

# DE LA MINA AL CAMPO DE BATALLA

Materiales críticos  
para la industria de defensa

Autoría: Teresa de Fortuny, Xavier Bohigas



Publicado por:



**Centre Delàs d'Estudis per la Pau**

Bisbe Laguarda, 4

08001 Barcelona

T. 93 441 19 47

[www.centredelas.org](http://www.centredelas.org)

[info@centredelas.org](mailto:info@centredelas.org)

Autoría: Teresa de Fortuny, Xavier Bohigas

Barcelona, mayo 2025

Diseño y maquetación: Esteva&Estêvão

Imagen de portada: Fairphone; p. 5: Samantha L. Jones, U.S. Marine Corps; p. 6: Fairphone; p. 8: Alan Wilson;  
p. 12: ILO/Joseph Fortin; p. 18: Diego Delso; p. 21: Organización del Tratado del Atlántico Norte; p. 23: Fairphone;  
p. 26: Defense Visual Information Distribution Service

ISBN: 978-84-09-72414-7



# ÍNDICE

<b>Resumen ejecutivo</b> .....	<b>5</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Cuáles son los materiales críticos para la industria militar</b> .....	<b>8</b>
1.1 Materiales de muy alta criticidad .....	9
1.2 Materiales de alta criticidad .....	9
1.3 Materiales de criticidad media .....	10
1.4 Materiales de criticidad baja .....	11
<b>2. Percepción de la problemática y propuestas al respecto</b> .....	<b>12</b>
2.1 Percepción y propuestas de los EE. UU. ....	12
2.2 Percepción y propuestas de la OTAN .....	14
2.3 Percepción y propuestas de la UE .....	14
2.4 Materiales utilizados en aplicaciones espaciales .....	15
<b>3. El papel de China en la producción de materiales críticos</b> .....	<b>18</b>
<b>4. Estrategias de seguridad de la UE y de la OTAN</b> .....	<b>21</b>
Unión Europea .....	21
OTAN .....	21
<b>5. Impactos ambientales de la minería</b> .....	<b>23</b>
5.1 Impactos ambientales .....	23
5.2 Impactos sociales de la minería .....	24
<b>6. Conclusiones</b> .....	<b>26</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>28</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales clasificados en función de su criticidad .....	9
Tabla 2. Criticidad de materias primas críticas en aplicaciones militares .....	11
Tabla 3. Materias primas necesarias y críticas para la UE, según el informe de 2020 .....	14
Tabla 4. Materias consideradas críticas según el informe de la UE de 2023 .....	17
Tabla 5. Principales productores mundiales de los materiales clasificados con una criticidad muy alta (en rojo) y alta (en naranja) .....	19



## RESUMEN EJECUTIVO

La transición energética y las tecnologías emergentes requieren inexcusablemente ciertos materiales que carecen de posibles sustitutos con el mismo grado de eficiencia. Si estos materiales son escasos o no son fácilmente accesibles, se consideran materiales críticos. Este trabajo se centra en las necesidades, por parte de la industria de defensa, de estos materiales críticos. La dificultad en el acceso a estos materiales repercutiría en el abastecimiento de los sistemas de armas a las fuerzas armadas.

La primera parte del trabajo trata precisamente de estas necesidades del sector de defensa. Nos hemos basado en documentos o comunicados oficiales de EE. UU. y de la UE. También en informes de varios centros de estudio.

La segunda parte presenta cuál es la percepción de la problemática en torno al acceso a los materiales críticos por parte de las instituciones gubernamentales de EE. UU. y la UE. Y también las diferentes líneas a seguir para hacer frente a esta problemática, que se plantean desde los ámbitos gubernamentales o desde los citados centros de estudio. Entre estas líneas de actuación cabe incluir la vía militar, que está prevista en los diferentes documentos de Estrategias de Seguridad.

Una tercera parte expone los impactos medioambientales y sociales de la minería en general y, en particular, de algún material de los que se consideran críticos.

El trabajo finaliza con un apartado destinado a consideraciones finales. De ellas se concluye que una reducción drástica del gasto militar y, por tanto, de la fabricación de armas, disminuiría las tensiones geopolíticas derivadas de los problemas de abastecimiento de la industria militar. Paralelamente, disminuiría también el impacto medioambiental del militarismo. Haría de este mundo un lugar más seguro y sostenible.





## INTRODUCCIÓN

De un tiempo atrás, el Norte global manifiesta su preocupación por la dificultad de acceso a ciertos recursos materiales que le son necesarios. Primero se trataba de los combustibles fósiles. Preocupaba que, por ejemplo, el petróleo y el gas alcanzaran en breve sus máximos de producción, a partir de los cuales su extracción sería mucho más costosa (económica y energéticamente hablando) y que, además, iría disminuyendo la calidad del producto a extraer. Hoy la preocupación se centra en las llamadas materias primas críticas, imprescindibles para la transición energética y las tecnologías emergentes. Como dice la propia Unión Europea (en adelante, "UE"), la dependencia de materias primas críticas pronto puede sustituir a la dependencia actual del petróleo.

