

# **Centro de Estudios de Minerales Estratégicos y Críticos de Chile**

## **Desafíos y Oportunidades**

**Patricio Cuadra Cárdenas**  
**Santiago, 11 de abril de 2023**

# **Materias Primas Críticas / Critical Raw Materials**

## **Caso de estudio: El enfoque de la Unión Europea**

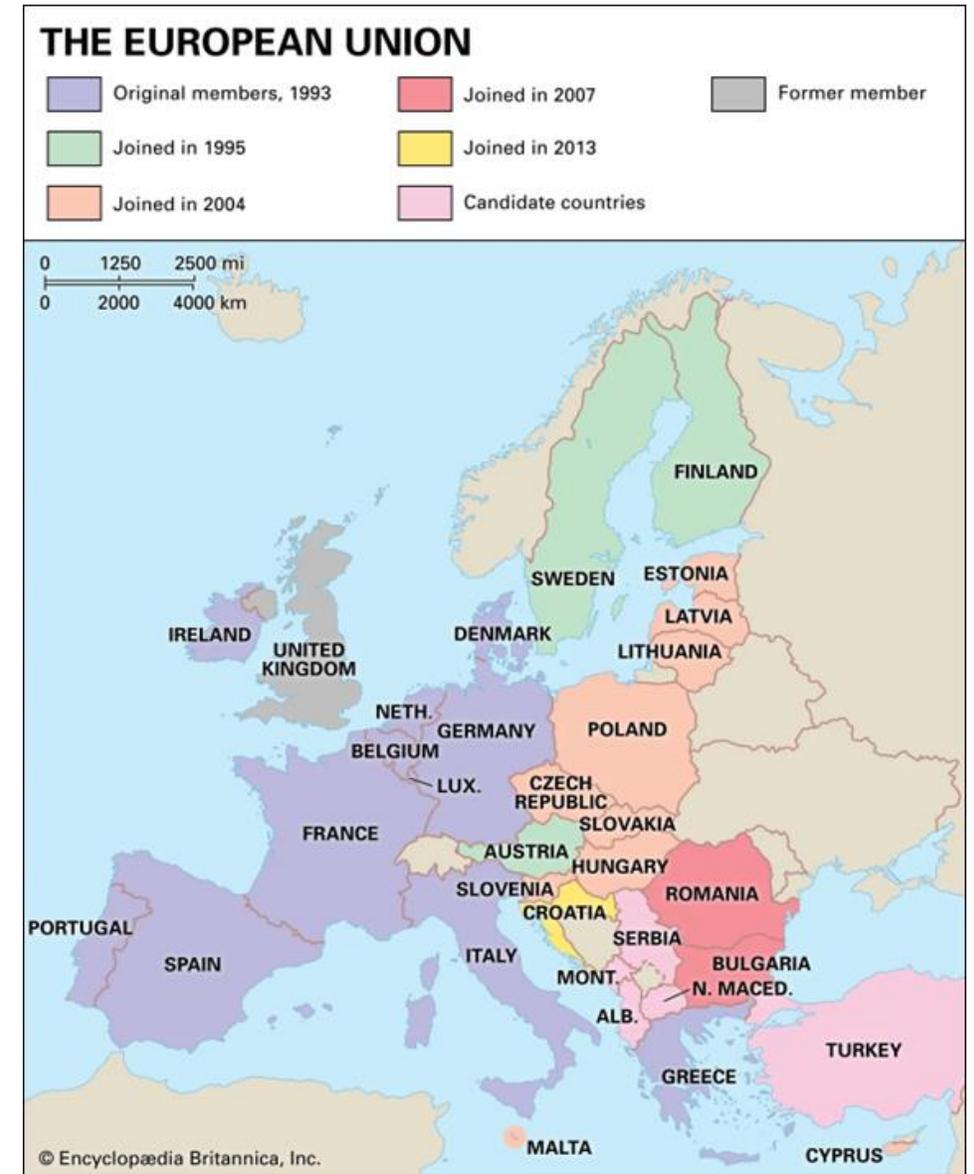
## Unión Europea (UE)



Organización internacional compuesta por **27 países europeos**, que rige las políticas económicas, sociales y de seguridad comunes. Limitada originalmente a Europa occidental, la UE emprendió una fuerte expansión hacia Europa central y oriental a principios del siglo XXI.

Los miembros de la UE son **Austria, Bélgica, Bulgaria, Croacia, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Polonia, Portugal, Rumania, Eslovaquia, Eslovenia, España y Suecia**. El Reino Unido, que había sido miembro fundador de la UE, abandonó la organización en 2020.

La UE representa uno de una serie de esfuerzos para integrar Europa desde la Segunda Guerra Mundial. Fue creada por el Tratado de Maastricht, que entró en vigor el 1 de noviembre de 1993, diseñado para mejorar la integración política y económica europea mediante la creación de una moneda única (el euro), una política exterior y de seguridad unificada y derechos comunes de ciudadanía y fomentando la cooperación en las áreas de inmigración, asilo y asuntos judiciales.



## **Materias primas críticas (CRM)**

Las materias primas son cruciales para la economía europea. Forman una sólida base industrial, que produce una amplia gama de bienes y aplicaciones que se utilizan en la vida cotidiana y las tecnologías modernas.

El acceso fiable y sin trabas a ciertas materias primas es una preocupación creciente dentro de la UE y en todo el mundo. Para hacer frente a este desafío, la Comisión Europea ha creado una lista de materias primas críticas (CRM) para la UE, que está sujeta a una revisión y actualización periódicas.

Los CRM combinan materias primas de gran importancia para la economía de la UE y de alto riesgo asociado a su suministro.

### **Por qué las materias primas críticas son importantes**

**Vínculo con la industria:** las materias primas no energéticas están vinculadas a todas las industrias en todas las etapas de la cadena de suministro

**Tecnología moderna:** el progreso tecnológico y la calidad de vida dependen del acceso a un número creciente de materias primas. Por ejemplo, un teléfono inteligente puede contener hasta 50 tipos diferentes de metales, todos los cuales contribuyen a su pequeño tamaño, peso ligero y funcionalidad.

**Medio ambiente:** las materias primas están estrechamente vinculadas a las tecnologías limpias. Son insustituibles en paneles solares, turbinas eólicas, vehículos eléctricos e iluminación de bajo consumo.

## **Antecedentes**

- Entre 2002 y 2008 se verifica un notable crecimiento en la demanda de materias primas, provocado por un fuerte crecimiento económico global, especialmente en países emergentes como China, probablemente a seguir por otros como India y Brasil, basado en su continua y rápida industrialización y urbanización.
- Los precios aumentaron abruptamente en 2007, alcanzando su máximo en 2008, lo cual demostró una gran volatilidad en los mercados. Las variaciones de precios fueron agravadas por diversos problemas estructurales de las cadenas de suministro y distribución de distintas materias primas, incluyendo la infraestructura de transportes y servicios.
- Además, los mercados sufrieron un impacto creciente del sector financiero, con un aumento significativo de los flujos de inversiones en materias primas.
- En 2008, la Comisión Europea advierte sobre la importancia de definir políticas de materias primas, lanzando la **Iniciativa de Materias Primas** (*Raw Materials Initiative*), basada en tres pilares:
  - Garantizar condiciones equitativas de acceso a los recursos en los países terceros
  - Intensificar el abastecimiento de materias primas procedentes de fuentes europeas
  - Potenciar la eficiencia de recursos y fomentar el reciclado.

## Informe UE 2011

- La Comisión Europea presenta la **primera lista de materias primas de alta volatilidad**, entre otras iniciativas, en el marco de la Estrategia Europa 2020, desarrollando para ello un enfoque metodológico transparente, innovador y pragmático.
- Se identifican 14 materias primas críticas, definidas como aquellas que presentan un **riesgo particularmente elevado de escasez de suministro** en los siguientes 10 años y que son **particularmente importantes para la cadena de valor**.
- El riesgo de suministro está vinculado al hecho que la producción está **concentrada en pocos países y a la baja estabilidad política-económica** de algunos de los proveedores.
- En muchos casos, este riesgo se ve aumentado por una **escasa posibilidad de sustitución y por bajos índices de reciclado**. Por ejemplo, las tierras raras son esenciales para magnetos permanentes de alto rendimiento en turbinas eólicas o vehículos eléctricos, en catalizadores de automóviles, en tarjetas de circuitos impresos, fibras ópticas y superconductores de alta temperatura. La UE tiene una dependencia total de las importaciones y China representaba en 2009 un 97 % de la producción mundial. Al mismo tiempo, en el comercio no hay actualmente ningún proceso de reciclado o sustitución de tierras raras.
- La elaboración de la lista de materias primas críticas dejó ver igualmente la **necesidad de disponer de mejores datos y conocimientos y de actualizar periódicamente (cada tres años)** la lista para tener en cuenta la evolución del mercado, el desarrollo tecnológico (por ejemplo, litio, hafnio y níquel) o nuevos datos sobre el impacto en el medio ambiente de dichas materias.

# Informe UE 2014

## Directices:

**Ampliar el ámbito de las materias primas analizadas.** Incluye 13 de las 14 materias identificadas en el estudio anterior, y sólo el tantalio desaparece de la lista, al haber disminuido los riesgos para su suministro. Se incluyen seis nuevas materias: boratos, cromo, carbón de coque, magnesita, rocas fosfatadas y silicio metálico.

**Afinar el análisis y usar datos adicionales.** Las tierras raras se dividen en las categorías de “pesadas” y “livianas”.

**Mantener la comparabilidad con el estudio de 2010.** La metodología no se ha cambiado radicalmente. Se ha recurrido a nueva información y conocimientos.

## Objetivos:

- Contribuir a la aplicación de la política industrial de la UE y garantizar que la competitividad de la industria europea se vea reforzada con medidas en otros ámbitos.
- Incrementar la competitividad global de la economía de la UE, para aumentar la contribución del sector al PIB hasta un 20 % en 2020.
- Ayudar a incentivar la producción europea de materias primas críticas y facilitar la puesta en marcha de nuevas actividades mineras.
- Contribuir a determinar las necesidades y acciones prioritarias. Por ejemplo, sirve de elemento de apoyo al negociar acuerdos comerciales, luchar contra medidas de distorsión del comercio o promover la investigación y la innovación.

## **Informe UE 2017**

La lista constituye una herramienta realista para contribuir a las medidas comerciales, industriales y de innovación destinadas a reforzar la competitividad de la industria europea en consonancia con la estrategia industrial renovada para Europa. Permite:

- Identificar las necesidades de inversión que pueden ayudar a reducir la dependencia de Europa respecto a las importaciones de materias primas;
- Orientar el apoyo a la innovación en el ámbito del suministro de materias primas en el marco del programa de investigación e innovación de la UE Horizonte 2020;
- Llamar la atención sobre la importancia de las materias primas críticas para la transición a una economía hipocarbónica, eficiente en el uso de los recursos y más circular.

