



Instituto de
**Tecnologías
Limpias**

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y CIENCIAS



“Minería Virtuosa para un Desarrollo Sostenible”

Lanzamiento de Desafíos de Innovación Abierta Minería y
Energía Sustentable

Eduardo Bitran
Académico UAI

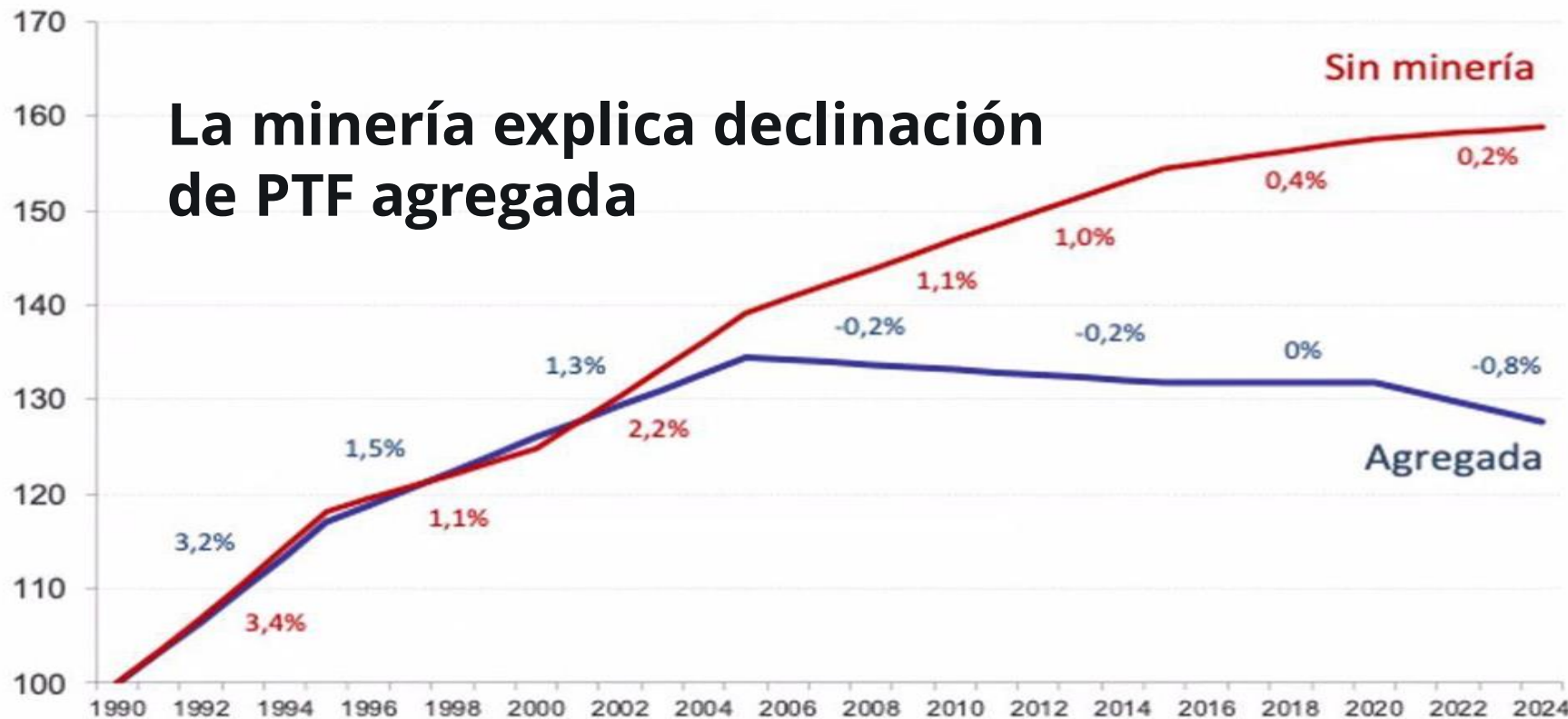
19 de Noviembre 2025

TEMARIO

1. MINERIA CHILENA Y PRODUCTIVIDAD
2. MINERÍA VIRTUOSA Y SOSTENIBLE
3. POLITICAS DE DESARROLLO DE PROVEEDORES:
UN CASO DE INCONSISTENCIA DINÁMICA
4. ENCADENAMIENTOS AGUAS ABAJO: VALOR
AGREGADO
5. CONCLUSIONES