En este informe nos ocuparemos de cómo esta problemática afecta a la industria de defensa. Y, de paso, al suministro a las fuerzas armadas. Hemos querido conocer la visión que sobre ello tienen la UE, Estados Unidos (en adelante, "EE. UU.") y la OTAN. Y también qué vías plantean para hacerle frente.

Existe un consenso bastante amplio a la hora de catalogar cuáles son las materias primas que pueden considerarse críticas para la defensa. En esta catalogación se tiene en cuenta, para cada material, el uso que hace el sector de defensa y el peligro de interrupciones en la cadena de abastecimiento.

En este trabajo se exponen las dificultades, actuales y futuras, de abastecimiento de materiales imprescindibles para la industria de defensa. Estas dificultades de abastecimiento, teniendo en cuenta el belicismo imperante, podrían conducir a conflictos armados que fomentarían aún más la carrera armamentística. La alternativa es clara: es necesaria una disminución radical de la militarización mundial, acompañada de la transformación de las actuales políticas basadas en el enfrentamiento y la amenaza a posiciones basadas en la colaboración y el diálogo. Sería una contribución a los esfuerzos contra la emergencia ecológica.



## 1. CUÁLES SON LOS MATERIALES CRÍTICOS PARA LA INDUSTRIA MILITAR

Todos los productos de la industria militar, aviones, barcos, carros de combate, radares, sistemas de detección, misiles y un largo etcétera necesitan una gran cantidad y variedad de materiales para fabricarlos. Algunos de estos materiales son fáciles de obtener por parte de la industria de defensa, pero otros pueden comportar algunas dificultades en el futuro.

En un reciente estudio<sup>1</sup> del *The Hague Centre for Strategic Studies* se hace una valoración de la criticidad de una cuarentena de las materias primas que utiliza la industria de defensa de la UE. Para el cálculo de la criticidad se tiene en cuenta dos parámetros. Uno es el impacto, que mide la frecuencia con la que este material se utiliza en la industria de defensa, es decir, en cuántas aplicaciones de defensa es usado cada mate-

rial. Un material que se utilice en muchas aplicaciones de defensa tendrá un impacto muy alto, en contraposición de uno que se use en pocas aplicaciones.

Y el otro parámetro es la probabilidad de las interrupciones de la cadena de suministro. La seguridad del suministro de un material a corto plazo depende de si la cadena de suministro de ese material es diversificada y si los centros de producción están localizados en estados fiables y con los que se tienen buenas relaciones. De lo contrario, el riesgo de interrupción sería muy alto.

La criticidad se mide con una combinación de estos dos parámetros. Este resultado permite clasificar los materiales en cuatro grupos: 1) Materiales de muy alta criticidad; 2) Materiales de alta criticidad; 3) Materiales de criticidad media; 4) Materiales de baja criticidad. En la tabla 1 se muestran los materiales estudiados clasificados según su criticidad.

En este estudio no se incluyen los materiales relacionados con la ciberseguridad ni las tecnologías del espacio. El análisis se centra en la industria de defensa

1. Girardi, B.; Patrahau, I.; Cisco, G.; Rademaker, M. (2023) *Strategic raw materials for defence. Mapping European industry needs*. The Hague Centre for Strategic Studies. Disponible en: <https://hcss.nl/wp-content/uploads/2023/01/Strategic-Raw-Materials-for-Defence-HCSS-2023-V2.pdf>

de la UE pero seguramente podemos extrapolar los resultados a la industria norteamericana y británica, ya que tanto los productos como los posibles rivales estratégicos o posibles alianzas son similares.

**Tabla 1. Materiales clasificados en función de su criticidad**

criticidad	material
muy alta	aluminio, grafito
alta	cobalto, germanio, neodimio, samario, tántalo, tungsteno, vanadio, itrio, disprosio, lantano, platino, praseodimio, sílice metálica, terbio, berilio, cromo, cobre, hierro/acero, níquel, titanio
media	bario, boratos, cadmio, galio, indio, plomo, manganeso, molibdeno, plata, niobio, torio, estaño, zinc, circonio, litio
baja	oro, hafnio, selenio

Fuente: Elaboración propia con datos de *The Hage*, 2023

## 1.1 MATERIALES DE MUY ALTA CRITICIDAD

Son el aluminio y el grafito. Estos materiales son los más usados en la industria de defensa y también los que tienen una alta probabilidad de sufrir interrupciones en su suministro.