Es un **elemento de apoyo en las negociaciones de acuerdos comerciales, en la lucha contra medidas que distorsionan el comercio, en la elaboración de acciones de investigación e innovación y en la aplicación de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible.**

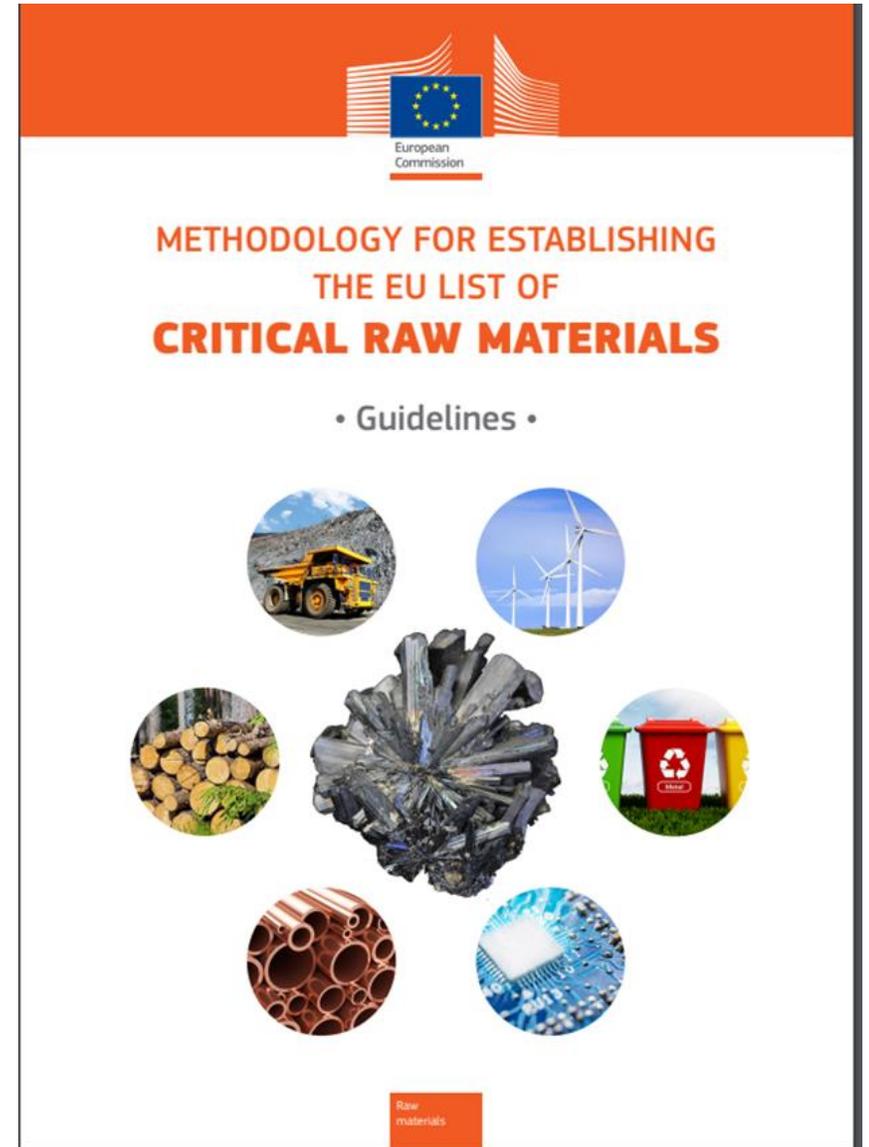
Las materias primas críticas constituyen un ámbito prioritario del Plan de Acción de la UE para la Economía Circular con el fin de **promover su utilización eficaz y reciclado.**

Las principales mejoras de la metodología revisada se refieren al **comercio** (dependencia de las importaciones y restricciones a la exportación al calcular el riesgo del suministro), a la **sustitución** como factor de corrección de la importancia económica y del riesgo del suministro, y a la **asignación detallada de los usos finales** de las materias primas sobre la base de aplicaciones industriales a fin de definir su importancia económica.

Los principales parámetros utilizados para determinar la criticidad del material para la UE son

**Importancia económica:** tiene como objetivo proporcionar información sobre la importancia de un material para la economía de la UE en términos de aplicaciones de uso final y el valor agregado (VA) de los sectores de fabricación de la UE. La importancia económica es corregida por el índice de sustitución (SIEI) relacionado con el desempeño técnico y de costos de los sustitutos para aplicaciones individuales.

**Riesgo de suministro:** refleja el riesgo de una interrupción en el suministro del material a la UE. Se basa en la concentración de la oferta primaria de los países productores de materias primas, considerando el desempeño de su gobernanza y los aspectos comerciales. Se tienen en cuenta proporcionalmente los 2 conjuntos de países productores: los proveedores globales y los países de los que la UE obtiene las materias primas. Se mide en la etapa de "cuello de botella" del material (extracción o procesamiento), que presenta el mayor riesgo de suministro para la UE. La sustitución y el reciclaje se consideran medidas de reducción de riesgos.



## **Informe UE 2020**

La nueva estrategia industrial para Europa propone reforzar la autonomía estratégica abierta de Europa, y advierte de que la **transición de Europa hacia la neutralidad climática podría conllevar la sustitución de la actual dependencia de los combustibles fósiles por la dependencia de las materias primas.**

La autonomía estratégica abierta de la UE en estos sectores deberá seguir basándose en un acceso diversificado y sin distorsiones a los mercados mundiales de materias primas .

Con el fin de reducir la dependencia exterior y las presiones ambientales, es preciso abordar el problema del rápido crecimiento de la demanda mundial de recursos; para ello será necesario **reducir el uso de materiales y reutilizarlos antes de reciclarlos.**

Por si este desafío no fuera suficiente, la **crisis provocada por la COVID-19** ha revelado la rapidez y la profundidad con la que pueden interrumpirse las cadenas de suministro mundiales. Se propone un ambicioso plan de recuperación de la COVID-19, con el objetivo de **aumentar la resiliencia y la autonomía estratégica abierta,** así como de **impulsar la transición hacia una economía verde y digital.**

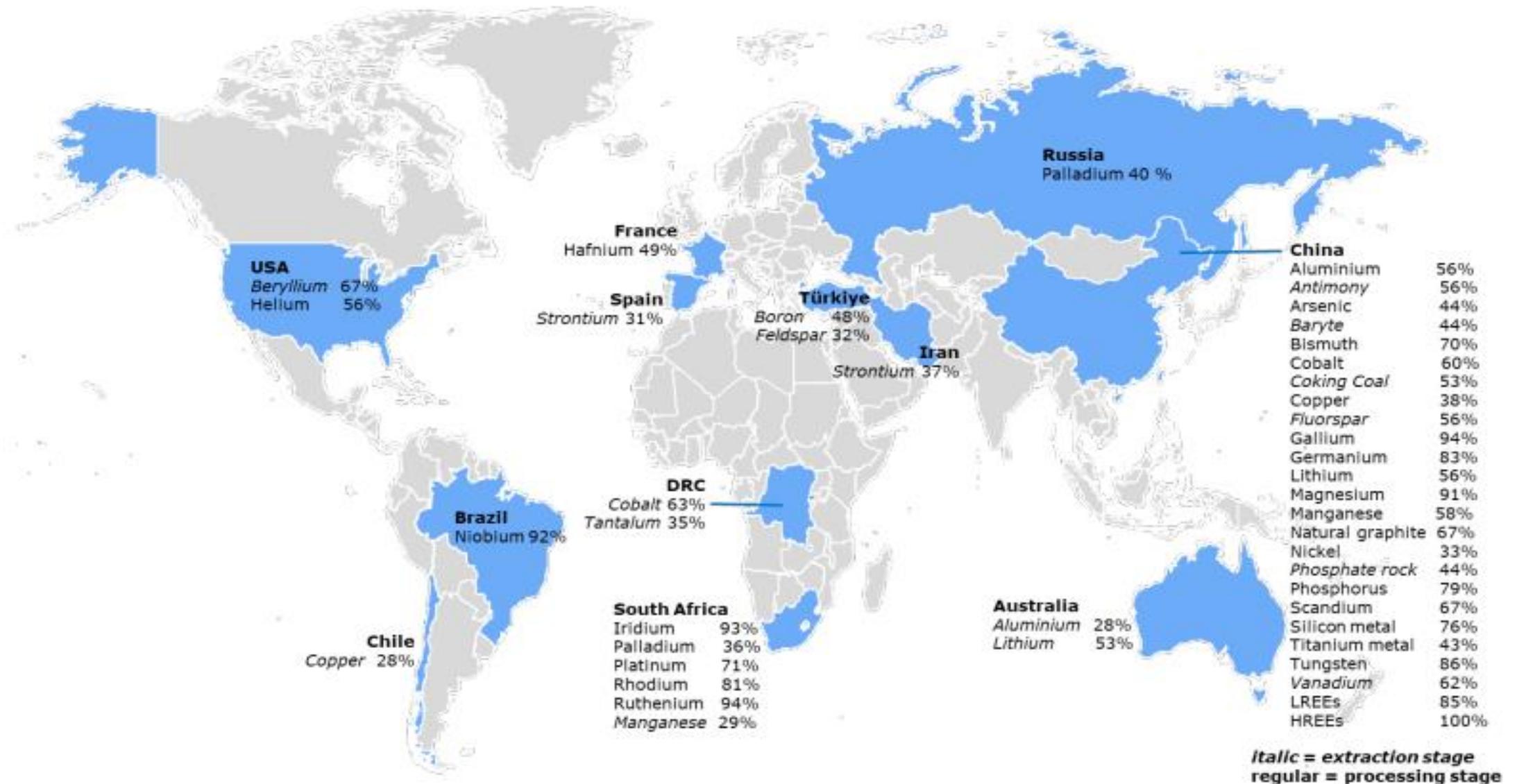
# Materias Primas Críticas y sus Usos

Materias primas	Fase	Principales productores mundiales	Principales países suministradores de la UE	Usos seleccionados
Antimonio	Extracción	China (74 %)	Turquía (62 %), Bolivia (20 %)	Materiales piroretardantes, Aplicaciones de defensa, Baterías de plomo
Barita	Extracción	China (38 %)	China (38 %), Marruecos (28 %)	Aplicaciones médicas, Protección contra las radiaciones, Aplicaciones químicas
Bauxita	Extracción	Australia (28 %), China (20 %)	Guinea (64 %)	Producción de aluminio
Berilio	Extracción	Estados Unidos (88 %)	No aplicable	Equipos electrónicos y de comunicaciones, Componentes de automoción, industria aeroespacial y defensa
Bismuto	Proceso	China (85 %)	China (93 %)	Industrias farmacéutica y de fabricación de piensos para la alimentación animal, Aplicaciones médicas, Aleaciones con bajo punto de fusión
Borato	Extracción	Turquía (42 %), Estados Unidos (24 %), Chile (11 %)	Turquía (98 %)	Vidrio de alto rendimiento, Abonos, Imanes permanentes
Carbón de coque	Extracción	China (55 %)	Australia (24 %), Polonia (23 %), Estados Unidos (21 %)	Coque para acero, Fibras de carbono, Electrodo para baterías
Caucho natural	Extracción	Tailandia (33 %), Indonesia (24 %)	Indonesia (31 %)	Neumáticos, Componentes de caucho para maquinaria y artículos de hogar
Cobalto	Extracción	República Democrática del Congo (59 %)	República Democrática del Congo (68 %)	Baterías, Superaleaciones, Catalizadores, Imanes
Escandio	Proceso	China (66 %), Rusia (26 %)	Reino Unido (98 %)	Pilas de combustible de óxido sólido, Aleaciones ligeras
Espato flúor	Extracción	China (65 %)	México (25 %)	Fabricación de acero y hierro, Refrigeración y aire acondicionado, Fabricación de aluminio y otras industrias metalúrgicas
Estroncio	Extracción	España (31 %), República Islámica de Irán (30 %)	España (100 %)	Imanes cerámicos, Aleaciones de aluminio, Aplicaciones médicas, Artículos pirotécnicos
Fosforita	Extracción	China (48 %)	Marruecos (24 %), Rusia (20 %)	Fertilizante mineral, Compuestos fosforados
Fósforo	Proceso	China (74 %)	Kazajistán (71 %)	Aplicaciones químicas, Aplicaciones de defensa
Galio	Proceso	China (80 %)	Alemania (35 %), Reino Unido (28 %), China (27 %)	Semiconductores, Células fotovoltaicas