1. MINERIA CHILENA Y PRODUCTIVIDAD

Productividad en Chile (Productividad Total de Factores) (Índice 1990 = 100)



Fuente: Varios Informes Anuales, Comisión Nacional de Evaluación y Productividad.

PTF Minería Chilena: 2005 a 2023 aprox. -7% acumulativo anual

Un 15%-20% de declinación se explicaría por caída de ley de cobre
(Villena Resources Policy (2018))

Ley de Cobre: de 1,4% en los noventa a 0,6% en la actualidad.



Factores que Explicarían Declinación de la Productividad En Minería de Cobre

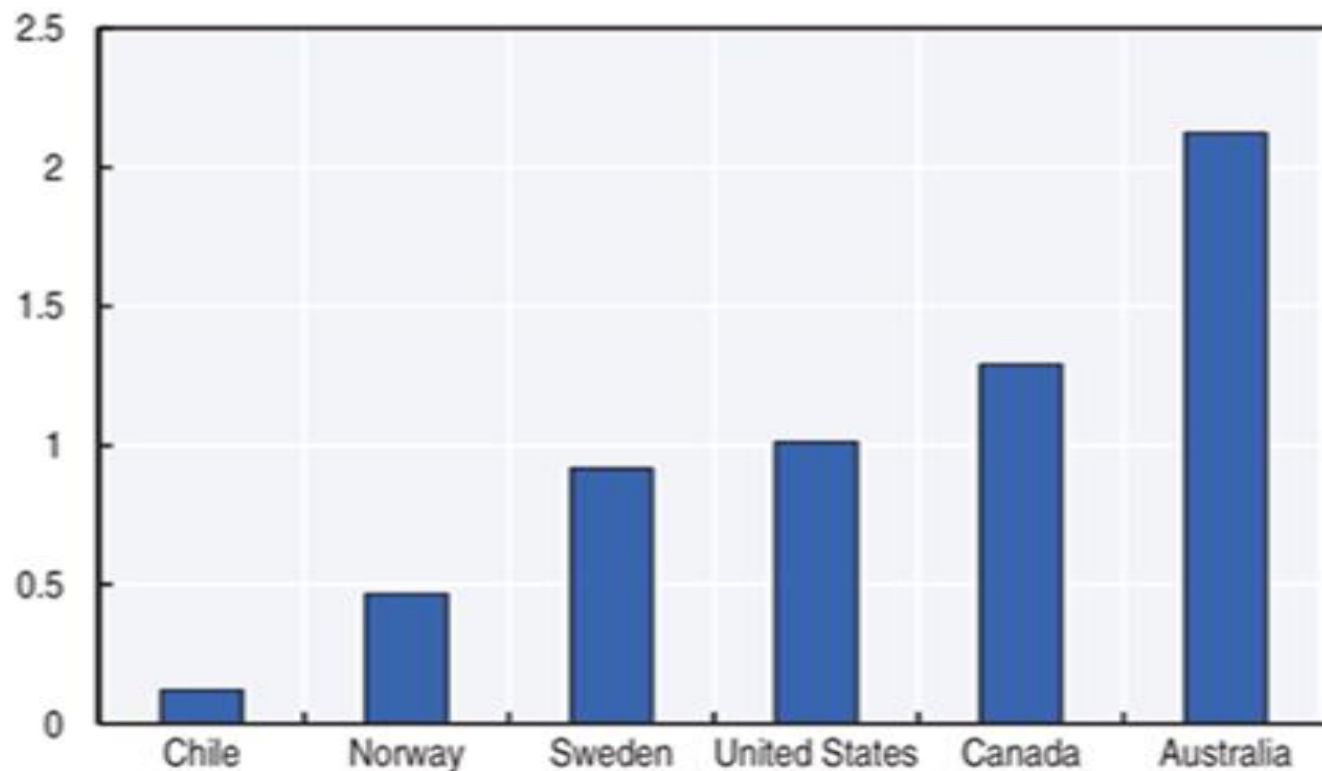


