



Macarena Larrea Basterra*

Juan Cisneros Artiach*

EVOLUCIÓN Y RIESGOS ASOCIADOS DE LOS PRECIOS DE MATERIAS PRIMAS CRÍTICAS PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

La competitividad de la industria europea y el proceso de transición energética requieren un acceso eficiente y seguro a las materias primas. Durante 2021 y 2022 los precios de las materias primas críticas han estado sometidos a una elevada volatilidad y riesgo. En este artículo se describen los principales motivos que han impulsado cambios en los precios durante los últimos años junto con una serie de medidas para su gestión.

Palabras clave: dependencia, mercados, medidas comerciales, resiliencia de las cadenas de suministro.
Clasificación JEL: F14, L72, Q31.

1. Introducción

La competitividad de la industria europea requiere un acceso eficiente y seguro a las materias primas. Esta cuestión ha ido tomando relevancia en la agenda de la Unión Europea (UE) a lo largo de las dos últimas décadas. Recientemente, el Pacto Verde Europeo (PVE) indicaba que el acceso a los recursos es una cuestión de seguridad estratégica y, en esta línea, la estrategia industrial derivada del PVE propone reforzar la autonomía estratégica de Europa.

Las cadenas de suministro de materias primas y productos intermedios presentan mayor riesgo de interrupción del abastecimiento,

debido fundamentalmente a la concentración de suministradores, algunos de ellos política y económicamente inestables. Además, existe un conjunto de materias primas categorizado como materias primas críticas, que presenta un riesgo elevado de escasez de abastecimiento para los próximos diez años y que son particularmente relevantes.

De acuerdo con la Comisión Europea, son críticas aquellas materias primas que, siendo de gran importancia para la economía de la UE, tienen un elevado riesgo de suministro. Los parámetros principales que se emplean para valorar la criticidad son la importancia económica (IE) y el riesgo de suministro (RS) (European Commission *et al.*, 2017)¹. ▷

* Orkestra-Fundación Deusto. Deusto Business School, Universidad de Deusto.

Versión de enero de 2023.

<https://doi.org/10.32796/bice.2023.3155.7546>

¹ En Estados Unidos (EE. UU.) el Departamento de Defensa define como minerales estratégicos y críticos aquellos que apoyan a la industria militar y civil esencial, y que no se encuentran o producen en el país en cantidades que satisfagan sus necesidades (U.S. Department of Defense, 2021).

Las materias primas críticas son esenciales para el funcionamiento y la integridad de una amplia variedad de industrias, y si bien a menudo se considera que las tecnologías de energías renovables, como la solar fotovoltaica y la eólica, son ajenas a las cuestiones geopolíticas y los riesgos son menores, las cadenas de suministro de estas tecnologías están sujetas a riesgos derivados del comercio de materias primas².

De hecho, en la actualidad, se observa cómo el proceso de transición energética hacia una economía climáticamente neutra, así como la digitalización, está empujando al alza las proyecciones de demanda de estas materias primas del Banco Mundial (BM), dado que estarán en el centro de los esfuerzos para la descarbonización de la economía (Azevedo *et al.*, 2022).

La Comisión Europea considera que para 2030, la UE necesitará hasta 18 veces más litio y 5 veces más cobalto que su consumo actual para cubrir la demanda de baterías para los vehículos eléctricos y el almacenamiento de la energía. Para 2050, la demanda de estos será 60 veces y 15 veces superior a la actual (Halléux, 2022). Por su parte, 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 (Comisión Europea, 2020). De igual manera, se estima que el valor de mercado de los metales clave utilizados en las tecnologías de transición se triplicará para 2050 (Roca, 2023).

Para la transición hacia las energías limpias y para la seguridad energética y la digitalización, la resiliencia de las cadenas de suministro es esencial, así como evitar que la

transición hacia la neutralidad climática conlleve reducir la dependencia de los combustibles fósiles y aumentar la de las materias primas (Comisión Europea, 2020).

El coronavirus SARS-COV-2 y la invasión de Ucrania han cambiado completamente el escenario geopolítico, habiéndose producido, desde el segundo semestre de 2021, crecientes problemas en el suministro de determinados productos a nivel mundial³. Esto se ha unido a los problemas que ya se venían observando a lo largo de 2021, lo que ha llevado a los precios de las materias primas a niveles especialmente elevados. A pesar de que es de prever que se reduzcan a lo largo de los próximos meses, como se ha venido observando desde mediados de 2022, se mantendrán en niveles elevados por más tiempo de lo que sería deseable (Alden, 2022).

Teniendo en cuenta la reciente crisis de precios de la energía y el riesgo de precios crecientes de las materias primas y su implicación ante la necesidad de materias primas minerales para la transición energética, el objetivo de este trabajo es presentar la evolución del precio de algunas materias primas minerales críticas para la transición energética a lo largo de los últimos años, los factores detrás de dicha evolución y plantear posibles medidas para mitigar el riesgo asociado.

2. Riesgos asociados a los principales materiales críticos asociados a la transición energética

Los minerales críticos son especialmente relevantes porque muchas tecnologías de ▷

² Para más información ver Álvaro-Hermana, R.; Fernández-Gómez, J.; Larrea-Basterra, M.; Menéndez-Sánchez, J. (2022). The energy geopolitics of the European Green Deal: two case studies of international strategic techno-industrial cooperation. En Peter Lang Publishing. Pendiente de publicación.

³ Mientras que la pandemia ocasionó interrupciones logísticas de productos terminados o semiterminados, sobre todo entre China y Europa, las interrupciones de suministro debidas al conflicto entre Rusia y Ucrania han producido una crisis de materias primas (Kamp y Gaztañaga, 2022).

energías renovables y tecnologías limpias son intensivas en ellos (Figura 1) y el suministro de estos se concentra en un número menor de países que en el caso del petróleo y del gas natural. A modo de ejemplo, la concentración de los mercados del litio, tierras raras, cobalto y platino es superior a la del crudo o el gas natural.

En este contexto, la transición energética comporta cambios significativos en el comercio energético, en particular en los países que controlan las cadenas de suministro y, por ello, de la geopolítica de la energía. Debido al menor

tamaño del mercado y a los mayores niveles de concentración geográfica, es imprescindible estar atentos, especialmente a medida que aumenta la demanda global de minerales críticos (International Energy Agency [IEA], 2021b).

De acuerdo con la revisión de la literatura, existen diferentes riesgos asociados a los problemas de suministro. Entre ellos se encuentra el riesgo geopolítico de dependencia de determinados países oferentes y el riesgo de ruptura de las cadenas de suministro. Además, existe un conjunto de riesgos de carácter social relacionados con el aumento del gasto en ▷

FIGURA 1
EJEMPLOS DE MATERIALES CRÍTICOS EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA



Eólica

- Acero, hierro, fibra de vidrio, polímeros, aluminio, cobre, zinc, tierras raras (disprosio, neodimio, praseodimio, terbio)
- Mejora de la intensidad de materiales en los últimos años



Solar fotovoltaica

- Silicio, cadmio, telurio, plata, arsénio, nitrógeno, galio, indio, acero, cobre, aluminio
- Reducción a la mitad de la necesidad de materiales durante la última década



Vehículo eléctrico y almacenamiento (depende de la química de las baterías)

- Motores: neodimio y otras tierras raras, hierro, boro y cobre
- Baterías: litio, grafito, cobalto, níquel, manganeso
- Pila de combustible para vehículo eléctrico: cobre y minerales del grupo del platino, níquel, cobalto, manganeso, grafito, cobre



Hidrógeno

- Electrolizadores: níquel, circonio, lantano, itrio, paladio, platino, indio, acero
- Las necesidades dependen del tipo de electrolizador



Redes eléctricas

- Acero
- Cobre
- Aluminio



Otros

- Geotermia: acero y níquel
- Hidráulica: acero
- Biomasa: acero y cobre

Fuente: Elaboración propia a partir de IEA (2021a) y Azevedo et al. (2022).

armamento, los minerales en conflicto, el trabajo forzado e infantil y el crimen organizado. También existen riesgos asociados a determinadas materias primas. En la actualidad, también existe el riesgo cibernético, que es quizás el que más preocupa a nivel mundial (AON, 2021), así como el financiero. Finalmente, está el riesgo de precios, en el que se centra este artículo.

