Predicción del comportamiento en el suministro seguro de los metales de interés energético: la actualidad del litio, cobalto y grafito

Luis de la Torre Palacios | Universidad Politécnica de Madrid

J. Antonio Espí | Universidad Politécnica de Madrid

Tema

¿Cuáles son la causa y los efectos de las principales incertidumbres en el suministro de los metales de interés energético?

Resumen

La irrupción de las nuevas tecnologías en la producción y almacenamiento eléctrico son causa y, hasta cierto punto, efecto, de la necesidad de una producción energética limpia. Sin embargo, los efectos sobre la cadena de suministro de metales y materiales de apoyo se verán, en principio, notablemente afectados por la dimensión y, sobre todo, por la velocidad en la demanda previsible de estos materiales. Las condiciones de esta demanda y la previsión de su respuesta son el objeto de este análisis.

Análisis

Los metales estratégicos, críticos o supercríticos

La aparición de la idea de los minerales o metales de extraordinario interés coincide con las recientes denominaciones de estratégicos, críticos o supercríticos. Esto se relaciona con el hecho de que, para el normal desarrollo de industrias de carácter estratégico por su elevada tecnología o incluso por su ayuda ambiental, se debe contar con suministros fáciles o asegurados de productos minerales que, muchas veces, no cumplen esas dos condiciones. Sin embargo, esta escasez es siempre relativa o temporal. Las razones de ello hay que buscarlas en las coyunturas del momento o fallos puntuales de la relación oferta/demanda debida a diversas causas.

En el sector de las materias primas de origen en principio natural, la irrupción de una nueva tecnología desata una amplia fantasía respecto al suministro procedente de los recursos de la Tierra. La UE hace años que se ha planteado el problema del suministro seguro de las materias primas necesarias para su industria, en especial para aquellos sectores que utilizan metales no muy abundantes y muchas veces ligados a las nuevas tecnologías, o bien, de la producción con altos índices de sostenibilidad. De ahí nace la línea *Raw Materials*[1] como política para lograr un acceso fiable y sin obstáculos a las

[1] Véanse COM (2008), "The raw materials initiative – meeting our critical needs for growth and jobs in (cont.)

materias primas en la UE, así como las acciones que su aplicación ha conllevado en Europa. Entre dichas acciones se encuentra la *Raw Materials Initiative* que fija en 2008 una estrategia para tratar el asunto de las materias primas en la industria en la UE, con publicaciones regulares conteniendo un listado de materias primas críticas, y el *European Innovation Partnership on Raw Materials* como plataforma de grupos de interés para la promoción de la innovación en el sector de las materias primas.

Una forma de racionalizar estos conceptos consiste en agrupar las sustancias naturales en conjuntos que intervienen en las tecnologías de manera más o menos permanente o bien ligadas a cambios relacionados con la innovación. De esta manera podremos comprender más fácilmente los fenómenos ligados a la demanda.

Las materias primas minerales y la energía

Al referirnos a los metales de interés energético, tan solo hacemos la consideración de aquellos que presentan cierta incertidumbre de suministro actual o de futuro a corto y medio plazo. Hablamos de metales escasos dentro de la generación eléctrica porque son demandados por las tecnologías relacionadas, sobre todo, con la generación eléctrica sin carbono. Es decir, se encuentran dentro del cambio de modelo a una generación eléctrica renovable. Tomados de manera muy global, los minerales y metales escasos presentan las siguientes semejanzas:

- En general no son críticos en el sentido definido por la línea *Raw Materials*,[2] sino más bien escasos al apartarse de la extrema abundancia en la naturaleza.
- Aparecen por necesidades tecnológicas de hoy, pero ya fueron demandados antes (litio, cobalto, tierras raras).
- Su producción hoy es todavía limitada. Casi todos se mueven alrededor de las 100.000 toneladas (o menos) anuales de producción.
- Poseen un valor limitado, en general menos de 10.000 millones de euros de producción anual, comparado con el valor de mercado del cobre mundial, de 140.000 millones de euros.
- En la naturaleza aparecen en forma de pequeños depósitos minerales, o bien, que todavía no son muy conocidos.
- Es frecuente que aparezcan acompañando a otros metales.

Europe"; COM (2017), "On the 2017 list of Critical Raw Materials for the EU"; y COM (2014), "Commission communication 'On the review of the list of CRM for the EU and the implementation of the Raw Materials Initiative'".

