO

Requiere cambio legal

Para empresas en etapas de escalamiento el incentivo de la Ley I+D no es compatible por su condición de alto crecimiento, pero de baja rentabilidad. En consecuencia, para ampliar el alcance y beneficios de esta ley proponemos incorporar un **crédito tributario reembolsable para pymes**, además de simplificar la certificación y reducir los montos mínimos, y manteniendo la compatibilidad con otros instrumentos de fomento, lo que permitiría que **el instrumento sea aplicable a empresas innovadoras que aún no perciban utilidades**, siguiendo modelos exitosos como Canadá y Australia.

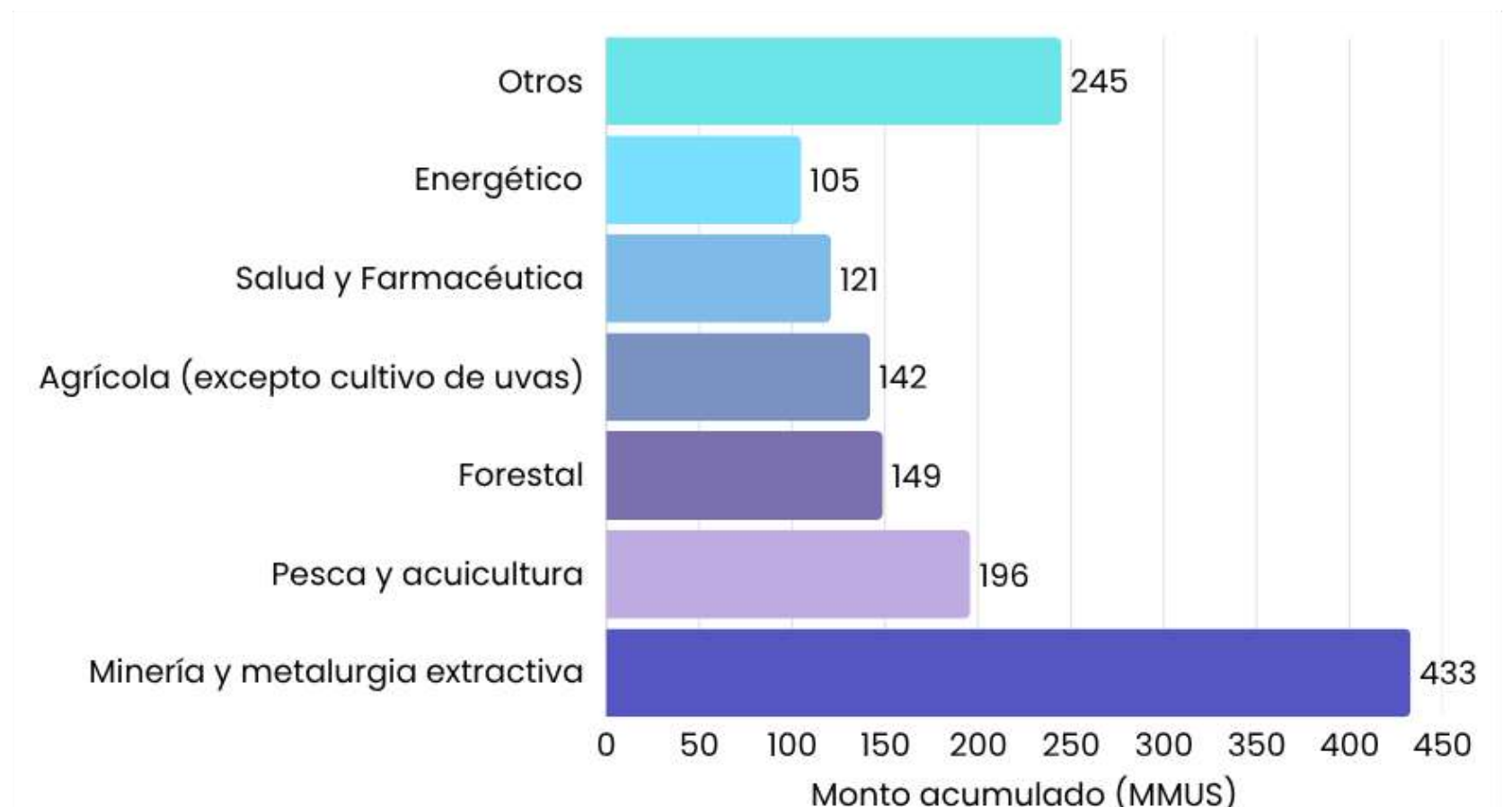
Distribución del gasto certificado por CORFO para la Ley I+D en los últimos 10 años