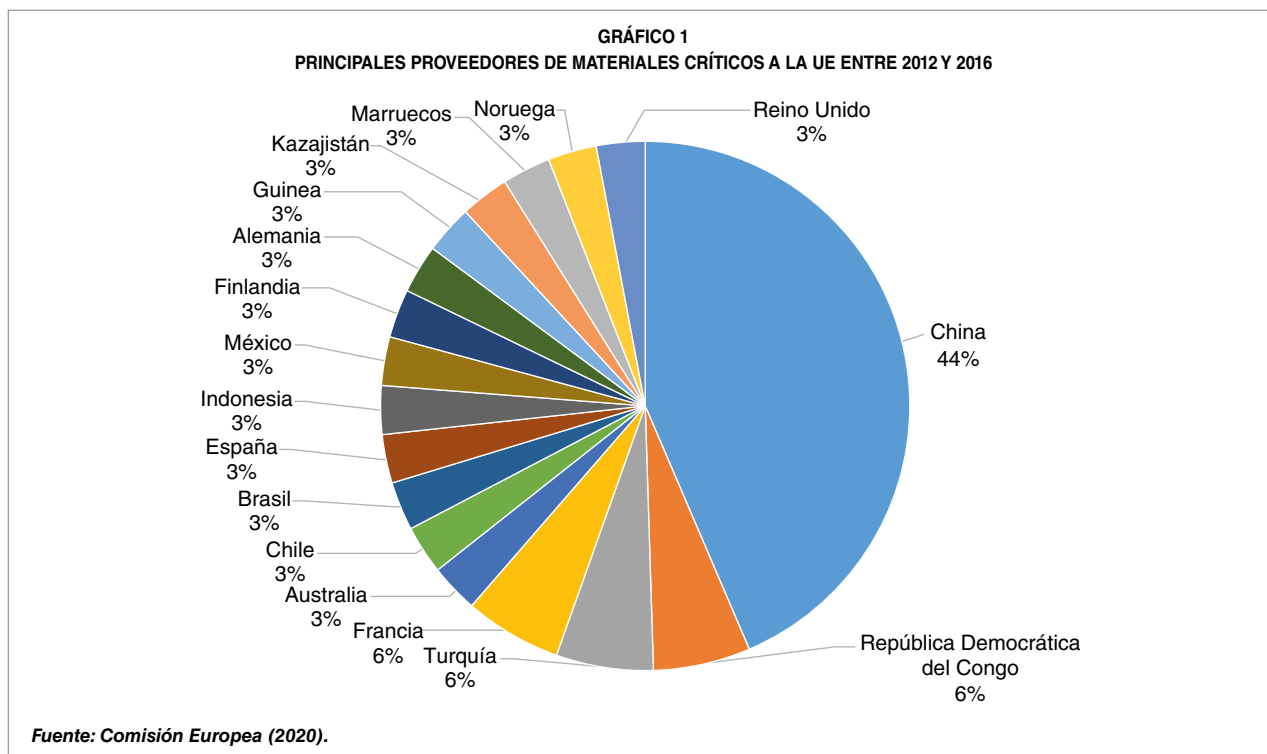
El riesgo de precios se encuentra muy ligado al riesgo de concentración geográfica. En este sentido, el suministro de muchas de estas materias primas críticas está muy concentrado en países fuera de la UE⁴. China proporciona el 98% de las tierras raras, Turquía suministra el 98% del borato y Sudáfrica, el 71% del platino, el 92% del iridio, el 80% del rodio y el 93% del rutenio (European Parliament, 2021). El Gráfico 1 recoge los principales países

proveedores de materiales críticos a la UE entre 2012-2016.

2.1. Negociación de materias primas: mercados y riesgos

Una de las principales características de las materias primas es que se negocian globalmente, algunas de ellas en mercados de valores. Por ejemplo, aluminio, cobre, plomo, níquel, estaño y zinc se negocian en mercados de valores, como la Bolsa de Metales de Londres. Estos mercados internacionales, de carácter descentralizado, se caracterizan por el reducido nivel de diferenciación de los productos, y las transacciones pueden ser tanto de presente como de derivados (futuros y opciones). Sin embargo, otras materias primas fundamentales, como el cobalto, el galio, el indio y las tierras raras, no se negocian en mercados de valores. En estos casos, no existe ▷

⁴ El mapa de riesgo país de Cescse no incluye los Estados de la UE en su clasificación debido a sus características (Cescse, 2022).



tanta transparencia y los volúmenes de negociación tienden a ser muy inferiores (Comisión Europea, 2011).

Los mercados globales de metales y minerales tienden a seguir patrones cíclicos basados en la oferta y la demanda, donde desequilibrios entre estas han llevado a movimientos de especulación. A modo de ejemplo, el inicio del siglo (2002-2006) vino marcado por un aumento considerable de la demanda de materias primas, originada por un fuerte crecimiento económico global que empujó a los precios a niveles muy elevados.

Medidas para garantizar un acceso privilegiado a las materias primas, que incluyen restricciones a la exportación, plantean desajustes en los mercados globales e incertidumbres en los flujos regulares de los productos. Dichas medidas pueden afectar por igual a los países desarrollados y a aquellos en desarrollo.

En la actualidad, no existe un modelo único de organización de los mercados de productos básicos. Hay productos para los que existe un elevado nivel de normalización, pero en otros casos la comercialización puede variar en función de las necesidades de los participantes. A modo de ejemplo, existen mercados de derivados de productos básicos que llevan funcionando mucho tiempo y desempeñan un papel importante en la reducción de posibles riesgos tanto para productores como para usuarios. Los derivados pueden comercializarse de manera bilateral en mercados secundarios (OTC, *over the counter*) o recurriendo a intercambios organizados. Como consecuencia, el papel de las instituciones financieras y la importancia de los derivados varía de un caso a otro (Comisión Europea, 2011). Asimismo, la evolución de los precios no es homogénea.

Los mercados de materias primas⁵ (*commodities*) y los financieros están cada vez más interrelacionados. Comparten un número creciente de agentes, que buscan instrumentos de gestión de riesgo y oportunidades de inversión. En el caso particular de los futuros sobre materias primas, sus precios son además referencia para establecer los precios minoristas. En efecto, los precios de derivados de productos básicos y productos físicos subyacentes están interconectados y no pueden considerarse de manera aislada (Comisión Europea, 2011).

Por su parte, las empresas responden a las fluctuaciones de precios de diversas maneras: almacenamiento de existencias, negociación de contratos a largo plazo o garantías de precios en forma de contratos sobre futuros (Comisión Europea, 2011).

3. Evolución del precio de las materias primas críticas para la transición energética

La escasez de materias primas críticas de 2022 provocó una creciente preocupación industrial por la seguridad de suministro (por ejemplo, en actividades como la producción de baterías para vehículos eléctricos o de palas para aerogeneradores). Asimismo, el aumento de los precios de las materias primas puso en peligro la recuperación de la ya de por sí debilitada economía.

El cambio de estrategia de los principales bancos centrales del planeta, que están endureciendo su política, junto con la peor etapa de la pandemia que vivió China en 2022 desde que llegó la COVID-19, desembocaron en una corrección de los precios para los recursos ▷

⁵ También denominados productos básicos.

básicos, que llegó a un 10% desde máximos del año y que se alcanzó el 9 de junio de 2022 (Blanco Moro, 2022).

De acuerdo con Azevedo *et al.* (2022), es previsible que ante un aumento de la demanda de materias primas se observe una de las siguientes tres trayectorias⁶:

- En primer lugar, la oferta responde a los precios. A medida que la demanda se acelera y los precios reaccionan, la industria es capaz de incorporar nueva oferta con relativa rapidez, por lo que la materia prima no se convierte en un cuello de botella estructural (como ha sucedido con el litio, con el que muchos pequeños productores están limitados financieramente después de años de precios reducidos), aunque haya volatilidad a corto plazo.
- En segundo lugar, la demanda se acelera, los precios reaccionan con fuerza y se produce una sustitución de materiales. En este caso, la oferta es incapaz de responder con la suficiente rapidez y la innovación tecnológica lleva a la sustitución de materiales (por ejemplo, el cobalto tras una subida de precios).
- En tercer lugar, la demanda se acelera, los precios reaccionan con fuerza y se produce una sustitución tecnológica (lo que es difícil, por ejemplo, en el caso del cobre para aplicaciones eléctricas). En este caso, el usuario final se ve obligado a cambiar su combinación de tecnologías, pudiendo surgir un cuello de botella diferente. Por ejemplo, los paneles solares no basados en el teluro pueden

tener un menor rendimiento, lo que puede llevar a un cambio hacia más energía generada por el viento, añadiendo presión al neodimio (Azevedo *et al.*, 2022).

Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación se recoge de manera resumida la evolución de los precios de algunas materias primas críticas para la transición hacia la descarbonización⁷ junto con algunos factores que han influido en esta evolución.