[2] Así referidos por el alto riesgo relativo al acceso al mineral o al metal, y a su vez que resulten de gran importancia económica. Véase Working Group (2014), *Report on Critical Raw Materials for the EU*, Report of the Ad hoc Working Group on defining critical raw materials.

- Para ellos existe la posibilidad de las sustituciones y el reciclado intenso.
- Existe un riesgo en la adecuación de oferta-demanda y también una fuerte repercusión en los precios.
- Hay posibilidad de cartelización, cuando no de monopolio.

Metodología empleada

Una manera de acercarse a los metales considerados críticos, casi siempre escasos, es aprendiendo del comportamiento de otros en situaciones similares. La creación de un modelo predictivo sobre el suministro seguro ha de basarse en el conocimiento del *stock* natural del elemento estudiado y de sus condiciones tecnológicas, y luego en las predicciones de la demanda apoyada en el análisis y aprendizaje de situaciones recientes. Este método de trabajo parte de unos metales de tremenda "criticidad", como las tierras raras, el tántalo y el cobre por su importancia (primer grupo o grupo de referencia), mientras que el análisis predictivo se realiza sobre el litio, cobalto y grafito (segundo grupo o grupo dilema). De ahí surgen las conclusiones sobre posibles condiciones estratégicas y geopolíticas derivadas muchas veces de la geografía del suministro.

Primer grupo: el cobre

El cobre es un metal rojizo, de brillo metálico previo a su rápida oxidación al aire, relativamente blando, de elevada conductividad eléctrica y térmica, maleabilidad, y resistencia a la corrosión y a las altas temperaturas.

Figura 1. Producción y reservas mundiales de cobre, 2017

	Producción de cobre en miles de toneladas (Mt)/año, 2017	Reservas en miles Mt de cobre
Chile	5.330	170.000
Perú	2.390	81.000
China	1.860	27.000
EEUU	1.270	45.000
Otros	8.850	471.000
Total mundial (aprox.)	19.700	>790.000

Fuente: US Geological Service (USGS), 2018.

La importancia de sus aplicaciones –principalmente la generación, transporte y distribución de electricidad, las telecomunicaciones, la construcción y el transporte– lo convierten a partir del siglo XX en imprescindible para el desarrollo económico. En este tipo de metales de gran interés, se analizan:

- Limitaciones impuestas por condiciones del *stock* natural. A pesar de la gran demanda a nivel mundial, no existe riesgo de escasez de mineral de cobre en el medio plazo, al estimarse unos recursos de 5.600 millones de toneladas (Mt). Recuérdese que las reservas minerales son aquella parte de los recursos que pueden ser explotados económicamente con la tecnología y condiciones del momento, o en el muy corto plazo.

- La concentración de la producción. Aunque aproximadamente el 40% de la extracción mineral se centra en dos países, Chile –que decrece– y Perú –que aumenta–, la larga tradición minera de estos países no presenta riesgos comerciales.

- La variabilidad de los precios. El precio del cobre aumentó un 22% en 2017, negociándose en el entorno de los 7.000 dólares/Mt, debido a las perspectivas de una fuerte demanda, las interrupciones de suministro y la especulación de los inversores. Esto ha supuesto alcanzar los niveles de precios más altos en tres años, impulsado por los datos positivos de China y un dólar más débil.

- Las limitaciones de su sustitución. Aunque se emplean sustitutos, el amplio uso industrial de este metal se debe al valor de sus propiedades en conjunto, que lo convierten en difícilmente reemplazable. Cerca del 70% del cobre mundial producido se emplea en aplicaciones eléctricas o de conductividad y comunicaciones.

- Los factores éticos, sociales y ambientales. La tipología principalmente empleada, los pórfidos, suponen el 60% de la producción, habitualmente a cielo abierto, con grandes movimientos másicos y cada vez menores leyes minerales, aspecto que deberá establecer un límite ambiental, no únicamente económico. La tendencia apunta hacia otras tipologías subterráneas, de mayor ley y menor impacto ambiental.

- El grado de expectativas en la demanda. Condicionada por el papel de principal consumidor de China y su ratio de crecimiento que, aunque se estima se modere, continuará siendo intensivo en el uso de cobre para su actividad económica.

- La existencia de una adecuada cadena de suministro. Una explotación en países de reconocida tradición minera, un comercio internacional de un negocio que lleva funcionando sin grandes disrupciones por más de un siglo, así como su presencia en las principales bolsas del mundo, alejan las preocupaciones en el medio plazo en su cadena de suministro.