Fuente: Elaboración propia con datos de CORFO

Conecta

Montos acumulados de inversión en ley I+D en los últimos 10 años



Fuente: Elaboración propia con datos de CORFO

Conecta

PROPUESTA 18: ASIGNAR UN PORCENTAJE DEL ROYALTY MINERO EN I+D+i

Requiere cambio legal

Actualmente, la ley distribuye los recursos en un Fondo Regional de Productividad y Desarrollo, un Fondo de Comunas Mineras y un Fondo para la Equidad Territorial, sin destinaciones directas a innovación. Con una recaudación en 2024 de más de US\$ 1.550 millones, **destinar un 10% a I+D+i representaría alrededor de US\$ 155 millones anuales**, lo que equivaldría a aumentar en más de un 25% el presupuesto público nacional en I+D. que según la OCDE alcanza hoy unos US\$ 500 millones anuales.

Se propone ejecutar este cambio de forma progresiva, de tal forma que se incorpore un mayor financiamiento con los años hasta llegar al propuesto 10% en una evolución de 10 años. Comenzando con 2,5% para el 2028, 5% en 2030 y 10% en 2035. Este cambio permitiría transformar parte de la renta minera en capacidades tecnológicas permanentes, impulsando el desarrollo de una economía basada en el conocimiento minero, y asegurando la productividad, sostenibilidad y competitividad.

La priorización de iniciativas debería ser focalizada en minería subterránea, minería de salares, procesamiento de minerales, relaves, economía circular, seguridad minera. sostenibilidad y adaptación al cambio climático.

En el año 2024, el
Royalty recolectó
US\$ 1.550 millones.



En fondos puente se
distribuyeron unos
US\$ 230 millones a
regiones y municipios.



**US\$ 4 de cada US\$10
de valor creado irán
a las arcas fiscales.**



La asignación directa
mejora la confianza y
la transparencia.



Si bien los recursos se han enfocado en apoyar a comunas mineras y vulnerables, su impacto directo sobre la propia industria sigue siendo limitado.

La creación de fondos específicos para impulsar la inversión en innovación minera permitiría generar mayor valor en el largo plazo y, con ello, aumentar la recaudación fiscal derivada del sector. En 2024, de los **US\$ 1.550 millones de recaudados**, un tercio se destinó al desarrollo regional y municipal, dejando alrededor de **US\$ 1.000 millones de dólares como oportunidad para canalizar hacia áreas estratégicas del país.**