# Materias Primas Críticas y sus Usos

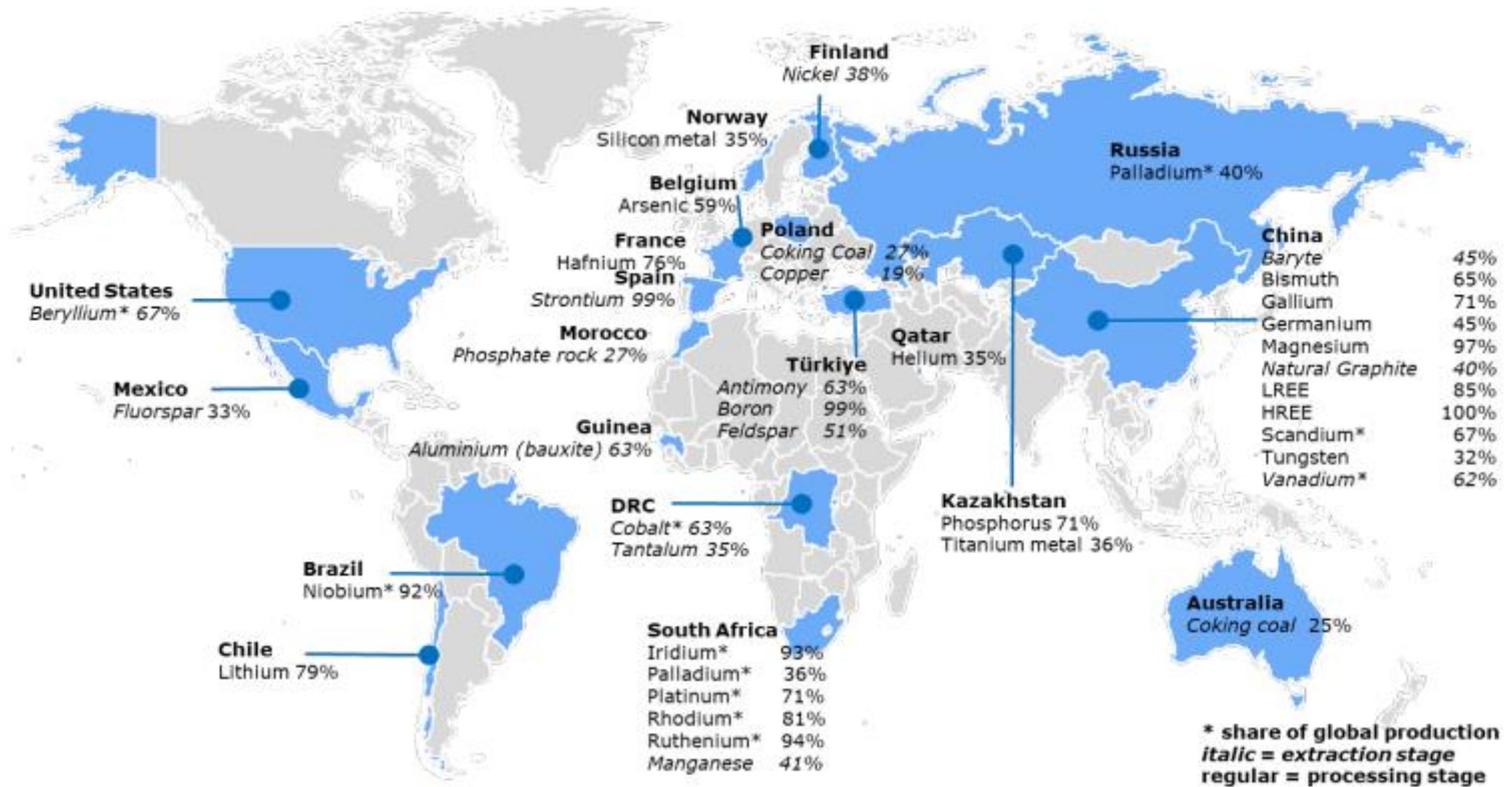
Materias primas	Fase	Principales productores mundiales	Principales países suministradores de la UE	Usos seleccionados
Germanio	Proceso	China (80 %)	Finlandia (51 %)	Fibras ópticas y óptica infrarroja, Celdas solares para satélites, Catalizadores de polimerización
Grafito natural	Extracción	China (69 %)	China (47 %)	Baterías, Materiales refractarios para fabricación de acero
Hafnio	Proceso	Francia (49 %), Estados Unidos (44 %)	Francia (84 %)	Superalaciones, Barras de control nuclear, Cerámica refractaria
Indio	Proceso	China (48 %), República de Corea (21 %)	Francia (28 %), Bélgica (23 %)	Monitores de pantalla plana, Celdas fotovoltaicas y fotónica, Soldaduras
Litio	Proceso	Chile (44 %), China (39 %), Argentina (13 %)	Chile (78 %)	Baterías, Vidrio y cerámica, Metalurgia del aluminio y el acero
Magnesio	Proceso	China (89 %)	China (93 %)	Aleaciones ligeras para automoción, electrónica, envases o construcción, Agente desulfurizador en la fabricación de acero
Metales del grupo del platino	Proceso	Sudáfrica (84 %, iridio, platino, rodio, rutenio), Rusia (40 %, paladio)	No aplicable	Catalizadores químicos y para la automoción, Pilas de combustible, Aplicaciones electrónicas
Niobio	Proceso	Brasil (92 %)	Brasil (85 %)	Acero de alta resistencia y superaleaciones para el transporte y las infraestructuras, Aplicaciones de alta tecnología (condensadores, imanes superconductores, etc.)
Silicio metálico	Proceso	China (66 %)	Noruega (30 %), Francia (20 %)	Semiconductores, Energía fotovoltaica, Componentes electrónicos, Siliconas
Tantalio	Extracción	República Democrática del Congo (33 %), Ruanda (28 %)	República Democrática del Congo (36 %), Ruanda (30 %)	Condensadores para dispositivos electrónicos, Superalaciones
Tierras raras ligeras	Proceso	China (86 %)	China (99 %)	Vidrio y cerámica
Tierras raras pesadas	Proceso	China (86 %)	China (98 %)	Imanes permanentes para motores eléctricos y generadores de electricidad, Fósforos emisores de luz, Catalizadores, Baterías,
Titanio	Proceso	China (45 %), Rusia (22 %), Japón (22 %)	No aplicable	Aleaciones ligeras de alta resistencia para aplicaciones aeronáuticas, espaciales y de defensa, entre otras, Aplicaciones médicas
Vanadio	Proceso	China (55 %), Sudáfrica (22 %)	No aplicable	Aleaciones bajas de alta resistencia para aplicaciones aeronáuticas, espaciales o para reactores nucleares, entre otras, Catalizadores químicos
Wolframio	Proceso	China (69 %)	No aplicable	Aleaciones para aplicaciones aeronáuticas, espaciales, de defensa o de tecnología eléctrica, entre otras, Maquinaria, herramientas de corte y de minería

**Figure B: Countries accounting for largest share of global supply of CRMs**



Fuente: informe de la Comisión Europea sobre la evaluación de la criticidad de las materias primas en 2020.

**Figure D: Major EU suppliers of CRMs**



Fuente: informe de la Comisión Europea sobre la evaluación de la criticidad de las materias primas en 2020.

## **Informe UE 2020**

### **Mejorar la resiliencia de la UE: el desafío del suministro y la sostenibilidad**

Con base en la información disponible en la actualidad, el informe complementa la evaluación de la criticidad apoyándose en datos recientes, y ofrece a los sectores y las tecnologías estratégicos una panorámica de las materias primas esenciales de aquí a 2030 y 2050.

- Para las baterías de los vehículos eléctricos y el almacenamiento de energía, en 2030 la UE necesitaría hasta 18 veces más litio y 5 veces más cobalto, y en 2050 una cantidad casi 60 veces mayor de litio y 15 veces mayor de cobalto en comparación con el suministro actual de la economía de la Unión en su conjunto.
- La demanda de tierras raras utilizadas en imanes permanentes , por ejemplo para vehículos eléctricos, tecnologías digitales o generadores eólicos, podría multiplicarse por diez de aquí a 2050.

Esto debe entenderse en el contexto global de aumento de la demanda de materias primas como consecuencia del **crecimiento de la población, la industrialización, la descarbonización del transporte, los sistemas de energía y otros sectores industriales, el incremento de la demanda de los países en desarrollo y las nuevas aplicaciones tecnológicas.**

Las proyecciones del Banco Mundial muestran un rápido incremento de la demanda de metales y materiales a medida que aumenta la ambición climática . El ejemplo más significativo de esto son las baterías de almacenamiento eléctrico, un campo en el que el aumento de la demanda de los metales pertinentes (**aluminio, cobalto, hierro, plomo, litio, manganeso y níquel**) puede ser superior al 1 000 % de aquí a 2050 en el supuesto de un calentamiento de 2° C en comparación con un escenario sin calentamiento.

## **Informe UE 2020**

### **Convertir los retos en oportunidades**

China, Estados Unidos, Japón y otros países trabajan ya con gran rapidez para **garantizar el suministro futuro, diversificar las fuentes de abastecimiento mediante asociaciones con países ricos en recursos y desarrollar sus cadenas de valor internas basadas en materias primas.**

La UE debe actuar con urgencia para **asegurar un suministro de materias primas seguro y sostenible**; para ello será necesario unir los esfuerzos de empresas, autoridades subnacionales y nacionales e instituciones de la UE.

El plan de acción de la UE sobre las materias primas críticas deberá:

- **Desarrollar cadenas de valor resilientes para los ecosistemas industriales de la Unión;**
- **Reducir la dependencia de materias primas críticas originales a través del uso circular de los recursos, la sostenibilidad de los productos y la innovación;**
- **Fortalecer el abastecimiento y la transformación sostenibles y responsables de materias primas a escala interna en la Unión Europea;**
- **Diversificar el suministro a través de un abastecimiento sostenible y responsable desde terceros países, reforzando el comercio abierto regulado de materias primas y eliminando las distorsiones al comercio internacional.**

# Informe UE 2023

## Contexto e Hitos de la evaluación

La presión sobre los recursos aumentará - debido al aumento de la población mundial, la industrialización, la digitalización, la creciente demanda de los países en desarrollo y la transición a la neutralidad climática con metales, minerales y materiales bióticos utilizados en tecnologías y productos de bajas emisiones. La competencia mundial por los recursos será feroz en la próxima década. **La dependencia de materias primas críticas pronto podría reemplazar la dependencia actual del petróleo.**

Los CRM a menudo se producen y utilizan en cantidades relativamente pequeñas, pero tienen características especiales que los convierten en ingredientes esenciales para productos en áreas estratégicas como las energías renovables, tecnologías digitales, aeroespaciales y de defensa. Los ejemplos bien conocidos incluyen las tierras raras que se encuentran en los imanes permanentes que se usan para fabricar motores de turbinas eólicas, el litio que se usa para baterías y el silicio que se usa para semiconductores.

A la luz de estas aplicaciones, las materias primas críticas son clave para permitir que la industria europea cumpla los objetivos políticos de la UE. El Pacto Verde Europeo, la Comunicación REPowerEU, la Comunicación Conjunta sobre el Análisis de las Brechas de Inversión en Defensa y el Camino a Seguir y la Estrategia Digital han establecido objetivos o metas para **lograr las transiciones verde y digital y fortalecer la resiliencia y la autonomía estratégica de la UE**, que dependen de la disponibilidad de materias primas críticas, mientras que la Comisión Europea ya ha comenzado la implementación del plan de acción establecido en la Comunicación de 2020 sobre materias primas críticas.

## **Informe UE 2023**

La transición energética es una transición material. Un sistema de energía limpia es mucho más intensivo en minerales y metales que un sistema de energía convencional de combustibles fósiles, e incluso con una mayor circularidad, las implicaciones para la extracción de materias primas y para la competencia global para asegurar el acceso a ellas son enormes.