Aluminio

En 1988, el precio del aluminio sufrió una gran subida debido a la falta de regulación en la Bolsa de Metales de Londres (London Metal Exchange, LME) para el *backwardation*⁸. La escasez en la oferta llevó a una gran subida de precios. En esta época se pasó de cotizar el precio en libras a dólares. Después de este *short squeeze*⁹ cambiaron las regulaciones de la LME (Copper y Wookey, 2015).

Hasta 2006 el precio fue bastante constante (Figura 2). En 2006, el crecimiento asiático y los movimientos especuladores hicieron subir el precio hasta que, a mediados del 2008, la quiebra de Lehman Brothers provocó una gran caída de precios, que no empezaron a recuperarse hasta mediados de 2010. De 2011 a 2016, la apreciación del dólar y la desaceleración china trajeron consigo una nueva bajada del precio, al igual que en el caso del cobre (Fariza, 2015).

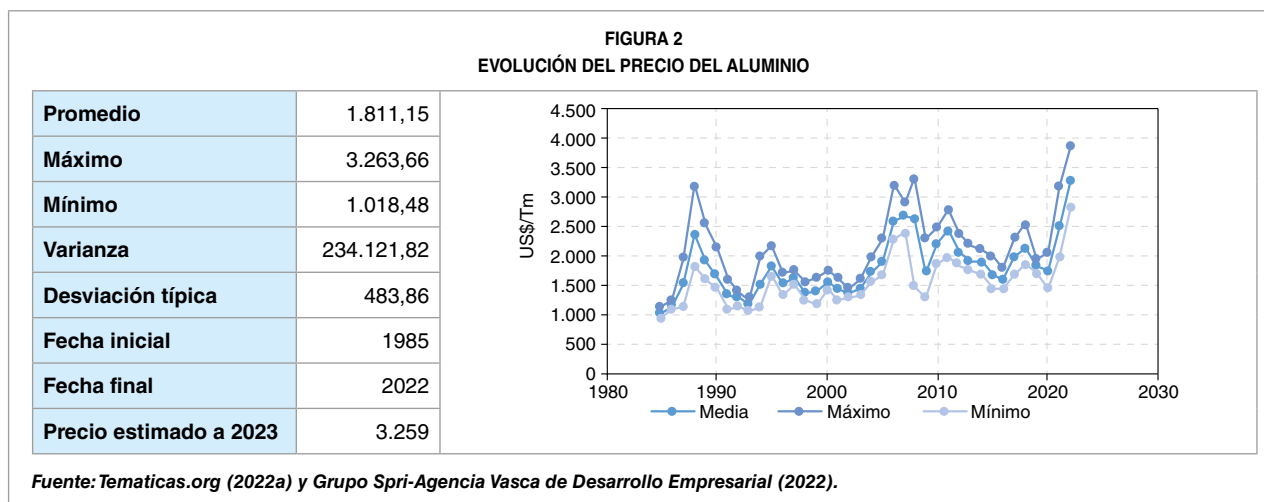
Hasta 2018 se produjo un periodo de escasez de materias primas que llevó al precio a niveles más elevados. Sin embargo, la estimación de ▷

⁶ La evolución puede depender, entre otros, de la problemática propia asociada a algunas materias primas críticas. Para más detalle se puede ver IEA (2021a), European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs *et al.* (2018) y Bobba *et al.* (2020).

⁷ Los periodos para los que se ha encontrado información, así como el grado de detalle obtenido, no coinciden para todos los casos.

⁸ El *backwardation* ocurre cuando los precios de una materia prima son más altos en meses inmediatos que en el futuro.

⁹ Un *short squeeze* sucede cuando muchos inversores venden en corto (apuestan en contra), pero el precio de la acción se dispara en su lugar.



escasez fue excesiva, por lo que volvió a bajar hasta 2020. En los dos últimos años el precio experimentó una nueva y gran subida, alcanzando niveles históricos debido principalmente a la pandemia y al temor de que el conflicto bélico en Ucrania afectara al suministro de esta materia prima (Los precios del aluminio y del cobre vuelven a batir récords debido a Ucrania, 2022).

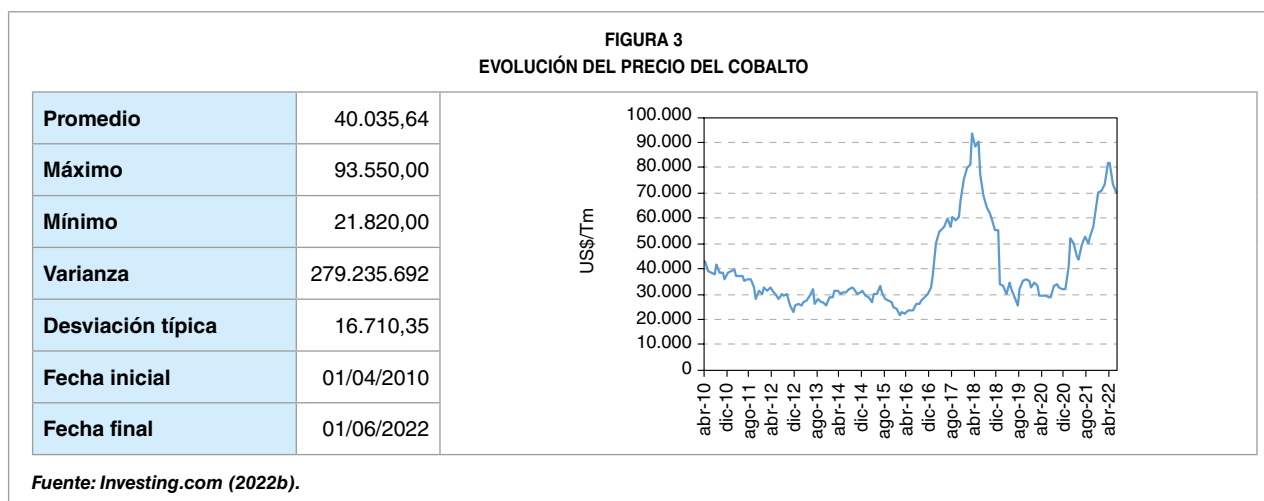
El PNNL (Pacific Northwest National Laboratory) está investigando cómo aumentar la conductividad del aluminio, haciéndolo económicamente competitivo con el cobre. Dado que el aluminio es más barato que el cobre, esta innovación podría conllevar un aumento en la demanda del aluminio (El aluminio podría dar

el «sorpaso» al cobre como el rey de la electricidad, 2022).

Cobalto

En 2017, debido al crecimiento del mercado del coche eléctrico y, sobre todo, por sus previsiones de seguir creciendo, el precio del cobalto creció un 235%, pasando de 34.600 dólares por tonelada a 81.360 dólares (García, 2018) (Figura 3).

De mediados de 2018 hasta mediados de 2019 su caída fue muy pronunciada. Comenzó en enero de 2018 cotizando a 75.000 USD, hasta alcanzar en marzo un pico de casi 95.000 USD la tonelada, para después iniciar su ▷



desplome en mayo, debido a los rumores de que había suficientes reservas (Precio del cobalto subió como la espuma en 2018, pero cae a velocidad de crucero en 2019, 2019).

En 2021, el repunte de los precios fue consecuencia del anuncio de la Oficina de la Reserva Estatal de China, que comunicó sus planes para almacenar cobalto y aumentar las reservas del país debido al auge de las ventas de vehículos eléctricos en China (Gutiérrez, 2021).

Asimismo, el mercado del cobalto se vio obstaculizado por la baja eficiencia del puerto de Durban (Sudáfrica) desde mayo de 2020. En 2021 se esperaba que los flujos de suministro mejoraran en 2022, impulsados por la reanudación de la producción de la mina Mutanda (República Democrática del Congo) y la ampliación de Tenke Fugurume (uno de los mayores depósitos de cobre y cobalto de la República Democrática del Congo). Con la demanda para baterías, la oferta adicional debería equilibrar el mercado (Ferguson *et al.*, 2021).