PROPUESTA 19: INCREMENTAR MONTOS Y PLAZOS DE APOYO PARA INNOVACIONES EN MINERÍA

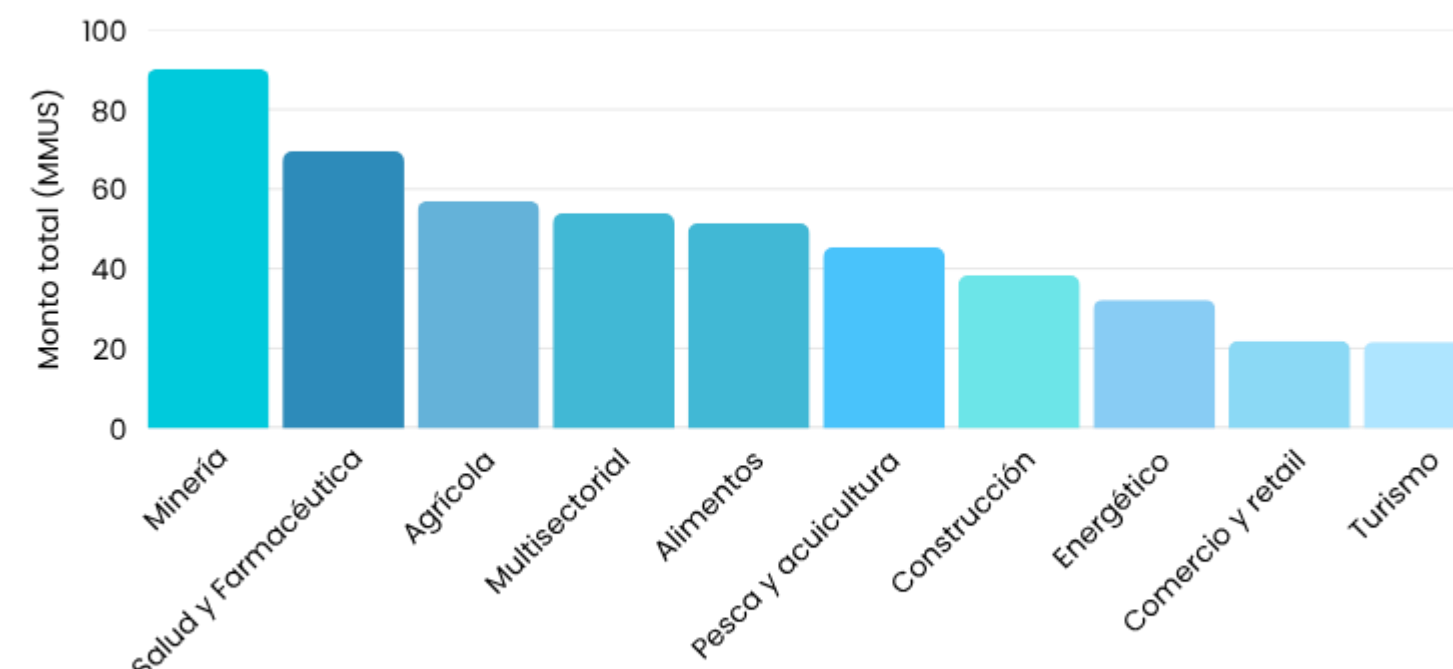
Requiere gestión administrativa

La escala y los tiempos propios de la industria minera —proyectos de gran inversión y ciclos de desarrollo que suelen superar los 5 años— hacen que los instrumentos actuales de CORFO resulten insuficientes. Hoy, **la mayoría de los fondos públicos para I+D** entregados por CORFO financian montos que **rara vez superan los CLP 250 millones** (aprox. US \$260 mil) y con **plazos de ejecución máximos de 24 a 36 meses**, lo que dificulta abordar desafíos tecnológicos de gran envergadura. Un instrumento diseñado para minería debería considerar financiamiento plurianual, con presupuestos significativamente mayores y condiciones que permitan el pilotaje y escalamiento de soluciones a nivel industrial, incluyendo su comercialización.

De forma complementaria, **se necesita potenciar este crecimiento a partir de inversión privada**. Se propone una **plataforma especializada orientada a que la bolsa local apoye emprendimientos tecnológicos en minería**. Además, facilitar el acceso a financiamiento internacional especializado, daría un impulso para que estas empresas puedan llevar sus innovaciones a mercados internacionales con foco en economías regionales y mercados emergentes con una industria minera en expansión.

Esta estrategia permitirá que la experiencia y el conocimiento transferidos desde la minería chilena impacten globalmente, fortaleciendo nuestra influencia, promoviendo la innovación y aumentando la competitividad de Chile en el sector minero internacional.

Top 10 mercados objetivo con mayor financiamiento total de CORFO en innovación



Distribución del financiamiento de CORFO en Innovación en minería en los últimos 10 años