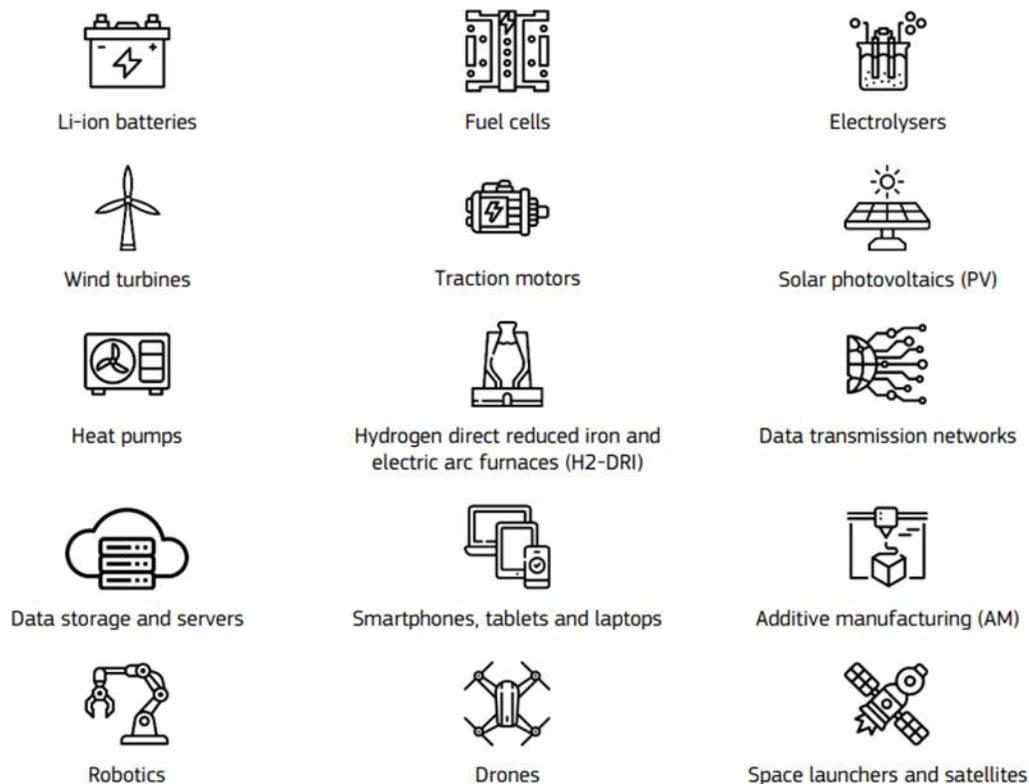
**La invasión rusa de Ucrania en 2022 obligó a la UE a abordar su dependencia del petróleo y el gas rusos y, al hacerlo, a acelerar sus objetivos para la transición energética.** Esto requiere un aumento masivo en la instalación de energía eólica y solar fotovoltaica (FV), baterías e hidrógeno para almacenar electricidad y propulsar vehículos, y bombas de calor para calefacción y refrigeración energéticamente eficientes. Todo esto trae consigo una nueva demanda de materias primas críticas y estratégicas, muchas de las cuales también tienen demanda de las tecnologías necesarias para cumplir con las estrategias de la UE para la digitalización y la defensa y la industria aeroespacial.

Por lo tanto, la Comisión Europea ha desarrollado una propuesta para una **Ley de Materias Primas Críticas**, introduciendo el concepto de materias primas estratégicas también sobre la base de las proyecciones de demanda contenidas en este análisis.

Mientras que **una materia prima crítica se caracteriza por un alto riesgo de interrupción del suministro y su importancia para la economía general de la UE**, **una materia prima estratégica se caracteriza además por su importancia para áreas estratégicas como las energías renovables, las tecnologías digitales, aeroespaciales y de defensa**, su proyección el crecimiento de la demanda en relación con la oferta actual, y las dificultades para aumentar la producción.

# Materias Primas Críticas y sus Usos

Figure 1. Schematic representation of the fifteen technologies explored in this report



Source: JRC elaboration based on flaticon.com

Las materias primas más utilizadas son aluminio (15), cobre, níquel, silicio metálico (14) y manganeso (13), boro (12) y REE magnets (11).

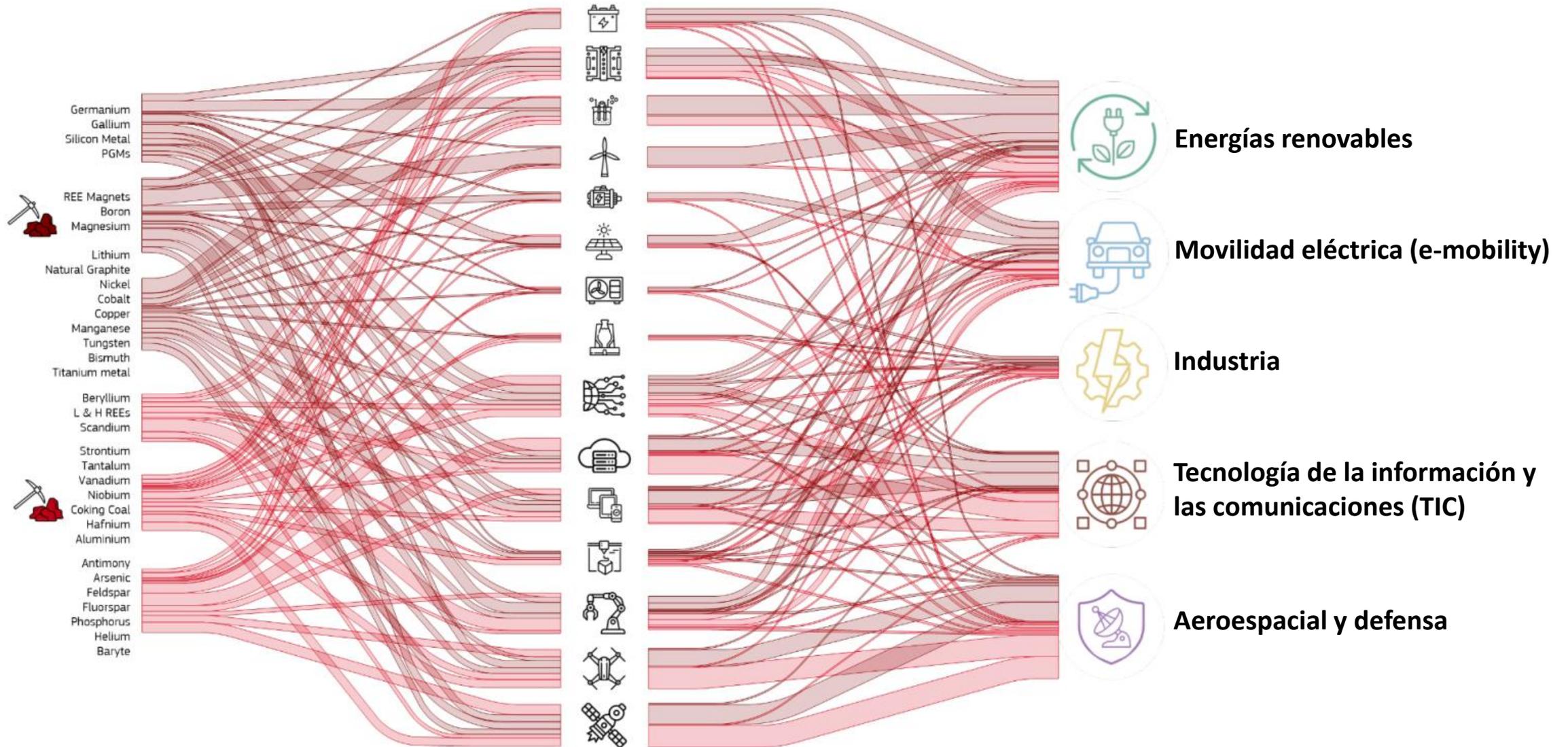
Table 1. Strategic and critical raw materials used in the technologies in scope.

Supply Risk	Raw material																
4.8	Gallium						*					*	*	*	*	*	*
4.1	Magnesium			*								*	*	*	*	*	*
4.0	REE (magnets)		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
3.8	Boron		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2.7	PGM		*	*								*	*	*	*	*	*
1.9	Lithium	*										*	*	*	*	*	*
1.9	Bismuth											*	*	*	*	*	*
1.8	Germanium						*					*	*	*	*	*	*
1.8	Natural graphite	*	*	*							*	*	*	*	*	*	*
1.7	Cobalt	*	*	*								*	*	*	*	*	*
1.6	Titanium metal											*	*	*	*	*	*
1.4	Silicon metal		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1.2	Tungsten			*								*	*	*	*	*	*
1.2	Manganese	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
0.5	Nickel	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
0.1	Copper	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5.3	HREE (rest)		*	*								*	*	*	*	*	*
4.4	Niobium			*	*							*	*	*	*	*	*
3.5	LREE (rest)		*	*								*	*	*	*	*	*
3.3	Phosphorus	*					*				*	*	*	*	*	*	*
2.6	Strontium		*	*								*	*	*	*	*	*
2.4	Scandium			*								*	*	*	*	*	*
2.3	Vanadium		*	*								*	*	*	*	*	*
1.8	Antimony						*					*	*	*	*	*	*
1.8	Beryllium											*	*	*	*	*	*
1.6	Arsenic						*					*	*	*	*	*	*
1.5	Feldspar		*													*	*
1.5	Hafnium											*	*	*	*	*	*
1.3	Baryte		*	*								*	*	*	*	*	*
1.3	Tantalum			*								*	*	*	*	*	*
1.2	Aluminium	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1.2	Helium											*	*	*	*	*	*
1.1	Fluorspar	*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1.0	Phosphate rock											*	*	*	*	*	*

Source: JRC analysis. Although it is a critical material, coking coal does not appear in the table as it is not used in any technology.

# Materias Primas Críticas y sus Usos

**Figure 2.** Semi-quantitative representation of flows of raw materials to the fifteen technologies and five sectors



# Lista de Materias Primas 2023

## Materias primas críticas (CRM)

Materias primas de gran importancia para la economía de la UE y cuyo suministro está asociado a un alto riesgo. Los dos parámetros principales: **Importancia económica (EI)** y **Riesgo de suministro (SR)** se utilizan para determinar la criticidad del material para la UE. La lista de MRC se establece en función de las materias primas que alcanzan o superan los umbrales de ambos parámetros.

## Materias primas estratégicas (SRM)

Materias primas importantes para las tecnologías que respaldan la doble transición verde y digital y los objetivos aeroespaciales y de defensa.

### Main results of the 2023 criticality assessment

The following 34 raw materials are proposed for the CRM list 2023:

2023 Critical Raw Materials ( <i>new CRMs in italics</i> )			
aluminium/bauxite	coking coal	lithium	phosphorus
antimony	<i>feldspar</i>	LREE	scandium
<i>arsenic</i>	fluorspar	magnesium	silicon metal
baryte	gallium	<i>manganese</i>	strontium
beryllium	germanium	natural graphite	tantalum
bismuth	hafnium	niobium	titanium metal
boron/borate	<i>helium</i>	PGM	tungsten
cobalt	HREE	phosphate rock	vanadium
		<i>copper*</i>	<i>nickel*</i>

2023 Critical Raw Materials ( <i>Strategic Raw Materials in italics</i> )			
aluminium/bauxite	coking coal	<i>lithium</i>	phosphorus
antimony	feldspar	<i>LREE</i>	scandium
arsenic	fluorspar	<i>magnesium</i>	<i>silicon metal</i>
baryte	<i>gallium</i>	<i>manganese</i>	strontium
beryllium	<i>germanium</i>	<i>natural graphite</i>	tantalum
<i>bismuth</i>	hafnium	niobium	<i>titanium metal</i>
<i>boron/borate</i>	helium	<i>PGM</i>	<i>tungsten</i>
<i>cobalt</i>	<i>HREE</i>	phosphate rock	vanadium
		<i>copper*</i>	<i>nickel*</i>

\* Copper and nickel do not meet the CRM thresholds, but are included as Strategic Raw Materials.