Se pueden encontrar en aviones (caza, transporte, patrulla marítima y no tripulados), helicópteros (de combate y multifunción), portaaviones, barcos de asalto anfibio, corbetas, patrulleras, fragatas, submarinos, tanques, vehículos de combate de infantería, artillería y misiles. Estos materiales se utilizan en varios componentes como la estructura y los sistemas de propulsión de helicópteros y aviones, así como en la electrónica a bordo de portaaviones, corbetas, submarinos, tanques y vehículos de caza de infantería. Por tanto, la interrupción de su suministro tendría un impacto muy significativo, dada la multiplicidad de aplicaciones.

Europa depende de China en su suministro de ambos materiales. China es el mayor productor mundial de grafito,<sup>2</sup> con un 77%, seguida de Madagascar con un 6% y Mozambique también con un 6%. En el caso del aluminio, China sigue siendo el mayor productor mundial,<sup>3</sup> pero con un porcentaje menor, el 60%, el segundo productor es India (6%) y el tercero Rusia (5%).

China y la UE ya están implicadas en una serie de sanciones comerciales mutuas; si la situación empeorara

- Government of Canada (2025). «Graphite facts». *Natural Resources Canada*. Disponible en: <https://natural-resources.canada.ca/minerals-mining/mining-data-statistics-analysis/minerals-metals-facts/graphite-facts> Fecha de consulta, 19-02-25
- Harbor Aluminum. (2025). «Aluminum Production by Country». Disponible en: <https://www.harboraluminum.com/en/top-aluminum-producing-countries> Fecha de consulta, 19-02-25

y las importaciones de grafito y aluminio provenientes de China quedarán interrumpidas, la UE difícilmente podría sustituir la carencia de estos materiales con otros proveedores, ya que China es dominante en el mercado mundial de estos dos productos. Si aumentan las tensiones entre Europa y China, la probabilidad de interrupciones de la cadena de suministro es alta.

Así pues, teniendo en cuenta el alto impacto de estos materiales (son ampliamente usados) y la probabilidad de interrupción de suministro, el aluminio y el grafito se consideran de muy alta criticidad.

## 1.2 MATERIALES DE ALTA CRITICIDAD

El cobalto, el germanio, el neodimio, el samario, el tántalo, el telurio, el tungsteno, el vanadio y el itrio son materiales sujetos a un riesgo geopolítico considerable, pero utilizados en una medida media en la industria de la defensa.

El itrio, el germanio, el neodimio, el telurio y el tántalo se utilizan principalmente para la electrónica de los vehículos de combate de infantería, vehículos blindados de transporte de tropas y artillería autopropulsada y remolcada. La aplicación principal del vanadio es la electrónica a bordo de los submarinos, mientras que el tungsteno se puede encontrar principalmente en sistemas de propulsión de aviones y portahelicópteros, barcos de asalto anfibio, corbetas, barcos de patrulla en alta mar y fragatas. El cobalto y el samario se utilizan principalmente en aleaciones de cobalto-samarium utilizadas en aviones, helicópteros y sistemas de propulsión de misiles.

Los riesgos de suministro de estos materiales proceden, de nuevo, de que China es su productor mayoritario, en algunos casos por encima del 80%. Así, por ejemplo, China produce el 93% del germanio,<sup>4</sup> el 80% del tungsteno<sup>5</sup> y el 68% de las tierras raras.<sup>6,7</sup> Con los mismos riesgos que hemos comentado anteriormente.

- Statista. (2025). «Germanium global production share by country». Disponible en: <https://www.statista.com/statistics/1445497/germanium-share-of-production-worldwide-by-country/> Fecha de consulta, 19-02-25
- Arora, A. (2024). «Top-10 Tungsten Producing Countries in the World». *Current Affairs Adda 247*. Disponible en: <https://currentaffairs.adda247.com/top-10-tungsten-producing-countries-in-the-world/> Fecha de consulta, 19-02-25
- Las tierras raras son un conjunto de diecisiete elementos químicos, del grupo 3 de la tabla periódica, que incluye los lantánidos (lantano, cerio, praseodimio, neodimio, prometio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio y lutecio) además del escandio y el itrio.
- Zhu, Kayla. (2024). «Visualizing Global Rare Earth Metals Production (1995-2023)». *Visual Capitalist*. Disponible en: <https://www.visualcapitalist.com/visualizing-global-rare-earth-metals-production-1995-2023/> Fecha de consulta, 19-02-25

El caso del cobalto es diferente ya que el 73% se produce<sup>8</sup> en la República Democrática del Congo (en adelante, "RD Congo"), seguido de Indonesia con el 5% y Australia con el 3%. Pero 15 de las 19 minas de cobalto congoleñas están en manos de empresas chinas o tienen una importante participación financiera. Lo cual, junto con la inestabilidad interna de Congo, hace que el riesgo de interrupción de este material sea alto.

