



MINERALES CRÍTICOS: DATOS BÁSICOS

Escrito por Murtiani Hendriwardani, asesora política, IGF, e Isabelle Ramdoo, directora adjunta, IGF

Los recursos minerales son componentes esenciales de los productos que utilizamos en nuestra vida cotidiana. Son insumos importantes para la producción agrícola e industrial y constituyen elementos fundamentales para el funcionamiento de las tecnologías modernas.

¿Qué son los minerales “críticos”?, ¿por qué son importantes?

Se suele denominar **minerales críticos** a las materias primas —minerales y metales— que son necesarias para generar energía renovable, producir tecnologías no contaminantes y facilitar la transición hacia un futuro más sostenible y con bajos niveles de carbono.

El término “minerales críticos” es la designación más común y se suele utilizar indistintamente con los términos “minerales estratégicos¹”, “minerales estratégicos y críticos²” y “minerales para la transición energética³”.

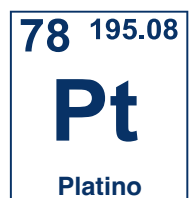
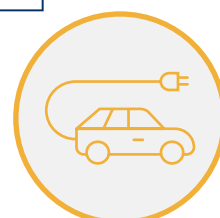
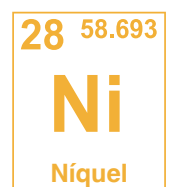
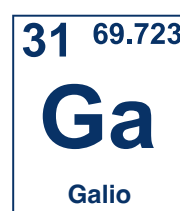
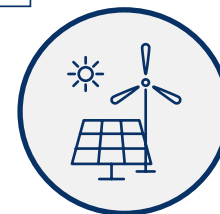
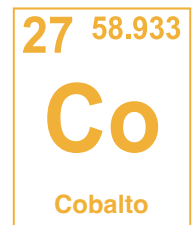
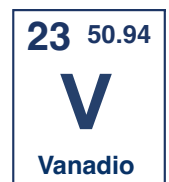
No obstante, no existe un consenso universal respecto de la definición de “criticidad”, y la **criticidad cambia con el tiempo** en función de las necesidades de la sociedad y la disponibilidad de suministro.

La criticidad también depende mucho del contexto y el país, sobre todo con respecto a la dotación de minerales, la importancia relativa de los minerales para el desarrollo industrial y económico y la evaluación estratégica de los riesgos del suministro y la volatilidad. Por consiguiente, todos estos factores incidirán en la estrategia de explotación de minerales de cada país o región.

¹ Anderson, E. W., y Anderson, L. D. (1998). *Strategic minerals: Resource geopolitics and global geo-economics*. Wiley.

² Society for Mining Metallurgy and Exploration [Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración]. (s. f.). *Critical and strategic minerals: Importance to the U.S. economy*. Véase: <https://www.smenet.org/What-We-Do/Technical-Briefings/Critical-and-Strategic-Minerals-Importance-to-the>

³ International Energy Agency [Agencia Internacional de Energía, AIE]. (2022). *The role of critical minerals in clean energy transitions*. Véase: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>





A efectos de determinar la criticidad, se pueden considerar dos perspectivas:

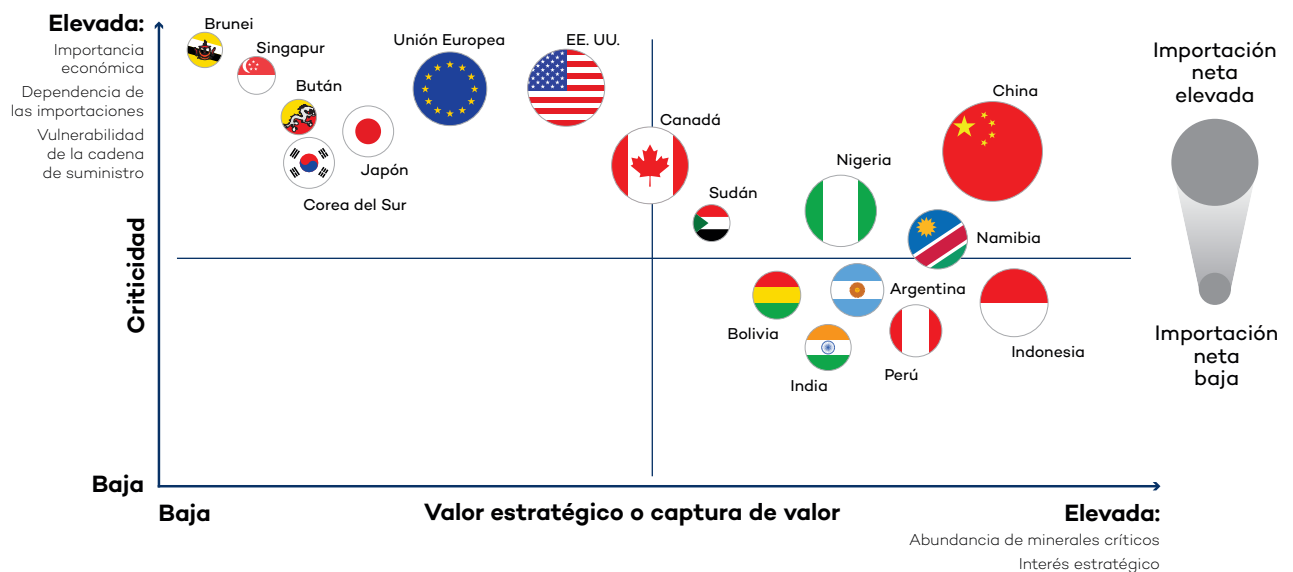
1 Seguridad y control del suministro

los minerales se consideran críticos cuando son de alta importancia económica, pero son escasos, y, por tanto, están sujetos a una gran dependencia de importaciones. Un elemento esencial en esta definición es la vulnerabilidad de la cadena de suministro debido a los riesgos asociados con las posibles interrupciones en el suministro, los problemas en materia de gobernanza, los riesgos políticos o la concentración excesiva de la producción en unos pocos países. En gran medida, los países europeos, los Estados Unidos y Japón, por ejemplo, utilizan esta definición.

2 Captura de valor

los minerales también se consideran críticos cuando están presentes en abundancia, y el país tiene un interés estratégico en utilizar su posición dominante para obtener una ventaja competitiva en la cadena de suministro mundial. Los países que aplican este enfoque para determinar la criticidad son Canadá, Australia y China. Este enfoque también podría aplicarse en países con reservas importantes de minerales y metales que son necesarios para la transición a las bajas emisiones de carbono, como Indonesia (níquel, bauxita), Gabón (cobre, manganeso), Mozambique (grafito, bauxita), Namibia (tierras raras, tantalio), Nigeria (manganeso, litio), Bolivia (litio, galio) y Kazajistán (cobre, plomo, zinc).

PERSPECTIVAS DE LA CRITICIDAD*



* Evaluación indicativa basada en un compendio de las declaraciones de los países (p. ej., decreto ejecutivo, estrategia de explotación de minerales), los datos recientes sobre la producción, las reservas y los descubrimientos (p. ej., cobre en el Perú, cromo en Sudán) y las publicaciones y los informes internacionales (como los informes de los países de la AIE)



Existen además otros factores que pueden incidir o determinar el significado de criticidad para ciertos países o regiones, y a tales efectos es necesario analizar la criticidad desde las siguientes cinco dimensiones:

Dimensión	Factores
1. ECONÓMICA	<ul style="list-style-type: none"> • Seguridad económica • Ventaja competitiva o estratégica • Objetivos de desarrollo industrial • Objetivos de desarrollo social • Necesidades de desarrollo en materia de infraestructura
2. CADENA DE SUMINISTRO	<ul style="list-style-type: none"> • Vulnerabilidades y riesgos de suministro • Dependencia en las importaciones • Concentración geográfica de la producción y el procesamiento (refinería) • Viabilidad de sustitutos y disponibilidad de fuentes secundarias • Oportunidades en la cadena de valor
3. TECNOLÓGICA	<ul style="list-style-type: none"> • Insumos esenciales para las tecnologías limpias • Necesaria para la transición a las bajas emisiones de carbono • Innovaciones tecnológicas y nuevos sustitutos de minerales
4. GEOPOLÍTICA	<ul style="list-style-type: none"> • Consideraciones de seguridad nacional • Riesgos de acaparamiento y nacionalismo de los recursos • Crisis externas y reordenación geopolítica
5. GEOLÓGICA	<ul style="list-style-type: none"> • Dotación de recursos naturales • Disponibilidad de reservas y capacidad de producción • Ubicación y calidad de los minerales, contenido mineral o metálico y tasas de agotamiento

¿En qué consisten las tierras raras?

¿Qué son las tierras raras?