## TIERRAS RARAS (REE)

Se refiere a un conjunto de 15 elementos en la serie de los **Lantánidos y otros dos elementos: escandio e itrio**. El itrio se considera un elemento de tierras raras, ya que tiende a encontrarse en los mismos depósitos minerales que los lantánidos y presenta propiedades químicas similares. Sin embargo, el escandio no se considera como parte de los REE en el estudio porque sus propiedades no son lo suficientemente similares para clasificarlo como un elemento pesado de tierras raras o un elemento ligero de tierras raras. Los REE se subdividen típicamente en dos grupos, los elementos ligeros de tierras raras (LREE) y los elementos pesados de tierras raras (HREE), tanto por razones comerciales como por sus propiedades físico-químicas.

Los principales usos de los REE se encuentran en los sectores de automotores, telecomunicaciones y electrónica, así como en los sectores aeroespacial, de defensa y de energías renovables. Los REE encuentran usos en una gran variedad de aplicaciones relacionadas con sus propiedades magnéticas, catalíticas y ópticas.

**Tierras raras pesadas (HREE)** son parte de los elementos lantánidos y tienen pesos atómicos más altos (151,96 – 174,97) en comparación con las LREE. Se utilizan actualmente en algunas aplicaciones de nicho, que en su mayoría están relacionadas con sus propiedades ópticas (dopantes de láser, radiografía, etc.). Los HREE (10) cubiertos por el estudio incluyen **europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio, lutecio e itrio**.

**Tierras raras ligeras (LREE)** son parte de los elementos lantánidos y se caracterizan por pesos atómicos más bajos (138,91 – 150,36) en comparación con las HREE. Generalmente, los LREE son más abundantes en la corteza terrestre en comparación con los HREE. Se pueden usar en una amplia variedad de aplicaciones de acuerdo con los REE individuales y las especificidades regionales, pero en general se usan en sectores como catalizadores, metalurgia, vidrio/pulido e imanes. Los LREE (5) cubiertos por el estudio incluyen **lantano, cerio, praseodimio neodimio y samario**.

En **rojo**: elementos de tierras raras que se utilizan en **imanes permanentes**.

**Tabla periódica de los elementos**

1,00794 1 H Hidrógeno																	4,002602 2 He Helio	
6,941 3 Li Litio	9,012182 4 Be Berilio											10,811 5 B Boro	12,0107 6 C Carbono	14,0067 7 N Nitrógeno	15,9994 8 O Oxígeno	18,9984 9 F Flúor	20,1797 10 Ne Neón	
22,989768 11 Na Sodio	24,305 12 Mg Magnesio											26,981538 13 Al Aluminio	28,0855 14 Si Silicio	30,973762 15 P Fósforo	32,065 16 S Azufre	35,453 17 Cl Cloro	39,948 18 Ar Argón	
39,0983 19 K Potasio	40,078 20 Ca Calcio	44,95591 21 Sc Escandio	47,867 22 Ti Titanio	50,9416 23 V Vanadio	51,9962 24 Cr Cromo	54,93804 25 Mn Manganeso	55,845 26 Fe Hierro	58,93319 27 Co Cobalto	58,93319 27 Ni Níquel	63,546 29 Cu Cobre	65,38 30 Zn Zinc	69,723 31 Ga Galio	72,64 32 Ge Germanio	74,9216 33 As Arsénico	78,96 34 Se Selenio	79,904 35 Br Bromo	83,798 36 Kr Kriptón	
85,4678 37 Rb Rubidio	87,62 38 Sr Estroncio	88,90585 39 Y Itrio	91,224 40 Zr Zirconio	92,90638 41 Nb Niobio	95,96 42 Mo Molibdeno	98,906 43 Tc Tecnecio	101,07 44 Ru Rutenio	102,9055 45 Rh Rodio	106,42 46 Pd Paladio	107,8682 47 Ag Plata	112,41 48 Cd Cadmio	114,818 49 In Indio	118,71 50 Sn Estanio	121,76 51 Sb Antimonio	127,6 52 Te Telurio	126,9044 53 I Yodo	131,293 54 Xe Xenón	
132,9054 55 Cs Cesio	137,327 56 Ba Bario	57-71 Lantánidos		178,49 1 Hf Hafnio	180,9478 2 Ta Tantalio	183,84 3 W Tungsteno	186,207 4 Re Renio	188,906 5 Os Osmio	192,227 6 Ir Iridio	195,084 7 Pt Platino	196,9665 8 Au Oro	200,59 9 Hg Mercurio	204,3833 10 Tl Talio	207,2 11 Pb Plomo	208,9804 12 Bi Bismuto	209 13 Po Polonio	210 14 At Astato	223 15 Rn Radón
(223) 87 Fr Francio	(226) 88 Ra Radio	89-103 actinidos		(261) 1 Rf Rutherfordio	(262) 2 Db Dubnio	(264) 3 Sg Seaborgio	(264) 4 Bh Bohrio	(272) 5 Hs Hasio	(277) 6 Mt Meitnerio	(277) 6 Ds Darmstadtio	(277) 7 Rg Roentgenio	(285) 9 Cn Copernicio	(284) 10 Nh Nihonio	(289) 11 Fl Flerovio	(288) 12 Mc Moscovio	(289) 13 Lv Livermorio	(294) 14 Ts Teneso	(294) 15 Og Oganesón
138,9054 57 La Lantano	140,116 58 Ce Cerio	140,9076 59 Pr Praseodimio	144,242 60 Nd Neodimio	(145) 61 Pm Promecio	150,36 62 Sm Samario	151,964 63 Eu Europio	157,25 64 Gd Gadolinio	158,9253 65 Tb Terbio	162,5 66 Dy Disprosio	164,9303 67 Ho Holmio	167,259 68 Er Erbio	168,9342 69 Tm Tulio	173,054 70 Yb Iterbio	174,9668 71 Lu Lutecio				
(227) 89 Ac Actinio	232,038 90 Th Torio	231,038 91 Pa Protactinio	238,0289 92 U Uranio	(237) 93 Np Neptunio	(244) 94 Pu Plutonio	(247) 95 Am Americio	(247) 96 Cm Curcio	(251) 97 Bk Berkelio	(251) 98 Cf Californio	(252) 99 Es Einsteinio	(252) 100 Fm Fermio	(257) 101 Md Mendelevio	(262) 102 No Nobelio	(262) 103 Lr Lawrencio				

## METALES DEL GRUPO DEL PLATINO (PGM)

La evaluación cubre cinco metales del grupo del platino: **rutenio, rodio, paladio, iridio y platino**. Tienen propiedades físicas y químicas similares, tienden a encontrarse juntos y se asocian comúnmente con minerales de níquel y cobre. Los PGM generalmente se derivan de los mismos tipos de yacimientos minerales en los que se encuentran juntos, comúnmente en las mismas fases minerales. Por esta razón, se clasifican como coproductos, porque tienen que ser extraídos juntos. Raramente ocurren en forma nativa.

**Los PGM son altamente resistentes al desgaste, el deslustre, el ataque químico y las altas temperaturas.** Los PGM se consideran metales preciosos, como el oro y la plata. Todos los PGM, comúnmente aliados entre sí o con otros metales, pueden actuar como catalizadores que se aprovechan en una amplia gama de aplicaciones. El platino y el paladio tienen una gran importancia comercial, y el rodio le sigue en importancia. El uso principal de los PGM es en autocatálisis, pero otras aplicaciones importantes incluyen joyería, fabricación de productos químicos, refinación de petróleo y productos eléctricos.

**Tabla periódica de los elementos**

1,00794	1																	4,002602	2																
H																		He																	
Hidrógeno																		Helio																	
6,941	3	9,012182	4													10,811	5	12,0107	6	14,0067	7	16,9994	8	18,9984	9	20,1797	10								
Li		Be														B		C		N		O		F		Ne									
Litio		Berilio														Boro		Carbono		Nitrógeno		Oxígeno		Flúor		Neón									
22,98976	11	24,305	12													26,98153	13	28,0855	14	30,97376	15	32,065	16	35,453	17	39,948	18								
Na		Mg														Al		Si		P		S		Cl		Ar									
Sodio		Magnesio														Aluminio		Silicio		Fósforo		Azufre		Cloro		Argón									
38,9983	19	40,078	20	44,95591	21	47,867	22	50,9416	23	51,9962	24	54,93804	25	55,845	26	58,93319	27	58,9334	28	63,546	29	65,38	30	69,723	31	72,64	32	74,9216	33	78,96	34	79,904	35	83,798	36
K		Ca		Sc		Ti		V		Cr		Mn		Fe		Co		Ni		Cu		Zn		Ga		Ge		As		Se		Br		Kr	
Potasio		Calcio		Escandio		Titanio		Vanadio		Cromo		Manganeso		Hierro		Cobalto		Níquel		Cobre		Zinc		Galio		Arsénico		Selenio		Bromo		Kriptón			
85,4678	37	87,62	38	88,90585	39	91,224	40	92,90638	41	95,96	42	98,906	43	101,07	44	102,9055	45	106,42	46	107,8682	47	112,41	48	114,818	49	118,71	50	121,76	51	127,6	52	126,9044	53	131,293	54
Rb		Sr		Y		Zr		Nb		Mo		Tc		Ru		Rh		Pd		Ag		Cd		In		Sn		Sb		Te		I		Xe	
Rubidio		Estroncio		Itrio		Zirconio		Niobio		Moibdeno		Tecnecio		Rutenio		Rodio		Paladio		Plata		Cadmio		Indio		Estanio		Antimonio		Telurio		Yodo		Xenón	
132,9054	55	137,327	56	57-71		178,49	1	180,9478	2	183,84	3	186,207	4	190,23	5	192,217	6	195,084	7	196,9665	8	200,59	9	204,3833	10	207,2	11	208,9804	12	(210)	13	(210)	14	(220)	15
Cs		Ba		Lantánidos		Hafnio		Tantalio		Tungsteno		Renio		Osmio		Iridio		Platino		Oro		Mercurio		Talio		Pb		Bi		Po		At		Rn	
Cesio		Bario				Hafnio		Tantalio		Tungsteno		Renio		Osmio		Iridio		Platino		Oro		Mercurio		Talio		Pb		Bi		Po		At		Radón	
(223)	87	(226)	88	89-103		(261)	1	(262)	2	(264)	3	(264)	4	(277)	5	(288)	6	(271)	7	(272)	8	(285)	9	(284)	10	(289)	11	(288)	12	(292)	13	(294)	14	(294)	15
Fr		Ra		actínidos		Rf		Db		Sg		Bh		Hs		Mt		Ds		Rg		Cn		Nh		Fl		Mc		Lv		Ts		Og	
Francio		Radio				Rutherfordio		Dubnio		Seaborgio		Borio		Hasio		Mitserio		Darmstadtio		Roentgenio		Copernicio		Nihonio		Flerovio		Moscovia		Oganesón					
138,9054	57	140,116	58	140,9076	59	144,242	60	(145)	61	150,36	62	151,964	63	157,25	64	158,9253	65	162,5	66	164,9303	67	167,259	68	168,9342	69	173,054	70	174,9668	71						
Lantano		Cerio		Praseodimio		Neodimio		Prometio		Samario		Eurobio		Gadolinio		Terbio		Disprosio		Holmio		Erbio		Tulio		Iterbio		Lutecio							
(227)	89	232,038	90	231,038	91	238,0289	92	(227)	93	(244)	94	(243)	95	(247)	96	(247)	97	(251)	98	(262)	99	(257)	100	(258)	101	(259)	102	(262)	103						
Actinio		torio		Protactinio		Uranio		Neptunio		Plutonio		Americio		Curio		Berkelio		Californio		Einsteinio		Fermio		Mendelevio		Noelio		Lawrencio							

# Evolución de la lista de Materias Primas Críticas de la UE



Materia Prima Crítica (CRM)



Materia Prima Estratégica (SRM)