Insuficiente inversión en Exploración (proyectos green field)

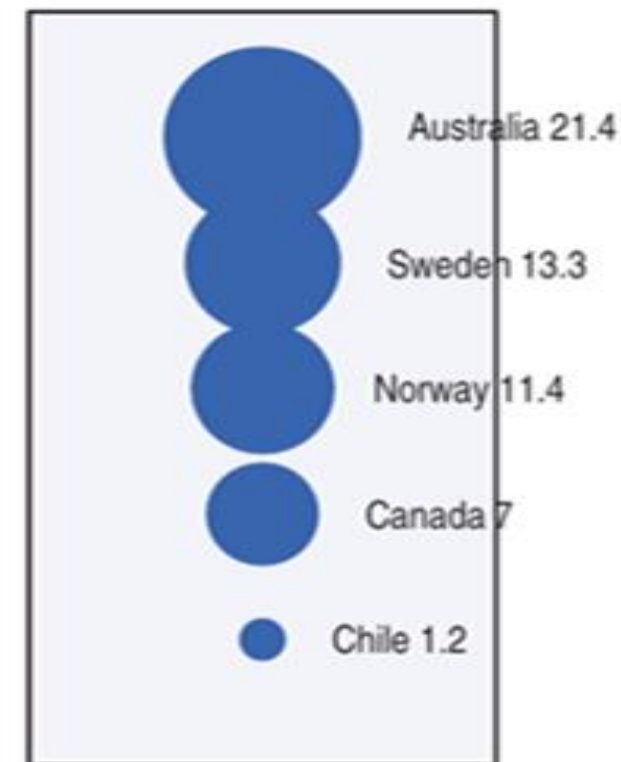
Insuficiente esfuerzo de I&D e Innovación en Minería (Estudio Programas Transforma OECD (2018))

Figure 3.15. Chile lags behind world leading mining countries in innovation

Panel A: R&D intensity in mining, 2015



Panel B: number of R&D personnel per 1 000 employees selected countries, 2014



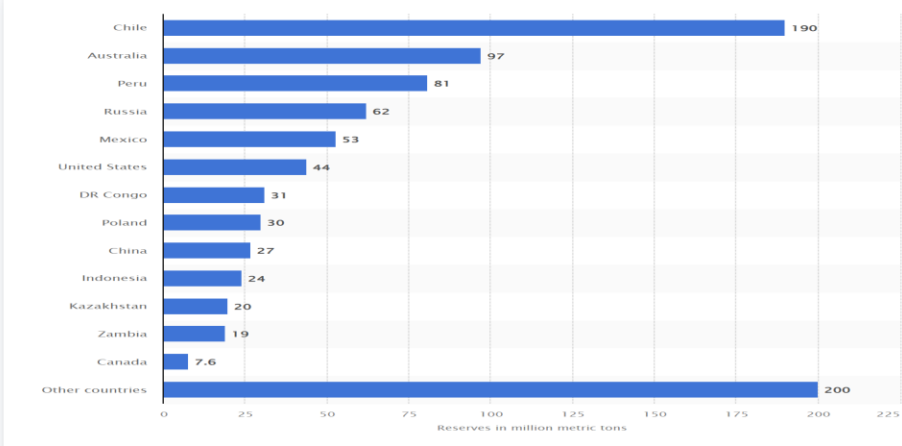
2. MINERÍA VIRTUOSA Y SOSTENIBLE

Motivación Inicial ITL (2017)