La RD Congo también es el principal productor de tantalio,<sup>9</sup> con el 41%, le sigue Ruanda con el 22% y Brasil con el 15%. La inestabilidad interna de estos países hace muy vulnerable la cadena de suministro de este material, con pocas posibilidades de encontrar alternativa en caso de interrupción por parte de los principales productores.

El uso en aplicaciones militares del disprosio, el lantano, el platino, el praseodimio, el silicio metálico y el terbio es muy limitado. El disprosio se utiliza principalmente en sistemas y marcos de propulsión de aviones y misiles. El praseodimio se utiliza exclusivamente en la propulsión y los sistemas electrónicos de aviones, el platino en la propulsión de submarinos y aviones y el silicio metálico en el *radome* de los misiles (una estructura que protege la antena).

Sin embargo, es muy probable que haya riesgos geopolíticos que afecten a la cadena de suministro. El disprosio, el terbio, el lantano y el praseodimio son elementos de tierras raras, lo que significa que se extraen en su mayor parte de territorios chinos (68% de la producción mundial). El silicio metálico también se extrae principalmente<sup>10</sup> de China (77%). En cambio, el platino se extrae principalmente en Suráfrica (71%), pero el segundo productor es Rusia (12%) y el tercero Zimbabue (7%). Suráfrica se considera poco fiable y, el hecho de que el segundo productor sea Rusia hace que el riesgo de suspensión del suministro de platino sea alto.

Por lo general, la fiabilidad de los productores de estos materiales es baja, lo que hace que la probabilidad de riesgos geopolíticos y de seguridad del suministro sea alta.

El berilio, el cromo, el cobre, el hierro/acero, el níquel y el titanio son materiales utilizados significativamente en la industria de defensa (aunque menos que el grafito y el aluminio), se pueden encontrar en muchas aplicaciones en los tres sectores militares: aéreo, marítimo y terrestre. Su amplio abanico de utilidades los hace críticos, pero dado que los principales productores de estos materiales son estados que están en buenas relaciones con la UE, se considera que el riesgo de suspensión de suministro es bajo. Por tanto, se clasifican como materiales de riesgo alto.

Por ejemplo, EE. UU. produce el 64% de berilio,<sup>11</sup> aunque el segundo productor es China con un 26%. La producción de cobre<sup>12</sup> está muy diversificada: Chile 24%, RD Congo 11%, Perú 11%. Los principales productores de hierro/acero<sup>13</sup> son Australia 38% y Brasil 16%. Si bien el mayor productor de material refinado es China, tanto de cobre (43%) como de hierro/acero (61%).

### 1.3 MATERIALES DE CRITICIDAD MEDIA

El bario, los boratos, el cadmio, el galio, el indio, el plomo, el manganeso, el molibdeno y la plata son menos problemáticos, ya que el número de aplicaciones militares en las que se utilizan es menor que en los anteriores. Los riesgos de suspensión de la cadena de suministro de estos materiales tienen una probabilidad media puesto que la producción está diversificada y los proveedores tienen buenas relaciones con la UE.

El niobio, el torio, el estaño, el zinc y el circonio tienen un uso relativamente escaso en la industria militar. Aunque puede haber un riesgo de rotura del suministro, también se incluyen en este grupo.

El litio se utiliza principalmente en baterías de iones de litio para motores eléctricos. La demanda mundial de litio proviene, especialmente, por sus aplicaciones comerciales civiles. Sin embargo, la diversificación de proveedores hace que la seguridad del suministro de este material tenga un impacto medio.

8. MINING.COM. (2023). «Ranked: The world's top cobalt producing countries», *Visual Capitalist – Elements*. Disponible en: <https://www.mining.com/web/ranked-the-worlds-top-cobalt-producing-countries/> Fecha de consulta, 19-02-25

9. Pistilli, M. (2024). «Top 5 Tantalum-mining Countries (Updated 2024)». *Nasdaq*. Disponible en: <https://www.nasdaq.com/articles/top-5-tantalum-mining-countries-updated-2024> Fecha de consulta, 19-02-25

10. CRM Alliance. (s.f.). «Silicon Metal». Disponible en: <https://www.crmalliance.eu/silicon-metal> Fecha de consulta, 19-02-25.

11. European Commission (2025). «Beryllium». *RMIS – Raw Materials Information System*. Disponible en: <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/rmp/Beryllium> Fecha de consulta, 19-02-25.

12. European Commission (s.f.). «Copper». *RMIS – Raw Materials Information System*. Disponible en: <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/rmp/Copper> Fecha de consulta, 19-02-25.

13. European Commission (s.f.). «Iron & Steel». *RMIS – Raw Materials Information System*. Disponible en: <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/rmp/Iron%20&%20Steel> Fecha de consulta, 19-02-25.