- Los factores políticos. Aunque su producción se localiza principalmente en Chile y Perú, la larga tradición minera en estos países no hace temer la falta de suministro. El riesgo para este metal proviene, más que de la oferta, de la demanda, muy condicionada por el papel de China y su crecimiento económico.

Primer grupo: el tántalo

El tántalo es un metal gris azulado, no tóxico y denso, altamente maleable y químicamente inerte. Sus características únicas son la estabilidad a temperaturas extremas y sus propiedades anticorrosivas. Su uso principal es en condensadores para productos electrónicos de consumo, y electrónica energética.

Figura 2. Producción mundial de tántalo (en forma de óxidos o tantalita pura) y sus reservas, 2017

País	Producción de tántalo en Mt de Ta_2O_5/año	Reservas en Mt de Ta_2O_5
Ruanda	390	NA
Congo (Kinshasa)	370	NA
Nigeria	190	NA
Brasil	100	34 000
Otros	220	78 000
Total mundial (aprox.)	1 300	>110 000

Fuente: USGS (2018).

El pico de precio alcanzado en 2012 fue debido al aumento explosivo de la producción de elementos electrónicos de consumo, con las restricciones derivadas de los conflictos de parte de los países productores centroafricanos. Este tipo de metales de interés creciente se caracteriza por:

- Limitaciones impuestas por las condiciones del *stock* natural. El tántalo resulta un metal escaso. Se estiman, mínimo 500 años para agotar, al precio actual, este recurso.

- La concentración de la producción. Existe una importante concentración de la producción, con casi el 63% de la producción mundial en países del África Central.

- La independencia en la producción-coproducción. A menudo se encuentra en depósitos con otros metales de valor comercial, tales como el litio, el cobalto y el estaño.

- La variabilidad de los precios. Ha sufrido espectaculares aumentos en su precio, seguidos de dramáticos descensos. La capacidad de incremento de suministro de los productores en activo ha resultado muy eficaz.

- Las limitaciones de su sustitución. Dos tercios del tántalo producido se utilizan para construir condensadores, con sustitutos cerámicos, de aluminio y de niobio.

- Los factores éticos, sociales y ambientales. El "conflicto coltán" ha resaltado la necesidad de una cadena de suministro global transparente que limite la comercialización de tántalo en los mercados internacionales. La discutida Ley Dodd-Frank, junto con la legislación complementaria en la UE, exigen que todas las empresas públicas divulguen la fuente de los minerales utilizados en sus productos y certifiquen que no se asocien con violaciones de los derechos humanos. Los yacimientos de tántalo centroafricanos a menudo son explotados de manera artesanal.

- El grado en las expectativas de la demanda. Roskill pronostica que la demanda de tántalo crecerá en un 3,3% entre 2018 y 2026.

- El factor precio. En los últimos años, los precios del tántalo han experimentado reducciones significativas en comparación con 2011, con cifras que oscilan entre los 100 dólares/kg y los 120 dólares/kg de Ta_2O_5. Hay especialistas que creen que para más de 100 dólares/kg, el mercado de condensadores no podría absorber ese coste.

- La existencia de una adecuada cadena de suministro. En 2016 el 63% del suministro de mina procedía principalmente de Ruanda y de la República Democrática del Congo. En los últimos años, estos países representaron del 45% al 55% de la producción mundial. Dado que los consumidores potencialmente recurrirán a materiales de bajo coste ofrecidos por los productores australianos de subproductos de litio, esto podría reducir la dependencia actual de los proveedores artesanales. Se piensa que la cadena de suministro primario del tántalo está preparada para demandas futuras. No se comercializa en ninguna bolsa pública de productos básicos.

- Los factores políticos. China, con una muy moderada producción de minerales primarios, encabeza las importaciones totales de tántalo al 37% y representa en los productos acabados el 60% del mercado mundial.

Primer grupo: "las tierras raras"

Las tierras raras se componen de mezclas de óxidos e hidróxidos. Todos son metales, blandos y de color más o menos plateado. Son muy buenos conductores de la electricidad y destacan aún más por sus propiedades magnéticas.