Se trata de un conjunto de 17 elementos químicos que se consideran críticos debido a sus propiedades. Según su número atómico, las tierras raras se dividen en dos grupos: pesadas (9 elementos) y ligeras (8 elementos).

¿Por qué son raras?

A diferencia de lo que el nombre sugiere, las tierras raras, en efecto, no son raras. De hecho, se encuentran en cantidades relativamente abundantes y son bastante comunes en la corteza terrestre⁴. Lo que hace que estos materiales sean raros es la dificultad que implica su extracción y la complejidad de su procesamiento⁵.

El uso final más importante y considerable de las tierras raras son los imanes permanentes, que constituyeron alrededor del 29 % de la demanda en 2020⁶. Los imanes permanentes — y, por ende, las tierras raras— son esenciales para las tecnologías no contaminantes y la electrónica de consumo, como los vehículos eléctricos, las turbinas eólicas, los televisores, los teléfonos móviles y otros dispositivos digitales.

⁴ U.S. Geological Survey [Servicio Geológico de los Estados Unidos]. (s. f.). *Rare earths statistics and information*. Véase: <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/rare-earths-statistics-and-information>; Mineralinfo France. (s. f.). *Substances critiques et stratégiques*. Véase: <https://www.mineralinfo.fr/fr/secureite-des-approvisionnements-pour-leconomie/substances-critiques-strategiques>; Somarin, A. (2013). *What's so rare about rare earth elements?* ThermoFischer Scientific. Véase: <https://www.thermofisher.com/blog/mining/whats-so-rare-about-rare-earth-elements/>.

⁵ *ibidem*; ICMM. (2022). *Why mining is crucial for sustainability*. Véase: <https://www.icmm.com/en-gb/stories/2022/why-mining-is-crucial-for-sustainability>.

⁶ Natural Resources Canada [Ministerio de Recursos Naturales de Canadá]. (2022). *Rare earth elements*. Véase: <https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/minerals-mining/minerals-metals-facts/rare-earth-elements-facts/20522>.



TIERRAS RARAS

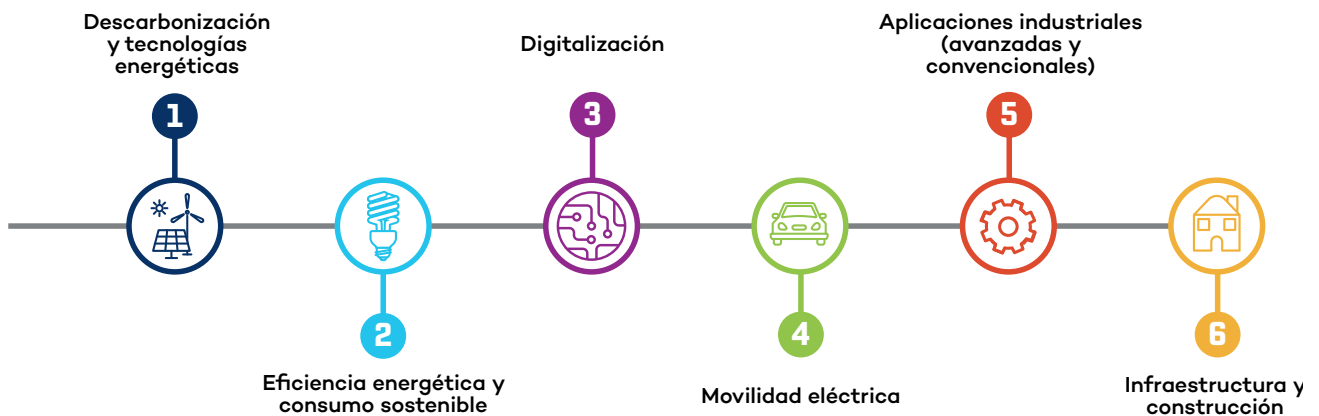


■ Tierras raras pesadas ■ Tierras raras ligeras

* En realidad corresponde a un elemento de tierras raras, pero no se suele incluir debido a que es escaso y variable.

¿Cuáles son los principales factores que impulsan la demanda?

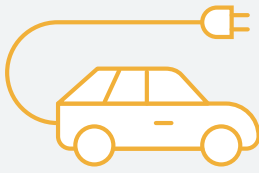
Gran parte de la creciente demanda de minerales “críticos” ha sido impulsada por su rol en la transición hacia la energía limpia y hacia una economía baja en carbono. Los factores específicos que impulsan la demanda se pueden clasificar en seis vías, a saber:



El aumento de la demanda de minerales críticos también ejercerá una presión aún más significativa en los procesos de extracción, producción y refinado, lo cual presentará desafíos y oportunidades que los Gobiernos deberán analizar.