Cobre

Durante 2006, se produjo una gran subida de precios, que se vio acompañada por otras posteriores, debido al empuje de los mercados

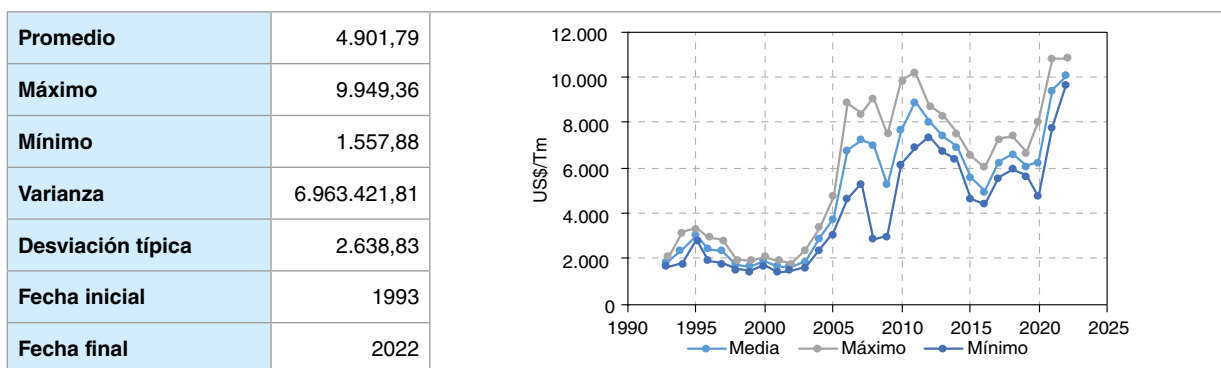
chinos, que en aquella época se encontraban creciendo a un ritmo de alrededor del 8% anual. Expertos consideran que la subida de precios se debía no solamente al crecimiento asiático, sino también a la actuación de los especuladores (Figura 4).

En este sentido, la entrada masiva de inversores financieros desde 2003, a través de fondos y *hedge funds* (fondos de alto riesgo), que colocaron gran parte de sus activos en materias primas, empujó al alza el precio del cobre y de otras materias primas (Pérez, 2006).

Dos años más tarde, en 2008, con la caída de Lehman Brothers y el comienzo de la crisis, los precios del cobre bajaron considerablemente. Sin embargo, durante el año 2009 se llegaron a ver subidas de precios de hasta el 150% respecto a 2008. Esto se debió a los niveles sin precedentes de importaciones chinas, el efectivo de inversores, la mejora de los datos económicos y un dólar debilitado, que se combinaron ese año para más que duplicar los precios del cobre (Cobre cierra en máximo anual y precio acumula subida de más de 150% en 2009, 2009).

El periodo alcista se alargó hasta principios de 2011, pero desde dicho año hasta mediados de 2016 hubo una bajada constante ▷

FIGURA 4
EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL COBRE



Fuente: Tematicas.org (2022b).

de los precios, aunque mucho menos pronunciada que en 2008. Ello fue debido a la desaceleración económica de China, el principal importador de estos materiales, y la fuerte apreciación del dólar frente a otras divisas (Fariza, 2015).

En 2017 hubo una subida de precios que, según Rolando Lay, analista de Crugrup (consultora internacional especializada en el mercado minero), se debió a que el mercado evolucionaba a una situación de déficit de cobre. De esta manera, los elevados precios de la segunda mitad de 2017 eran un reflejo de la escasez del metal esperada para los siguientes cinco años (Barría, 2018).

En 2020, las economías en trance de recuperación estuvieron impulsando la demanda de este metal. Los inversores eran optimistas sobre el cobre, debido a su papel fundamental en las tecnologías verdes, aunque con perspectivas de dificultades de suministro a largo plazo. Como consecuencia, el precio subió (Mártel, 2021).

Ya en 2022, los precios de las materias primas experimentaron alzas récord en medio del conflicto bélico de Ucrania y la amenaza de un embargo petrolero a Rusia, lo que disparó el temor por los suministros. Ello, además, empujó al cobre a máximos históricos, mientras las

bolsas globales se desplomaban (Nogales, 2022).

Cromo

Al igual que sucede en el resto de las materias primas, en los años anteriores a la crisis económica de 2008 los precios subieron mucho, y después de la caída de Lehman Brothers los precios cayeron todo lo que hasta entonces habían subido. De hecho, el precio pasó de los 8.000 USD/Tm a casi 14.000 USD/Tm entre noviembre de 2007 y agosto de 2008, para caer igualmente de rápido y recuperar el nivel de los 8.000 USD/Tm en mayo de 2009 (Institute for Rare Earths and Metals, s. f.).

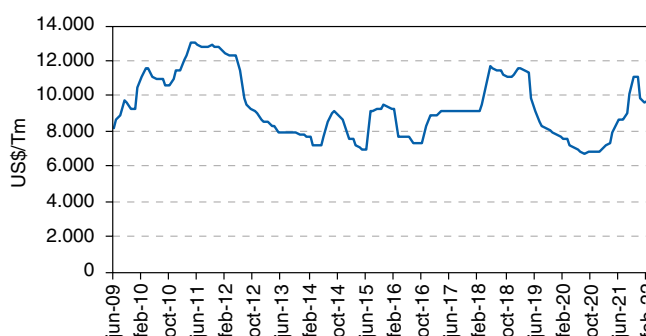
A finales de 2009, la demanda volvió a subir, sobre todo por el aumento de la demanda de las empresas que usaban acero inoxidable. A diferencia del resto de metales, el cromo no ha sufrido una subida especialmente destacable estos últimos dos años (Figura 5).

Litio

Después de la reducción de los precios del litio durante 2018 y 2019, el precio volvió a subir. La enorme acogida a nivel mundial de ▷

FIGURA 5
EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL CROMO

Promedio	9.350,56
Máximo	13.050,00
Mínimo	6.750,00
Varianza	3.103.360,29
Desviación típica	1.762
Fecha inicial	2009
Fecha final	2022

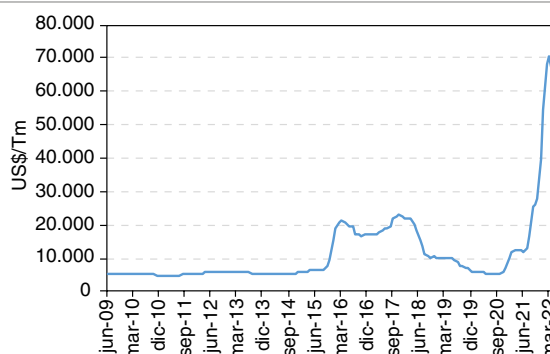


Nota: Se han empleado los precios de Chrom 99% FOB China.

Fuente: *Investing.com* (2022a).

FIGURA 6
EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL LITIO

Promedio	12.363,80
Máximo	70.725,00
Mínimo	4.500,00
Varianza	173.759.830
Desviación típica	13.181,80
Fecha inicial	jun-09
Fecha final	jul-22



Fuente: Investing.com (2022c).

vehículos a batería ha hecho que la demanda y el precio de este material aumenten a causa de la saturación que sufren las explotaciones activas, de la mano de otros componentes y materias primas también primordiales para la fabricación de estas baterías. China actualmente se enmarca como el primer productor mundial de litio y hoy en día sitúa su precio de salida a mercado en 68.325 USD por tonelada de litio, es decir, casi 6 veces más que hace un año (Figura 6) (Pérez, 2022).

a la recesión económica en China. Sin embargo, los inversores siguieron siendo optimistas, ya que la industria del manganeso había experimentado recesiones similares en años anteriores, pero se recuperó lo suficientemente bien como para satisfacer los retornos a la inversión deseados. De hecho, a partir del 2020, los precios del manganeso crecieron de forma continuada (Metalary, 2018a) (Figura 7).

Manganeso

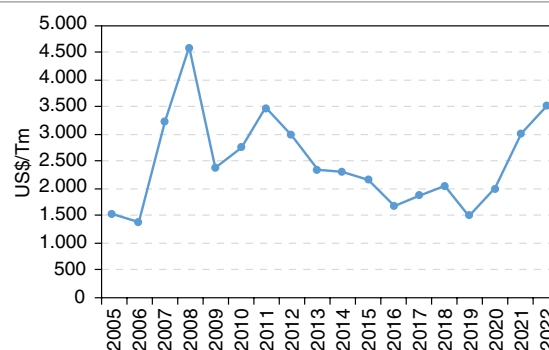
En 2015, la industria del manganeso experimentó un año desafiante, en gran parte, debido

Molibdeno

Una de las razones por las que este metal es valioso es porque se trata de un material muy raro; además, tiene un punto de fusión muy alto y es resistente a la corrosión. Solo se puede ▷

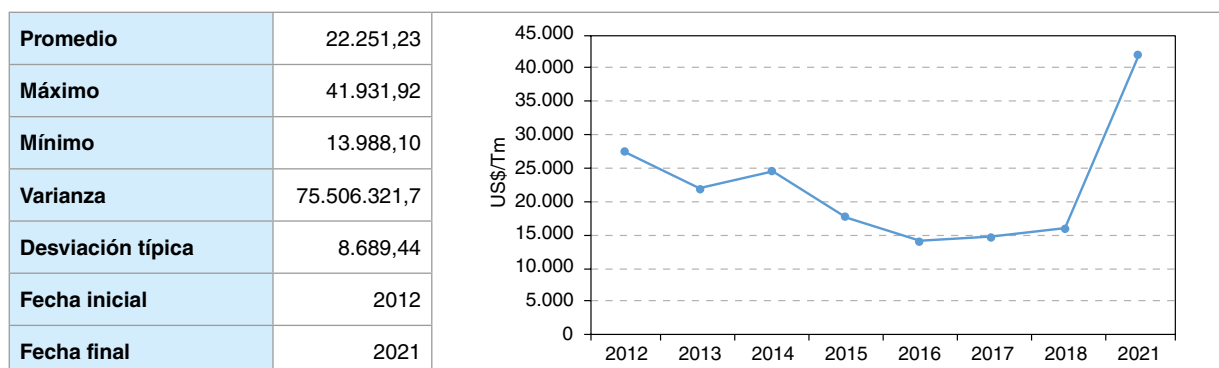
FIGURA 7
EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL MANGANESO

Promedio	2.477,78
Máximo	4.580,00
Mínimo	1.385,00
Varianza	683.442,28
Desviación típica	826,71
Fecha inicial	2005
Fecha final	2022



Fuente: Tematicas.org (2022c).