Figura 3. Producción mundial de tierras raras y sus reservas, 2017

País	Producción de tierras raras en Mt de metal	Reservas en Mt de tierras raras
China	105.000	44.000.000
Australia	20.000	3.400.000
Rusia	3.000	18.000.000
Brasil	2.000	22.000.000
Otros	4.150	32.160.000
Total mundial	130.000	120.000.000

Fuente: USGS (2018).

La presencia de China a nivel de suministro y demanda, las inspecciones medioambientales, el almacenamiento gubernamental, el aumento de la actividad comercial y el crecimiento de la demanda han tensado la oferta. Este tipo de metales de interés creciente se caracterizan por:

- Limitaciones impuestas por las condiciones del *stock natural*. Aunque los elementos de tierras raras son relativamente abundantes en la corteza terrestre, pocas veces se concentran en depósitos de minerales explotables.

- La concentración de la producción. La producción china acapara el 80% del total mundial. Curiosamente, tan solo posee el 35% de las reservas mundiales.

- La independencia en la producción-coproducción. Aunque es posible encontrar casos de explotaciones con otros metales y minerales acompañando a la producción, son las tierras raras las que mandan.

- La variabilidad de los precios. A mediados del año 2017 los precios *spot* se situaron en el máximo de tres años, habiendo ganado un 50% en sólo un año. Las tierras raras no son negociadas en mercados abiertos.

- Las limitaciones de su sustitución. Cuando China comenzó a restringir el suministro de tierras raras, las compañías electrónicas japonesas, como respuesta, hicieron esfuerzos para reducir su uso.

- Los factores éticos, sociales y ambientales. Adamas Intelligence observa que la producción ilegal de tierras raras en China parece haber disminuido en 2017.

- El grado en las expectativas de la demanda. China supuso el 66% de la demanda mundial en 2017. Según E. Bulkhalter existe un consenso en que la demanda crecerá un 5% cada año de 2017 a 2022, con los coches eléctricos y las turbinas eólicas. La producción global tan solo se incrementará un 1%. Así, la demanda excedería a la producción en 2020.

- La existencia de una adecuada cadena de suministro. China domina la producción a tal punto que sus prácticas de exportación resultaron en una decisión de la OMC en 2014, viéndose obligada a eliminar sus cuotas de exportación en 2017. El país mantuvo las cuotas internas de producción, renovó su impuesto a la producción nacional y eliminó los aranceles de exportación, lo que ayudó a bajar los precios. De cara al futuro, se prevé que China establezca un límite anual en su producción a partir de 2020. EEUU y la UE han tomado conciencia y no va a ser demasiado difícil encontrar nuevos yacimientos que superen el nivel de rentabilidad económica impuesto por las cotizaciones actuales.

- Los factores políticos. Un embargo chino sobre tierras raras no es un escenario imposible. Todos están de acuerdo que el problema ocurre porque China produce tierras raras a un precio mucho más bajo que cualquier otro país, alentando a los países a comprar a China en lugar de invertir en el desarrollo de sus propios suministros.

Segundo grupo: el cobalto

Se encuentra distribuido con amplitud en la naturaleza. Su principal característica es su elevadísima dureza y resistencia al desgaste. Entre sus aplicaciones comerciales más importantes se encuentran la preparación de aleaciones, y ahora, formando parte de las baterías de ión-litio.

Figura 4. Producción mundial de cobalto y sus reservas, 2016

País	Producción de cobalto en Mt de cobalto metal	Reservas en Mt de cobalto
Congo (Kinshasa)	63.000	3.400.000
China	7.700	80.000
Canadá	6.900	270.000
Rusia	6.200	250.000
Otros	41.940	2.994.000
Total mundial	126.000	7.000.000

Fuente: USGS (2017).

En 2017, los precios del cobalto en el LME aumentaron casi un 120%, alcanzando en 2018 los 90.000 dólares/Mt gracias a las fuertes perspectivas de demanda de energía eléctrica y las preocupaciones sobre la oferta. Este tipo de metales de interés creciente se caracterizan por:

- Limitaciones impuestas por las condiciones del *stock* natural. En la naturaleza no existen concentraciones de incuestionable envergadura.

- La concentración de la producción. Más del 60% de la producción se encuentra en el Cinturón de Cobre Africano (República Democrática del Congo y Zambia).

- La independencia en la producción-coproducción. En 2016, aproximadamente el 60% del cobalto extraído fue como subproducto del cobre, el 38% como subproducto del níquel y el 2% restante de las minas primarias de cobalto.