	2011 14 / 41	2014 20 / 54	2017 27 / 78	2020 30 / 83	2023 34 / 70
Antimony		(Stibium)			
Beryllium					
Cobalt		(Cobaltium)			
Fluorspar		(Fluorite)			
Gallium					
Germanium					
Indium					
Magnesium					
Natural Graphite	(Graphite)				
Niobium					
Platinum group metals					
Tantalum					
Tungsten		(Wolfranium)			
Rare Earths	REE	HREE LREE	HREE LREE	HREE LREE	HREE LREE REE (magnets)
Borate					Boron/Borate
Coking Coal					
Chromium					
Magnesite					
Phosphate Rock					
Silicon metal		(Silicium)			
Vanadium					
Baryte					
Bismuth					
Hafnium					
Helium					
Natural rubber					
Phosphorus					
Scandium					
Aluminium/Bauxite				(Bauxite)	
Lithium					
Strontium					
Titanium metal				(Titanium)	
Arsenic					
Feldspar					
Manganese					
Copper					
Nickel					

## **U.S. Geological Survey, Department of the Interior.**

La lista final de minerales críticos de 2022 incluye los siguientes 50 minerales:

### **2022 Final List of Critical Minerals. U.S. Geological Survey, Department of the Interior.**

<b>Aluminio</b>	<b>Disproσιο</b>	<b>Hafnio</b>	<b>Manganeso</b>	<b>Samario</b>
<b>Antimonio</b>	<b>Erbio</b>	<b>Holmio</b>	<b>Neodimio</b>	<b>Tantalio</b>
<b>Arsénico</b>	<b>Escandio</b>	<b>Indio</b>	<b>Níquel</b>	<b>Telurio</b>
<b>Baritina</b>	<b>Estaño</b>	<b>Iridio</b>	<b>Niobio</b>	<b>Terbio</b>
<b>Berilio</b>	<b>Europio</b>	<b>Iterbio</b>	<b>Paladio</b>	<b>Tulio</b>
<b>Bismuto</b>	<b>Fluorita</b>	<b>Itrio</b>	<b>Platino</b>	<b>Titanio</b>
<b>Cerio</b>	<b>Gadolinio</b>	<b>Lantano</b>	<b>Praseodimio</b>	<b>Tungsteno</b>
<b>Cesio</b>	<b>Galio</b>	<b>Litio</b>	<b>Rodio</b>	<b>Vanadio</b>
<b>Cobalto</b>	<b>Germanio</b>	<b>Lutecio</b>	<b>Rubidio</b>	<b>Zinc</b>
<b>Cromo</b>	<b>Grafito</b>	<b>Magnesio</b>	<b>Rutenio</b>	<b>Zirconio</b>

# USOS PRINCIPALES DE LOS MINERALES CRÍTICOS (U.S. Geological Survey)

ALUMINIO	Casi todos los sectores de la economía.
ANTIMONIO	Baterías de plomo-ácido y retardantes de llama
ARSÉNICO	Semiconductores
BARITA	Producción de hidrocarburos.
BERILIO	Agente de aleación en las industrias aeroespacial y de defensa.
BISMUTO	Investigación médica y atómica.
CERIO	Convertidores catalíticos, cerámica, vidrio, metalurgia y compuestos para pulir
CESIO	Investigación y desarrollo.
BERILIO	Principalmente en acero inoxidable y otras aleaciones
COBALTO	Baterías recargables y superaleaciones
DISPROSIO	Imanes permanentes, dispositivos de almacenamiento de datos y láseres
ERBIO	Fibra óptica, amplificadores ópticos, láseres y colorantes de vidrio
EUROPIO	Fósforos y barras de control nuclear
ESPATO FLUOR	Fabricación de productos químicos de aluminio, cemento, acero, gasolina y flúor
GADOLINIO	Imágenes médicas, imanes permanentes y fabricación de acero.
GALIO	Circuitos integrados y dispositivos ópticos como LED
GERMANIO	Fibra óptica y aplicaciones de visión nocturna.

MAGNESIO	Aleación y para reducir metales.
MANGANESO	Fabricación de acero y baterías.
NEODIMIO	Imanes permanentes, catalizadores de caucho y láseres médicos e industriales
NÍQUEL	Acero inoxidable, superaleaciones y baterías recargables.
NIOBIO	Principalmente en acero y superaleaciones.
PALADIO	Convertidores catalíticos y como agente catalizador
PLATINO	Convertidores catalíticos
PRASEODIMIO	Imanes permanentes, baterías, aleaciones aeroespaciales, cerámica y colorantes
RODIO	Convertidores catalíticos, componentes eléctricos y como catalizador.
GRAFITO	Lubricantes, baterías y celdas de combustible.
HAFNIO	Barras de control nuclear, aleaciones y cerámicas de alta temperatura.
HOLMIO	Imanes permanentes, barras de control nuclear y láseres
INDIO	Pantallas de visualización de cristal líquido
IRIDIO	Recubrimiento de ánodos para procesos electroquímicos y como catalizador químico.
LANTANO	Catalizadores, cerámica, vidrio, compuestos para pulir, metalurgia y baterías.
LITIO	Baterías recargables
LUTECIO	Centelleadores para imágenes médicas, electrónica y algunas terapias contra el cáncer.

RUBIDIO	Investigación y desarrollo en electrónica.
RUTENIO	Catalizadores, así como contactos eléctricos y resistencias de chip en computadoras.
SAMARIO	Imanes permanentes, como absorbente en reactores nucleares y en tratamientos contra el
ESCANDIO	Aleaciones, cerámicas y pilas de combustible.
TANTALIO	Componentes electrónicos, principalmente condensadores y en superaleaciones.
TELURIO	Celdas solares, dispositivos termoeléctricos y como aditivo de aleación.
TERBIO	Imanes permanentes, fibra óptica, láseres y dispositivos de estado sólido
TULIO	Varias aleaciones de metales y en láseres
ESTAÑO	Recubrimientos protectores y aleaciones para acero.
TITANIO	Pigmento blanco o aleaciones metálicas.
TUNGSTENO	Principalmente para fabricar metales resistentes al desgaste
VANADIO	Principalmente como agente de aleación para hierro y acero.
ITERBIO	Catalizadores, centelleómetros, láseres y metalurgia
ITRIO	Cerámica, catalizadores, láseres, metalurgia y fósforos
ZINC	Principalmente en metalurgia para producir acero galvanizado.
ZIRCONIO	Cerámicas de alta temperatura y aleaciones resistentes a la corrosión

# COMPARACIÓN UE / USA

UE	UE & USA			USA
<p><b>Boron</b></p> <p><b>Coking Coal</b></p> <p><b>Copper</b></p> <p><b>Feldspar</b></p> <p><b>Helium</b></p> <p><b>Phosphate Rock</b></p> <p><b>Phosphorus</b></p> <p><b>Silicon metal</b></p> <p><b>Strontium</b></p>	<p><b>Aluminium</b></p> <p><b>Antimony</b></p> <p><b>Arsenic</b></p> <p><b>Baryte</b></p> <p><b>Beryllium</b></p> <p><b>Bismuth</b></p> <p><b>Cobalt</b></p> <p><b>Fluorspar</b></p> <p><b>Gallium</b></p>	<p><b>Germanium</b></p> <p><b>Hafnium</b></p> <p><b>HREE</b></p> <p><b>Lithium</b></p> <p><b>LREE</b></p> <p><b>Magnesium</b></p> <p><b>Manganese</b></p> <p><b>Natural Graphite</b></p> <p><b>Nickel</b></p>	<p><b>Niobium</b></p> <p><b>Platinum group metals</b></p> <p><b>Scandium</b></p> <p><b>Tantalum</b></p> <p><b>Titanium metal</b></p> <p><b>Tungsten</b></p> <p><b>Vanadium</b></p>	<p><b>Cesium</b></p> <p><b>Indium</b></p> <p><b>Rubidium</b></p> <p><b>Tellurium</b></p> <p><b>Tin</b></p> <p><b>Zinc</b></p>

# Minerales y Metales Críticos y Estratégicos. Análisis de Situación y Metodología de Clasificación para la República Argentina



## Minerales, de gran importancia por transición energética Redacción Economía Bogotá, Colombia. Julio 11, 2022

Cuando se habla de extractivismo casi siempre en Colombia se piensa en carbón, oro o algunas piedras preciosas. Sin embargo, existen ciertos materiales que por su necesidad estratégica adquieren una mayor relevancia, sobre todo en este momento en que el país incursiona en la transformación energética. En Colombia, la resolución 18102 del 30 de enero de 2012 estableció 11 minerales como estratégicos para el país, en virtud de su importancia para el desarrollo socioeconómico.



# CAPÍTULO III: EL CASO DE CHILE



## RECOMENDACIONES PARA CHILE

### 1. Rol del Estado

- Levantamiento inicial para propiciar entrada de empresas privadas o empresa de tierras raras con participación estatal
- Estado resguardaría su capital y entregaría las bases óptimas tanto para desarrollar la industria, como también, para incentivar a los privados a invertir y compartir la carga
- Estado – principal habilitador de una eventual industrialización:
  - Establecer una estrategia de exploración
  - Invertir en el proceso de exploración con la articulación público-privada
  - Entregar información valiosa y pertinente para la explotación de las tierras raras (datos, delimitación de terreno, análisis de terreno, datos de calidad, posible alcance a la explotación de los yacimientos, etc.)
  - Habilitar las inversiones estableciendo estándares laborales y medioambientales (dada la información entregada, los privados o una empresa estatal interesada inviertan)
  - Distribuir riesgos monetarios
  - Abrir las ventanas de cooperación no solo con empresas locales, sino que también hacia el mercado exterior, considerando a otros países como inversionistas

## CONCLUSIONES

- Chile tiene oportunidades para explorar, extraer y desarrollar una industria de tierras raras, pero esto involucra un proceso de largo plazo donde se requieren equilibrar múltiples variables como la minera, económica, ambiental y geopolítica.
- Desafíos principales:
  - Sin exploración no se puede avanzar en una estrategia nacional
  - Factibilidades medioambientales para abrir una nueva industria minera
  - Concentración del mercado de las tierras raras
  - Actores internacionales siguen demandando tierras raras, pero al no encontrar proveedores se intensificará la búsqueda de sustitutos a las tierras raras.
  - El impacto geopolítico puede abrir espacio para la cooperación y transferencia de tecnología para los países que tienen reservas

## Especial técnico: Plan de acción para desarrollar la minería no metálica y los minerales críticos en Chile

12 abril, 2021



"Chile tiene hoy la oportunidad única de poner en marcha un Plan de Acción para fomentar y desarrollar tanto la minería no metálica como también prospectar y explotar nuevos minerales críticos y poder generar nueva riqueza minera para Chile, en un plazo breve de 3 a 4 años".

*Por Leonidas Osses, ingeniero Civil Químico, diplomado en Derecho Minero y Ambiental, académico y especialista en salares y minería no metálica.*

El Plan de Acción aquí planteado se basa en las siguientes etapas:

1° Acordar un acuerdo con Codelco, Sernageomin, Enami y CORFO para realizar un catastro de pertenencias mineras para ser estudiadas – principalmente del sector no-metálico o mixtas – y luego ser licitadas con proyecciones de inversiones a corto plazo.

2° Formar un Comité de Fomento a la Minería No-Metálica y Minerales Críticos, sea bajo la tutela del Ministerio de Minería o de CORFO. Constará con un Directorio formado por un representante ejecutivo de CODELCO, CORFO, ENAMI, CCHEN, MINISTERIO DE MINERIA. Se nombrará un Secretario Ejecutivo ó Gerente General que dirija este Comité y que deberá tener la aprobación general del Directorio.

3° Formar un equipo de profesionales ( Ing. Químicos, Ing. De Minas , Geólogos) en total 10 a 12 personas , con experiencia general en recursos mineros No-Metálicos, pero especialistas en alguna área: minera, procesos químicos, estimación de reservas mineras; seguridad minera y medio ambiente; especialista en estudios técnico-económicos y mercados. El éxito de este Comité dependerá sin duda del equipo de profesionales que se forme para así tener resultados en un periodo de 3 a 5 años. Las ventajas de la Informática, la Computación, Internet presentes hoy día, sin duda debieran acortar los tiempos de estudios en relación a los plazos del Comité de Sales Mixtas.