FIGURA 8
EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL MOLIBDENO



Fuente: Metalary (2018b).

encontrar en concentraciones de 1,1 partes por millón. En el mercado cotiza como óxido de molibdeno. El interés en el metal ha crecido recientemente, y eso se debe al aumento de su uso en el sector industrial mundial (Figura 8). A medida que surgen mercados y se emplea en la construcción y fabricación de productos de alta tecnología, aumenta su demanda (Metalary, 2018b).

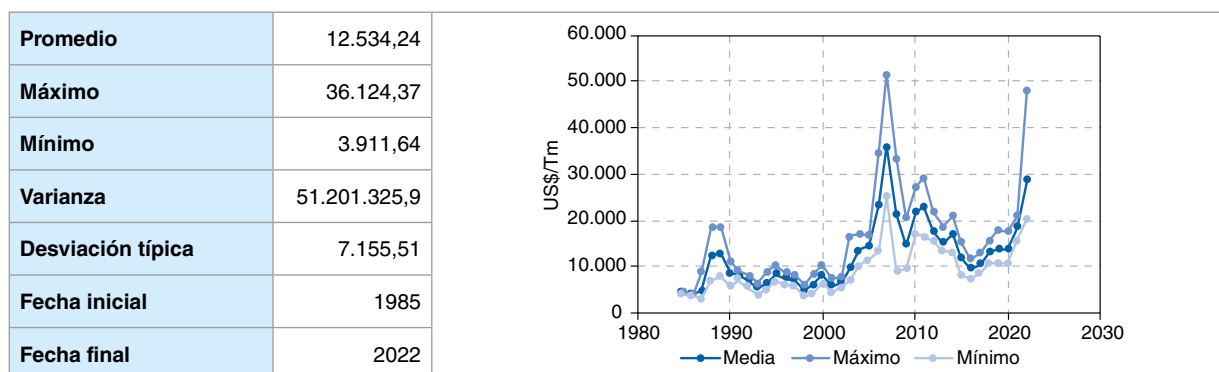
Níquel

La evolución del precio del níquel es muy similar a la del zinc. Ambos elementos se han visto afectados por los mismos sucesos. La

subida de 2005 hasta inicios de 2007 fue causada por el gran crecimiento chino y también se vio muy influenciada por la entrada masiva de inversores y *hedge funds*, que empujaron el precio al alza (Pérez, 2006). La caída de Lehman Brothers también se transformó en una bajada de los precios que no se recuperó hasta 2009.

De 2011 a 2016, la apreciación del dólar y la desaceleración china trajeron consigo una bajada del precio constante, al igual que en el cobre y el aluminio (Fariza, 2015). A partir de 2016 y hasta 2020, las expectativas de escasez de la oferta esperada, debido a la desaceleración china, finalmente no fueron tan elevadas, ▷

FIGURA 9
EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL NÍQUEL



Fuente: Tematicas.org (2022d).

por lo que los precios disminuyeron hasta 2020 (Desai, 2016).

Al igual que en el resto de los casos, de 2020 a 2022, el precio del níquel aumentó considerablemente, alcanzando niveles de máximos históricos debido principalmente a la pandemia (Figura 9) y al temor de que el conflicto bélico en Ucrania afectara negativamente al suministro (Los precios del aluminio y del cobre vuelven a batir récords debido a Ucrania, 2022). Tan grande fue la subida del precio del níquel a principios de 2022 que, en el mes de marzo, se suspendió un día la negociación de contratos en la LME por una subida «sin precedentes» (Sánchez, 2022). Poco después de que Occidente aplicara una nueva serie de sanciones a Rusia, el precio del níquel se duplicó (Kratz et al., 2022).

La demanda de níquel ha sido tradicionalmente empujada por la producción de acero inoxidable (alrededor de dos tercios de la demanda fue para este fin en 2020), sin embargo, el aumento previsto para la producción de baterías y otros componentes de las tecnologías de generación de energías renovables es probable que incremente el precio, a pesar de que se trata de un mercado relativamente estable. Inversiones en innovación en baterías de otros materiales, por

ejemplo, podrían introducir modificaciones a esta tendencia (Azevedo et al., 2022).

Zinc

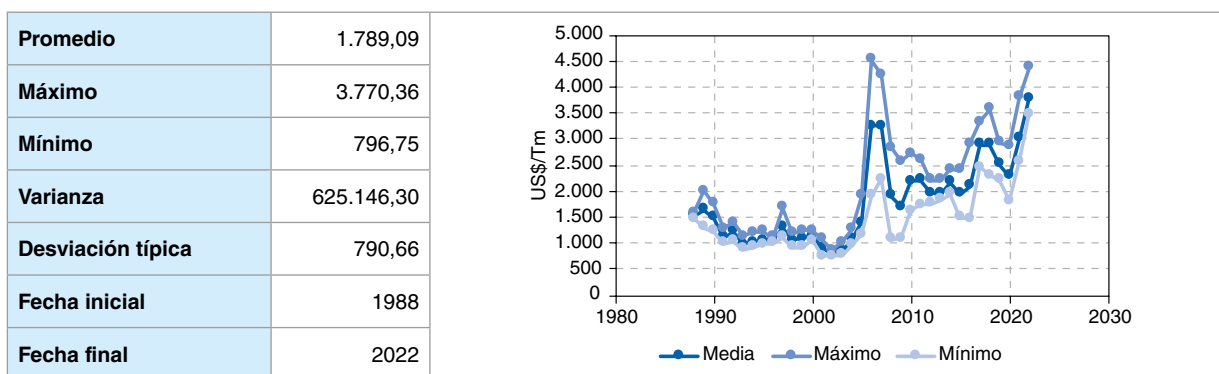
Como en el aluminio y el cobre, su precio fue bastante estable desde 1988 hasta mediados de 2005 —cuando se produjo una gran subida causada por el gran crecimiento chino—, que se situó en alrededor del 8% anual, y también se vio muy influenciado por la entrada masiva de inversores y *hedge funds* (Pérez, 2006).

Nuevamente, la crisis iniciada con la quiebra de Lehman Brothers trajo consigo una caída de los precios bastante fuerte, pero fueron recuperándose poco a poco entre 2009 y 2011 (Figura 10). A diferencia del aluminio y del cobre, la desaceleración china y la apreciación del dólar frente a otras divisas trajeron estabilidad a los precios del zinc (Fariza, 2015).

En 2016 se produjo una subida ocasionada por las expectativas de escasez de la oferta que esperaba el mercado, sin embargo, finalmente, la escasez no fue tan pronunciada como se esperaba, por lo que los precios disminuyeron hasta 2020 (Desai, 2016).

Al igual que con el aluminio, de 2020 a 2022 el precio del zinc aumentó, llegando a ▷

FIGURA 10
EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL ZINC



Fuente: Tematicas.org (2022c).

niveles históricos debido principalmente a la pandemia y al temor de que el conflicto bélico en Ucrania afectara al suministro (Los precios del aluminio y del cobre vuelven a batir récords debido a Ucrania, 2022).

4. Gestión del riesgo de precios de los materiales críticos para la transición energética

Como ha podido observarse, en la mayoría de las materias primas críticas para la descarbonización se están alcanzando máximos históricos de precios, que podrían considerarse insostenibles tanto desde la viabilidad económica y la capacidad de compra de las empresas como de su capacidad de competir con terceros. De hecho, aunque los precios de algunos de estos materiales parecen haberse estabilizado recientemente, es posible que se produzcan nuevos cambios (White *et al.*, 2022).