## 1.4 MATERIALES DE CRITICIDAD BAJA

De los materiales analizados, sólo hay tres de los que se utilizan en la industria de defensa que tienen un riesgo bajo en su cadena de suministro: oro, hafnio y selenio.

La oferta de oro está diversificada y muchos proveedores son socios fiables de la UE. Por tanto, la proba-

bilidad de interrupciones de la cadena de suministro es mínima.

Es evidente que la criticidad para cada uno de los ámbitos militares, terrestre, aéreo y naval serán diferentes ya que no todos utilizan los mismos materiales ni en las mismas proporciones. En la tabla 2 se muestra el grado de criticidad de los materiales en diversas aplicaciones militares, que servirá de orientación.

**Tabla 2. Criticidad de materias primas críticas en aplicaciones militares**

	Aviones de combate	Tanques	Mísiles	Submarinos	Corbetas	Artillería	Munición	Torpedos	Rifles de asalto
Criticidad muy alta	aluminio, grafito	aluminio, grafito	aluminio	aluminio, grafito	aluminio, grafito	aluminio, grafito	aluminio, grafito	aluminio	
Criticidad alta	berilio, cromo, cobalto, cobre, disprosio, germanio, hierro/acero, lantano, níquel, neodimio, platino, praseodimio, samario, tántalo, titanio, telurio, terbio, tungsteno, vanadio, itrio	berilio, cromo, cobre, germanio, hierro/acero, neodimio, níquel, tántalo, teluro, titanio, tungsteno, vanadio, itrio	cromo, cobalto, cobre, disprosio, hierro/acero, neodimio, níquel, praseodimio, samario, silicio metálico, vanadio, titanio, tungsteno	cromo, cobalto, hierro/acero, platino, samario, titanio, tungsteno, vanadio	cobalto, cromo, cobre, hierro/acero, níquel, samario, titanio, tungsteno	berilio, cromo, cobre, germanio, hierro/acero, neodimio, níquel, tántalo, teluro, vanadio, itrio	berilio, cobre, germanio, neodimio, tántalo, teluro, titanio, itrio	cromo	hierro/acero, vanadio
Criticidad media	bario, boratos, cadmio, galio, indio, plomo, litio, manganeso, molibdeno, niobio, plata, estaño, torio, zinc, circonio	boratos, cadmio, galio, indio, manganeso, molibdeno, selenio, torio, zinc	boratos, plomo, litio, niobio, molibdeno, circonio	bario, plomo, litio, manganeso, niobio, plata	bario, plomo, litio, molibdeno, manganeso	cadmio, molibdeno, manganeso, indio	cadmio, indio	plomo, litio, manganeso, circonio, plata	
Criticidad baja	oro, hafnio, selenio	hafnio		hafnio	oro				

Fuente: Elaboración propia con datos de *The Hage* (2023)



## 2. PERCEPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA Y PROPUESTAS AL RESPECTO

### 2.1 PERCEPCIÓN Y PROPUESTAS DE LOS EE. UU.

La Ley de Energía de 2020 de EE. UU. define un "mineral crítico" como un mineral no combustible o material mineral esencial para la seguridad económica o nacional de EE. UU. y que tiene una cadena de suministro vulnerable a posibles interrupciones. La Casa Blanca y el Departamento de Defensa (en adelante, "DoD" por sus siglas en inglés) consideran que los materiales críticos son esenciales para la seguridad nacional.<sup>14</sup>

Los materiales críticos en el ámbito de la defensa son elementos, metales y otras materias que no están disponibles en cantidades suficientes en las fuentes estadounidenses pero que son elementos esenciales

para los sistemas de armas. El DoD gestiona una reserva de estos materiales. A pesar de la importancia de estos materiales, en muchos casos, sus fuentes externas están controladas por estados competidores de EE. UU.. Esto, consideran, pone en riesgo su seguridad nacional.

Las tierras raras y otros materiales críticos, como el tántalo y el tungsteno, no tienen sustitutos equivalentes que funcionen al mismo nivel.

La mayoría de estos materiales se extraen y procesan en China, lo que hace que los programas de los sistemas de armas del DoD sean vulnerables a las interrupciones de la cadena de suministro por parte de un estado adversario.

Así, por ejemplo, China domina la minería y el procesamiento de las tierras raras. Las tierras raras son materiales críticos que poseen propiedades magnéticas y de resistencia al calor únicas y útiles para los sistemas de armas del DoD. Por ejemplo, un elemento de tierras raras, el neodimio, se utiliza para crear imanes que son extremadamente fuertes, conservan

14. U.S. Government Accountability Office. (2024). *Critical materials: Action needed to implement requirements that reduce supply chain risks*, Q&A Report to Congressional Committees, No. GAO-24-107176. Disponible en: <https://www.gao.gov/products/gao-24-107176> Fecha de consulta, 19-02-25

la fuerza magnética a temperaturas elevadas y funcionan en condiciones extremas, como en combate.