4° Iniciar la actividad de este Comité en las Regiones en las cuales hay déficit e inexistencias de estudios y proyectos de minería no-metálica y en las pertenencias mineras que ofrezcan CODELCO, ENAMI , CORFO y SERNAGEOMIN para su estudio. Chile tiene hoy la oportunidad única de poner en marcha un Plan de Acción para fomentar y desarrollar tanto la MINERIA NOMETALICA como también prospectar y explotar nuevos MINERALES CRÍTICOS y poder generar nueva riqueza minera para Chile, en un plazo breve de 3 a 4 años.

DOCTRINA

**Incentivos jurídico-económicos a la minería  
y procesamiento local de tierras raras**

*Legal-economic incentives for mining and local processing of rare earths*

Rafael Plaza Reveco   
Universidad de Chile

## Minería de tierras raras, ¿existe una oportunidad económica para Chile?

Antes de 2016, la minería de tierras raras era simplemente desconocida en Chile. Entonces, el Plan Nacional de Geología del Servicio Nacional de Geología y Minería las incluyó en sus análisis de geoquímica de suelos. El Estado ha reconocido un potencial geológico de estos minerales en la Cordillera de la Costa de las regiones de Atacama y Biobío. Gracias a ello, se ha logrado recolectar información sobre estos elementos en el país, existiendo a la fecha solo cuatro iniciativas vinculadas: el proyecto privado BioLantánidos, en la localidad de El Cabrito, comuna de Penco, en la Región del Biobío; y otras tres, que son simples prospecciones mineras, en Sierra Áspera, Cerro Carmen y Veracruz, todas en la costa de la Región de Atacama, pertenecientes a la Empresa Nacional de Minería y a la Comisión Chilena de Energía Nuclear. De las cuatro, solo la primera contempla la extracción y procesamiento piloto de concentrados de tierras raras y es la única ingresada al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, aunque con calificación pendiente

### Chile. Seguridad jurídica, investigación y desarrollo, y economía circular

Reconocidas las potenciales reservas de nuestro país, la oportunidad económica que supone explotar tierras raras y la cuota de responsabilidad que cabe a la parálisis normativa, ¿cómo alentar — entonces— el desarrollo de esta minería en Chile?

### Conclusiones

Es posible concluir que el objetivo de interés público resulta —en realidad— potenciado bajo el régimen de gestión minera de concesiones administrativas de sustancias no concesibles. Esto, porque una vez consideradas las tierras raras de valor estratégico, crítico o de importancia para la seguridad nacional, justifican priorizar el bien común sobre el particular. Este régimen minero es, entonces, el que esta investigación postula más apto para asegurar un balance apropiado entre la gestión sostenible de un recurso en último término agotable frente a la búsqueda del bien común.

**COCHILCO**

COMISIÓN CHILENA DEL COBRE  
Dirección de Estudios y Políticas Públicas

**Antecedentes para una Política Pública en  
Minerales Estratégicos: Litio  
(DE/12/09)**

## **Resumen Ejecutivo**

El litio se ha convertido en un mineral de enorme interés a nivel mundial. El uso extensivo de baterías recargables para un conjunto de aplicaciones ha presionado para un rápido crecimiento de la demanda por carbonato de litio.

Chile, por su parte, cuenta con las mayores reservas a nivel mundial. Actualmente, lidera la producción de carbonato de litio, con el 58% de participación de mercado.

En estas condiciones, y previendo un incremento futuro cada vez más acelerado de la demanda por el litio, se requiere un activo rol de las políticas públicas que permitan al país, aprovechar las ventajas comparativas con las que cuenta para la explotación y desarrollo de la minería del litio.

En este sentido, la actualización tanto de la información geológica de los salares del país, como de las pertenencias existentes en los mismos, son requisitos básicos para que el Estado pueda tomar decisiones con respecto al desarrollo futuro de la minería del litio, en el entendido además, que la actual legislación señala al litio no susceptible de concesión y de estar reservado a favor del Estado.

Por otra parte, la zona norte del país hace parte de lo que internacionalmente se ha llamado “el triángulo del litio”, por concentrar cerca del 85% de las reservas conocidas de este mineral. Esta condición geográfica puede ser altamente aprovechada en la perspectiva del desarrollo de un cluster del litio en la zona norte del país, ya sea a nivel nacional, como también desde una perspectiva de integración económica con los países vecinos.

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

Chile,  
minería más allá del cobre

Cristian Cifuentes G.  
Coordinador de Estudios y Políticas Públicas  
Comisión Chilena del Cobre

Chile en marcha

40 años de prestigio y tradición minera  
SIMIN 2019

## Potencial de desarrollo del litio



Proyecto	Dueño	Ubicación	Etapas desarrollo
Pedernales	CORFO	Salar de Pedernales	Codelco partnership
Francisco Basin	MGX Minerals	Laguna del Negro Francisco	Target Outline
Coipasa	Lithium Chile	Salar de Coipasa	Early Exploration
Turi	Lithium Chile	Salar de Turi	Early Exploration
Helados	Lithium Chile	Salar de Helados	Exploration
Talar	Lithium Chile	Salar de Talar	Early Exploration
Ollague	Lithium Chile	Salar de Ollague	Target Outline
Atacama	Lithium Chile	Salar de Atacama	Exploration
Aguas Calientes	Lithium Chile	Salar de Aguas Calientes	Early Exploration
Purickuta	Lithium Chile	Laguna Chaxa	Suspended
Avispa	Montero Mining & Exploration	Región de Atacama	Early Exploration
Salares 7	Tianqi Lithium	Salar de la Isla, Las Paríñas, Aguilar, otros	Early Exploration
Laguna Verde	Wealth Minerals/ Enami	Salar Laguna Verde	Early Exploration
Trinity	Wealth Minerals	Salares de Aguas Calientes y Quisquero	Early Exploration
Atacama	Wealth Minerals	Salar de Atacama	Early Exploration

En Chile existen alrededor de 60 salares, donde varios contienen boro en fase sólida (Surire, Ascotán, Aguas Calientes) y sales de litio y potasio (La Isla, Loyoques o Quisquero, Pujsa).

- **Potencial alto:** Maricunga, Pedernales, Pajonales, Aguas Calientes Centro, La Isla.
- **Potencial medio:** Tara, Loyoques o Quisquero, Aguilar, Paríñas.

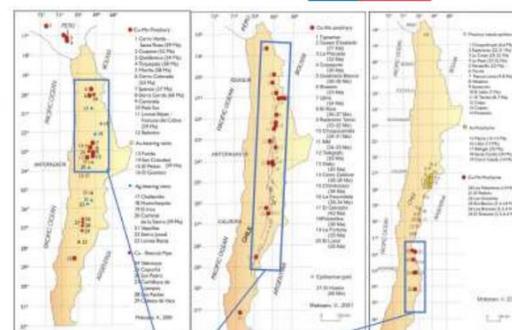


www.simin.cl

## Potencial geológico



- Cobalto y minerales de cobalto presentan afinidad por sulfuros de cobre, níquel, arsénico y hierro, comúnmente en asociaciones minerales en yacimientos hidrotermales.
- Dada la afinidad de cobalto por cobre, arsénico y hierro, y basados en la evolución metalogénica de Chile, todos los yacimientos y hierro pudieran tener potencial por sulfuros/arseniuros de cobalto, en particular aquellos muy ricos en arsénico.
- Los principales blancos para evaluar potencial subproducto cobalto son los yacimientos del tipo IOCG, seguidos por los IOA y en menor medida, pórfidos cupríferos.
- En estos yacimientos cobalto debiera ser evaluado como un potencial crédito, muy dependiente de mineralogía y metalurgia.



Potencial cobalto a evaluar como subproducto

Fuente: "Recursos Minerales de Cobalto en Chile, potencial minero y de exploración", B. Townley, A. Díaz y R. Luca, Mining Technology Center, Univ. de Chile

www.simin.cl



## Comentarios finales



### Oportunidades de mercado

- **Litio:** hay suficiente oferta esperada para satisfacer la demanda, siempre que los nuevos proyectos y expansiones no se retrasen más.
- **Cobalto:** el suministro actual y futuro depende en gran medida de jurisdicciones de alto riesgo. Al mismo tiempo, los cambios tecnológicos en las composiciones catódicas podrían afectar significativamente los requisitos de cobalto.
- **Tierras raras:** La concentración de la oferta (China), sumado a las complicaciones existentes entre los principales consumidores/productores de este tipo de minerales (China – EE.UU.), hace necesario explorar oportunidades de diversificación de actores en el mercado.

En general, la electromovilidad es un gran desafío y una oportunidad para la producción de litio, cobalto y tierras raras, y Chile tiene las condiciones geológicas, políticas y económicas para convertirse en un actor clave en cada uno de esos metales

www.simin.cl





## ESTADO DEL ARTE Y POTENCIALES RECURSOS CO Y MN EN CHILE

*Brian Townley, Alejandro Díaz y Rodrigo Luca*

Advanced Mining Technology Center (AMTC)  
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas  
Universidad de Chile

Diciembre 2017



### Objetivos

El objetivo general de este informe es proveer una visión global de los potenciales recursos existentes en Chile, en particular enfocado en las regiones de Atacama, Coquimbo y Metropolitana, por cobalto y manganeso.

Los objetivos específicos de este informe son:

- Presentar los antecedentes históricos al respecto de la explotación pasada de cobalto y manganeso en Chile.
- Describir las características minerales de ocurrencia de estos metales, los ambientes geológicos en los cuales ocurren, y la factibilidad minera y metalúrgica de recuperación según tipo de ocurrencia.
- Describir los ambientes tectónicos, magmáticos y metalogénicos en los cuales existe mayor potencialidad de ocurrencia de estos metales, ya sea como yacimientos de mena primaria, o yacimientos en los cuales estos metales pudieran representar un subproducto relevante. En base a esto y a información existente, evaluar también los posibles recursos que pudieran existir y ser recuperados en forma económica en depósitos de relaves.
- Describir y evaluar algunos de los distritos mineros históricos más relevantes de explotación de estos metales en Chile, revisión de datos de recurso y producción pasada y estimación de los potenciales recursos geológicos remanentes.
- En base a la ocurrencia mineral preponderante en yacimientos antiguos conocidos, evaluación de los procesos de tratamiento y recuperación metalúrgica de estos metales y análisis de factibilidad técnico – económica de recuperación respecto de otros productores internacionales.

## Metales críticos: ¿Cuáles son las oportunidades para Chile?

Por [Olivia Mejías, MSc](#) y [Javier Quevedo](#), Geólogos Investigadores en SMI-ICE-Chile

Chile es reconocido como el productor del 28,5% del cobre mundial, con alrededor del 5.7 millones de toneladas métricas[1], y del 22% del litio mundial, con cerca de 18 mil toneladas métricas[2]. Sin embargo, los depósitos minerales chilenos ofrecen mucho más, y la atención ha comenzado a enfocarse en otros metales y minerales alojados en recursos primarios (depósitos minerales) y secundarios (desechos mineros). Chile tiene una larga historia minera, siendo explotados principalmente cobre, hierro, oro y molibdeno. Esto ha significado que, y de acuerdo con la actualización del Catastro Nacional de Depósitos de Relaves del Sernageomin (Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile) de agosto de 2020, indica que actualmente en Chile existen un total de 757 depósitos de relaves, de los cuales 112 están activos, 467 inactivos, 173 abandonados y 5 están en construcción. Ambos, la industria y la sociedad están conscientes de los potenciales riesgos que presentan los depósitos de relaves, y que éstos requieren una gestión y monitoreo continuo. Sin embargo, también son potenciales recursos para suplementar la demanda de metales críticos. Actualmente, el desafío en Chile es tener suficiente conocimiento y aplicarlo a la recuperación de metales críticos desde un punto de vista de minería sostenible.