Fuente: Elaboración propia con datos de CORFO

PROPUESTA 20: PROMOVER LA INTERNACIONALIZACIÓN DE EMPRESAS CHILENAS

Requiere gestión administrativa

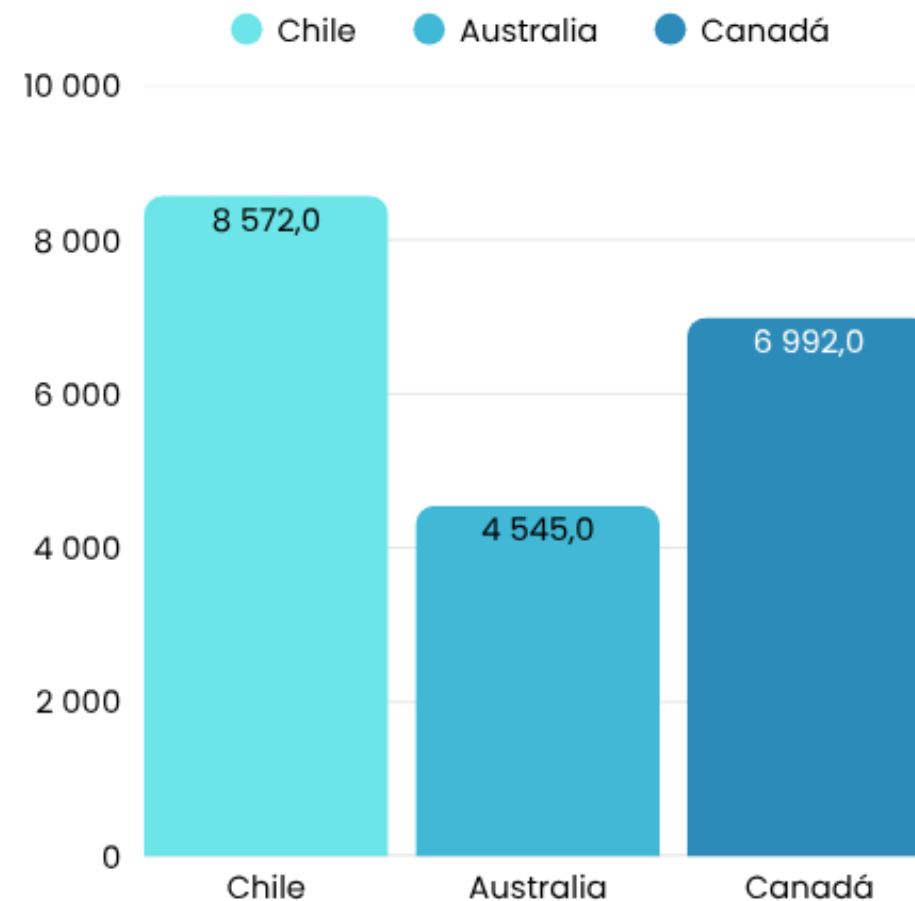
A través del fortalecimiento del rol de ProChile, facilitar el vínculo entre proveedores nacionales y mercados internacionales de interés. Esta red permitirá transferir la experiencia y el conocimiento desarrollados en la minería chilena hacia el mundo dirigiendo la atención en países con una industria minera emergente.

