



Comisión Chilena del Cobre
Dirección de Estudios y Políticas Públicas



Levantamiento de Capacidades Académicas en Áreas de Minería y Metalurgia

Julio 2025

DEEP 07/2025

RPI 2025-A-7723



Copyright by Cochilco, todos los derechos reservados.

Se autoriza la reproducción total o parcial de este Informe, siempre que la fuente "Comisión Chilena del Cobre" y/o "Cochilco" sea citada, salvo que se indique lo contrario.

Documento elaborado por:

Ronald Monsalve H.

rmonsalv@cochilco.cl

Claudia Arancibia C.

carancibia@cochilco.cl

Nuestros agradecimientos a Cristian Rojas, Ricardo Cerda y José Manuel Vivanco del Ministerio de Minería.

Patricia Gamboa L.

Directora de Estudios y Políticas Públicas
Comisión Chilena del Cobre

Julio 2025

RESUMEN EJECUTIVO



El estudio **“Levantamiento de Capacidades Académicas en Áreas de Minería y Metalurgia a Nivel Nacional”**, encargado por el Ministerio de Minería y desarrollado por Cochilco, tiene como propósito identificar y caracterizar las capacidades existentes en las universidades chilenas en materia de formación, investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) vinculadas al sector minero-metalúrgico.

La recolección de datos se realizó entre mayo y junio de 2025 a través de una encuesta aplicada a 26 universidades que imparten carreras relacionadas con minería, metalurgia y geología, alcanzando una cobertura de 25 instituciones.

Entre los principales hallazgos destacan:

1. Fuerte base académica:

Todas las universidades encuestadas ofrecen programas de pregrado en minería y metalurgia, y más de la mitad cuenta también con programas de postgrado. Sin embargo, aún existen oportunidades de fortalecer áreas emergentes como minería 4.0, economía circular y minerales críticos.

2. Presencia significativa de I+D+i, pero concentrada en etapas tempranas:

La mayoría de las universidades realiza actividades de investigación aplicada en minería, con foco en sostenibilidad, procesamiento de minerales e innovación tecnológica. No obstante, los desarrollos tecnológicos se concentran mayormente en niveles tempranos de madurez (TRL 3-4), con escasa infraestructura para validación tecnológica y pilotaje.

3. Débil dedicación exclusiva a I+D+i:

La participación académica en I+D+i suele ser ocasional y combinada con labores docentes, lo que limita la continuidad y profundidad de los proyectos de investigación.

4. Vinculación universidad-industria centrada en formación:

Existe una relación activa entre universidades y empresas, principalmente a través de prácticas estudiantiles, tesis y proyectos conjuntos. Sin embargo, la colaboración tecnológica es limitada, los convenios tienden a ser puntuales y de baja envergadura, y la transferencia tecnológica efectiva continúa siendo un desafío. La generación de patentes y propiedad intelectual también es baja.

5. Brechas en financiamiento y gestión:

Aunque 15 universidades reportan haber accedido a fondos de I+D+i desde 2023, persisten obstáculos como la alta burocracia en los procesos de postulación y ejecución, escasez de fondos específicos para minería y limitada participación del sector privado.

A pesar de la relevancia de la minería en Chile hay pocos fondos específicos (tanto públicos como privados), en el país destinados exclusivamente al desarrollo de tecnología aplicada en Minería, debiendo competir con otras disciplinas por los mismos fondos.

El 40% de las universidades (10 de 25) no dispone de financiamiento. Para cerrar esta brecha, se requiere una mayor articulación con el sector privado.

6. Brechas para el escalamiento de la I+D+i universitaria:

Las capacidades técnicas están mayormente concentradas en laboratorios y fases tempranas de innovación. Asimismo, el acceso desigual a financiamiento y el bajo involucramiento privado restringen el desarrollo y escalamiento de proyectos innovadores.

RESUMEN EJECUTIVO



7. Análisis regional:

El análisis de capacidades universitarias en minería y metalurgia revela importantes brechas regionales en el desarrollo de I+D+i en Chile. Se observa una desalineación entre el PIB minero regional y la disponibilidad de investigadores especializados, donde regiones como Tarapacá y Atacama, con alta actividad minera, presentan baja masa crítica investigativa, mientras que la Región Metropolitana concentra un número significativo de especialistas, pese a su menor peso minero. Esta asimetría limita la generación de soluciones tecnológicas contextualizadas y refuerza la necesidad de descentralizar capacidades de I+D hacia regiones productivas.

Asimismo, se detecta una alta concentración de personal vinculado a I+D+i en la Región Metropolitana, seguida por Biobío y Antofagasta. Predominan académicos cuya función principal es la docencia, con participación esporádica en investigación, lo que sugiere una estructura de I+D que puede mejorar. Se identifica una oportunidad para fortalecer la presencia de personal con dedicación exclusiva a I+D+i y potenciar la colaboración con investigadores externos, lo que permitiría avanzar hacia una mayor articulación institucional y una mejor integración en redes científicas.

Por último, se identifican tres clústeres temáticos de investigación universitaria:

- Minería convencional
- Pequeña y mediana minería.
- Minería del futuro e innovación.

Estos grupos permiten visualizar perfiles tecnológicos comunes entre universidades, aunque su clasificación es exploratoria y sujeta a limitaciones metodológicas.

Este documento busca contribuir al diseño de políticas públicas que impulsen la colaboración universidad-industria, promuevan la inversión en I+D+i, y fortalezcan el ecosistema de innovación en minería. Su actualización periódica bianual, a cargo de Cochilco, permitirá dar seguimiento a estas capacidades y orientar acciones que contribuyan a una minería más sostenible, innovadora e inclusiva.

TABLA DE CONTENIDOS



Introducción

Metodología

Análisis de la Encuesta de Capacidades Académicas

- Capital Humano en Minería
- Distribución de Oferta Académica
- Fuerte Compromiso Universitario con la I+D+i Minera
- Financiamiento
- Brechas de Financiamiento en I+D+i Minera
- Desafíos en Financiamiento
- Ejecución de Proyectos
- Producción Científica en Minería
- Madurez Tecnológica v/s Protección Intelectual
- Capacidades Instaladas para I+D+i
- Convenios de I+D+i
- Vinculación Academia-Industria
- Vinculación con la Industria Minera y Proveedores
- Ecosistema de Innovación Minera en Desarrollo
- Transferencia Tecnológica
- Fortalecimiento de las Capacidades de I+D en Regiones Mineras
- Brechas Regionales en Capacidades Universitarias para I+D+i
- Configuración de Clústeres Temáticos de I+D+i por Región

Conclusiones

INTRODUCCIÓN



La minería, en Chile y en el mundo, está atravesando un momento clave. Los desafíos asociados a la sostenibilidad, la innovación tecnológica y el cambio climático exigen nuevas formas de pensar y hacer las cosas. En este escenario, las universidades de nuestro país tienen un papel fundamental: son espacios donde se genera conocimiento, contribuyen a formar capital humano avanzado y se desarrollan ideas que pueden marcar la diferencia.

Con el objetivo de fortalecer los lazos entre la academia y la industria, el Ministerio de Minería encargó a Cochilco el estudio "Levantamiento de Capacidades Académicas en Áreas de Minería y Metalurgia a Nivel Nacional". Esta iniciativa, cuya primera versión se publicó en el año 2024, propone una metodología para recoger y organizar información clave sobre investigación, infraestructura, inversión y personas dedicadas a I+D+i en las universidades del país. Así, se busca contribuir con información para el diseño de políticas públicas que permitan impulsar una minería más innovadora, sostenible y conectada con los desafíos del futuro.

Durante 2025, Cochilco asumió la responsabilidad de actualizar esta información, ampliando el alcance de las áreas académicas consideradas e incorporando nuevos datos a través de la aplicación de una encuesta. Esta tarea se enmarca en el cumplimiento de la Meta N°17 de la Política Nacional de Minería, que promueve el desarrollo de una industria nacional de encadenamientos productivos, con foco en la innovación y en una colaboración más estrecha entre universidades y empresas.

Este documento presenta los principales resultados del levantamiento realizado en 25 universidades a lo largo de Chile. A través de sus respuestas, se hace visible no solo el compromiso de las instituciones con la formación y la investigación en minería, sino también las brechas que debemos abordar y las oportunidades que podemos aprovechar para avanzar juntos hacia una minería de vanguardia.



METODOLOGÍA



Técnica

Encuesta online enviada por correo electrónico mediante Survey Monkey



Universo

26 universidades de todo el país que dictan las carreras de Ingeniería en Minas, Metalurgia y/o Geología.



Muestreo

Muestreo no probabilístico dirigido a las 26 vicerrectorías académicas y/o jefes de carrera de las universidades del universo.



Cobertura

Se alcanzó una cobertura total de 25 universidades del universo.



Fecha de aplicación

Entre el miércoles 7 de mayo y el martes 17 de junio de 2025.

Participación de 25 Universidades Nacionales



CAPITAL HUMANO EN MINERÍA

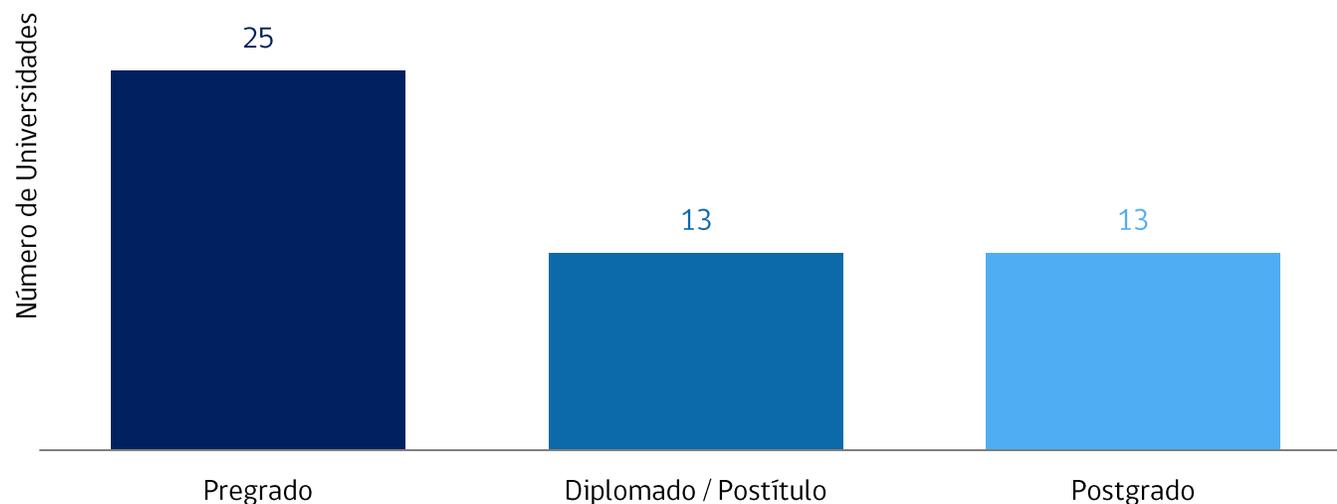


Potenciando la formación para los desafíos del futuro

¿Su institución ofrece programas académicos relacionados con minería y/o metalurgia en alguno de los siguientes niveles?