LOS MINERALES CRÍTICOS EN NÚMEROS⁷:



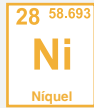
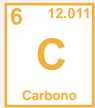
6
VECES MÁS

Se necesita el séxtuple de minerales para producir un vehículo eléctrico en comparación a un automóvil convencional (AIE, 2020)



3000
MILLONES DE
TONELADAS

Es la cantidad de minerales críticos que se necesitan para descarbonizar el sistema energético mundial de aquí al 2050 (Banco Mundial, 2020)



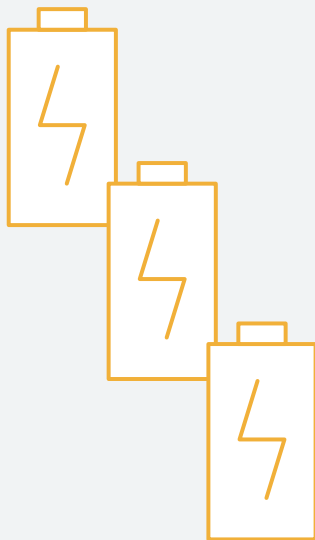
20
VECES MÁS

Es el incremento proyectado en la demanda de grafito (carbono), cobalto y níquel (AIE, 2021)



13
VECES MÁS

Se prevé que la demanda del litio se multiplicará por 13 entre 2020 y 2040 (AIE, 2021)



USD
105.630
MILLONES

Es el valor estimado del mercado de las baterías

TCCA prevista del **9,6 %**

USD
239.400
MILLONES

Son las previsiones de ingresos para 2030

El **39,2 %**

de los ingresos mundiales del mercado de las baterías en 2021 se generaron en Asia y el Pacífico

⁷ Fuentes: International Energy Agency [Agencia Internacional de Energía] (2022), nota al pie 3 de arriba; World Bank [Banco Mundial]. (2020). *Climate-smart mining: Minerals for climate action*. Véase: <https://www.worldbank.org/en/topic/extractiveindustries/brief/climate-smart-mining-minerals-for-climate-action>; Emergen Research. (2022). *Battery technology market, by battery type (lithium-ion, nickel cadmium, lead acid, others), by application (automotive, commercial & residential, power industry, others), and by region forecast to 2030*. Véase: <https://www.emergenresearch.com/industry-report/battery-technology-market>.



¿Cuáles son las principales fuentes de suministro?

Los minerales y metales se extraen y producen a través de explotaciones de minería artesanal y de pequeña escala (MAPE). Dado que, por lo general, la minería a gran escala demora entre 5 y 10 años en entrar en funcionamiento, el papel de la MAPE en la producción de minerales críticos cada vez cobra mayor importancia.

En este sentido, en la República Democrática del Congo, la MAPE representa entre el 15 % y el 35 % de la producción de cobalto⁸. El 26% de la producción mundial de tantalio proviene de la MAPE⁹. Cabe señalar que entre el 70 % y el 80 % de las explotaciones de MAPE operan en los márgenes del sector informal, ya sea en la ilegalidad o en condiciones jurídicamente confusas. Por lo tanto, la inclusión de la MAPE en el sector formal representa una de muchas consideraciones en materia de políticas.

Los minerales críticos también se pueden producir a través de fuentes secundarias —además de las fuentes primarias—, como, por ejemplo, a partir de las aguas residuales en el caso de las tierras raras y de las presas de relaves si se trata del tungsteno, el tantalio y el molibdeno. El reciclaje, sobre todo en el contexto de la economía circular, progresivamente se está convirtiendo en una fuente viable importante de suministro.

También están surgiendo fuentes nuevas o alternativas, como la explotación minera de los fondos marinos que desata controversias, pero plantea un panorama factible para la extracción de manganeso, cobalto, níquel y tierras raras¹⁰; la extracción marina del litio¹¹, y la fitominería¹² una técnica en la que se emplean plantas autóctonas para extraer o recolectar minerales a partir de la savia, las hojas o los frutos. El mayor interés y énfasis en la investigación y desarrollo de las fuentes secundarias y emergentes podría acarrear ciertas implicaciones para las dinámicas de oferta y demanda, la fijación de precios, la sostenibilidad ambiental y la geopolítica.