En EE. UU., la capacidad de extracción de tierras raras ha disminuido en los últimos 40 años. Esta disminución se debe a la aparición de proveedores de bajo coste en otros países, como China, y al importante efecto que las explotaciones mineras tienen sobre el medio ambiente. Según los funcionarios del DoD, EE. UU. tiene regulaciones ambientales más rigurosas que China. Esto permite a China extraer y procesar tierras raras y algunos otros materiales críticos a menor coste.

Entre 2019 y 2022, EE. UU. importó más del 95% del total de tierras raras que consumió. Y casi tres cuartas partes de estas importaciones provenían de China. Si China decidiera dejar de vender en EE. UU., perderían el acceso a estos materiales y deberían buscar alternativas.

¿Qué está haciendo el DoD para reducir su dependencia de China y asegurar el suministro de materiales críticos? El DoD tiene en marcha varios proyectos de reducción de su dependencia de las naciones adversarias para obtener materiales críticos. El DoD también está tomando medidas para fomentar la expansión de la minería, el procesamiento y la producción de materiales críticos en EE. UU.. Desde 2020, el DoD ha otorgado más de 439 millones de dólares para establecer cadenas nacionales de suministro de elementos de tierras raras.<sup>15</sup>

El DoD mantiene también una reserva de materiales esenciales para la defensa nacional y la vida civil. Una ley de 2019 prohibió las ventas del stock a determinadas naciones adversarias, salvo que las ventas sean en interés nacional. El DoD no ha implementado completamente la ley.

Adam Burstein, alto cargo de la Oficina del Subsecretario de Defensa de Política de la Base Industrial, afirmaba<sup>16</sup> en enero de 2025 que hay que poner el foco en incrementar la minería y el procesamiento locales (actualmente sólo hay una mina de tierras raras activa en EE. UU.). El año pasado, EE. UU. repartió varias adjudicaciones a proyectos en Canadá, que también han recibido financiación del gobierno canadiense. Estos proyectos tienen como objetivo incrementar el

suministro seguro de materiales clave, como el cobalto, grafito y tungsteno, dijo.

El *Carnegie Endowment for International Peace*, en un informe de 2024,<sup>17</sup> evalúa la situación y extrae ciertas reflexiones y ciertas posibles actuaciones para mitigar el problema.

Tanto EE. UU. como Europa dependen fuertemente de las importaciones de minerales, incluidos aquellos que provienen de potencias rivales como China, que suministra minerales como el grafito, elementos de tierras raras y otros minerales, y Rusia, que proporciona aluminio, níquel y titanio.

EE. UU. y sus aliados se enfrentan a la dificultad de abastecimiento de los minerales críticos, en un contexto en el que China está en una posición dominante en lo que se refiere a la producción de minerales y los países de la OTAN en una posición de debilidad. Los tres principales riesgos que pueden causar escasez de minerales son: los controles de exportaciones; el incremento de demanda militar en un contexto de una gran competencia por el poder (incluyendo un posible conflicto entre EE. UU. y China); y por último, las alteraciones en las vías marítimas.

En primer lugar, los controles de exportaciones son un problema acuciante. En 2021 China impuso una prohibición de facto en la exportación de grafito a Suecia y restricciones en la exportación de galio, germanio y grafito a todos los países a finales de 2023. La mayoría de las importaciones de EE. UU. de estos minerales provienen de China y, de hecho, las exportaciones de galio y germanio chinos han caído notablemente. En diciembre de 2023, Pekín prohibió la exportación de tecnología para la fabricación de imanes de tierras raras. China podría imponer controles a la exportación de otros minerales como el bismuto, el tántalo y las tierras raras.

El segundo riesgo proviene del incremento de la producción tanto de plataformas de defensa como de municiones, incremento dirigido fundamentalmente a rehacer las existencias de material utilizado en apoyo a Ucrania.

El tercer riesgo, el aumento de tensiones y la posibilidad de un conflicto en el estrecho de Taiwán, implicaría la interrupción de las vías marítimas que transportan minerales desde Asia oriental, de donde EE. UU. y otros miembros de la OTAN importan muchos minerales. Japón y Corea del Sur son grandes

15. Todd Lopez, C. (2024). «DOD Looks to Establish 'Mine-to-Magnet' Supply Chain for Rare Earth Materials», *U.S. Department of Defense*. Disponible en: <https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/3700059/dod-looks-to-establish-mine-to-magnet-supply-chain-for-rare-earth-materials/> Fecha de consulta, 19-02-25

16. Vergun, D. (2025). «Securing Critical Minerals Vital to National Security, Official Says». *U.S. Department of Defense*. Disponible en: <https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/4026144/securing-critical-minerals-vital-to-national-security-official-says/> Fecha de consulta, 19-02-25