(Número de universidades)

[n = 25]



La totalidad de las instituciones encuestadas ofrece programas de pregrado en minería y/o metalurgia, lo que refleja una amplia cobertura en formación inicial.

Un 52% cuenta con programas de diplomado o postítulo, y el mismo porcentaje ofrece postgrados, evidenciando una menor pero significativa presencia en formación avanzada.

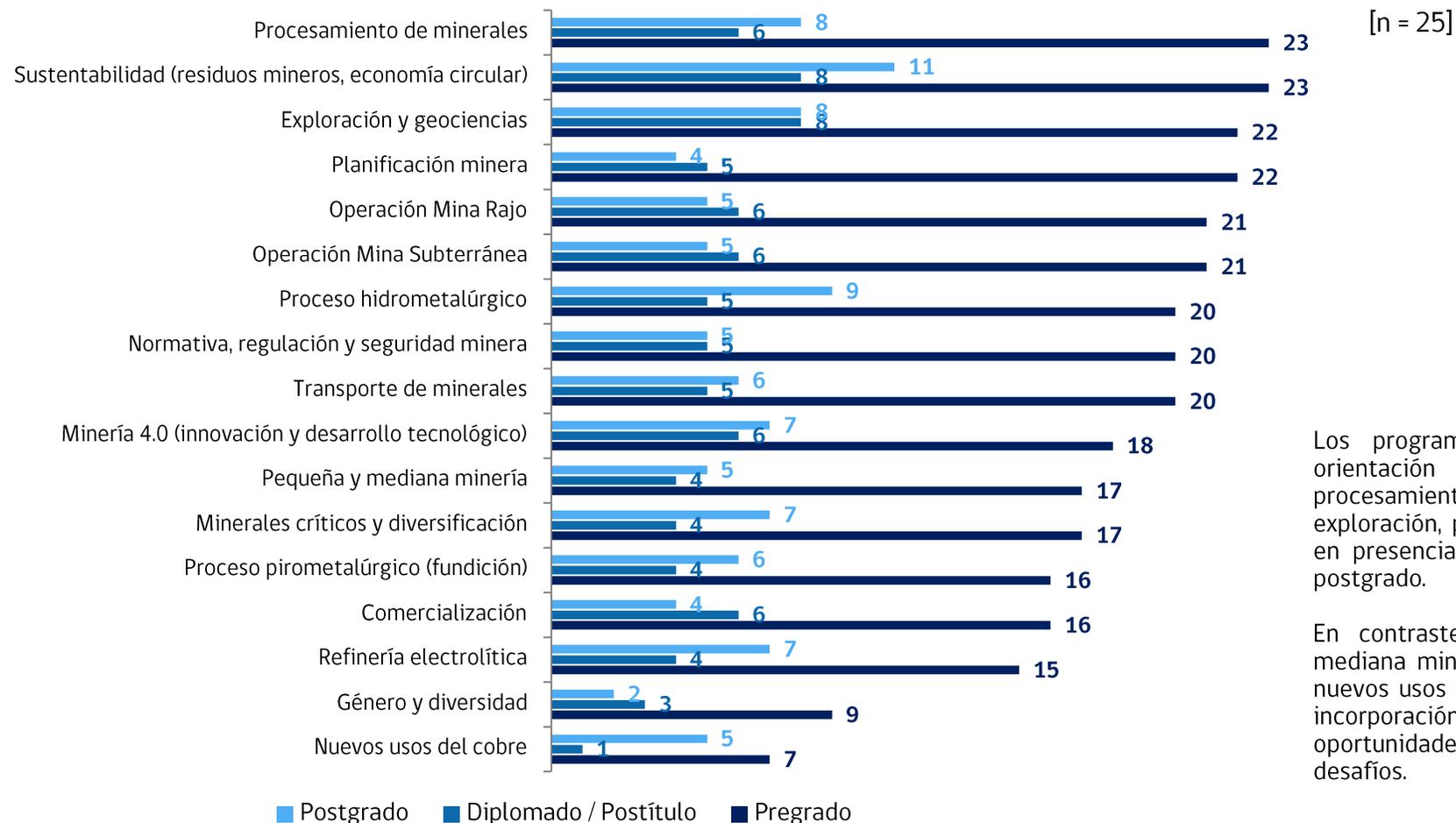
El 36% de las instituciones abarca los tres niveles de formación, lo que muestra oportunidades para fortalecer la oferta integral en esta área estratégica para el país.

DISTRIBUCIÓN DE OFERTA ACADÉMICA



Por nivel de formación en Áreas de Minería y Metalurgia

¿Cuáles son las temáticas principales que abordan sus programas académicos en minería y/o metalurgia?
(Nº universidades por programa)



Los programas académicos muestran una fuerte orientación hacia temáticas técnicas clave como procesamiento de minerales, sustentabilidad, exploración, planeación y operación, las cuales lideran en presencia en los niveles de pregrado, postítulo y postgrado.

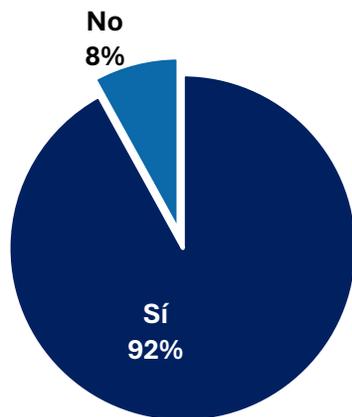
En contraste, áreas emergentes como pequeña y mediana minería, minería 4.0, género y diversidad, y nuevos usos del cobre aún tienen espacio para mayor incorporación en la oferta formativa, lo que revela oportunidades para alinear la educación minera con sus desafíos.

FUERTE COMPROMISO UNIVERSITARIO CON LA I+D+i MINERA



Sustentabilidad y tecnología en el centro

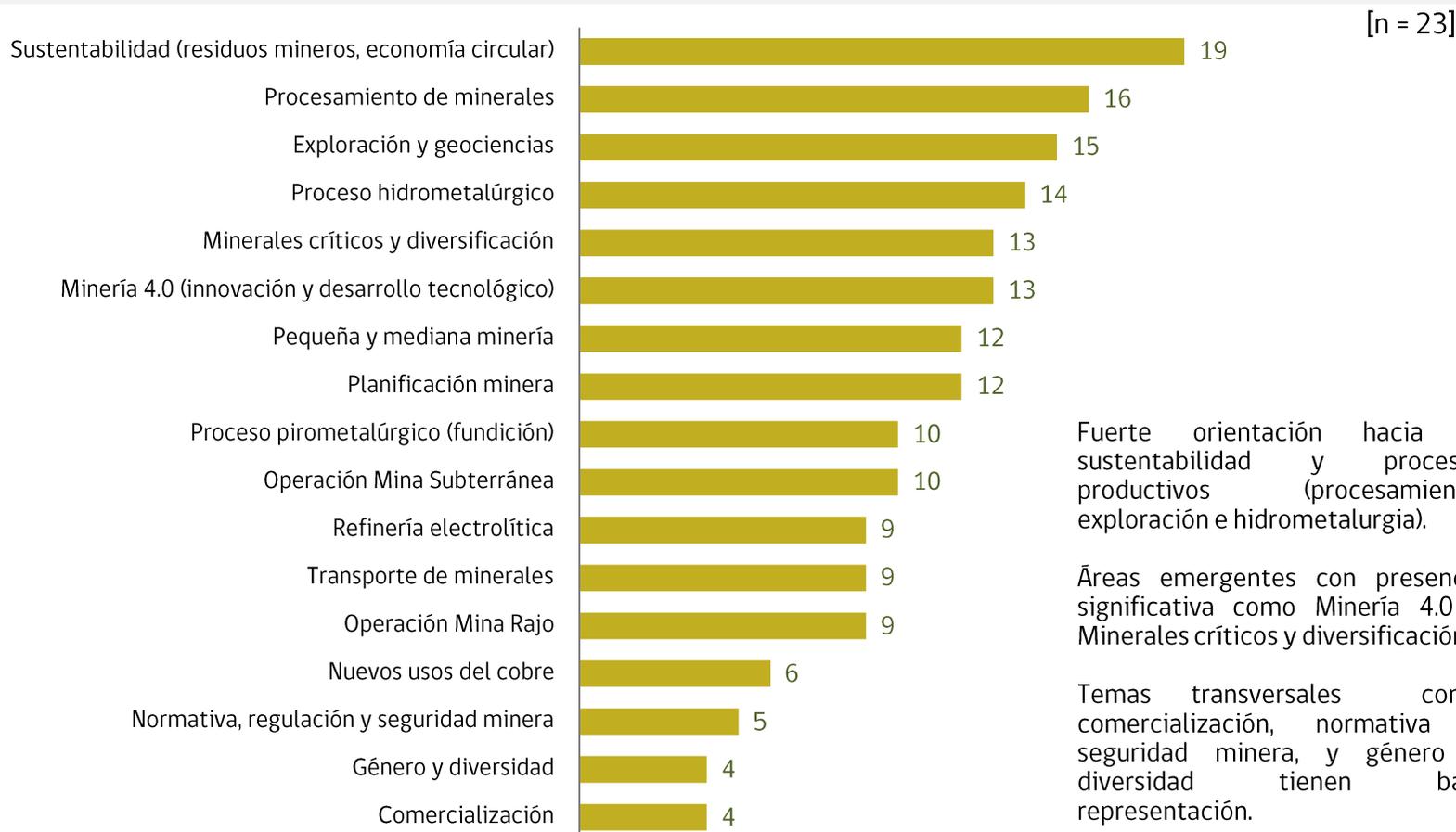
¿Su institución realiza actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en áreas directamente relacionadas con minería y/o metalurgia? (%)



La I+D+i minera está presente en la mayoría de las universidades consultadas.

Nota: Se entiende por áreas directamente relacionadas aquellas que contribuyen al conocimiento, mejora o desarrollo de procesos, tecnologías, gestión o impactos asociados a la actividad minera y/o metalúrgica.

¿En qué áreas específicas de minería y/o metalurgia desarrollan I+D+i? (Nº universidades)



Fuerte orientación hacia la sustentabilidad y procesos productivos (procesamiento, exploración e hidrometalurgia).

Áreas emergentes con presencia significativa como Minería 4.0 y Minerales críticos y diversificación

Temas transversales como comercialización, normativa y seguridad minera, y género y diversidad tienen baja representación.