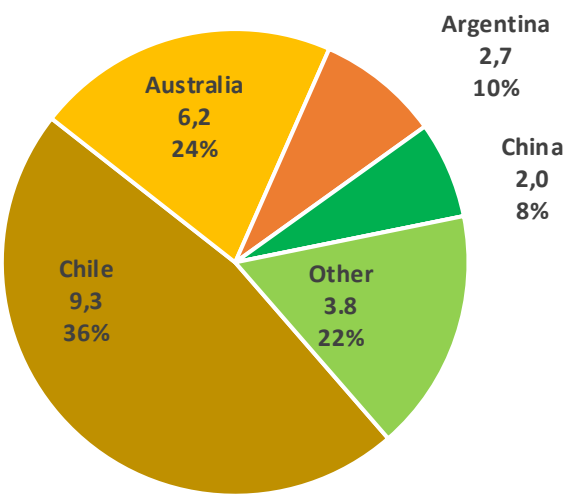
¿Puede ser sostenible la Minería?

CHILE CUENTA CON EXCELENTES RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES Y LAS MAYORES RESERVAS DE COBRE Y LITIO

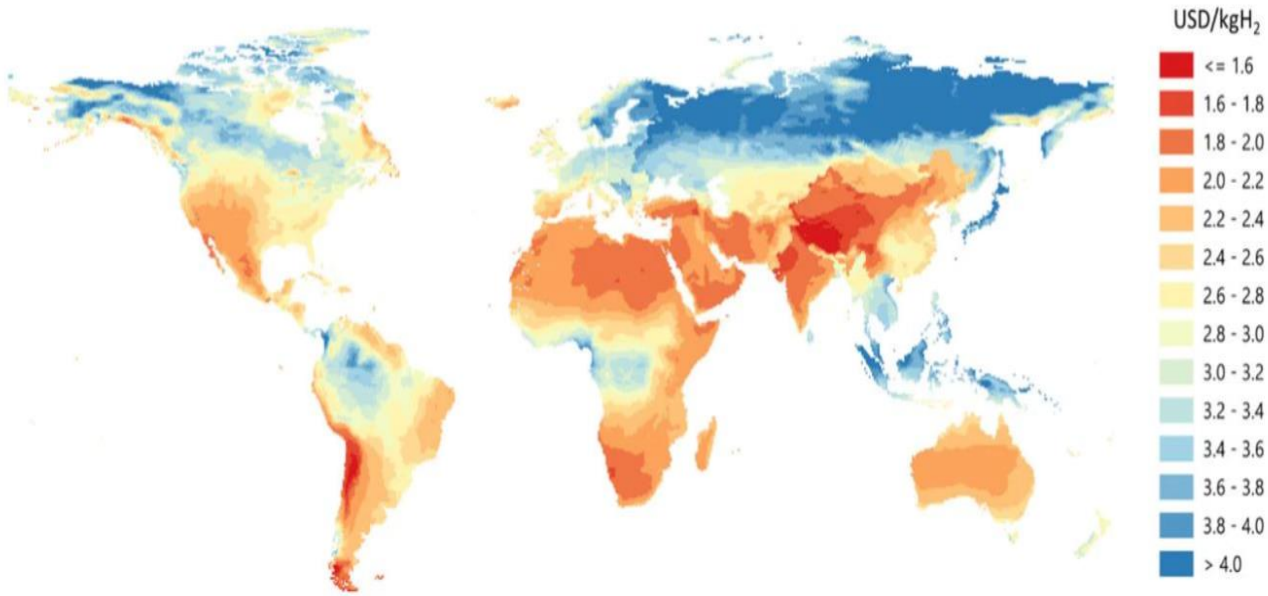
(in million metric tons) **WORLD RESERVES OF COPPER**



World Reserves of lithium
(millions of ton of Lithium Content)