Estos aumentos ponen en una posición delicada a las nuevas tecnologías de generación energética renovable, que habían visto una mejora de los costes de su producción debido a la curva de aprendizaje, pero que ahora ven contrarrestar estas reducciones con los aumentos de los precios de las materias primas necesarias (Kim, 2022).

4.1. Participación en los mercados de materias primas¹⁰

Los precios de los materiales críticos son, en general, muy sensibles a los acontecimientos del entorno, produciéndose importantes

variaciones que repercuten sobre las cuentas de resultados de las empresas. En efecto, los mercados globales de metales y minerales tienden a seguir patrones cíclicos basados en la oferta y la demanda.

Teniendo esto en cuenta, así como el contexto de este trabajo, resulta conveniente buscar herramientas que permitan a los compradores protegerse, en la medida de lo posible, de los riesgos asociados a estas variaciones. A modo de ejemplo, los derivados de productos básicos permiten a los productores y consumidores protegerse de los riesgos ligados a la producción física y a la incertidumbre de precios. Y si bien las entidades financieras participan en los mercados de derivados cada vez más en busca de inversiones financieras, también les permite gestionar el riesgo al que se enfrentan.

En la actualidad, los mercados de contado se refuerzan con los mercados de derivados y viceversa, fortaleciendo la liquidez, la eficiencia y la accesibilidad. Para garantizar la información fiable sobre elementos fundamentales del mercado como volúmenes de producción y consumo, etc., se requiere una formación transparente tanto de los precios en los mercados de contado como en los de derivados.

Teniendo en cuenta lo anterior, la Administración pública podría fomentar la transparencia y accesibilidad a la información sobre los mercados físicos de productos básicos, incluyendo información procedente de reguladores e instituciones pertinentes.

En la línea de facilitar la accesibilidad a la información, debería promoverse la difusión de informes con análisis sobre la evolución de los precios de las materias primas críticas en los mercados físicos y financieros desarrollados a nivel global por instituciones nacionales u otras como la OCDE, el Fondo Monetario ▷

¹⁰ Algunas de las propuestas aquí presentadas resultan de una reflexión adaptada de las consideraciones realizadas en los trabajos de Fernández Gómez y Larrea Basterra (2021, 2022).

Internacional o la Agencia Internacional de la Energía.

También se debería poner a disposición de los agentes herramientas digitales que les permitan visualizar y entender mejor la problemática a la que se enfrentan, para poder desarrollar estrategias. Para ello, se pueden desarrollar plataformas en la que los agentes involucrados pueden acceder, previa inscripción, y ver la evolución de las cotizaciones de los productos, los volúmenes intercambiados, flujos, etc.

Las empresas, de la mano de las instituciones financieras y previa formación, deberían aprender a gestionar los riesgos de precio empleando instrumentos de naturaleza financiera. Asimismo, se podría fomentar la creación de nuevas empresas emergentes (bajo la forma de plataforma, agencia o centro de operaciones) especializadas en la adquisición e intermediación de materias primas críticas. Permitiría identificar los potenciales clientes y sus necesidades, promocionar la posible agregación de compras (a nivel regional, nacional o europeo) para reducir los costes de transacción y aumentar, en la medida de lo posible, «el poder de compra». Otra vía es operar a través de los grandes comercializadores mundiales de materias primas (por ejemplo, Glencore o Vale, S. A.).

En esta línea, se deben reforzar los programas de formación especializada en mercados de materias primas y financieros, fomentar la creación de redes de conocimiento y foros centrados en las materias primas, en general, y críticas en particular. Igualmente, se debería, desde las asociaciones o clústeres empresariales, crear grupos de trabajo relacionados con esta materia.

Los precios tienen una importancia considerable en las decisiones de inversión. En este sentido, la taxonomía relativa a finanzas sostenibles de la UE guiará las inversiones públicas

y privadas hacia actividades sostenibles, abordando el papel impulsor de la cadena de valor de la industria minera y extractiva y la necesidad de que el sector reduzca al mínimo sus efectos sobre el clima y el medioambiente a lo largo del ciclo de vida. Esto debería permitir la movilización de apoyo sostenible y responsable para proyectos de exploración, minería y transformación de materias primas fundamentales (Comisión Europea, 2020).

4.2. Desarrollo de medidas comerciales y de nuevos modelos de negocio

Desde 2008, la UE definió una política comercial de materias primas (Comisión Europea, 2011), que ha supuesto la inclusión de normas en acuerdos comerciales para conseguir un suministro sostenible de materias primas a nivel multilateral y bilateral, incluidas negociaciones de adhesión a la Organización Mundial del Comercio (OMC) y Acuerdos de Libre Comercio (ALC) (Comisión Europea, 2013).

Es necesario desarrollar y mantener medidas para hacer que los mercados mundiales sean más transparentes, eficaces y predecibles. Desarrollar acuerdos de compra inteligente o esfuerzos de acopio plurilaterales pueden ser algunas medidas interesantes (Kratz *et al.*, 2022). De igual manera, se requieren políticas de demanda claras en línea con los escenarios de descarbonización. La combinación de las políticas de oferta y demanda a largo plazo y predecibles puede ayudar a asegurar inversión (IEA, 2022).

En este sentido, para conseguir una mayor integración regional, crear un mercado armonizado, modernizar las relaciones económicas y emplear el comercio para reforzar el crecimiento económico, se pueden desarrollar políticas ▷

de comercio e inversión a medida para los países más necesitados (Comisión Europea, 2013). Los responsables políticos podrían centrar sus esfuerzos en fomentar el *friend-shoring*, incentivando a los productores y esforzándose por armonizar las normas y estándares con socios afines.

Por su parte, se abre la posibilidad de desarrollar nuevos modelos de negocio empresariales sostenibles y circulares, incluido el producto como servicio, siempre que ahorren recursos, reduzcan el impacto medioambiental y garanticen la protección del consumidor. Es probable que estos nuevos modelos de negocio requieran de un desarrollo normativo adaptado que los acompañe (por ejemplo, en el desarrollo de nuevos procedimientos de reciclaje).

Otra cuestión es el hecho de que los precios de las materias primas no cotizan en euros, lo que añade el riesgo del tipo de cambio. En este sentido, la UE considera que sería beneficioso, para la resiliencia económica y financiera, que estas materias primas cotizaran en euros, ya que reduciría la volatilidad de los precios y la dependencia de los mercados financieros en dólares de EE. UU.

4.3. Cadenas de suministro resilientes y control de las materias primas fundamentales

La falta de capacidad en materia de extracción, transformación, reciclaje, refinado y separación (por ejemplo, en litio o tierras raras) ponen de relieve la escasa resiliencia y elevada dependencia de otras partes del mundo. Esto es una realidad como muestra, por ejemplo, que determinados materiales extraídos en Europa, como el litio, deben viajar a terceros países fuera de la UE para su transformación. En este sentido, las tecnologías, capacidades y

competencias en los ámbitos del refinado y la metalurgia constituyen un vínculo crucial en la cadena de valor (Comisión Europea, 2020).

Como consecuencia, se necesita un enfoque más estratégico: inventarios adecuados para evitar interrupciones inesperadas de los procesos de fabricación o

fuentes de suministro alternativas en caso de interrupción, asociaciones más estrechas entre los principales agentes del ámbito de las materias primas y los sectores ubicados en puntos posteriores de la cadena que las utilizan, y atracción de inversiones para desarrollos estratégicos. (Comisión Europea, 2020)

Igualmente, puede plantearse la inversión en manufactura doméstica de determinados eslabones de las cadenas de suministro (IEA, 2022).

Y es que una de las maneras de reducir los riesgos es a través de la gestión de cadenas de valor completas, resilientes para los ecosistemas industriales. Como consecuencia, es necesario que se realice una evaluación exhaustiva y realista de los posibles cuellos de botella y riesgos existentes en las cadenas de suministro de la industria, evaluando sus vulnerabilidades y riesgos, tal y como plantea la IEA (2022) para la solar fotovoltaica o como realizó la Comisión Europea para nueve tecnologías estratégicas (Bobba *et al.*, 2020)¹¹.

Otra medida consiste en desarrollar un almacenamiento estratégico, tal como existe en la actualidad para el crudo. Para ello se requiere de un programa voluntario de almacenamiento ▷

¹¹ En este estudio se analiza el riesgo asociado al suministro de materias primas, así como de materiales procesados, componentes y ensamblajes, para lo cual realiza una descomposición detallada de los productos identificados en sus partes. También ofrece una serie de recomendaciones adaptadas a cada caso relacionadas con la I+D y con el desarrollo de capacidad productiva propia, entre otros.

por parte de la industria y con apoyo financiero público. Obviamente, esta medida solo puede resolver problemas a corto plazo (Comisión Europea, 2013). Esto podría ser especialmente eficaz para las materias primas críticas almacenables en la cadena de producción y podría tener lugar a nivel nacional o juntamente con socios afines. Además, los acuerdos de compra preferente de insumos clave en la cadena de valor son otra opción distinta a la del almacenamiento (Kratz *et al.*, 2022).