El conocimiento como factor productivo es una oportunidad

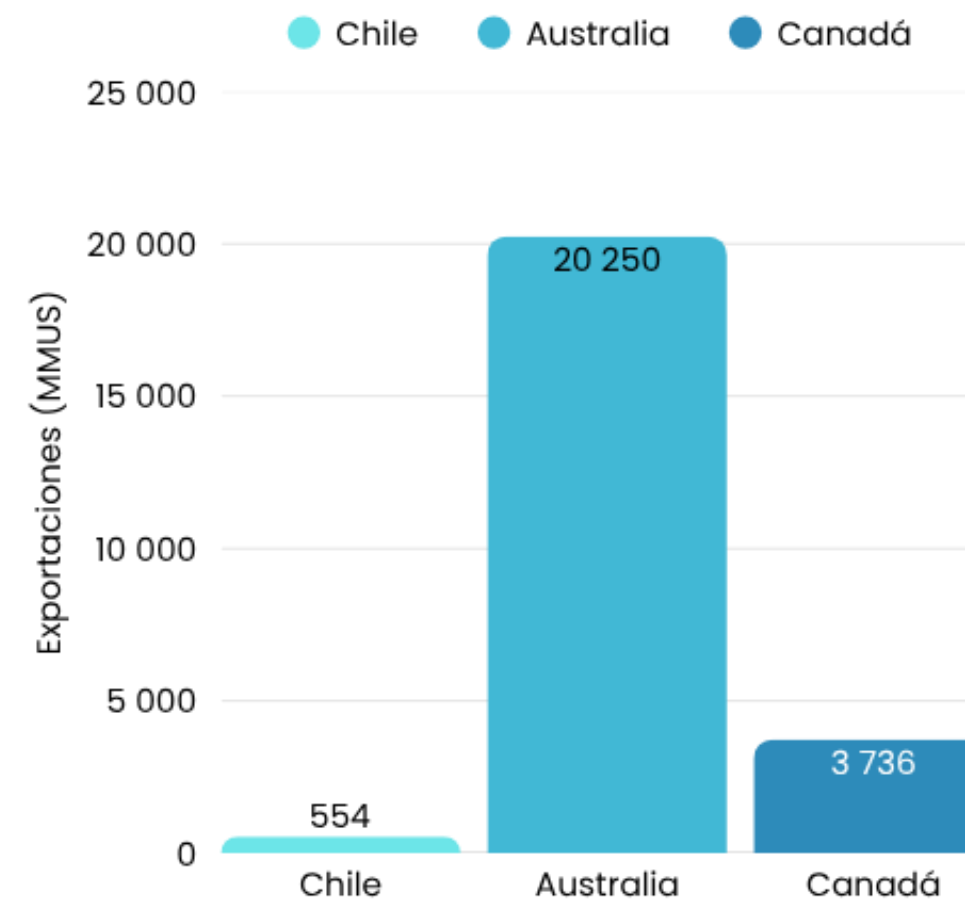
Emplean más de 1 000 000 de personas

Las PMETS representaron 7,4 % del PIB en 2021.