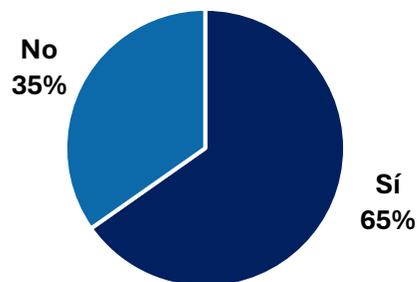
FINANCIAMIENTO



La I+D+i minera se apoya en múltiples fuentes y tipos de fondos

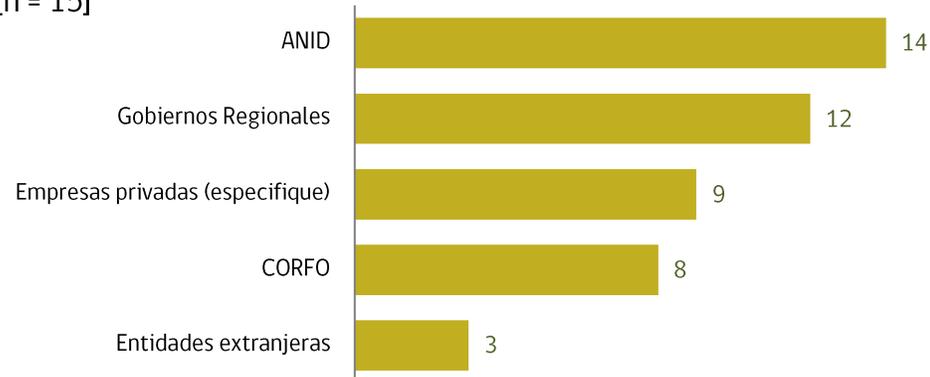
Desde el 2023: ¿han recibido financiamiento para proyectos de I+D+i en minería y/o metalurgia? (%)

[n = 23]



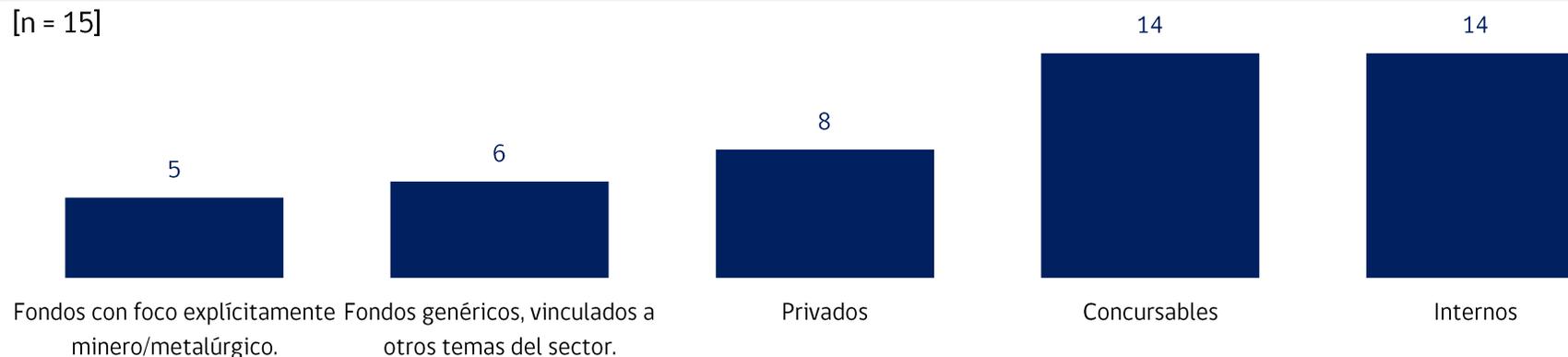
¿Cuáles han sido las principales fuentes de financiamiento?

[n = 15]



¿Qué tipo de fondos han obtenido? (Nº universidades)

[n = 15]



65% de las universidades han recibido financiamiento. La mayoría accedió a fondos concursables e internos, mientras que los fondos específicos para minería fueron menos frecuentes.

A pesar de la importancia estratégica de la minería en Chile, existen pocos fondos específicos —tanto públicos como privados— destinados exclusivamente al desarrollo de tecnología aplicada al sector. Como resultado, los proyectos mineros deben competir por financiamiento con iniciativas de otras disciplinas.

Existe espacio para fortalecer el financiamiento de parte de empresas privadas.

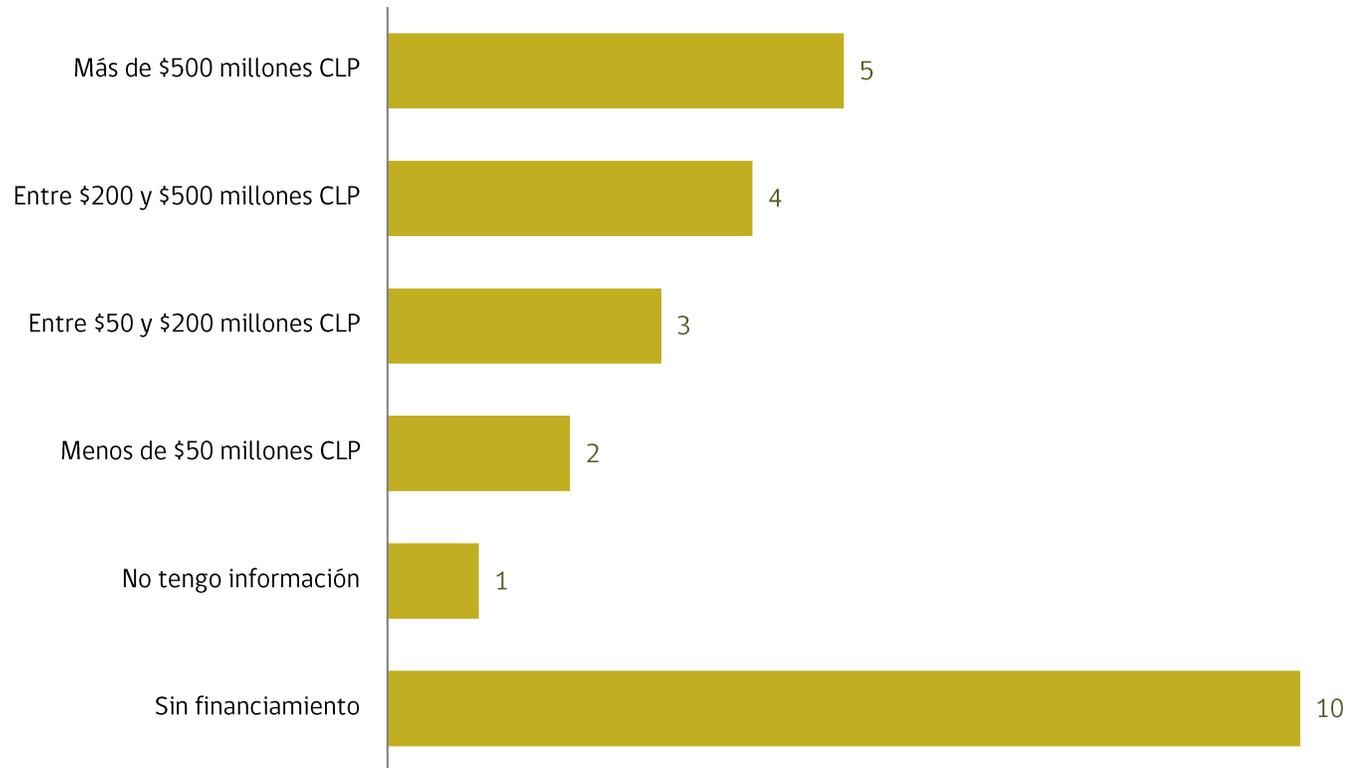
BRECHAS DE FINANCIAMIENTO EN I+D+i MINERA



Alta concentración y acceso limitado

Durante el año 2024, ¿cuál fue el monto total de financiamiento obtenido para proyectos de I+D+i en minería y/o metalurgia en su institución? (Nº universidades)

[n = 25]



10 de 25 universidades declararon no haber recibido ningún financiamiento para proyectos de I+D+i en minería o metalurgia en 2024. Evidenciando una brecha en acceso a recursos para investigación en este ámbito.

Financiamiento mayor a \$500 millones concentrado en pocas instituciones.

DESAFÍOS EN FINANCIAMIENTO



Acceso y gestión de financiamiento en I+D+i en minería

¿Cuáles son los principales desafíos que enfrentan para acceder o gestionar financiamiento en I+D+i en temas minero-metalúrgico? (Nº universidades)

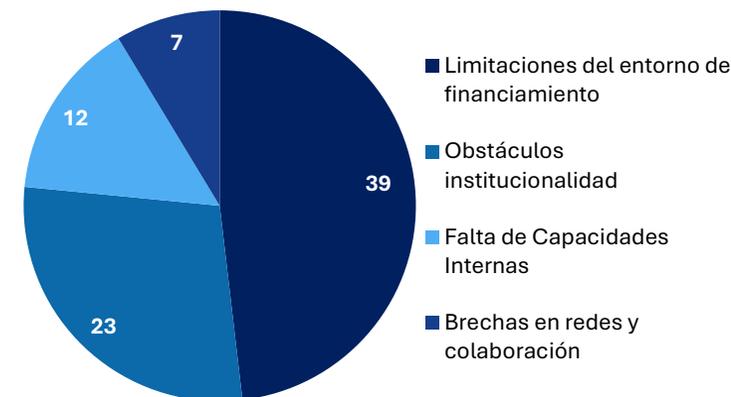
[n = 15]



12 de 15 universidades que accedieron a fondos mencionan la burocracia y la dificultad de postulación como principales barreras.

Existe consenso en torno a la escasez de fondos y la baja inversión privada en I+D+i mineros.