- La variabilidad de los precios. El precio del cobalto podría estabilizarse a corto plazo. BMO Capital Markets prevé un precio promedio de entre 68.200 y 72.000 dólares/Mt. El riesgo para la cadena de suministro de la batería de ion-litio permanece, y es probable que los precios continúen al alza.

- Las limitaciones de su sustitución. Existen diferentes tecnologías de cátodos en las baterías ión-litio, que pueden permitir avanzar hacia una química de menos cobalto.

- Los factores éticos, sociales y ambientales. Más del 50% de la oferta mundial de cobalto procede de la República Democrática del Congo, un país políticamente inestable y con conflictos internos y donde la minería se ha relacionado con el trabajo infantil. El LME (la mayor bolsa de metales) ha pedido a los proveedores que brinden información sobre cómo garantizarán el abastecimiento responsable.

- El grado en las expectativas de la demanda. La expectativa del consumo en baterías representará el 59% de toda la demanda de cobalto en 2020, indicando un aumento del 58% en la demanda de baterías con respecto a los niveles de 2016. Roskill[3] cree que la oferta de cobalto se adaptará a la demanda. Hasta el año 2025 parece hasta cierto punto predecible el comportamiento del suministro. Sin embargo, hasta 2050 el esfuerzo de producción demandado puede desbordar un análisis racional ante el desaforado incremento en las futuras necesidades previstas por los fabricantes de baterías.

- El factor precio. Algunos analistas habían predicho que el valor del cobalto aumentaría mucho más que su máximo de 2008 en más de 50 dólares por libra, y esto se está produciendo.

- La existencia de una adecuada cadena de suministro. Se estima que en 2017 habrá existido un déficit mundial de 4.000 Mt para estos productos químicos de cobalto refinado y más de 1.000 Mt para el metal cobalto (superaleaciones). Sin embargo, la organización CRU[4] prevé que el déficit de cobalto metal se reduzca en el mediano plazo (2017-2021), mientras que el déficit químico refinado de cobalto se mantendrá en niveles altos. Es decir, la cadena de suministro parece

[3] Roskill (2018), "Cobalt. Global Industry, Markets & Outlook 2018", https://roskill.com/market-report/cobalt/.

[4] Compañía especializada en la investigación de mercado en el mundo del cobre y que actualmente realiza trabajos de consultoría sobre materias primas metales, minerales y fertilizantes (www.crugroup.com).

funcionar en el corto plazo, mientras que en el medio plazo (a partir de 2026) las previsiones no están tan claras.

- Los factores políticos. China produce el 80% de los productos químicos de cobalto del mundo y más del 90% de su suministro procede de concentrados de la República Democrática del Congo.

Segundo grupo: el litio

El litio es un elemento relativamente raro y sus concentraciones suelen ser muy bajas. Se trata del metal más ligero de todos (flota sobre el agua), es blando y de color plateado/gris claro. Tiene un punto de fusión muy bajo y reacciona fácilmente.

Figura 5. Producción mundial de litio y sus reservas, 2017

País	Producción de litio en Mt de Li metal	Reservas en Mt de litio
Australia	18.700	1.600.000
Chile	14.100	7.500.000
Argentina	5.500	2.000.000
China	3.000	3.200.000
Otros	1.600	169.000
Total mundial	42.900	14.000.000

Fuente: USGS (2018).

En la actualidad, la producción de litio y su demanda se encuentran relativamente equilibradas. Sin embargo, se avecina un déficit en el suministro que demandará nuevos participantes en el mercado.

Este metal de interés creciente se caracteriza por:

- Limitaciones impuestas por las condiciones del *stock* natural. La mitad de la producción actual de litio procede de yacimientos de roca dura y la otra mitad de salmueras. Se piensa que los recursos disponibles de litio son inmensos.

- La concentración de la producción. No existen abultadas diferencias en las posibilidades de producción de los países involucrados (Australia, Chile, Argentina y China). Además, en un futuro inmediato, las fuentes de suministro del litio se diversificarán todavía más, al incorporarse litio procedente de salmueras de sondeos petrolíferos, arcillas anómalas en litio y otras más.

- La independencia en la producción-coproducción. No existen demasiados ejemplos de una importante convivencia entre metales de valor.

- Las limitaciones de su sustitución. En un futuro, las baterías de ión-litio convivirán con otras tecnologías más innovadoras como posibles sustitutos, destacando metal-aire y electrolito sólido, o las níquel-manganeso-cobalto (NMC).