Hydrogen costs from hybrid solar PV and onshore wind systems in the long term



Chile: Share of solar and wind energy in electricity supply

2011	0,5%
2021	21,4%
2022	28%
2023-24	35%-37%



Sostenibilidad de la Minería en el Territorio



La Comisión Brundtland de las Naciones Unidas en 1987 planteó que el concepto de desarrollo sostenible **“poder satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”**



Solow AER 1974 “The Economics of Resources or Resources of Economics” Concepto de “Sustentabilidad débil” **Capital Natural puede ser sustituido por otras formas de capital y tecnología. .**



La explotación de los recursos no renovables (agotables) debe ir acompañado de la creación de sustitutos renovables de estos recursos.

Regla de Hartwick-Solow, **rentas del recurso son invertido en capital reproducible que mantiene el consumo**

Desafíos Gran Minería Cobre

MINERÍA SOSTENIBLE Y VIRTUOSA

01

PRODUCTIVIDAD



02

SEGURIDAD
Cero Fatalidades



03

SUSTENTABILIDAD
AMBIENTAL



04

DESARROLLO SOCIO
ECONÓMICO DE
COMUNIDADES



05

MINERIA VIRTUOSA



✓ ITL



Desafíos de Sostenibilidad que Inciden en Productividad y Costos.



MENOR HUELLA
DE CARBONO



MENOR HUELLA
HÍDRICA



ECONOMÍA
CIRCULAR



NUEVO ESTÁNDAR
EN DEPÓSITOS
DE RELAVES



DESARROLLO DEL
TERRITORIO CON
VALOR SOCIAL



DISMINUCIÓN
DE MATERIAL
PARTICULADO

Sostenibilidad de la Minería en los Territorios Y Minería Virtuosa

Capital Natural

Minería Circular: Reutilización
y Reciclaje; Hub regional
LATAM .

Inversión en capital humano y capital
social en el mismo territorio y retención
del talento con Desarrollo Productivo

Circulo Virtuoso: encadenamientos productivos mediante
desarrollo de proveedores que enfrentan desafíos de sector de
RRNN.

Internacionalización de METS permite superar los límites del
recurso minero en el territorio y generar industria de
exportación que se desarrollan más allá de la industria que le
dio origen

Valor agregado e inserción en cadenas de valor global

3. POLITICAS DE DESARROLLO DE PROVEEDORES: UN CASO DE INCONSISTENCIA DINÁMICA

INICIO DE POLITICAS DE DESARROLLO PROVEEDORES EN LOS AÑOS NOVENTA

Iniciativa Inicial: “Chile Exporta Minería” Ministerio Minería 1992

Primer esfuerzo. Principalmente a través de Prochile: Misiones comerciales y técnicas en América Latina y FONTEC apoyo al I&D de Proveedores Mineros