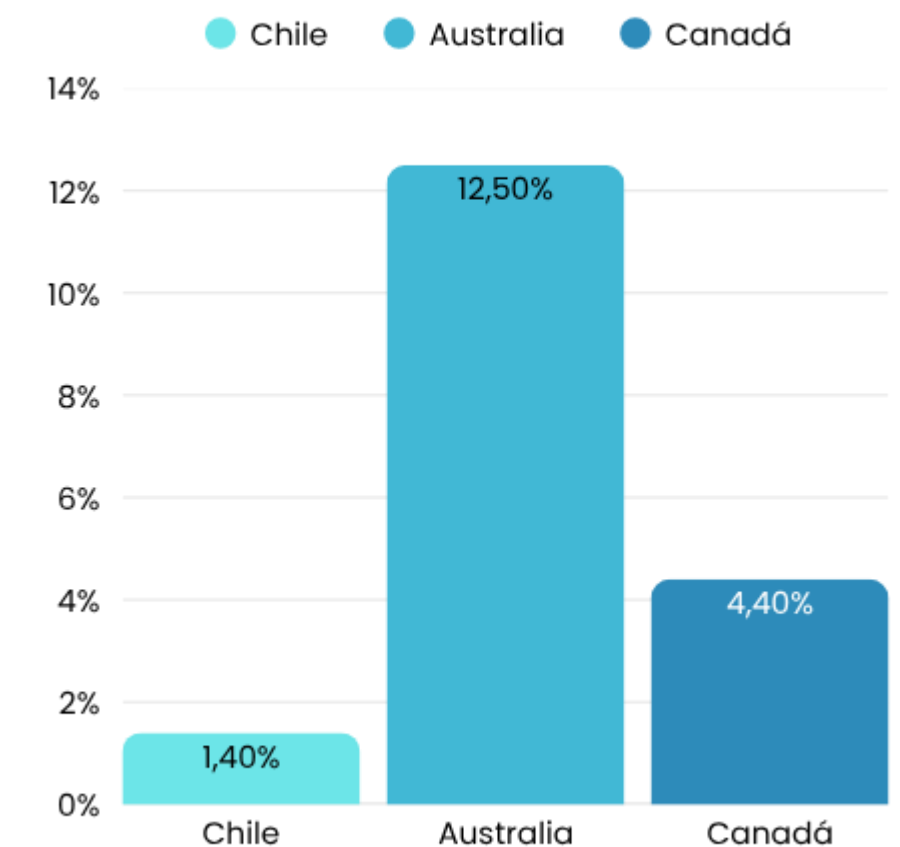
Cantidad de empresas PMETS



Exportaciones totales por parte de los PMETS en 2021



Relación Exportación PMETS y Exportación de minerales en 2021



Fuente: Elaboración propia con datos de Alta

PROPUESTA 21: ESTRATEGIA NACIONAL DE INNOVACIÓN MINERA

Requiere gestión administrativa

La minería chilena enfrenta una encrucijada: el agotamiento de óxidos, la necesidad de mayor seguridad y sostenibilidad, y el desafío de mantener su liderazgo global en un mundo que demanda más cobre, litio y minerales críticos para la transición energética. Para responder, Chile debe avanzar en una Estrategia Nacional de Innovación Minera, que asigne recursos de forma prioritaria y coordinada a los desafíos tecnológicos estratégicos del sector, generando ventajas competitivas globales y fortaleciendo su rol en la transición energética.

La propuesta contempla alinear y reforzar instrumentos públicos —particularmente CORFO, la ANID y el Fondo de Innovación para la Competitividad— para financiar programas de investigación aplicada, pilotos industriales y consorcios tecnológicos en alianza con universidades y empresas proveedoras y operadoras. El Estado deberá definir convocatorias anuales de I+D+i minera, con criterios de cofinanciamiento que obliguen a la participación activa de compañías mineras y clusters de proveedores.

Fuente: Política Nacional Minera 2050 (2022); Política Nacional de Seguridad y Salud en la Minería (2025).

Los ejes prioritarios de la estrategia serán:

A. Minería subterránea:

Un Plan 2026–2030 de Minería Subterránea Segura y Autónoma, financiado con fondos CORFO y ejecutado a través de consorcios público-privados, liderados por Codelco y universidades técnicas, con pilotos en minas activas. Se impulsará un Centro Integrado de Operaciones Subterráneas, coordinado con proveedores tecnológicos, para avanzar en automatización, robotización, tronadura remota y flotas eléctricas.



Tendencia Global.

El agotamiento de recursos superficiales está obligando a la explotación de yacimientos cada vez más profundos y complejos. Donde nuevas técnicas, recursos y metodologías deben ser aplicadas para la explotación de estos depósitos.



Seguridad minera y su evolución.

Desde el accidente del 2010 Chile ha evolucionado en su política con respecto a la seguridad en minería, llegando hasta la Política Nacional de Seguridad y Salud en la Minería. La evolución a una minería predominantemente subterránea requiere una modernización de la legislación y de la operación de forma conjunta.

PROPUESTA 21: ESTRATEGIA NACIONAL DE INNOVACIÓN MINERA

Requiere gestión administrativa

La minería chilena enfrenta una encrucijada: el agotamiento de óxidos, la necesidad de mayor seguridad y sostenibilidad, y el desafío de mantener su liderazgo global en un mundo que demanda más cobre, litio y minerales críticos para la transición energética. Para responder, Chile debe avanzar en una Estrategia Nacional de Innovación Minera, que asigne recursos de forma prioritaria y coordinada a los desafíos tecnológicos estratégicos del sector, generando ventajas competitivas globales y fortaleciendo su rol en la transición energética.

La propuesta contempla alinear y reforzar instrumentos públicos —particularmente CORFO, la ANID y el Fondo de Innovación para la Competitividad— para financiar programas de investigación aplicada, pilotos industriales y consorcios tecnológicos en alianza con universidades y empresas proveedoras y operadoras. El Estado deberá definir convocatorias anuales de I+D+i minera, con criterios de cofinanciamiento que obliguen a la participación activa de compañías mineras y clusters de proveedores.

Los ejes prioritarios de la estrategia serán:

B. Minería de salares:

Convocar un programa nacional de innovación en extracción directa de litio (DLE), con proyectos cofinanciados por CORFO, empresas privadas y universidades regionales, orientados a reducir huella hídrica, valorizar subproductos y desarrollar modelos de gobernanza con comunidades.



Terreno perdido en el liderazgo por el litio.