¿Cuáles son algunos de los usos finales y las aplicaciones de los minerales críticos?

Los minerales críticos están presentes en cada aspecto de la vida moderna, abarcando desde los televisores y teléfonos móviles, hasta las energías renovables y las tecnologías médicas.

La energía eólica y solar emplean más de 10 minerales críticos diferentes, y un vehículo eléctrico necesita, por lo menos, 8 minerales críticos diferentes. Se necesitan unos 42 minerales críticos, entre ellos las tierras raras, para fabricar los dispositivos digitales emergentes, como aquellos relativos a las tecnologías de la información y la movilidad. Estos minerales también son esenciales para el sector de la salud y la medicina, ya que constituyen componentes importantes para investigaciones médicas, tratamientos contra el cáncer y radioterapias, rayos X, imágenes por resonancia magnética (IRM) y tomografías computarizadas.

⁸ Cobalt Institute. (2021). *Cobalt mining in the Democratic Republic of Congo*. Véase: <https://www.cobaltinstitute.org/cobalt-mining-in-the-democratic-republic-of-congo/>.

⁹ Fritz, M., McQuilken, J., Collins, N. y Weldegiorgis, F. (2018). *Global trends in artisanal and small-scale mining (ASM): A review of key numbers and issues*. Véase: <https://www.iisd.org/publications/report/global-trends-artisanal-and-small-scale-mining-asm-review-key-numbers-and-issues>.

¹⁰ U.S. Government Accountability Office [Oficina de Rendición de Cuentas del Gobierno de los EE. UU.]. (2021). *Deep-sea mining could help meet demand for critical minerals, but also comes with serious obstacles*. Véase: <https://www.gao.gov/blog/deep-sea-mining-could-help-meet-demand-critical-minerals%2C-also-comes-serious-obstacles>.

¹¹ Patel, P. (2022). *New biodegradable, recyclable battery is made of crab shells*. Anthropecene. Véase: <https://www.anthropocenemagazine.org/2022/09/battery-made-with-crab-shells-is-biodegradable-and-recyclable/>.

¹² También se la suele denominar agrominería, y varias instituciones, como la Universidad de Queensland, están estudiando esta técnica, así como algunos países, como Indonesia, Malasia, Sudáfrica y Zambia. Véase Sustainable Minerals Institute [Instituto de Minerales Sostenibles]. (s. f.). *Leaders of the energy transition are calling for a sustainable source of critical minerals —is phytomining the answer?* Universidad de Queensland: <https://smi.uq.edu.au/leaders-energy-transition-sustainable-source-critical-metals-phytomining>.



APLICACIONES: ¿EN QUÉ SE UTILIZAN ALGUNOS DE LOS MINERALES Y METALES CRÍTICOS?



Minerales y metales en vehículos eléctricos por peso (en kg) y principales países productores

27 58,933
Co
Cobalto

Cobalto 13,3 kg
Australia, **Canadá**, República Democrática del Congo, **Madagascar**, **Filipinas**, **Rusia**

6 12,011
C
Grafito

Grafito 66,3 kg
Brasil, **Canadá**, China, **India**, **Madagascar**, **Mozambique**

3 6,94
Li
Litio

Litio 8,9 kg
Argentina, Australia, Chile, China, **Zimbabwe**

26 4,000
Fe
Hierro

Hierro y acero
China, **Brasil**, **India**, **Alemania**, **Japón**, **Corea del Sur**, **Estados Unidos**

28 58,693
Ni
Níquel

Níquel 39,9 kg
Australia, **Brasil**, **Canadá**, Indonesia, Nueva Caledonia, **Filipinas**, **Rusia**

57-71 89-103
TR
Tierras Raras

Tierras raras 0,5 kg
China, **Myanmar**, **Madagascar**, **Estados Unidos**

25 54,938
Mn
Manganeso

Manganeso 24,5 kg
Australia, **Brasil**, Costa de Marfil, **India**, **Gabón**, **Ghana**, **Georgia**, **Sudáfrica**

29 63,55
Cu
Cobre

Cobre 53,2 kg
Australia, **Canadá**, Chile, **RDC**, **Kazajistán**, **México**, **Perú**, **EE. UU.**, **Zambia**