17. Wischer, G. (2024). «The U.S. Military and NATO Face Serious Risks of Mineral Shortages». *Carnegie Endowment for International Peace*. Disponible en: <https://carnegieendowment.org/research/2024/02/the-us-military-and-nato-face-serious-risks-of-mineral-shortages> Fecha de consulta, 19-02-25

productores de minerales y disponen de amplias reservas. EE. UU. y la OTAN tendrían dificultades para acceder a ellos si estallara un conflicto en Asia oriental. Lo mismo puede aplicarse a Australia. En 2023, el Departamento de Defensa estimaba que, en un escenario como un conflicto convencional a gran escala entre EE. UU. y China, sufriría escasez en 69 materiales.

El DoD está intentando ampliar la producción de mineral en EE. UU. mediante la financiación a productores locales de mineral. Hay que construir refinерías, ampliar las instalaciones existentes y reanudar las inactivas. Los proyectos de minería requieren un capital inicial significativo para ponerlos en marcha, tardan años en generar retorno de caja y esto disuade a las empresas a invertir millones en proyectos de este tipo. Por tanto, los gobiernos de EE. UU. y de los aliados deberían llenar el vacío del sector privado aportando capital a estos proyectos.

El Congreso estadounidense está autorizando y adjudicando fondos para nuevas adquisiciones de material para las Existencias de Defensa Nacional. Habría que aumentar estos esfuerzos tanto por parte de EE. UU. como de la OTAN.

Aquellos materiales que se produzcan en EE. UU. y países aliados deben almacenarse. Incluso los gobiernos podrían considerar el prepagado de estos materiales para colaborar a financiar proyectos de prospección. Se podrían financiar estas reservas mediante tarifas más altas sobre minerales importados de China y Rusia.

## 2.2 PERCEPCIÓN Y PROPUESTAS DE LA OTAN

Los ministros de Defensa de la OTAN aprobaron una hoja de ruta para la seguridad de la cadena de suministro en su reunión de junio de 2024.<sup>18</sup> La hoja de ruta describe posibilidades específicas de cooperación colectiva y/o multinacional para proteger las cadenas de suministro de los aliados respecto a cualquier posible interrupción que pueda afectar a la disuasión y defensa de la OTAN.

Para la OTAN, la capacidad de respuesta, la fuerza, la resiliencia y la seguridad de las cadenas de suministro son esenciales para proteger a las industrias aliadas y garantizar que la Alianza desarrolle capacidades militares libres de la influencia hostil de los posibles adversarios.

18. NATO. (2024). «Defence-Critical Supply Chain Security Roadmap». *Factsheet July 2024*. Disponible en: [https://www.nato.int/nato\\_static\\_fl2014/assets/pdf/2024/7/pdf/240712-Factsheet-Defence-Supply-Chain-Ro.pdf](https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2024/7/pdf/240712-Factsheet-Defence-Supply-Chain-Ro.pdf) Fecha de consulta, 19-02-25

La OTAN ha identificado 12 materias primas críticas esenciales para producir sistemas y equipos de defensa avanzados.<sup>19</sup> Estas materias primas son: aluminio, berilio, cobalto, galio, germanio, grafito, litio, manganeso, platino, tierras raras, titanio y tungsteno. De hecho, son más de 12, puesto que las tierras raras incluyen varios elementos. La OTAN considera que la disponibilidad y suministro seguros de estos materiales son vitales para mantener su ventaja tecnológica. Las interrupciones en su suministro podrían afectar a la producción de equipos de defensa esenciales. La hoja de ruta marca unas líneas a seguir: identificación de los materiales clave como primer paso para la construcción de cadenas de suministro más fuertes y mejor protegidas; identificación de recomendaciones para un almacenamiento estratégico; identificación de oportunidades para el reciclaje y sustitución de materiales estratégicos clave; establecimiento de una comunidad de interés de la OTAN respecto a la cadena de suministro de defensa.

## 2.3 PERCEPCIÓN Y PROPUESTAS DE LA UE

El informe de 2020 de la UE sobre materias primas críticas<sup>20</sup> afirma que, entre las tecnologías emergentes, siete se consideran importantes para la defensa de Europa: las baterías avanzadas, pilas de combustible, tecnología fotovoltaica, robótica, vehículos no tripulados, impresión 3D y tecnologías de la información y la comunicación.

Considerando las materias primas como constituyentes de aleaciones y compuestos, se identifican 39 materias primas como las más necesarias para la producción de estas aleaciones y compuestos y, por tanto, para la fabricación de subsistemas y componentes relacionados con la defensa. De estas 39 materias primas, 22 son críticas para la economía de la UE. La UE es únicamente el principal proveedor mundial de hafnio. Se indican en la tabla 3.