El desarrollo de las técnicas de evaporación de salmuera en salares ha sido concentrado por 2 empresas durante años. Esto ha limitado la transferencia tecnológica para ampliar la competencia y la investigación acerca de estas metodologías. En este sentido, la Estrategia Nacional del Litio incentiva un cambio en metodologías de extracción de menor impacto, priorizando la extracción directa de litio.

Según COCHILCO, Chile perdió participación en las reservas mundiales desde un 52% en 2016 hacia 34% en 2023. Donde el principal cambio es el aumento en la participación de otros países como Australia (10% en 2016 contra 22% en 2023).

Fuente: COCHILCO (2024), Estrategia Nacional del Litio (2023).

PROPUESTA 21: ESTRATEGIA NACIONAL DE INNOVACIÓN MINERA

Requiere gestión administrativa

La minería chilena enfrenta una encrucijada: el agotamiento de óxidos, la necesidad de mayor seguridad y sostenibilidad, y el desafío de mantener su liderazgo global en un mundo que demanda más cobre, litio y minerales críticos para la transición energética. Para responder, Chile debe avanzar en una Estrategia Nacional de Innovación Minera, que asigne recursos de forma prioritaria y coordinada a los desafíos tecnológicos estratégicos del sector, generando ventajas competitivas globales y fortaleciendo su rol en la transición energética.

La propuesta contempla alinear y reforzar instrumentos públicos —particularmente CORFO, la ANID y el Fondo de Innovación para la Competitividad— para financiar programas de investigación aplicada, pilotos industriales y consorcios tecnológicos en alianza con universidades y empresas proveedoras y operadoras. El Estado deberá definir convocatorias anuales de I+D+i minera, con criterios de cofinanciamiento que obliguen a la participación activa de compañías mineras y clusters de proveedores.

Fuente: Sulfuros primarios: desafíos y oportunidades, COCHILCO (2017), Anuario de la minería de Chile, Sernageomin (2023).

Los ejes prioritarios de la estrategia serán:

C. Procesamiento de minerales:

Crear un Consorcio de Hidrometalurgia de Sulfuros, con base en universidades chilenas y centros tecnológicos, financiado por el Estado y las mineras. El objetivo es desarrollar y escalar tecnologías que permitan mantener la producción de cátodos, aprovechando la infraestructura de electro-obtención.



Sulfuros: Mena del futuro.

La maduración de la minería chilena implica que los sulfuros de cobre serán la principal fuente de extracción del metal. En consecuencia, su procesamiento genera un mayor gasto energético y la **generación de relaves como deshecho**.

Además, esta tendencia deja en duda la situación del **38% de infraestructura instalada para el procesamiento de minerales, que corresponde a hidrometalurgia de óxidos**.



Perfil de exportaciones: alta concentración.

El camino convencional del procesamiento de sulfuros a partir de la capacidad de fundición actual implica una **concentración del destino de las exportaciones mineras** hacia las potencias en fundición y refinación (+50%). **Una mayor producción de cátodos** desde la hidrometalurgia de sulfuros permitiría diversificar las exportaciones.

PROPUESTA 21: ESTRATEGIA NACIONAL DE INNOVACIÓN MINERA

Requiere gestión administrativa

La minería chilena enfrenta una encrucijada: el agotamiento de óxidos, la necesidad de mayor seguridad y sostenibilidad, y el desafío de mantener su liderazgo global en un mundo que demanda más cobre, litio y minerales críticos para la transición energética. Para responder, Chile debe avanzar en una Estrategia Nacional de Innovación Minera, que asigne recursos de forma prioritaria y coordinada a los desafíos tecnológicos estratégicos del sector, generando ventajas competitivas globales y fortaleciendo su rol en la transición energética.

La propuesta contempla alinear y reforzar instrumentos públicos —particularmente CORFO, la ANID y el Fondo de Innovación para la Competitividad— para financiar programas de investigación aplicada, pilotos industriales y consorcios tecnológicos en alianza con universidades y empresas proveedoras y operadoras. El Estado deberá definir convocatorias anuales de I+D+i minera, con criterios de cofinanciamiento que obliguen a la participación activa de compañías mineras y clusters de proveedores.