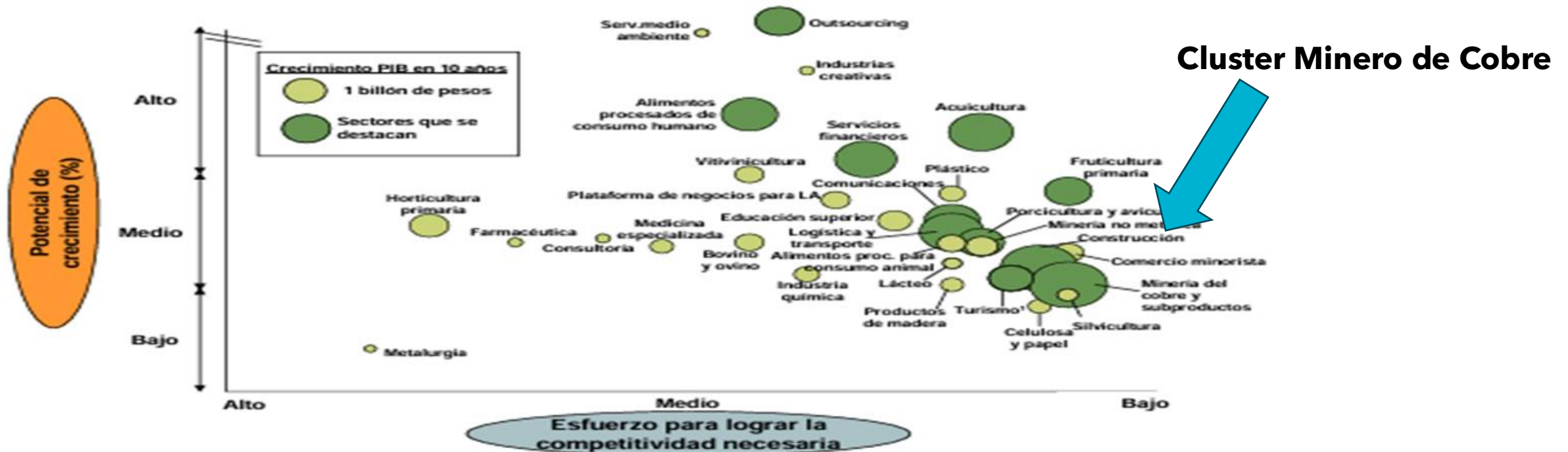
**Pioneros que
Participaron
FONTEC:**

JRI, ENAEX; DRILLCO; NEPTUNO PUMPS; VANTAS; INDIMIN;
OTRAS EMPRESAS INGENIERÍA

Estrategia Nacional de Innovación Política de Clusters (CNIC 2007)

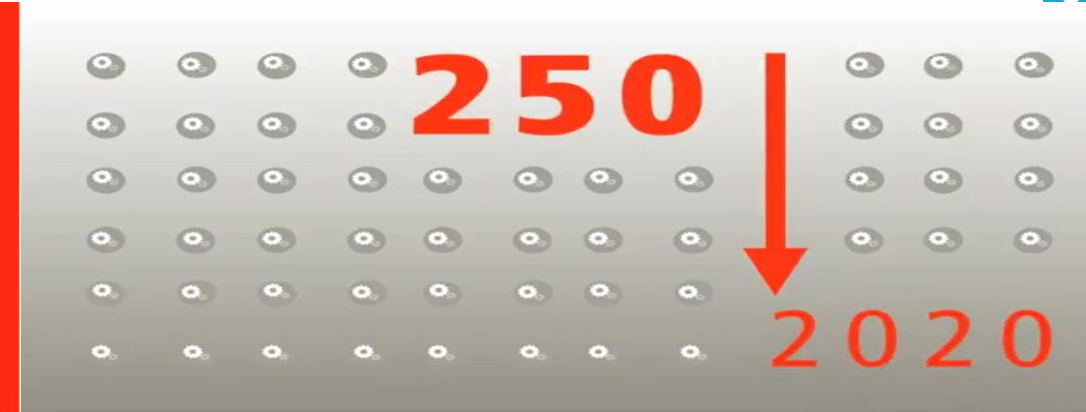
Diversificación aprovechando demanda compleja y sofisticada de sectores de RRNN

*Hacia una Estrategia de Innovación para la Competitividad
Volumen II*



Proveedores de Clase Mundial (2008)

PROGRAMA
PROVEEDORES de
CLASE
MUNDIAL



PROVEEDORES de
CLASE
MUNDIAL



Programa Estratégico Minería de Alta Ley



Ámbitos que, en el corazón del proceso minero, constituyen los desafíos tecnológicos más cruciales para la evolución de la industria.

Dimensiones que, sin ser exclusivas del proceso minero, condicionan la capacidad de la industria para llevar a cabo su plan de desarrollo.