Agrupado por categoría



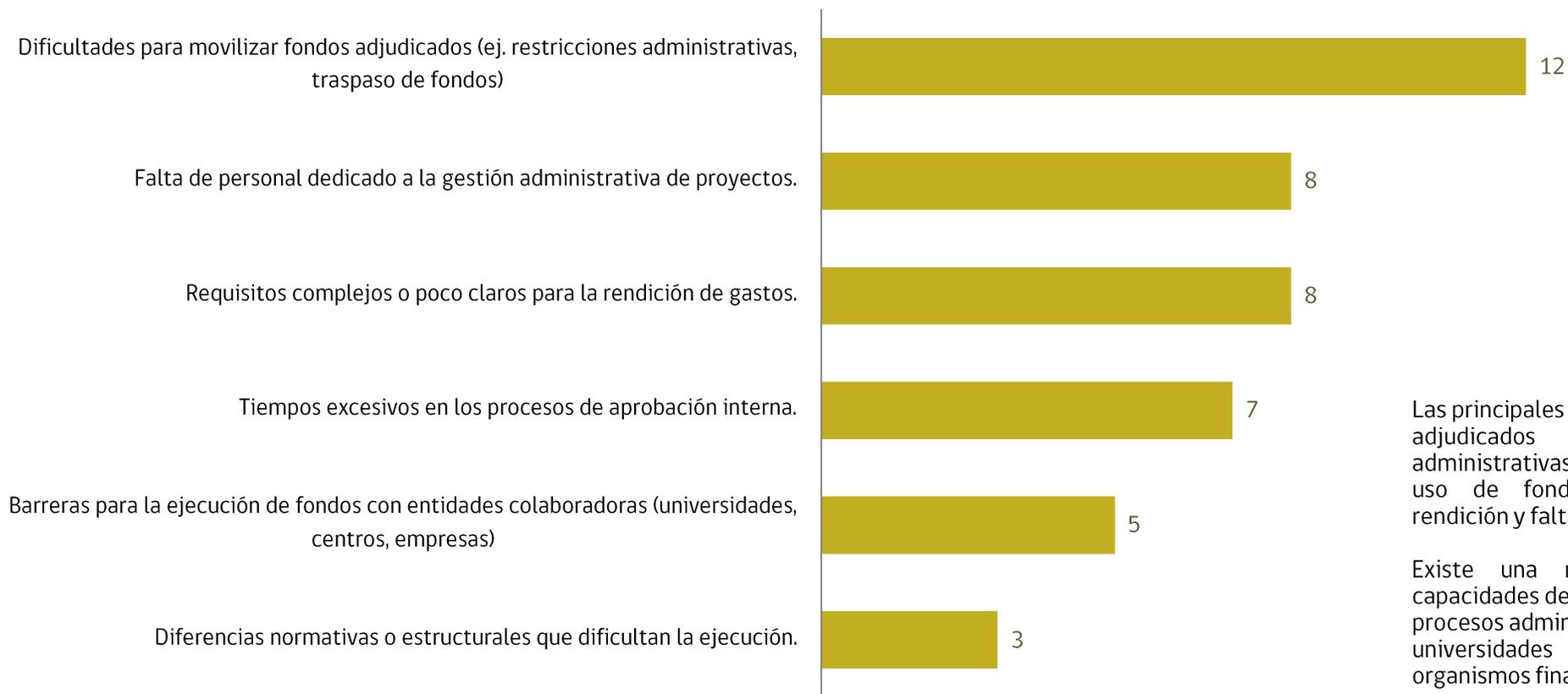
EJECUCIÓN DE PROYECTOS



Fortalecer la gestión administrativa para una ejecución eficaz de proyectos

¿Cuáles son las principales dificultades que han tenido en la ejecución de proyectos adjudicados? (Nº universidades)

[n = 15]



Las principales barreras para ejecutar proyectos adjudicados no son técnicas, sino administrativas, destacando restricciones en el uso de fondos, requisitos complejos de rendición y falta de apoyo en gestión interna.

Existe una necesidad de fortalecer las capacidades de las instituciones y simplificar los procesos administrativos, tanto al interior de las universidades como en la relación con los organismos financiadores.

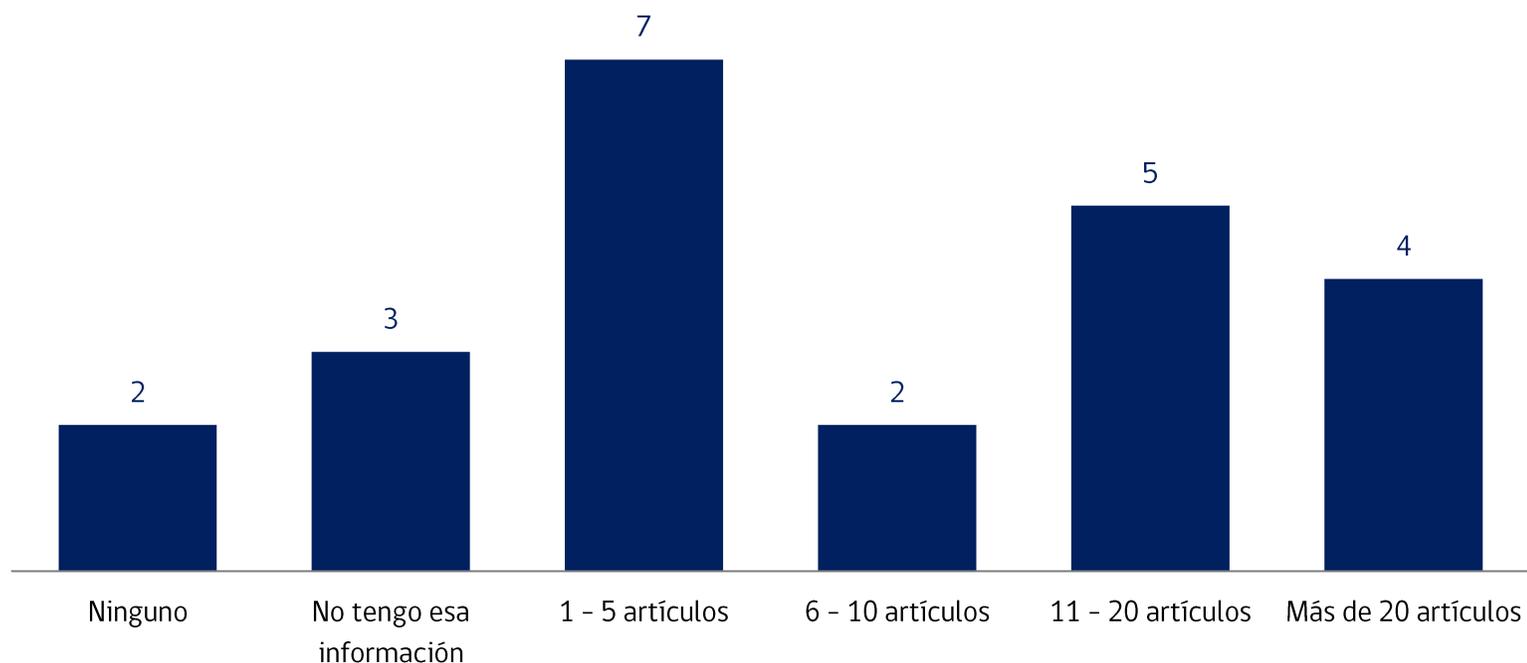
PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN MINERÍA



Resultados desiguales, desafíos comunes

En el año 2024: ¿cuántos artículos científicos en revistas indexadas han publicado los académicos de su institución en temas vinculados a minería y/o metalurgia?
(Nº universidades)

[n = 23]



Existe una alta heterogeneidad en el nivel de publicaciones, lo que podría reflejar diferencias en capacidades de I+D, prioridades institucionales o disponibilidad de recursos.

Tres instituciones no cuentan con información sobre sus publicaciones y dos declararon no haber publicado ningún artículo, lo que indica brechas en gestión del conocimiento y en medición de resultados de investigación.

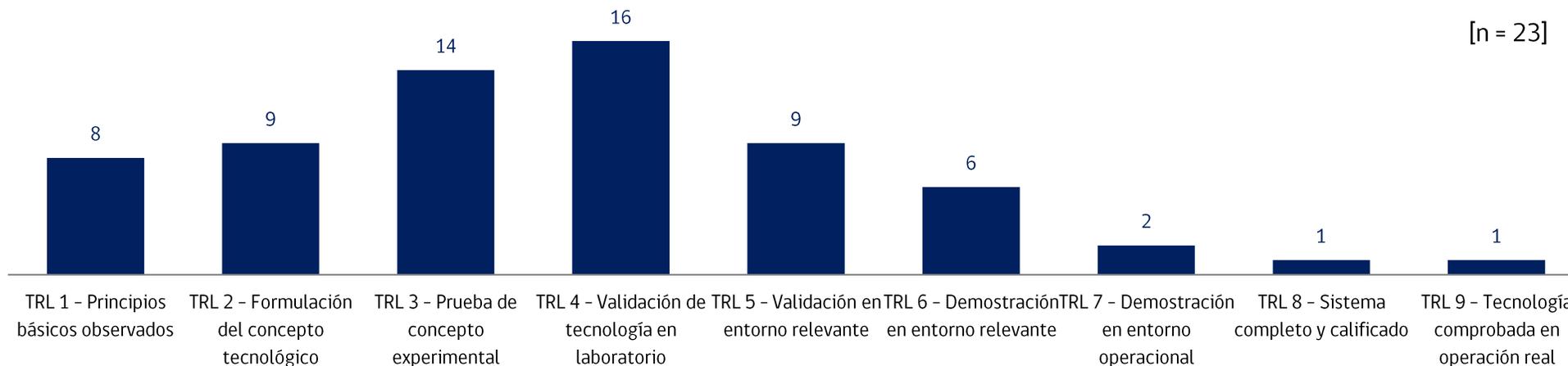
MADUREZ TECNOLÓGICA V/S PROTECCIÓN INTELECTUAL



Cerrar la brecha para una minería más innovadora

¿En qué nivel de madurez tecnológica (TRL) se encuentran los desarrollos tecnológicos o innovaciones generadas por su institución en el ámbito de la minería y/o metalurgia? (Nº universidades)

La mayoría de los desarrollos tecnológicos declarados por las instituciones se concentra en etapas tempranas a intermedias del ciclo de innovación (a nivel de laboratorio).

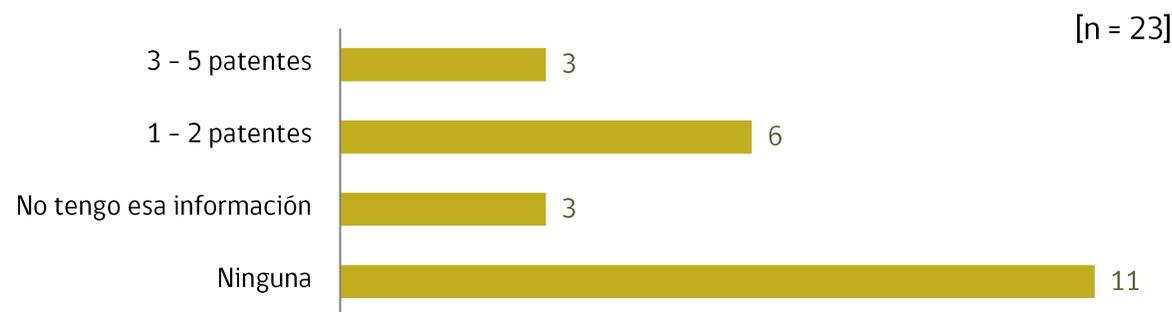


La generación de propiedad intelectual en minería se concentra en pocas instituciones, lo que evidencia una oportunidad para fortalecer los mecanismos de transferencia tecnológica y protección de innovaciones.

A pesar de que la mayoría de los desarrollos tecnológicos se encuentran en TRL 3-4, la generación de patentes es baja.

Predomina la ausencia de propiedad intelectual registrada. Esto evidencia una brecha entre el desarrollo y la protección de innovación, lo que limita la transferencia efectiva de tecnologías al sector productivo.

¿Cuántas patentes de invención relacionadas con minería y metalurgia ha registrado su institución en el año 2024? (Nº universidades)



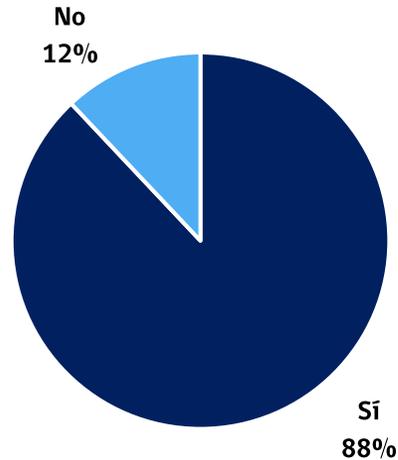
CAPACIDADES INSTALADAS PARA I+D+i



Una oportunidad para mayor articulación y pilotaje

¿Su institución cuenta con infraestructura física disponible para actividades de I+D+i en minería y/o metalurgia? (%)

[n = 25]



Existe una buena base instalada para realizar actividades de I+D+i, lo que representa una oportunidad para fortalecer el uso, articulación y aprovechamiento compartido de dicha infraestructura en proyectos de mayor alcance.