Los ejes prioritarios de la estrategia serán:

D. Relaves:

Darle continuidad y relevancia a un nuevo programa nacional de relaves con tres líneas de trabajo: seguridad (monitoreo en tiempo real), recuperación de minerales y economía circular. CORFO y universidades regionales coordinarán convocatorias específicas para proyectos piloto con compañías mineras.



¿Problemática u oportunidad?

Los relaves son actualmente el pasivo ambiental más cuestionado de la minería. **Chile es el país con mayor cantidad de relaves del mundo (700+)**, 16.000 millones de toneladas de relaves depositados y con proyección de crecimiento de 800 millones de toneladas por año. Donde además, 173 se encuentran en calidad de abandonados. Estas condiciones se vieron atendidas en el 2019 bajo el Plan Nacional de Depósitos de Relaves, el cual no ha dado una demostración de continuidad efectiva para este 2025.

La experiencia internacional demuestran el riesgo que representan, pero con innovación y un fuerte desarrollo este problema podría convertirse en una oportunidad que revierta la situación.

PROPUESTA 21: ESTRATEGIA NACIONAL DE INNOVACIÓN MINERA

Requiere gestión administrativa

La minería chilena enfrenta una encrucijada: el agotamiento de óxidos, la necesidad de mayor seguridad y sostenibilidad, y el desafío de mantener su liderazgo global en un mundo que demanda más cobre, litio y minerales críticos para la transición energética. Para responder, Chile debe avanzar en una Estrategia Nacional de Innovación Minera, que asigne recursos de forma prioritaria y coordinada a los desafíos tecnológicos estratégicos del sector, generando ventajas competitivas globales y fortaleciendo su rol en la transición energética.

La propuesta contempla alinear y reforzar instrumentos públicos —particularmente CORFO, la ANID y el Fondo de Innovación para la Competitividad— para financiar programas de investigación aplicada, pilotos industriales y consorcios tecnológicos en alianza con universidades y empresas proveedoras y operadoras. El Estado deberá definir convocatorias anuales de I+D+i minera, con criterios de cofinanciamiento que obliguen a la participación activa de compañías mineras y clusters de proveedores.

Los ejes prioritarios de la estrategia serán:

E. Economía circular.

Financiar proyectos de innovación en eficiencia hídrica, reciclaje y reutilización de metales estratégicos, mediante convocatorias sectoriales de ANID y CORFO, que integren empresas proveedoras y startups tecnológicas.



Modelo renovado.

La minería es el origen de la Economía lineal que se utiliza al día de hoy. La investigación de la circularidad es clave para la sostenibilidad del sector y su aporte sostenible a la economía del futuro.



Reciclaje como negocio

Según la Política Nacional Minera 2050, los relaves en Chile contienen **un valor recuperable estimado en más de US\$ 25.000 millones**, con presencia de cobre, hierro, molibdeno y tierras raras. Este potencial también se extiende a otros residuos mineros, como **escorias y rípios de lixiviación**, que poseen características aprovechables. La escala de la minería chilena brinda una ventaja única para liderar el desarrollo de este enfoque de revalorización de desechos.

Conclusiones

La mediana minería se presenta cómo una oportunidad para el escalamiento de la tecnología según los siguientes puntos:

- La mediana minería es un espacio para innovar, donde la adopción tecnológica impacta en la operación.
- Permite adaptar las tecnologías a las necesidades particulares de la mediana minería.
- La representatividad: la mediana minería es un salto a una operación industrial mayor.
- Segmento de la industria donde la innovación y la experiencia pueden combinarse.

Colaboración desde el conocimiento

Chile se ha convertido en un foco de conocimiento sobre la minería del cobre. Donde los proveedores nacionales poseen un potencial exportador aún por descubrir. **Una relación fuerte entre las empresas de mediana minería, los centros de pilotaje y los proveedores puede ser un círculo virtuoso importante**

CESCO

CENTRO DE ESTUDIOS
DEL COBRE Y LA MINERÍA

—
CENTER FOR COPPER
AND MINING STUDIES

Minería emergente: desafíos de la mediana minería en Chile

Automatización y sus implicancias

Cristian Cifuentes G.
Analista Senior
CESCO

Octubre 2025