- Los factores éticos, sociales y ambientales. En la minería del litio no existen factores relacionados con la posible violación de derechos humanos o de importantes agresiones a la naturaleza. Una de las causas es, además de su geografía, el hecho de la necesidad de inversiones importantes para su producción, alejando la sombra de la minería artesanal.

- El grado en las expectativas de la demanda. El requerimiento de litio entre 2010 a 2100 podría ser de 12 millones a 20 millones de Mt. El límite superior para la demanda de litio es significativamente menor que los aproximadamente 40 millones de Mt de litio de los recursos *in situ*. China y Europa son los mayores consumidores.

- El factor precio. El litio representa un pequeño porcentaje de la masa económica de los materiales en las baterías. Incluso un aumento de cinco veces en el precio del litio puede no afectar significativamente el precio del paquete de baterías.

- La existencia de una adecuada cadena de suministro. La demanda global aumentó un 26% en 2016 y se prevé que crezca un 39% en 2018. La disponibilidad no es limitante, aunque los cuellos de botella en la cadena de distribución pueden desacelerar la fabricación de las baterías.

- Los factores políticos. El consumo de China fue el 50% del total mundial, dependiendo en gran medida de las importaciones. El 70% del concentrado de espodumena se importa tan solo de Australia.

Segundo grupo: el grafito

Se trata de un mineral de brillo metálico y color negro. Excelente conductor de calor y electricidad, presenta la mayor resistencia y rigidez natural de cualquier material, mantiene su resistencia y estabilidad a temperaturas superiores a los 3.600°C, es uno de los agentes de refuerzo más ligeros, presenta una alta lubricidad natural y es químicamente inerte, con una alta resistencia a la corrosión.

Figura 6. Producción mundial de grafito y sus reservas, 2017

País	Producción de grafito en miles de Mt de grafito puro	Reservas en miles de Mt de grafito puro
China	780	55.000
India	150	8.000
Brasil	95	70.000
Canadá	30	–
Otros	95	137.000
Total mundial	1.150	270.000

Fuente: USGS (2017).

El grafito se considera clave en la economía de la tecnología ecológica que incluye avances en almacenamiento de energía, vehículos eléctricos, energía fotovoltaica y electrónica. Este tipo de metales de interés creciente se caracteriza por:

- Limitaciones impuestas por las condiciones del *stock* natural. El grafito natural es relativamente abundante en la naturaleza. A pesar de las reservas estimadas en la Figura 6, los recursos mundiales reconocidos de grafito pueden superar los 800 millones de Mt.

- El grafito encuentra aplicaciones en sectores como la energía móvil, la industria del automóvil, los lubricantes, los polímeros conductores, la metalurgia y la industria química.

- La concentración de la producción. En 2017 China fue el productor de grafito más importante del mundo, con el 65% de la extracción mundial y el 35% del consumo. La India es el segundo productor mundial.

- La independencia en la producción-coproducción. Prácticamente no existen casos donde la producción de grafito se encuentre acompañada de otro metal o mineral de interés económico.

- La variabilidad de los precios. En 2017 sus precios subieron hasta un 40% debido a la mejora de la industria siderúrgica, a los problemas de producción relacionados con el medio ambiente en China y al continuo crecimiento de la demanda de la industria de baterías ión-litio. Alcanza los 1.175 dólares/Mt, desde los 750 dólares/Mt a principios de 2017.

- Las limitaciones de su sustitución. Para muchos de estos usos, no existen sustitutos adecuados. El grafito sintético es muy costoso de producir.

- Los factores éticos, sociales y ambientales. Además de cerrar minas debido a violaciones ambientales, China también está viendo un endurecimiento de las condiciones laborales.

- El grado en las expectativas de la demanda. Se espera que la demanda de grafito supere la oferta en la próxima década. Sólo en el mercado de los vehículos eléctricos, la demanda estimada para 2020 requeriría más de lo que se produce hoy en todo el mundo.

- La existencia de una adecuada cadena de suministro. La India y China (ahora con un arancel de exportación del 20%) han estado frenando el suministro de grafito para el consumo interno. China está consumiendo más grafito, retirándose un poco del mercado internacional para exportar los productos terminados. No obstante, la adecuación de la cadena de suministro, a corto plazo, no debería ser un problema insuperable.