¿Qué tipo de infraestructura posee su institución para actividades de I+D+i en minería y/o metalurgia? (Nº universidades)



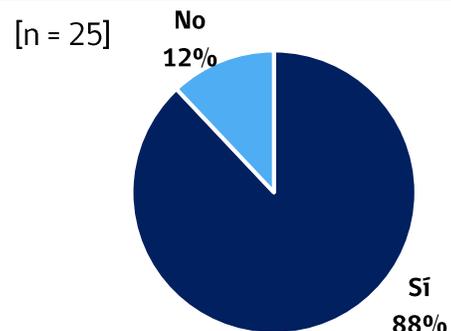
Las capacidades están más desarrolladas en el ámbito analítico y de laboratorio, mientras que la infraestructura en terreno y a escala industrial es limitada. Esto sugiere la necesidad de fortalecer espacios de validación tecnológica y pilotaje, clave para escalar la innovación.

CAPACIDADES INSTALADAS PARA I+D+i



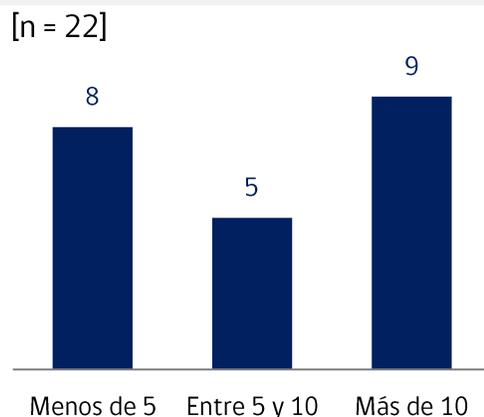
Oportunidad de consolidar equipos especializados

¿Cuentan con personal especializado para actividades de I+D+i en minería y/o metalurgia? (%)



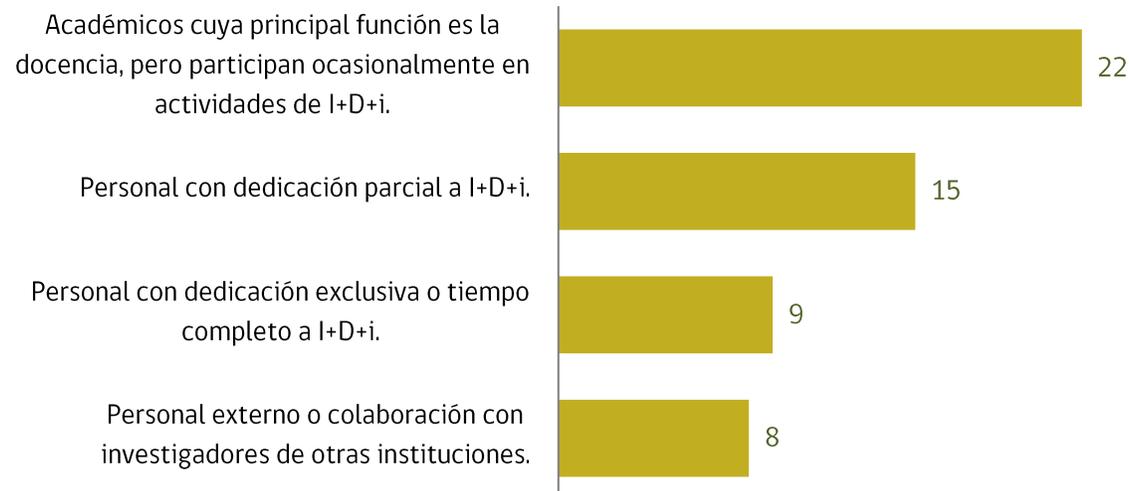
Existe una buena capacidad técnica instalada a nivel de capital humano, lo que constituye una base sólida para impulsar iniciativas de innovación.

¿Cuántos investigadores especializados en minería y metalurgia trabajan en su institución? (Nº universidades)



Aunque existe un grupo relevante de instituciones con equipos consolidados (más de 10 investigadores), la mitad de las instituciones cuenta con plantillas reducidas, lo que puede limitar su capacidad para abordar proyectos complejos o de mayor escala. Fortalecer estos equipos es clave para avanzar en I+D+i.

¿Cuál es la principal forma de dedicación del personal especializado en I+D+i en minería y/o metalurgia? (Nº universidades)



La mayoría de las instituciones cuenta con personal que participa ocasionalmente en I+D+i, siendo principalmente académicos enfocados en docencia.

Aunque existe disponibilidad de personal, la dedicación exclusiva a I+D+i es limitada, lo que puede afectar la continuidad y profundidad de los desarrollos. Se requiere crear políticas/condiciones para fortalecer equipos con mayor foco y tiempo completo en investigación aplicada e innovación.

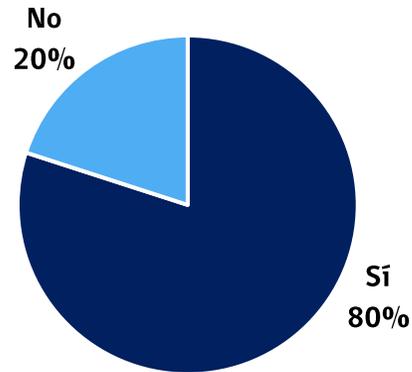
CONVENIOS DE I+D+i



Enfoque local, oportunidad internacional

¿Su institución cuenta con convenios con otras entidades para el desarrollo de actividades de I+D+i en minería y/o metalurgia? (%)

[n = 22]

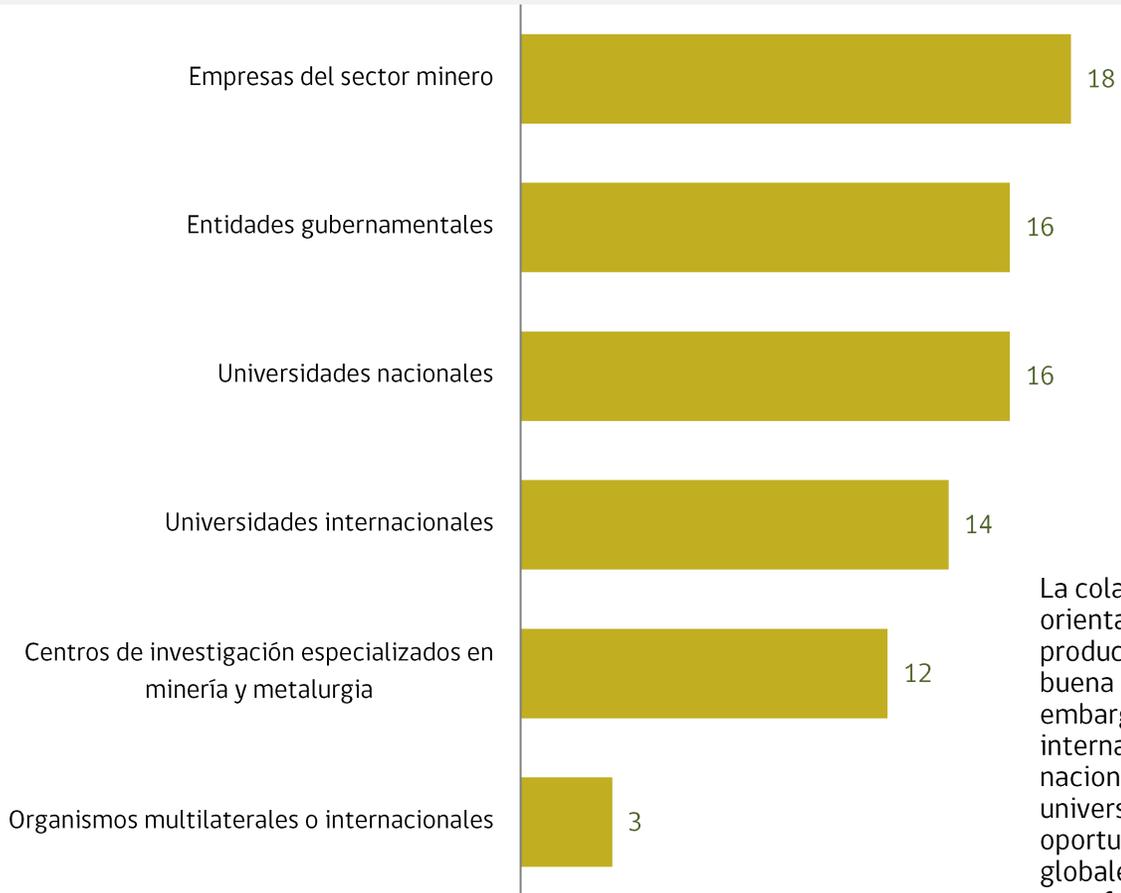


El 80% de las instituciones cuenta con convenios de I+D+i.

Existe una alta disposición a la colaboración institucional, lo que representa una base sólida para potenciar redes de innovación, desarrollo conjunto de tecnologías y transferencia de conocimiento.

¿Con qué tipo de entidades mantienen convenios de colaboración? (Nº universidades)

[n = 22]



La colaboración está fuertemente orientada al ámbito nacional y productivo, lo que refleja una buena articulación local. Sin embargo, la baja vinculación internacional con organismos nacionales y multilaterales (no universidades), representa una oportunidad para fortalecer redes globales de innovación y transferencia tecnológica.

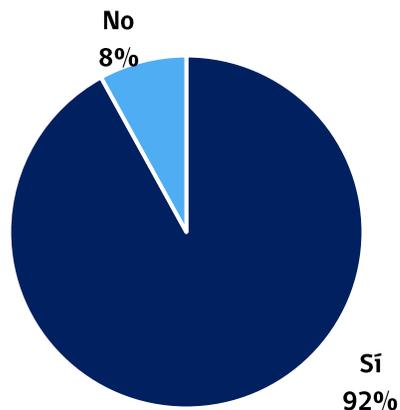
VINCULACIÓN ACADEMIA-INDUSTRIA



Foco en formación y proyectos conjuntos

¿Su institución se vincula con empresas del sector minero-metalúrgico? (%)

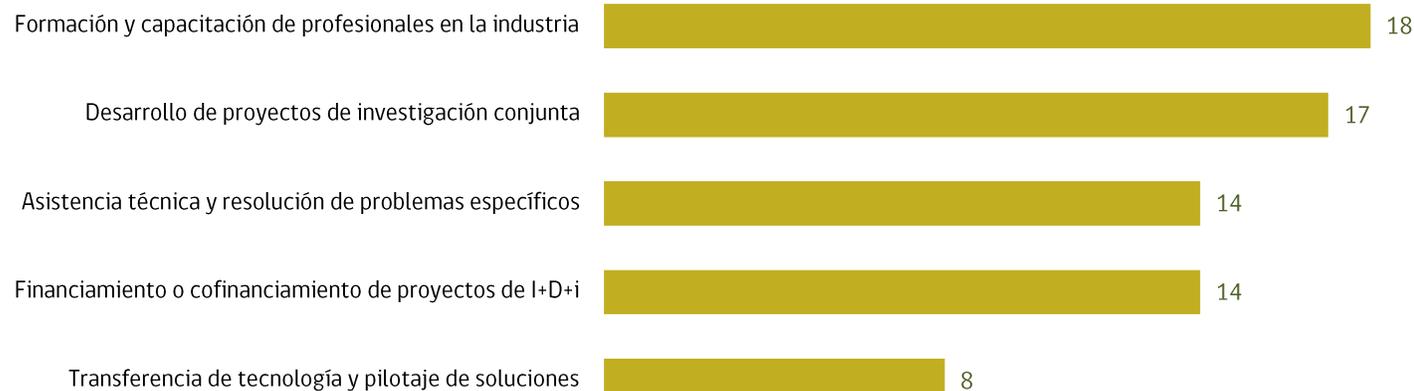
[n = 25]



22 de 25 instituciones encuestadas declara mantener vínculos con empresas del sector minero-metalúrgico, lo que evidencia una conexión significativa entre el ámbito académico y la industria.