NÚCLEOS TRACCIONANTES

Relaves

Fundición y refinería

Operaciones y planificación minera

Concentración de minerales

Hidrometalurgia

NÚCLEOS HABILITADORES

Capital humano

Proveedores e innovación

Minería inteligente

Energía Solar

2035

Producción de 8,5 millones de toneladas

80% de la producción en primeros cuartiles de costos de la industria a nivel global

250 empresas proveedoras de clase mundial

US\$ 4.000 millones en exportaciones de bienes y servicios

TABLA 2: EXPORTACIONES TOTALES PMETS DE LA MINERÍA
(US\$ MILLONES)

PMETS	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Valor exportado	984	937	752	762	815	879	713	908	1.240	1.217
N° Empresas	669	641	658	643	652	602	563	571	602	639

Fuente: División Información Comercial y Análisis de Datos, Dirección de Estudios SUBREI, con cifras del Servicio Nacional de Aduana y Servicio de Impuestos Internos con datos de empresas año tributario 2023

Reducción del número de empresas exportando y caída de las exportaciones alrededor de 10% en términos reales, Bienes y servicios de Tecnología alta 1,2% y media 43,7%.

Tecnología Media (43,7%)		Bienes Primarios (9,7%)	Countries	Exports (U\$ b)	Share of Mining Exports
			Chile	0,9	1,4%
Tecnología Baja (37,2%)		Bienes en base a RRNN (8,2%)	Australia	20	12,5%
			Canada	3,8	4,4%
				Tecnología Alta (1,2%)	Sweden

ente: División Información Comercial y Análisis de Datos, Dirección Estudios, SUBREI, con cifras del Servicio Nacional de Aduana

Fuente: División Información Comercial y Análisis de Datos, Dirección Estudios, SUBREI, con cifras del Servicio Nacional de Aduana



Instituto de
Tecnologías
Limpias

[/ Inicio](#)

[Somos](#)

[Propósito](#)

[Proyectos](#)

[Desafíos](#) PRONTO

[Actualidad](#)

[Contacto](#)

NUESTRO PROPÓSITO —

Tecnologías limpias con impacto territorial y proyección global

De Antofagasta al
mundo

APROVECHAMOS LAS CONDICIONES ÚNICAS DEL NORTE DE CHILE PARA
CREAR AVANCES TECNOLÓGICOS EN ZONAS ÁRIDAS, APLICANDO I+D AL
SERVICIO DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Objetivos Específicos del Llamado de Innovación Abierta

Identificar y desarrollar **proyectos tecnológicos con potencial de aplicación industrial**, que respondan de manera concreta a los desafíos transversales definidos por el ITL y contribuyan a la **instalación de capacidades** en el mismo.

Validar en entornos reales de operación soluciones tecnológicas que aporten eficiencia, sostenibilidad y reducción de impacto ambiental en los sectores minero y energético.

Fomentar la colaboración y asociatividad tecnológica, articulando esfuerzos entre la industria, startups, centros de I+D y universidades, tanto nacionales como internacionales.

Promover la madurez tecnológica (TRL) de las soluciones, apoyando su transición desde demostraciones en ambientes relevantes controlados, pilotaje y validación semiindustrial y operacional.

Contribuir al **fortalecimiento del ecosistema de innovación** sostenible de la **macrozona Norte del país**, mediante la generación de capacidades adicionales, vínculos tecnológicos y oportunidades de transferencia.

Proveedores Tecnológicos

Contribuir a la creación, desarrollo y mantención de capacidades tecnológicas especializadas (capital humano, conocimiento e infraestructura tecnológica) del Instituto de Tecnologías Limpias y la macrozona Norte, específicamente en la región de Antofagasta.

Contribuir a la identificación y **formación de capital humano** en colaboración con el sector académico, gremial e industrial.