- Los factores políticos. Los países de Asia-Pacífico representan el mercado de más rápido crecimiento para el grafito. Factores tales como el bajo coste de la mano de obra y los recursos naturales de grafito proporcionan un crecimiento sostenible del mercado (especialmente en China) incluso en condiciones de poca demanda. Se prevé que China tenga un crecimiento sostenido respaldado por sus inversiones en el extranjero. La industria india del grafito tiene ventajas competitivas que, junto con el desarrollo del sector del acero, explica que se mantenga en segundo lugar.

Conclusiones

Consecuencias del análisis del primer grupo de metales de interés energético (cobre, tántalo y tierras raras)

Este grupo se ha creado y analizado por haber superado el ciclo de elevación desmesurada de los precios alrededor del año 2011. Para comprender el significado de los precios de las materias primas minerales en relación con el *stock* natural que las contiene, conviene tener en cuenta que:

- Los precios son indicadores de la escasez momentánea de los recursos minerales y, al mismo tiempo, actúan como reguladores del suministro.

- También son sensibles e indican la dificultad de extracción, la rareza y las necesidades tecnológicas.

- Son desencadenantes de episodios de violación de derechos sociales y agresiones ambientales.

- Los precios también son indicadores de la necesidad o eficacia del metal. Así, en el cobre, la sociedad no encuentra otro elemento más eficaz en la fabricación de devanados de motores y de algunas conducciones eléctricas y, por ello, a pesar de su abundancia, mantiene un precio relativamente elevado respecto a

sus competidores de uso. Esto marca su verdadero nivel de precio en los últimos años.

En el primer grupo, resaltan las singularidades de las tierras raras, ya que no son todas homogéneas respecto a su demanda o su precio, puesto que actualmente la presencia del neodimio y praseodimio en los imanes permanentes de alta eficacia los presenta como los de mejor futuro. El tántalo comparte el sentimiento de ser un elemento escasísimo y caro, cuando esto ya no es así. Además, nos olvidamos de la trascendencia eléctrica que posee el cobre. Por otro lado, la respuesta del *stock* natural a una fuerte demanda está asegurada en las tierras raras, con una vida de 920 años al consumo actual, según la valoración última del USGS, en el tántalo de 85 a 500 años, según las fuentes consideradas, y de 40 a 280 años para el cobre. La concentración de la producción resulta impresionante en el caso de las tierras raras y menos abultada en el tántalo. Siempre la presencia china resulta principal en este sentido, acaparando el 80% de la producción y el 66% de la demanda de las tierras raras o encabezando las importaciones de tántalo al 37%.

La dependencia de la coproducción con otro metal tampoco resulta definitiva en los tres casos considerados. Tan solo el tántalo se encuentra muchas veces asociado a la producción de otros metales dominantes. En los tres metales del grupo de referencia existe una cierta calma actual en la volatilidad de sus cotizaciones, una vez superados ciclos de un escandaloso desarrollo alcista de sus precios. La amenaza de la sustitución por metales más económicos subsiste en los tres considerados y son conocidos diversos esfuerzos por lograrlo o, al menos, reducir su consumo. En el aspecto de afección ambiental o sentido ético de ciertas formas de producción, destaca el tántalo como sostenedor de conflictos, aunque se haya abusado de esta concepción. En los tres casos la conciencia está viva y las soluciones llevan aplicándose desde hace tiempo.

El crecimiento de la demanda es una característica común a los tres metales y la cadena de suministro, en general, siempre se ha adaptado a ella, a pesar de haber existido varios picos de un cierto desabastecimiento momentáneo. La presencia de nuevos recursos, en los tres casos, es una realidad constatada, además de las medidas para aumentar el reciclado que, a causa de sus precios, siempre ha sido interesante. El sentido político relacionado con la producción de los tres metales considerados resulta muy evidente, resaltando, incluso, las acciones directas de China sobre el suministro de tierras raras. Pero la acción de este país no se ha limitado a este caso, sino que está presente de diversas maneras en todos los demás.