¿A través de qué mecanismos se produce esta vinculación con empresas del sector minero-metalúrgico? (Nº universidades)

[n = 23]



Las universidades están fuertemente vinculadas al sector a través de la formación de profesionales y el desarrollo de proyectos conjuntos, lo que muestra una orientación hacia la aplicación práctica del conocimiento.

Se evidencia una brecha en la llegada de soluciones académicas al entorno productivo.

El financiamiento compartido aparece como un mecanismo clave, lo que refuerza la importancia de mantener instrumentos públicos que promuevan proyectos colaborativos. Existe un espacio para fortalecer servicios de asistencia técnica desde la academia hacia la industria.

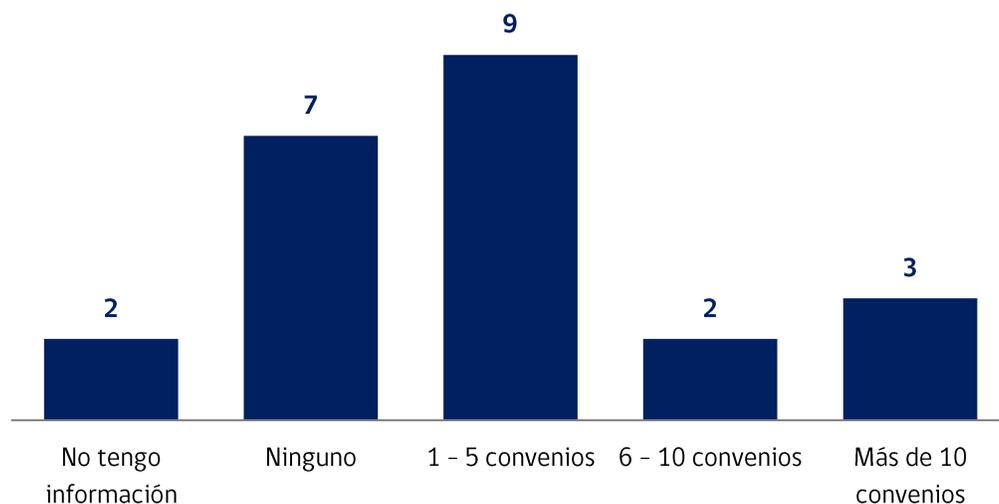
VINCULACIÓN ACADEMIA-INDUSTRIA



Oportunidad de profundización en convenios de mayor impacto

Durante el año 2024, ¿cuántos convenios activos tuvo su institución con empresas mineras o centros de investigación para I+D+i? (Nº universidades)

Importante número de instituciones sin convenios. La mayoría de los convenios se concentra en el rango de 1 a 5 acuerdos, lo que sugiere relaciones puntuales y acotadas con el sector productivo. Solo 5 instituciones reportan una vinculación más intensa, con 6 o más convenios.



¿Cómo calificaría, en general, la envergadura o relevancia de los convenios activos de su institución con la industria minera o centros de investigación durante 2024? (Nº universidades)

[n = 23]



Existe una base de colaboración activa entre universidades e industria, con oportunidades de expansión y profundización en el caso de convenios de mediana y alta envergadura. La presencia de convenios mixtos sugiere flexibilidad y capacidad de adaptación institucional a distintos tipos de aliados y proyectos.

VINCULACIÓN CON LA INDUSTRIA MINERA Y PROVEEDORES



Oportunidad de profundización en convenios de mayor impacto

Nombre algunas empresas mineras o proveedoras con las que han colaborado. (Menciones)



Grandes Mineras

AMSA
Teck
Codelco
BHP
Glencore
SQM
Anglo American
Collahuasi
Caserones
Candelaria



Pequeña y mediana minería

ENAMI
Pucobre
Tambillos
Minera Paicaví
Carola Coemin
Minera Valle Central
San Marino
Pequeños mineros
regionales
Cía. Cerro Negro
Gold Fields



Proveedores Tecnológicos

Epiroc
Metso
Geoblast
Molycop
Elecmetal
Helix BioS
CNP
AZA



Entidades Académicas/ otras

Proyecto Amira
Compromiso Minero
Cámara Minera
Corminco

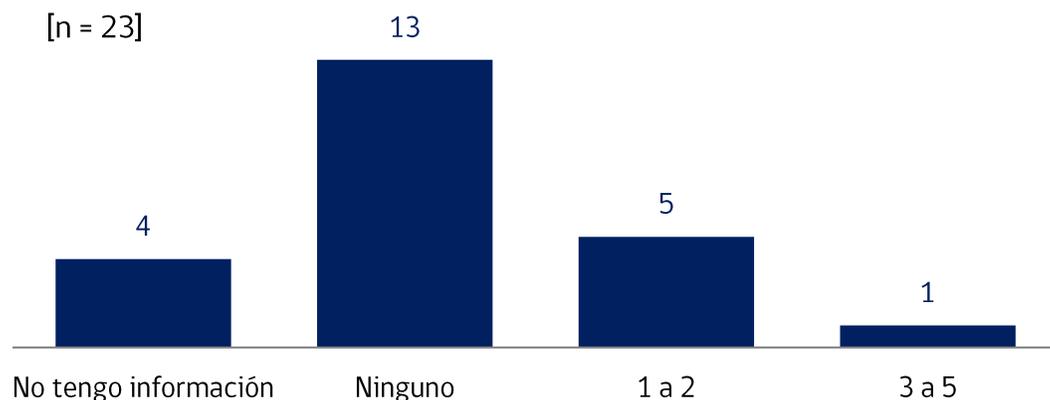
Nota: El listado presentado corresponde solo a las respuestas entregadas por las universidades encuestadas. No constituye un registro exhaustivo de las colaboraciones existentes, por lo que debe entenderse como una muestra parcial de las empresas mineras y proveedoras con las que se ha trabajado.

VINCULACIÓN ACADEMIA-INDUSTRIA



Déficit en implementación tecnológica

¿Cuántos desarrollos tecnológicos en minería y/o metalurgia realizados por su institución han sido implementados por la industria en el año 2024? (por ejemplo, aplicaciones, modelos, algoritmos, softwares, códigos, etc.)
(Nº universidades)



Se evidencia una débil transferencia tecnológica desde la academia hacia la industria minera, lo que podría evidenciar una desconexión entre la generación de conocimiento y su aplicación práctica.

Los resultados indican la necesidad de fortalecer los mecanismos de vinculación entre universidades y empresas, incluyendo incentivos específicos para la transferencia tecnológica, programas de acompañamiento en la maduración de tecnologías (TRLs), y el fomento de asociaciones público-privadas.

¿Qué tipo de servicios de consultoría o asesoría ofrece a empresas del sector minero-metalúrgico? (Nº universidades)

La mayoría de las instituciones universitarias sí ofrece servicios de consultoría al sector minero-metalúrgico. Existe la oportunidad de fomentar un ecosistema más articulado entre la academia y la industria, promoviendo plataformas de intermediación tecnológica, financiamiento para servicios de I+D orientados a desafíos productivos, y mecanismos de escalamiento de soluciones desarrolladas por universidades.



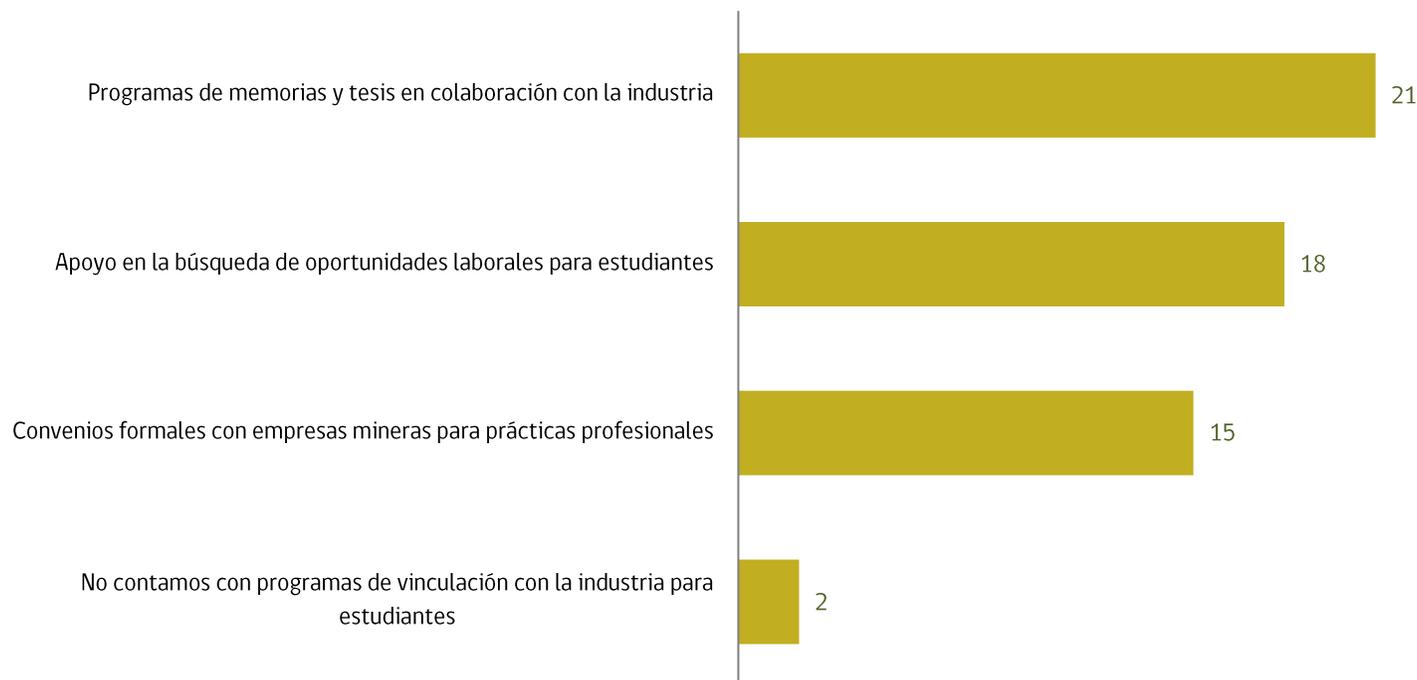
VINCULACIÓN ACADEMIA-INDUSTRIA



Alta vinculación facilita la inserción laboral temprana en minería

¿Cómo participa su institución en la inserción de estudiantes en empresas mineras? (Nº universidades)

[n = 23]



Alto nivel de vinculación entre las instituciones académicas y la industria minera en relación con la inserción de estudiantes.