Sostenibilidad
territorial

CIRCULO VIRTUOSO

4. ENCADENAMIENTOS AGUAS ABAJO:

**Servicios a la industria PV, Reciclaje
Baterías y Valor agregado Litio**



CENTRA

CENTROS DE PRODUCCIÓN GLOBAL BATERÍAS



MANUFACTURA ALTAMENTE CONCENTRADA

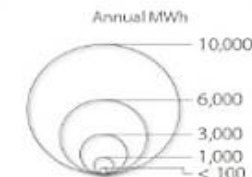
Baterías de Ion Litio



	Fully Commissioned (MWh)	Partially Commissioned (MWh)	Under Construction (MWh)	Announced (MWh)
China	16,704	3,576	18,730	12,847
Japan	10,778	0	1,200	0
Korea	16,059	0	0	0
U.S.	3,770	0	1,200	35,000
EU	1,798	0	0	0
Rest of World	2,440	0	0	564
TOTAL	51,549	3,576	21,130	48,412

Status

- Fully Commissioned
- Partially Commissioned
- Under Construction
- Announced



Cartographer: Billy J. Roberts
February 13, 2014

CEMAC

Note: This map includes factories that are fully and partially commissioned, under construction, and announced. Capacity is not disclosed for all factories.
Source: Corporate reporting. Bloomberg New Energy Finance BNEF (2015).

OPORTUNIDAD DESARROLLO DE PRODUCTOS DE VALOR AGREGADO EN LITIO EN CHILE

Procesamiento
de material
básico

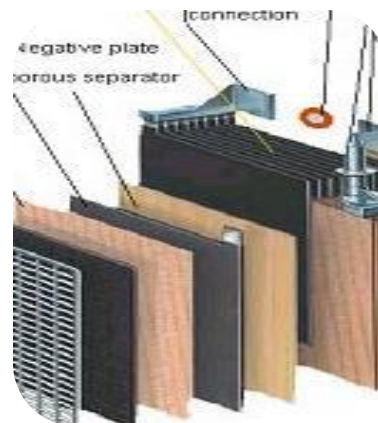


Manufactura de
componentes activos e
inactivos



Metales raros con presencia
en Chile

Producción de
celdas de
baterías



Ensamblaje con
control térmico
y de carga
eléctrica



Integración



x 1

US\$ 1b (*)

x 4

US\$ 3,50b (**)

Electrólitos y Litio Metálico

x 14

US\$ 13,6b (**)

x 20

US\$ 19,6b (**)

x 100

US\$ 100b (***)
Proyección 2020

Baterías de Estado Sólido



- **Anodos de Litio Metálico**
- **Electrólitos sólidos de Litio**
- Ventajas Energéticas de Chile para la producción de componentes de Baterías (Litio metálico)
- Aprovechar Contratos Vigentes que establecen Obligaciones de suministro a largo plazo a menores precios de paridad de exportación (20% menores precios).
- -Existen ventaja para desarrollar productos de valor agregado intensivos en uso de energía,
- con atributo verde, por ejemplo litio metálico, electrolitos y cátodos LFP y otros si se desarrolla minería de Cobalto.
- - Ventaja Energética Renovable no se ha reflejado en menores precios de la energía.



Conclusiones

- Minerales Críticos y energías renovables gran oportunidad de desarrollo Económico de la Región.
- Minería puede ser sostenible y Virtuosa si es capaz de generar tecnología, capital humano y una industria de proveedores de clase mundial a partir de sus desafíos de innovación y sustentabilidad de Minería y Solar que genere industria de exportación que sea fuente de bienestar futuras generaciones.
- Desafío de Productividad y sustentabilidad Requiere fortalecer el esfuerzo de Innovación incremental y el desarrollo de I&D colaborativo para enfrentar grandes desafíos con innovación disruptiva.
- ITL oportunidad de promover I&D colaborativa en el sector minero y Energético para abordar inversión en innovación con carácter de bien club y desarrollo de proveedores y servicios.
- Existen opciones de agregación de valor en el litio en productos intensivos en energía y alto contenido de Litio.
- El mecanismo de Productores especializados de contratos de CORFO podría impulsar agregación de valor en la cadena de producción de baterías, ya sea **cátodos, litio metálico, electrolitos**, etc.