Consecuencias del análisis del grupo dilema de metales de interés energético (cobalto, litio y grafito)

El segundo grupo lo componen metales (o minerales) que se enfrentan a una situación de demanda realmente escalofriante, con modelos de crecimiento muy inciertos, al estar ligados a la producción de los elementos fundamentales de los acumuladores del coche eléctrico. Estos elementos son el cobalto, el litio y el grafito. Resumiendo esta situación, los horizontes que se manejan habitualmente son los cercanos (hasta 2025) y, en el medio plazo, alcanzando el año 2050. Como singularidades de los tres considerados,

se destaca la anímica demanda del cobalto, sin encontrar todavía su sentido, la variedad de suministros posibles para el litio y la sosegada situación del grafito, que parece todavía no enterado de lo que sucede a su alrededor. Tal como ocurría en el primer grupo o de referencia, el *stock* natural está muy capacitado para suministrar lo que se pedirá de él en pocos años. Así, existen de 300 a 1.000 años de posible producción de litio a la demanda actual, dependiendo de las fuentes consultadas, de 230 a 800 años de grafito natural y mucho más controvertidos resultan los posibles años de suministro para el cobalto (65 años según el USGS).

La concentración actual de la producción es alta en el grafito (solamente China produce el 65%). También alta, aunque pasajera, en el cobalto (60% de la RDC) y moderada, y aún lo será más, en el litio. La influencia de la coproducción es casi inexistente en el litio y en el grafito, pero importante en el cobalto. Mientras que en el grafito existe una cierta estabilidad en los precios, en el litio y, sobre todo, en el cobalto, la subida de sus cotizaciones ha sido explosiva (casi cuatro veces en menos de tres años). La posibilidad de sustitución en las tres sustancias de momento resulta difícil, aunque no se ceja en ello, intentando al menos reducir su consumo unitario. Respecto al aspecto ambiental y ético de las producciones de las tres sustancias, la consideración ambiental se encuentra más o menos desarrollada en el litio y en el grafito, mientras que en el cobalto, sobre todo la producción centroafricana, se le asignan influencias de sostenimiento de conflictos que, además de ser necesario su esclarecimiento, se han habilitado medidas para evitarlas.

Las tres sustancias albergan una demanda creciente y sostenida que ha provocado el aumento explosivo de sus precios, a excepción del grafito. También, este mineral se aparta un poco de la incertidumbre provocada por esa desmesura en la demanda. El litio y el cobalto se enfrentan al dilema de disponer de una cadena de suministro que se controla más o menos a corto plazo, pero que resulta incierta para los modelos de producción de automóviles eléctricos en el horizonte de 2050. Respecto a la posibilidad de nuevos recursos, en el grafito no supondrá ningún problema aumentarlos a partir de diversas fuentes. También existen variadas alternativas para el litio, y muchas menos y más difíciles para el cobalto (nódulos marinos, sobre todo). Por otro lado, en el aspecto político, la presencia de China es abrumadora. China, aunque no es una importante explotadora de recursos minerales de cobalto y litio, está presente en el 80% de los productos químicos del cobalto, necesarios para las baterías ión-litio. Además, participa con el 50% en la producción del litio que se comercializa en el mundo y, por supuesto, es líder en producción de grafito, con un 65% del total.

Pronóstico sobre el suministro de cobalto, litio y grafito al mercado mundial

El grafito no presentará importantes problemas de abastecimiento ni a corto ni a medio plazo. Tanto el *stock* natural hasta hora explotado como las posibilidades que ofrece el mismo modelo son más que suficientes para asegurar el abastecimiento futuro. Además, la presencia china se encuentra en declive, aunque aún resulta decisiva.

Sin embargo, el cobalto y el litio son otra cosa. Ambos, en principio, no presentan problemas de suministro cuando su extracción se contempla con la medida de la producción actual. Ya en el corto plazo (hasta el año 2025) se pueden producir ligeros

desabastecimientos, posiblemente corregidos por la fuerza de los precios actuales, que fomentan el aumento de producción, el desarrollo de innovaciones de sustitución y la reducción del consumo unitario. Esto ha sucedido en el primer grupo, con el tántalo y las tierras raras. En el medio plazo, aplicando un modelo predictivo de necesidades de abastecimiento para las baterías consumidas por más de 500 millones de vehículos eléctricos, la cadena de suministro necesaria para la demanda de litio y, sobre todo, del cobalto, no resiste a una propuesta coherente. No obstante, sería la primera vez que se produciría un desabastecimiento profundo, y tal como ha ocurrido con los metales del primer grupo, la adecuación de las otras fuerzas que afectan al mercado ha sido suficiente para ir moldeando la definitiva cadena de suministro.

Como elemento distorsionador se encuentra la presencia china en todas y cada una de las sustancias en conflicto, aunque la unión de intereses de la economía china con la occidental hasta ahora no ha producido un verdadero problema directo de abastecimiento.