Existe una base favorable para fortalecer la formación dual y la empleabilidad temprana en minería.

Oportunidad de apoyarse en esta infraestructura para fomentar programas de formación más alineados con las necesidades de la industria, impulsar estándares comunes para prácticas y tesis colaborativas, y promover instrumentos de financiamiento o incentivos para escalar estas iniciativas. La alta participación en memorias y prácticas sugiere que políticas que fortalezcan la calidad de estos vínculos pueden tener impactos significativos en la transición laboral de los estudiantes.

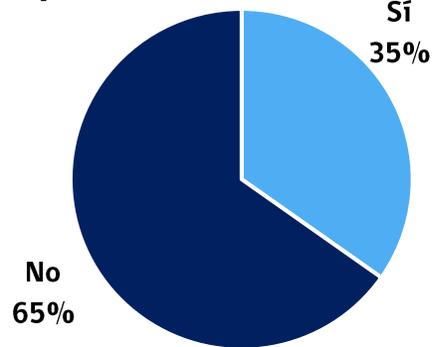
ECOSISTEMA DE INNOVACIÓN MINERA EN DESARROLLO



Oportunidades para escalar spin-offs

¿Han generado spin-offs en minería y/o metalurgia? (%)

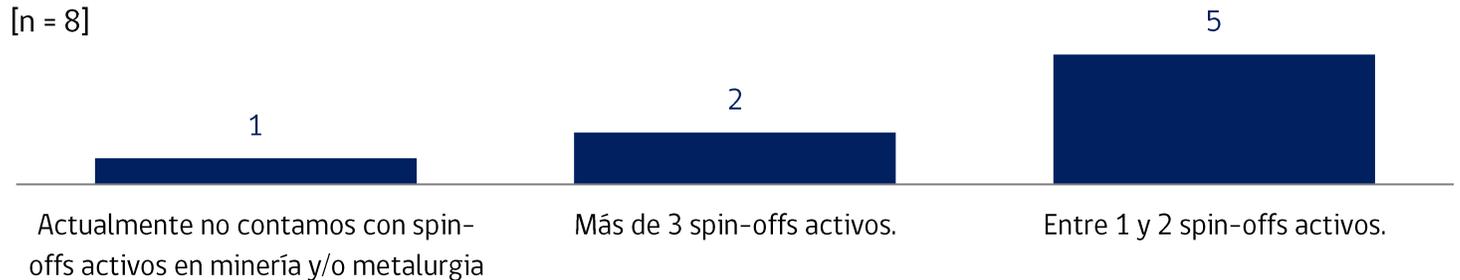
[n = 23]



Existe una base inicial de emprendimientos tecnológicos en el ámbito universitario con potencial para crecer, lo que abre oportunidades para fortalecer y ampliar la creación de spin-offs que conecten la investigación académica con las necesidades del sector productivo, impulsando así un ecosistema de innovación minera más dinámico y articulado.

¿Han generado spin-offs en minería y/o metalurgia? (%)

[n = 8]



¿En qué áreas están enfocados los emprendimientos mineros?



Procesamiento de minerales

- Procesamiento
- Relaves
- Producción de cátodos sin residuos ni emisiones



Digitalización y automatización

- Minería 4.0
- Instrumentación y control
- Digitalización de procesos metalúrgicos
- Medición de propiedades reológicas



Sostenibilidad e Innovación

- Ahorro de agua
- Economía Circular
- Recuperación de pasivos mineros
- Innovación tecnológica



Otros

- Energía
- Minería Subterránea

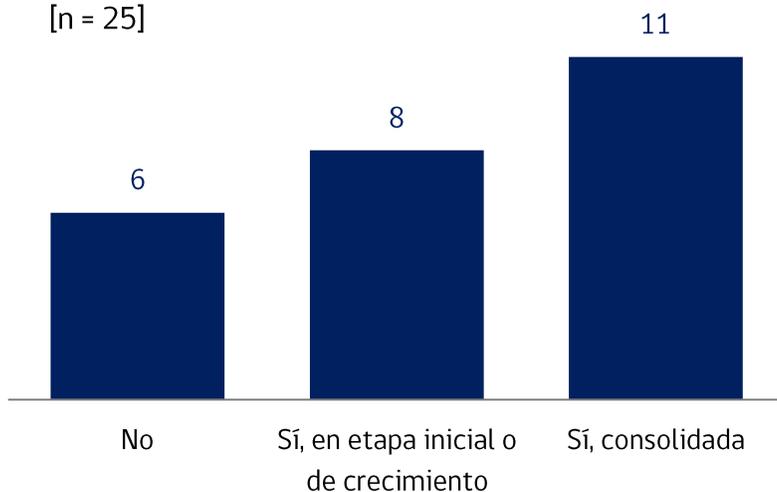
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA



Avances en capacidades institucionales, pero con desafíos pendientes

¿Cuenta con una Oficina de Transferencia y Licenciamiento (OTL) que apoye iniciativas en minería y/o metalurgia? (Nº universidades)

[n = 25]



Avance significativo en el fortalecimiento de capacidades institucionales para gestionar la transferencia de conocimiento y tecnología desde la academia hacia la industria, y ofrece una base concreta sobre la cual construir políticas de innovación sectorial más efectivas.

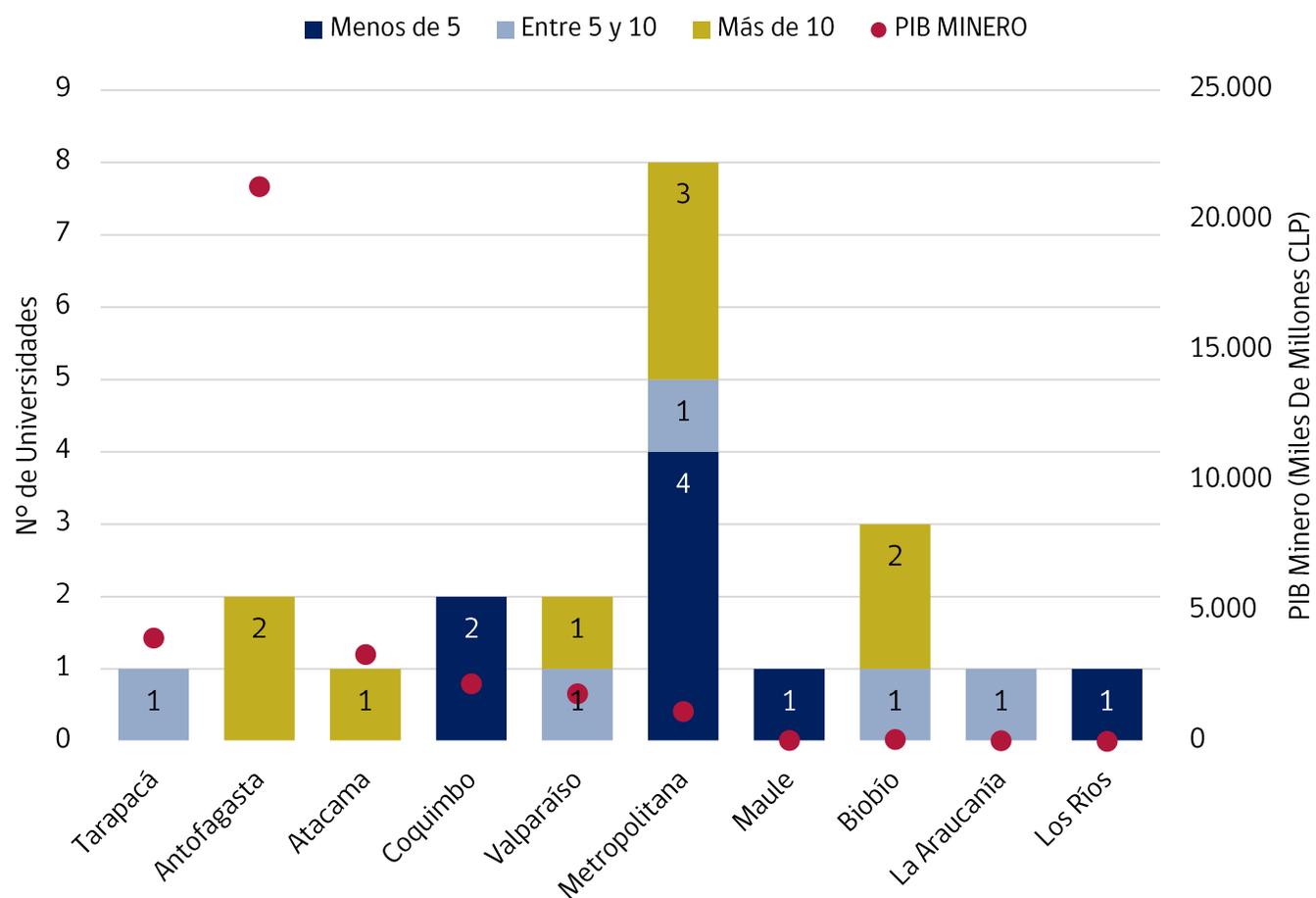
¿Cuál es el estado actual de su política de propiedad intelectual relacionada con I+D+i en minería/metalurgia? (Nº universidades)

Se evidencia un avance relevante, ya que disponer de marcos normativos claros facilita la protección de resultados de investigación, el licenciamiento de tecnologías y la creación de activos intangibles con valor comercial. No obstante, existe un grupo de instituciones que carecen de una política o se encuentran en etapas incipientes, lo cual podría limitar su capacidad de gestionar y transferir conocimiento.



FORTALECIMIENTO DE LAS CAPACIDADES DE I+D EN REGIONES MINERAS

Investigadores especializados en minería y metalurgia versus PIB regional



Desalineación entre Actividad Minera Regional y Capacidades de Investigación: Se observa una desalineación territorial entre la magnitud del PIB minero regional y la dotación de investigadores especializados en minería y metalurgia en las universidades. Mientras regiones con bajo nivel de actividad minera, como la Metropolitana y Biobío, concentran una proporción significativa de instituciones con alto número de investigadores, otras regiones con fuerte presencia minera, como Tarapacá y Atacama, muestran una capacidad investigativa más limitada. Esta asimetría podría limitar el desarrollo de soluciones tecnológicas contextualizadas a los desafíos productivos y ambientales propios de cada territorio.