### **Un equipo colaborativo**

El área de investigación en geología y procesamiento de minerales en SMI-ICE-Chile ha obtenido experiencia valiosa sobre los metales críticos en años recientes. A través de estudios aplicados al cobalto presente en depósitos IOCG en proyectos realizados con grandes empresas mineras, tesis de investigación y prácticas profesionales, al igual que investigación realizada internamente. Estos proyectos han incluido análisis de datos exploratorios (EDA, por sus siglas en inglés) utilizando resultados de muestras que han sido sometidas a análisis geoquímicos, análisis mineralógicos (XRD, SEM, MLA-SEM), geoquímica mineral (LA-ICP-MS), y pruebas metalúrgicas (pruebas de molienda y flotación). Debido a la demanda, los metales críticos serán solicitados mundialmente en las próximas décadas, y es importante incentivar su entendimiento, conocimiento, y aplicabilidad de su recuperación metalúrgicas desde los depósitos primarios y secundarios chilenos, atrayendo nuevas oportunidades de commodities más allá del cobre. SMI-ICE-Chile en colaboración con SMI-UQ están evaluando proyectos enfocados en el potencial de la extracción de metales críticos como subproducto de minas existentes y nuevas.



El litio es un **mineral esencial** para la sociedad que viene, para **combatir el cambio climático** e **impulsar la electromovilidad**. Todos queremos que Chile obtenga el **máximo provecho del litio**. Y para lograrlo no hay un solo camino, sino **distintos esfuerzos que se complementan para lograr el desarrollo de esta industria** y así utilizar el litio en beneficio de todos los chilenos.

## Claves para entender este proceso

### 1. Transición energética

El litio es clave para frenar el cambio climático y tenemos las mayores reservas del mundo. Pero por años hemos sido incapaces de lograr una visión común para desarrollar la industria y satisfacer una demanda que se cuadruplicará al 2030. Mientras seguimos discutiendo, otros países están haciendo su contribución para frenar el calentamiento global.

### 3. Crecimiento

Hasta 2016 Chile era el mayor productor mundial, con un 37% del mercado. Pero hoy caímos al 31% y hemos sido superados por Australia. Si no logramos aumentar la producción, al 2030 habremos caído al 17%.

### 5. Nuevas iniciativas

Las **2 cuotas que se adjudicaron** por un total de 160.000 toneladas de LME, representan el **1,8% de las reservas conocidas de litio en nuestro país**. La entrada de ambas compañías permitirá aumentar el dinamismo de la industria local de litio para que Chile recupere su posición en la escena mundial.

### 7. Precio actual

El Estado recibirá, sin considerar los pagos futuros por producción, **US\$ 121 millones** por estas dos cuotas.

### 9. Proyecto público

Una de las metas de la Política Nacional Minera 2050 es **aumentar la producción a 380.000 toneladas de carbonato de litio al año 2030**.

### 2. Retomar el liderazgo

El objetivo de la licitación es que los socios estratégicos que se busca atraer para la producción del litio, **apuesten por soluciones tecnológicas que permitan generar una producción responsable y sustentable**, en línea con los objetivos planteados en el anteproyecto de la Política Nacional Minera 2050, presentada en agosto de 2021.

### 4. Mineral estratégico

La licitación mantiene al litio como un mineral **estratégico no concesible**. En este proceso, se invitó a empresas como **socios del Estado**, para **invertir recursos y explotarlo**. Además, **no impide la creación de una empresa nacional del litio**.

### 6. Nuevos actores

Permite el acceso de nuevos actores, ya que **hace casi 30 años son los mismos**, y la licitación busca romper esa inercia. Se suma a la que están haciendo con Corfo las compañías existentes y a los esfuerzos que desde 2018 está haciendo Codelco para producir litio.

### 8. Desarrollo sostenible

Se busca un desarrollo sostenible: **los proyectos deberán someterse a la institucionalidad ambiental y obtener todos los permisos necesarios para operar**, cuidando el medioambiente, y en armonía con las comunidades locales.

### 10. Cambio climático

La oportunidad que presenta el crecimiento de este mercado y la necesidad de fortalecer la posición estratégica de Chile llevó a que **durante este Gobierno se trabajara —a través del Ministerio de Minería— un marco de acción** para aumentar la producción de litio.



Acerca del Senado ▾

Sala de Sesiones ▾

Comisiones ▾

Usted está en: [Inicio](#) / [Noticias](#) / [Litio](#)

## Creación de la Empresa Nacional del Litio: el desafío legislativo que viene

La Comisión de Minería acordó realizar una sesión adicional para conocer mayores antecedentes e incluso realizar una jornada en la región de Antofagasta, donde está el mayor depósito salino del país

11 de junio de 2022

NEGOCIOS

## Agenda del litio, desarrollo regional e inserción en mercado bursátil: los planes de Corfo para 2023

En Radio Pauta, el vicepresidente de Corfo, José Miguel Benavente, adelantó que "en unos días más" el Presidente Boric anunciará la política nacional del litio. Además, señaló que la gestión industrial tiene como foco "el desarrollo de encadenamientos productivos asociado a cambios de matriz energética".

POR EQUIPO PAUTA | LUNES 10 DE ABRIL DE 2023

## A iniciativa de un grupo de profesionales se crea el Centro de Estudios de Minerales Estratégicos y Críticos de Chile.



El 22 de noviembre de 2022 se efectuó la asamblea de constitución del **Centro de Estudios de Minerales Estratégicos y Críticos de Chile (CEMEC)**, corporación de derecho privado conformada por un grupo de profesionales de larga trayectoria en geología y minería, la que abordará la gestión del conocimiento, en toda la cadena de valor, de los denominados minerales críticos y estratégicos, de manera de aportar al desarrollo económico del país. Para ello, sus socios fundadores se han planteado el desafío de coordinar y efectuar estudios científicos y aplicados con diversas entidades públicas o privadas, para iniciar un levantamiento y caracterización de los recursos de dichos minerales y sus proyecciones de uso por la industria nacional.

La asamblea, realizada en una notaría de Santiago, contó con la participación de nueve socios en forma presencial y cuatro en forma telemática, ya que residen en regiones o temporalmente en el extranjero. El Directorio de la nueva corporación quedó conformado por Pilar Troncoso (Directora), José Cabello (Presidente), Gladys Hernández (Tesorera) Patricio Cuadra (Secretario) y Alvaro Puig (Vicepresidente).



Lunes, 10 de Abril de 2023

REVISTA  
**nme**  
Nueva Minería y Energía

INICIO | QUIENES SOMOS | PAUTA ANUAL | SUSCRIPCIÓN | PUBLICIDAD | CONTACTO



MINERÍA | ENERGÍA | INTERNACIONAL | INDUSTRIA | EDICIÓN IMPRESA | DESTACADOS | OPINIÓN | EDICIONES REVISTAS | IMÁGENES

HPGR Pro

INDUSTRIA

### CEMEC, Centro de Estudios de Minerales Estratégicos y Críticos de Chile

29 marzo, 2023



El nuevo organismo busca abordar la gestión de estos recursos esenciales.

El cambio climático y la supervivencia de la humanidad ha llevado a diversas organizaciones internacionales y nacionales a exigir una urgente transición energética basada, hasta ahora, en combustibles fósiles a una de avanzada tecnología que demande el uso de cierto tipo de minerales que denominados, hasta ahora, secundarios o subproductos han pasado a un estatus superior llamándolos estratégicos y críticos. Estos minerales, estratégicos, para los países y continentes que los tienen, y críticos, para aquellos países que no cuentan con un abastecimiento seguro de ellos, son muy inusuales en la naturaleza desde el punto de vista de su distribución especial y desde el punto de vista de sus bajos contenidos pero muy valiosos por sus características intrínsecas a ellos.

Con los problemas geopolíticos actuales, con las amenazas y temores entre los grandes centros de poder, varias regiones y países (USA, China, la UE, el Reino Unido, y otros) están arduamente trabajando en estos temas y Chile, depositario de una gran cantidad de diferentes minerales y metales, no puede estar ajeno a los avances en el mayor conocimiento, la innovación, quebreros tecnológicos, usos, y futuro de estos minerales en el país.

Con la idea de suñar un grupo de profesionales, en particular del área geológico-minera, metalúrgica, medio-ambiental, economistas del área de los mercados internacionales, representantes de instituciones públicas y privadas, hemos decidido formar un centro de análisis e iniciativas para los minerales estratégicos y críticos de nuestro país: CEMEC, Centro de Estudios de Minerales Estratégicos y Críticos de Chile.

Revista Abril 2023



Versión PDF Versión Digital



MAS LEIDOS



El **Centro de Estudios Minerales Estratégicos y Críticos de Chile** es una Corporación de Derecho Privado, sin fin de lucro, que tiene como objetivo la coordinación, ejecución, promoción y divulgación de actividades, estudios, proyectos y programas que tiendan a impulsar y fortalecer la investigación y desarrollo, la innovación y nuevas tecnologías en el ámbito del conocimiento, **en toda la cadena de valor**, de los denominados **minerales críticos y estratégicos** en el país, con el fin último de aportar al desarrollo económico de éste en una perspectiva sustentable y de beneficios para la sociedad.

CEMEC tiene su domicilio en la ciudad de Santiago, Región Metropolitana, sin perjuicio de poder desarrollar sus actividades en otros puntos del país y del extranjero, su duración será indefinida, y el número de sus socios será ilimitado.

Podrán ser socios del Centro todos los profesionales y egresados de carreras que estén relacionadas con la investigación, fomento, comercialización, desarrollo, innovación y difusión de los minerales críticos y estratégicos del país.

La Corporación pretende ser una **instancia de encuentro** entre profesionales, instituciones y empresas públicas y privadas en torno al tema de los minerales estratégicos y críticos de Chile y países vecinos, promoviendo y desarrollando actividades tales como:

- **Reunir a académicos, investigadores y profesionales que se desempeñen en actividades relacionadas con los minerales críticos y estratégicos en Chile y en el extranjero.**
- **Investigación y desarrollo de actividades relacionadas con la exploración, el conocimiento científico, aplicaciones y la evaluación de potenciales recursos y reservas de minerales críticos y estratégicos en el país.**

- **Identificar potenciales productos en línea con las necesidades de minerales críticos y estratégicos y de alto valor agregado, que orienten las proyecciones de la industria minera del país.**
- **Asesorar a instituciones públicas o privadas en la elaboración de políticas, planes, proyectos y acciones que ayuden o favorezcan al desarrollo e implantación de una minería virtuosa, inclusiva y sustentable de minerales críticos y estratégicos.**
- **Organizar, promover y coordinar todo tipo de eventos y actos, como jornadas, congresos, cursos, seminarios, simposios y cualquier tipo de reunión de ámbito nacional e internacional, en materias relacionadas con los fines del Centro.**
- **Ejecutar proyectos, asesorías, estudios o investigaciones específicas relacionadas con la exploración y evaluación de recursos y reservas de minerales críticos y estratégicos que le encomienden personas jurídicas de derecho público o de derecho privado, nacionales o extranjeras.**
- **Mantener un repositorio digital actualizado de información proveniente de su propia actividad como de otras fuentes autorizadas en materias de interés para los fines del Centro.**
- **Establecer redes de cooperación a nivel nacional e internacional para la planificación y ejecución de estudios científicos en conjunto, recomendar y apoyar estudios de investigadores y estudiantes de pre y posgrado en el territorio Andino.**
- **Realizar, patrocinar y promover actividades de difusión a través de los medios de comunicación social.**
- **Mantener una constante comunicación e intercambio de información, con otras personas naturales y jurídicas especializadas en materias relacionadas con el objeto de la Corporación, ya sean nacionales o extranjeras.**
- **Asesorar a los organismos estatales en la creación y desarrollo de estímulos a la investigación en el ámbito de los minerales críticos y estratégicos.**
- **Promover el rol de los minerales críticos y estratégicos en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), enmarcado en la Agenda 2030 de Chile.**

**Muchas gracias**

E-mail: [info.cemec.chile@gmail.com](mailto:info.cemec.chile@gmail.com)  
[www.cemec.cl](http://www.cemec.cl)