La reducción del uso de los materiales críticos puede acometerse mediante mejoras de la eficiencia o mediante la sustitución de materiales o la creación de nuevos materiales, entre otros. La escasez de materiales provoca subidas de precios y, dada la incapacidad de la oferta para reaccionar rápidamente, será necesaria la innovación tecnológica y la sustitución de ciertos metales (posiblemente a expensas del rendimiento y el coste de la aplicación final) junto con un nuevo enfoque de colaboración con los clientes y una mirada hacia lo que está más cerca —apuesta por lo local— (Roca, 2022).

La creación de nuevas cadenas de valor completas en casa no resolverá todas las vulnerabilidades de Europa. La resiliencia de las cadenas de suministro dependerá de la sostenibilidad en términos medioambientales, sociales y políticos. Como consecuencia, las políticas para asegurar las cadenas de suministro de energía verde tendrán que alinearse con los intereses y valores clave en materia de estabilidad ecológica, neutralidad climática y normas laborales y de derechos humanos (Kratz *et al.*, 2022).

5. Conclusiones

No solo la competitividad, sino también la descarbonización de la industria europea,

requieren un acceso eficiente y seguro a las materias primas y, en particular, a una serie de materias primas críticas (entre ellas aluminio, cobalto, cobre, cromo, litio, manganeso, molibdeno, níquel y zinc) cuya evolución de precios se ha presentado en este trabajo.

Los mercados de materias primas son uno de los principales mecanismos empleados para la fijación de los precios, que además puede realizarse en el presente o mediante derivados que favorecen la cobertura de riesgos. Sin embargo, no en todos los casos existen bolsas y, en ocasiones, se negocian en mercados OTC.

Con todo ello, la evolución de los precios observada responde, en gran medida, a factores similares a los que influyen en otros mercados, empezando por la propia interacción entre oferta y demanda, pasando por la concentración en pocas manos de los recursos o de las instalaciones de refino de estos.

Teniendo en cuenta las oscilaciones descritas de los precios, es de prever que a medida que los sectores y los países se descarbonicen, cada mercado individual de materias primas se enfrentará a equilibrios específicos de su oferta y demanda que empujarán los precios al alza o a la baja. El contexto se complejiza si se tiene en cuenta que la transición energética o hacia la descarbonización es un proceso que está teniendo lugar a nivel mundial de manera simultánea. Por lo tanto, es de prever que las oscilaciones sean más llamativas, dado que la demanda irá creciendo y no se sabe la velocidad a la que la oferta pueda responder. Ante este escenario, es necesario que las empresas y las cadenas de valor cuenten con planes que les permitan afrontar los riesgos, en particular, el de los incrementos acusados de estos.

Por su parte, Gobiernos, otras instituciones y organismos públicos pueden desempeñar un importante papel, entre otros, mediante el ▷

desarrollo de políticas y acuerdos comerciales, la promoción de la formación en determinadas áreas relacionadas con los mercados de materias primas y promoviendo cadenas de suministro más resilientes, así como la difusión de información.

La colaboración entre los agentes involucrados puede atisbarse fundamental, dado que las medidas que unos y otros pueden desarrollar en numerosas ocasiones se solapan y requieren de la acción de todos ellos. A modo de ejemplo, los Gobiernos deben ser conscientes de las materias primas críticas que se requieren para promocionar el desarrollo de acuerdos comerciales con terceros países. Solamente si existe una acción conjunta y bien orientada se conseguirá reducir el riesgo de precios en lo que a la adquisición de materias primas críticas para la transición energética se refiere.

Bibliografía

- Alden, L. (2022, March 17). *Global bifurcation. Global Supply Chains: Efficiency vs resiliency* [March 2022 Newsletter]. <https://www.lynalden.com/march-2022-newsletter/>
- AON. (2021). *Encuesta Global de Gestión de Riesgos*. https://grms.aon.com/2021-encuesta-global-de-gestin-de-riesgos/portada/?utm_source=outlook&utm_medium=outbox&utm_campaign=ri_global-risk-management-survey_all_crs_emea_esp&utm_content=press-release&utm_term=medios
- Azevedo, M., Baczyńska, M., Bingoto, P., Callaway, G., Hoffman, K., & Ramsbottom, O. (2022, January 10). *The raw-materials challenge: How the metals and mining sector will be at the core of enabling the energy transition*. McKinsey's & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/the-raw-materials-challenge-how-the-metals-and-mining-sector-will-be-at-the-core-of-enabling-the-energy-transition>
- Barría, C. (3 de enero de 2018). Por qué se está disparando el precio del cobre en el mundo y qué efectos puede tener en Chile y Perú. *BBC Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-42518125>
- Blanco Moro, V. (30 de mayo de 2022). Los metales corrigen un 30% desde máximos por el miedo a la recesión. *El Economista*. <https://www.economista.es/mercados-cotizaciones/noticias/11844747/06/22/Los-metales-corrigen-un-30-desde-maximos-por-el-miedo-a-la-recesion.html>
- Bobba, S., Carrara, S., Huisman, J., Mathieux, F., & Pavel, C. (2020). *European Commission, Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU. A Foresight Study*. Publications Office of the European Union. https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRMs_for_Strategic_Technologies_and_Sectors_in_the_EU_2020.pdf
- Cesce. (2022). *Mapa Riesgo País*. <https://www.cesce.es/es/riesgo-pais>
- Cobre cierra en máximo anual y precio acumula subida de más de 150% en 2009. (31 de diciembre de 2009). *La Tercera*. <https://www.latercera.com/noticia/cobre-cierra-en-maximo-anual-y-precio-acumula-subida-de-mas-de-150-en-2009/>
- Comisión Europea. (2011). Comunicación COM (2011) 25 final, de 2 de febrero, de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones. *Abordar los retos de los mercados de productos básicos y materias primas*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX%3A52011DC0025>
- Comisión Europea. (2013). Comunicación COM (2013) 442 final, de 24 de junio, de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones. *Informe sobre la aplicación de la Iniciativa de las Materias Primas*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0442&from=SK>
- Comisión Europea. (2020). Comunicación COM (2020) 474 final, de 3 de septiembre, de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al ▷

- Comité de las Regiones. *Resiliencia de las materias primas fundamentales: trazando el camino hacia un mayor grado de seguridad y sostenibilidad*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0474>
- Copper, L., & Wookey, J. (2015). Aluminium: The irresistible rise of the LME contango – and what next? *MetalBulletin*.
- Desai, P. (2 de junio de 2016). Cobre cae y zinc sube a máximos de 10 meses. *Reuters*. <https://www.reuters.com/article/mercados-metales-basicos-idLTAKCN0YO1FX>
- El aluminio podría dar el «sorpaso» al cobre como el rey de la electricidad. (2 de julio de 2022). *El Periódico de la Energía*. <https://elperiodicode-laenergia.com/el-aluminio-podria-dar-el-sorpaso-al-cobre-como-el-rey-de-la-electricidad/>
- European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, Bobba, S., Claudiu, P., & Huygens, D. (2018). *Report on critical raw materials and the circular economy*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2873/167813>
- European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, Pennington, D., Tzimas, E., & Baranzelli, C. (2017). *Methodology for establishing the EU list of critical raw materials: guidelines*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2873/769526>
- European Parliament. (2021). *Resolution of 24 November 2021 on a European strategy for critical raw materials (2021/2011(INI))*. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0468_EN.pdf
- Fariza, I. (24 de noviembre de 2015). Los precios de las materias primas caen a su nivel más bajo en 16 años. *El País*. https://elpais.com/economia/2015/11/21/actualidad/1448116285_803534.html
- Ferguson, M., Cecil, R., & Murphy, K. (2021, Nov. 2). *The Big Picture: 2022 Metals and Mining Industry Outlook*. S&P Global Market Intelligence. <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/blog/the-big-picture-2022-metals-and-mining-industry-outlook>
- Fernández Gómez, J. y Larrea Basterra, M. (2021). Fomento de la financiación verde en el ámbito subnacional. El caso del País Vasco. *Ekonomiaz* (99), 151-181. <https://www.euskadi.eus/web01-a2reveko/es/k86aEkonomiazWar/ekonomiaz/getPubl?idPubl=96>
- Fernández Gómez, J. y Larrea Basterra, M. (2022). *El papel de los Gobiernos en el desarrollo de ecosistemas eficientes de financiación de inversiones*. Ikerketak-Ekonomiaz. Gobierno Vasco. <https://www.euskadi.eus/informes-ekonomiaz/web01-a2ogaeko/es/>
- García, E. (14 de marzo de 2018). *A por el oro azul: la guerra del cobalto ya no es solo cuestión de los grandes fabricantes de teléfonos o coches*. Xataka Móvil. <https://www.xatakamovil.com/xatakamovil/a-por-el-oro-azul-la-guerra-del-cobalto-ya-no-es-solo-cuestion-de-los-grandes-fabricantes-de-telefonos-o-coches#:~:text=Solo%20el%20precio%20del%20cobalto,por%20tonelada%20a%201.360%20d%C3%B3lares.>
- Grupo Spri-Agencia Vasca de Desarrollo Empresarial. (17 de mayo de 2022). *Observatorio Materias Primas: Especial Guerra en Ucrania, mayo 2022*. Basque Trade & Investment. <https://www.spri.eus/es/internacionalizacion-comunicacion/observatorio-internacional-especial-materias-primas-industriales-guerra-en-ucrania-mayo-2022/>
- Gutiérrez, D. (16 de marzo de 2021). El precio del cobalto se dispara con China haciendo acopio para sus coches eléctricos. *Híbridos y Eléctricos*. <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/sector/precio-cobalto-dispara-china-aumenta-reservas-produccion-coches-electricos/20210315184938043344.html>
- Halleux, V. (2022). *New EU regulatory framework for batteries. Setting sustainability requirements*. European Parliamentary Research Service. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689337/EPRS_BRI\(2021\)689337_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689337/EPRS_BRI(2021)689337_EN.pdf) ▷

- Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. (2016). *Fabricación Verde en el País Vasco. Programa Marco Ambiental 2020. 5. Materiales críticos en la industria del País Vasco*. Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial. Gobierno Vasco. <https://www.ihobe.eus/publicaciones>
- Institute for Rare Earths and Metals. (s. f.). *Cromo. Extracción de cromo, uso, precios*. <https://en.institut-seltene-erden.de/current-prices-of-strategic-metals/>
- International Energy Agency. (2021a). *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>
- International Energy Agency. (2021b). *World Energy Outlook 2021*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4ed140c1-c3f3-4fd9-aca-789a4e14a23c/WorldEnergyOutlook2021.pdf>
- International Energy Agency. (2022). *Solar PV Global Supply Chains. An IEA Special Report*. https://www.iea.org/reports/solar-pv-global-supply-chains?utm_content=bufferc0dd6&utm_medium=social&utm_source=linkedin-Birol&utm_campaign=buffer
- Investing.com. (2022a). *Chromium 99 % Min China Spot Historical Data*. <https://www.investing.com/commodities/chromium-99-min-china-futures-historical-data>
- Investing.com. (2022b). *Cobalt Futures Prices Historical Data*. <https://es.investing.com/commodities/cobalt-historical-data>
- Investing.com. (2022c). *Lithium Carbonate 99 % Min China Spot Historical Data*. <https://es.investing.com/commodities/lithium-carbonate-99-min-china-futures-historical-data>
- Kamp, B., & Gaztañaga, M. (2022, May 9). *Russia's invasion pushes companies to take a more «liquid» view of supply chain management*. Orkestra. Basque Institute of Competitiveness. <https://www.orkestra.deusto.es/en/latest-news/news-events/beyondcompetitiveness/2382-russias-invasion-supply-chain-management>
- Kim, T.Y. (2022, May 18). *Critical minerals threaten a decades-long trend of cost declines for clean energy technologies*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/commentaries/critical-minerals-threaten-a-decades-long-trend-of-cost-declines-for-clean-energy-technologies>
- Kratz, A., Vest, C., & Oertel, J. (2022). *Circuit breakers: Securing Europe's green energy supply chains*. European Council on Foreign Relations. <https://ecfr.eu/publication/circuit-breakers-securing-europes-green-energy-supply-chains/>
- Los precios del aluminio y del cobre vuelven a batir récords debido a Ucrania. (7 de marzo de 2022). *France 24*. <https://www.france24.com/es/minuto-a-minuto/20220307-los-precios-del-aluminio-y-del-cobre-vuelven-a-batir-r%C3%A9cords-debido-a-ucrania>
- Mártel, I. (11 de julio de 2021). *Tras la pandemia, la escalada de precios de las materias primas*. *C Material Eléctrico*. <https://blogs.cdecomunicacion.es/ignacio/2021/07/11/tras-pandemia-escalada-de-precios-materias-primas/>
- Metalary. (2018a). *Manganese Price*. <https://www.metalary.com/manganese-price/>
- Metalary. (2018b). *Molybdenum Price*. <https://www.metalary.com/molybdenum-price/>
- Nogales, D. (7 de marzo de 2022). *El precio del cobre llega a su nivel más alto en la historia mientras el petróleo sigue sobre US\$120 por barril*. *La Tercera*. <https://www.latercera.com/pulso/noticia/los-futuros-del-cobre-llegan-a-los-us-5-por-libra-en-medio-de-las-disparatadas-alzas-de-las-materias-primas/PYV3QHHS7FBLND6ZF2EFC2QNXU/>
- Pérez, A. (28 de febrero de 2022). *Asciende el precio del litio y otros materiales imprescindibles para las baterías de coches eléctricos*. *Híbridos y Eléctricos*. <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/asciende-precio-litio-otros-materiales-imprescindibles-baterias-coches-electricos/20220225103857054973.html>
- Pérez, C. (23 de enero de 2006). *El precio de las materias primas se dispara por el empuje de* ▷

Asia y la especulación. *El País*. https://elpais.com/diario/2006/01/23/economia/1137970803_850215.html

Precio del cobalto subió como la espuma en 2018 pero cae a velocidad de crucero en 2019. (6 de febrero de 2019). *Energiminas*. <https://energiminas.com/precio-del-cobalto-subio-como-la-espuma-en-2018-pero-cae-a-velocidad-de-cruce-ro-en-2019/#:~:text=La%20tonelada%20de%20cobalto%20comenz%C3%B3,posiciona%20en%20los%20US%2431%2C000.>

Roca, J. A. (19 de enero de 2023). El valor de mercado de los metales clave utilizados en las tecnologías de transición se triplicará para 2050. *El Periódico de la Energía*. <https://elperiodicode-laenergia.com/el-valor-de-mercado-de-los-metales-clave-utilizados-en-las-tecnologias-de-transicion-se-triplicara-para-2050/>

Roca, R. (31 de mayo de 2022). La odisea de conseguir componentes para la transición energética cuando el precio dura 24 horas. *El Periódico de la Energía*. <https://elperiodicodelaenergia.com/la-odisea-de-conseguir-componentes-para-la-transicion-energetica-cuando-el-precio-dura-24-horas/>

Sánchez, A. (08 de marzo de 2022). La Bolsa de Metales de Londres suspende la negociación del níquel por la subida «sin precedentes» de su precio. *El País*. <https://elpais.com/economia/2022-03-08/la-bolsa-de-metales-de-londres-suspende-la-negociacion-del-niquel-por-la-subida-sin-precedentes-de-su-precio.html>

Tematicas.org. (2022a). *Precio del aluminio (1985)*. <https://tematicas.org/indicadores-economicos/economia-internacional/precios/precio-aluminio/1985/>

Tematicas.org. (2022b). *Precio del cobre*. <https://tematicas.org/indicadores-economicos/economia-internacional/precios/precio-cobre/>

Tematicas.org. (2022c). *Precio del zinc*. <https://tematicas.org/indicadores-economicos/economia-internacional/precios/precio-zinc/>

Tematicas.org. (2022d). *Precio del níquel*. <https://tematicas.org/indicadores-economicos/economia-internacional/precios/precio-niquel/>

U.S. Department of Defense. (2021). *The Defense Department's Strategic and Critical Materials Review*. <https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/2649649/the-defense-departments-strategic-and-critical-materials-review/>

White, O., Buehler, K., Smit, S., Greenberg, E., Mysore, M., Jain, R., Hirt, M., Govindarajan, A., & Chewning, E. (2022, May 9). *War in Ukraine: Twelve disruptions changing the world*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/war-in-ukraine-twelve-disruptions-changing-the-world?cid=other-eml-dre-mip-mck&hlkid=a774e1a8976d4a078406df70a8406fd5&hctky=10303809&hdpid=8e2d16be-a0ab-47bd-adde-bcd75bae9cdb>