El color azul indica la pertenencia al IGF



Minerales y metales en la cadena de suministro médico

78 195,08
Pt
Platino

Metales del grupo del platino (Rutenio, Rodio, Paladio, Osmio, Iridio y Platino)
Resistencia a la corrosión, combate el cáncer, quimioterapia, radioterapia, implantes, tecnología cardiovascular

4 9,01
Be
Berilio

Berilio
Cirugía ocular, propiedades de resistencia al calor que reducen los niveles de radiación, mejora la eficiencia en rayos X, IRM, mamografía

29 63,55
Cu
Cobre

Cobre
Superficie antimicrobiana registrada por la EPA, equipos de IRM, maleable reciclable, computadoras de alta tecnología



Minerales y metales en dispositivos móviles, digitales y tecnologías de la información

3 6,94
Li
Litio

Litio

27 58,933
Co
Cobalto

Cobalto

28 58,693
Ni
Níquel

Níquel

29 63,55
Cu
Cobre

Cobre

31 69,723
Ga
Galio

Galio

52 127,60
Te
Telurio

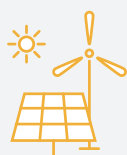
Telurio

57-71 89-103
TR
Tierras Raras

Tierras raras

73 180,95
Ta
Tantalio

Tantalio



Minerales y metales en las energías renovables

24 51,996
Cr
Cromo

Cromo

25 54,938
Mn
Manganeso

Manganeso

27 58,933
Co
Cobalto

Cobalto

42 95,95
Mo
Molibdeno

Molibdeno

29 63,55
Cu
Cobre

Cobre

30 65,38
Zn
Zinc

Zinc

31 69,723
Ga
Galio

Galio

32 65,38
Ge
Germanio

Germanio

50 118,71
Sn
Estaño

Estaño

52 127,60
Te
Telurio

Telurio

28 58,693
Ni
Níquel

Níquel

57-71 89-103
TR
Tierras Raras

Tierras raras

Fuentes: AIE, Energy Monitor, National Mining Association, NRCan



¿Cuáles son los beneficios y desafíos que deben considerar los Gobiernos?

Conforme avancemos en la transición hacia un futuro con bajos niveles de carbono y abandonemos la economía basada en los combustibles fósiles, la necesidad y la dependencia de los minerales críticos seguirá aumentando, creando nuevas tendencias de oferta y demanda en la economía mundial. Los países productores ricos en recursos naturales jugarán un papel esencial en la creación de cadenas de suministro resilientes y fiables; por su parte, los países no productores pueden aprovechar las oportunidades económicas y los beneficios colaterales en la cadena de suministro, por ejemplo, a través de la inversión en capacidades de fabricación, la innovación y la tecnología. La creación de cadenas de valor generará oportunidades de empleo con un gran potencial de abordar las disparidades salariales y los desequilibrios de género en los puestos. Una mejora de la gobernanza, así como de los marcos regulatorios, se traducirán en nuevas o más fuentes de ingresos, alianzas comerciales e inversiones del sector privado.

Además de los beneficios, es necesario considerar ciertos riesgos y desafíos; la estrategia que los Gobiernos apliquen frente a estos desafíos repercutirá en su transición hacia una economía baja en carbono.

Riesgos importantes a considerar

- **Riesgos de suministro:** pueden surgir a raíz de que la producción y el procesamiento de los minerales se concentra en unos pocos países y empresas; la escasez de suministros por agotamiento geológico a medida que pasa el tiempo, y la innovación tecnológica que dará lugar a sustitutos y nuevas fuentes de materiales.
- **Contratos de off-take:** pueden presentar desafíos debido a un desajuste entre el volumen de producción y el volumen necesario, problemas en la fijación de precios debido a la volatilidad de los precios que podría agravarse con crisis externas (p. ej., la COVID-19) y las inestabilidades geopolíticas (p. ej., la guerra Rusia-Ucrania).
- **Riesgos macroeconómicos:** derivados de la inestabilidad de los ingresos debido a la volatilidad cíclica en la economía mundial, las crisis monetarias y las fluctuaciones mundiales de los precios de las materias primas, así como los problemas relacionados con lo que se conoce como el “mal holandés”.¹³

¹³ La enfermedad holandesa se refiere a una paradoja económica denominada así por la experiencia de los Países Bajos en la década de 1960, tras el descubrimiento de grandes yacimientos de recursos naturales, lo cual provocó la apreciación de la moneda, redujo la competitividad y perjudicó al resto de la economía. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/basics/dutch.htm>