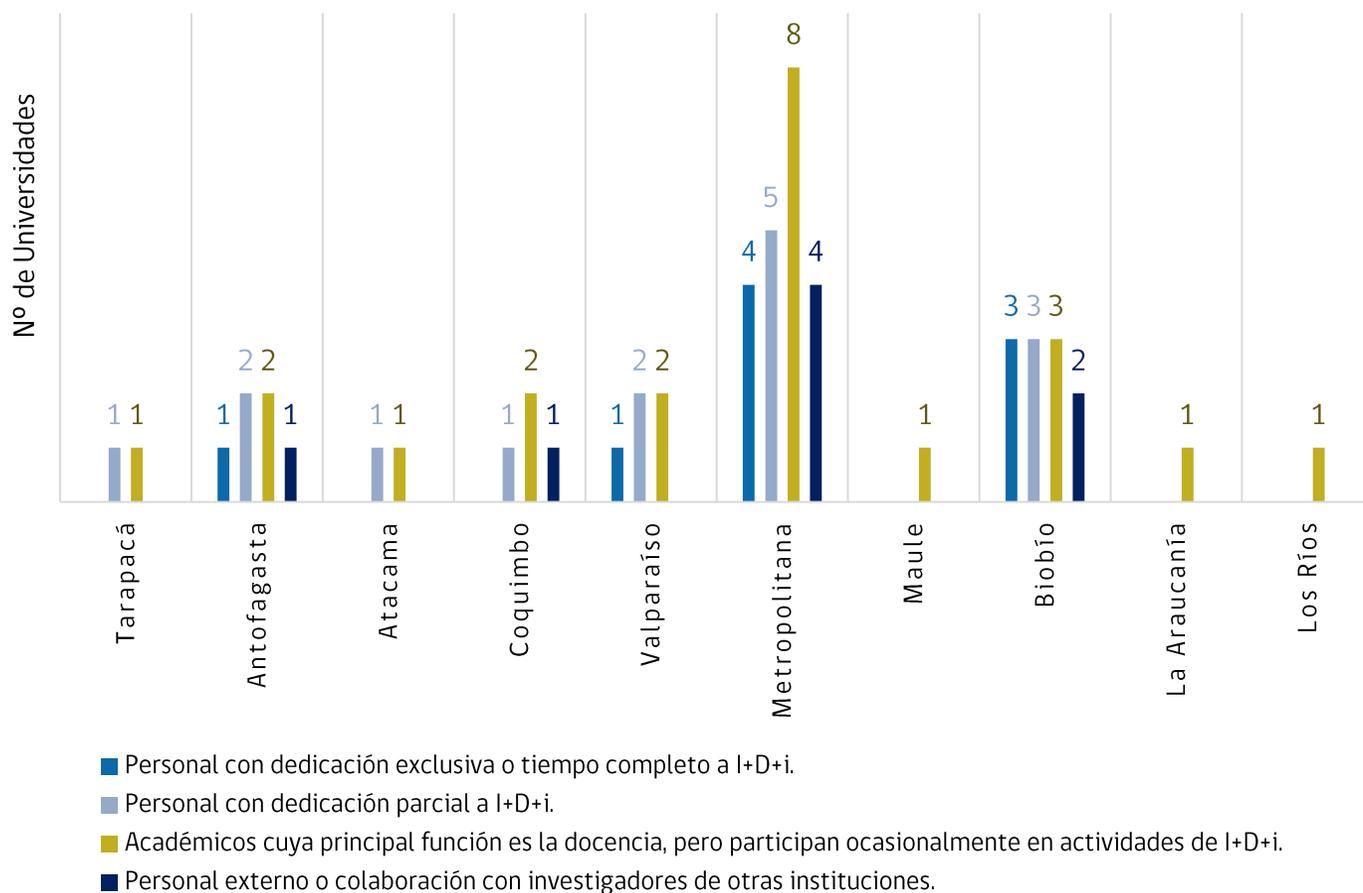
Regiones con Potencial Subutilizado para el Desarrollo de I+D Minera: Las regiones de Tarapacá y Coquimbo presentan oportunidades claras para fortalecer sus capacidades de investigación aplicada en minería. En el caso de Tarapacá, su elevado PIB minero no se refleja en una masa crítica de investigadores, lo que sugiere un potencial desaprovechado para el desarrollo de I+D local. Coquimbo, por su parte, aun con una actividad minera relevante, concentra universidades con escasa dotación especializada.

Necesidad de fortalecer ecosistemas regionales: Esta situación respalda la necesidad seguir trabajando en iniciativas que impulsen políticas que descentralicen la I+D minera hacia las regiones productivas, mediante incentivos para el desarrollo o fortalecimiento de centros de investigación regionales y mecanismos de vinculación efectiva entre universidades y la industria.

BRECHAS REGIONALES EN CAPACIDADES UNIVERSITARIAS PARA I+D+i

Análisis por Tipo de Vinculación

Distribución regional del tipo de personal vinculado a actividades de I+D+i en universidades chilenas



Concentración regional del personal vinculado a I+D+i: La Región Metropolitana concentra el mayor número de universidades que declaran contar con personal vinculado a I+D+i, seguida por Biobío y Antofagasta. Estas regiones combinan una mayor cantidad de instituciones y una mayor diversidad en los tipos de vinculación con la investigación.

Predominio de académicos con participación ocasional: En la mayoría de las regiones, la categoría más reportada corresponde a universidades que declaran contar con académicos cuya función principal es la docencia, pero que participan ocasionalmente en I+D+i, lo que sugiere una vinculación esporádica más que una estructura investigativa consolidada.

Baja presencia de personal con dedicación exclusiva: La dedicación exclusiva a I+D+i es poco frecuente, y se reporta principalmente en universidades ubicadas en regiones con mayor infraestructura universitaria y trayectoria en investigación, como la Metropolitana, Biobío y Antofagasta.

Limitada colaboración con personal externo: Solo cuatro regiones cuentan con universidades que declaran colaboración con investigadores externos o de otras instituciones, lo que podría evidenciar una limitada articulación interinstitucional y baja participación en redes de investigación más amplias.

CONFIGURACIÓN DE CLÚSTERES TEMÁTICOS DE I+D+I POR REGIÓN

Presencia Territorial y Enfoques Especializados [*]

	Clúster Temáticas I+D+i (Nº de Universidades)		
	A	B	C
Región de Tarapacá	1		
Región de Antofagasta	2		
Región de Atacama	1		
Región de Coquimbo			2
Región de Valparaíso	1		1
Región Metropolitana	3	3	2
Región del Libertador General Bernardo O'Higgins			1
Región del Maule			1
Región del Biobío	1		2
Región de La Araucanía			1
Región de Los Ríos			1
Nº Universidades	9	3	11

Para identificar agrupaciones de universidades con perfiles de investigación similares, se aplicó un análisis de clúster jerárquico basado en el índice de Jaccard, que mide la similitud entre instituciones según las áreas de I+D+i en las que declaran participar. Posteriormente se determinaron clústeres temáticos que agrupan universidades con mayor coincidencia en líneas tecnológicas.

El análisis permitió identificar tres agrupaciones temáticas de instituciones universitarias según sus líneas de I+D+i predominantes:

Clúster A "Tecnología Minera Convencional": Instituciones con fuerte presencia en áreas industriales tradicionales. Sus líneas temáticas predominantes incluyen: Operación Mina Rajo y Subterránea, Procesamiento de Minerales, Hidrometalurgia, Refinería Electrolítica, entre otros. Grupo con capacidad técnica consolidada, ideal para procesos de transferencia tecnológica, escalamiento piloto y colaboración directa con la gran minería.

Clúster B "Pequeña y Mediana Minería": Instituciones con foco en áreas como Pequeña y Mediana Minería y también sustentabilidad. Aunque es un grupo reducido, ofrece un alto potencial para articulación territorial, fortalecimiento de capacidades y desarrollo de estrategias que integren actores de menor escala.

Clúster C "Minería del Futuro e Innovación": Instituciones con fuerte alineación, entre otros, en Exploración y Geociencias, Minería 4.0, Procesamiento de Minerales, Diversificación Minera. Presenta un perfil avanzado y es ideal para liderar iniciativas en transformación digital, automatización, sustentabilidad e innovación minera.

[*] Análisis exploratorio y clasificación referencial, donde no se identifican universidades por clúster, ya que la asignación podría estar sujeta a limitaciones metodológicas.

CONCLUSIONES



Fuerte base académica: Todas las universidades encuestadas ofrecen programas de pregrado en minería y metalurgia, y más de la mitad cuenta con postgrados, reflejando una buena cobertura formativa.

Presencia de I+D+i, pero concentrada en etapas tempranas: La mayoría de las instituciones realiza investigación aplicada, aunque los desarrollos tecnológicos están mayormente en niveles de madurez tempranos (TRL 3-4).

Limitada transferencia tecnológica: Pocas iniciativas llegan a implementarse en la industria. La generación de patentes y propiedad intelectual sigue siendo baja.

Brechas en financiamiento: Acceso desigual a recursos, alta burocracia y baja inversión privada en I+D+i limitan el desarrollo y la ejecución de proyectos.

Infraestructura con potencial de expansión: Buenas capacidades en laboratorios, pero escasa infraestructura para validación tecnológica y pilotaje.

Débil dedicación exclusiva a I+D+i: La mayoría del personal académico participa ocasionalmente en investigación, combinándola con docencia.

Vinculación universidad-industria centrada en formación: Alta colaboración en prácticas y tesis, pero convenios de baja envergadura y limitada colaboración tecnológica.

Oportunidad para las políticas públicas: Se requiere fortalecer la articulación universidad-industria, mejorar el acceso a financiamiento, y escalar la innovación en las universidades del país para apoyar la sostenibilidad y competitividad del sector.

Desalineación entre PIB Minero e I+D Regional: Existe una brecha territorial entre el PIB minero regional y la cantidad de investigadores especializados en minería y metalurgia. Regiones como Tarapacá y Atacama, con alta actividad minera, presentan baja capacidad investigativa, mientras que zonas como la Metropolitana concentran mayor masa crítica. Esto refuerza la necesidad de descentralizar capacidades de I+D hacia regiones productivas.

Concentración y Tipología del Personal Vinculado a I+D+i: La Región Metropolitana lidera en número y diversidad de personal vinculado a I+D+i, seguida por Biobío y Antofagasta. Predominan los académicos con participación ocasional en investigación. Hay baja presencia de personal exclusivo para I+D+i y escasa colaboración externa, lo que podría reflejar debilidades en articulación institucional.

Clústeres Temáticos de I+D+i en Universidades Regionales: Se identifican tres clústeres temáticos: minería convencional, pequeña y mediana minería, e innovación y minería del futuro. Cada uno agrupa universidades con perfiles tecnológicos similares. La clasificación es exploratoria y sujeta a limitaciones metodológicas.



Comisión Chilena del Cobre
Dirección de Estudios y Políticas Públicas



Levantamiento de Capacidades Académicas en Áreas de Minería y Metalurgia



@cochilcochile



Comisión Chilena del Cobre



@cochilcochile

DEEP 07/2025

RPI 2025-A-7723