**Tabla 3. Materias primas necesarias y críticas para la UE, según el informe de 2020**

Materias primas necesarias	Aluminio, cadmio, cromo, cobre, hierro, plomo, manganeso, molibdeno, níquel, renio, torio, estaño, zinc, circonio, plata, oro, selenio
Materias primas críticas	Indio, tántalo, galio, litio, titanio, bario, germanio, magnesio, tungsteno, cobalto, berilio, hafnio, niobio, vanadio, platino, boro, disprosio, samario, neodimio, itrio, praseodimio, otras tierras raras

Fuente: Elaboración propia

19. NATO. (2024). «NATO releases list of 12 defence-critical raw materials». *Newsroom*. Disponible en: [https://www.nato.int/cps/en/natohq/news\\_231765.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_231765.htm) Fecha de consulta, 19-02-25

20. European Commission (2020). *Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU: A Foresight Study*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Disponible en: [https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRMs\\_for\\_Strategic\\_Technologies\\_and\\_Sectors\\_in\\_the\\_EU\\_2020.pdf](https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRMs_for_Strategic_Technologies_and_Sectors_in_the_EU_2020.pdf)

Un reto específico de la industria europea de defensa guarda relación con el suministro de materiales procesados, incluyendo el conocimiento y las capacidades de procesamiento. La UE tiene capacidades limitadas de producción de materiales compuestos especiales. En ciertos casos el sector de defensa necesita aceros o aleaciones especiales y, además, requiere un mayor grado de pureza de las aleaciones que las aplicaciones del ámbito civil. La UE depende totalmente de las importaciones de 13 de las 39 materias primas (boro/boratos, disprosio, oro, magnesio, molibdeno, neodimio, niobio, praseodimio, samario, tántalo, titanio, itrio y otras tierras raras). En su conjunto, para más de dos tercios de estas materias primas, la cuota de las importaciones supera el 50%.

Según la calificación de criticidad asignada a estas 22 materias primas críticas y su uso en subsectores específicos, la aeronáutica y la electrónica son las más vulnerables a las posibles limitaciones de suministro de materiales. Dada la importancia estratégica del sector de la defensa y el aeroespacial para la seguridad de Europa, es imprescindible que las industrias manufactureras relacionadas funcionen en condiciones ininterrumpidas. Por tanto, la industria de defensa europea debe asegurar el suministro continuo de una serie de materias primas de fuentes internacionales, mantener su liderazgo global en la fabricación de aleaciones de alto rendimiento y aceros especiales y desarrollar aún más las capacidades para la producción de materiales compuestos especiales.

Concretamente el subsector aeronáutico requiere un gran número de materiales muy especializados y complejos, tales como ciertos compuestos y aleaciones, además de titanio, grafito o fibra de vidrio. Los más relevantes son: aleaciones de aluminio, aleaciones de acero, aleaciones de titanio, superaleaciones, materiales compuestos y otros materiales como la cerámica, GLARE (resina epoxi con fibra de vidrio y aluminio laminado), magnesio y aleaciones especiales. Los materiales tradicionales están siendo constantemente reemplazados por nuevos materiales ligeros como las aleaciones de titanio, los materiales compuestos (especialmente los elaborados con fibra de vidrio y carbono) y los plásticos resistentes a altas temperaturas. Estos materiales proporcionan una mayor resistencia y menor peso. En la industria de defensa, esto se traduce en mayor maniobrabilidad e independencia a larga distancia (bajo consumo de combustible) de los aviones de combate. Pero la UE no tiene grandes fabricantes de fibra de carbono de aplicación aeroespacial, que actualmente se produce principalmente en Japón y EE. UU. Actualmente existe un cuello de botella de grado bajo-moderado en la cadena de suministro para los materiales aeroespaciales y otros materiales semielaborados utilizados por las industrias de defensa de la UE.

## 2.4 MATERIALES UTILIZADOS EN APLICACIONES ESPACIALES

Se espera un crecimiento importante de la población de satélites en las próximas décadas. Esto podría tener un impacto en la disponibilidad de determinados materiales avanzados como fibras de carbono, resinas y aleaciones especiales para los proyectos espaciales europeos (naves espaciales, satélites o sistemas de lanzamiento...) en las próximas décadas.

La Agencia Espacial Europea (en adelante, "ESA" por sus siglas en inglés) ha publicado alguna información sobre las materias primas y avanzadas necesarias en el sector espacial:

- Existe preocupación en cuanto a la disponibilidad de compuestos de fibra de carbono de alto módulo de elasticidad para aplicaciones espaciales. Existe un único fabricante (japonés) y la industria europea sólo tiene acceso potencial a una parte de su producción, ya que la mayoría está reservada al mercado americano;
- Existe una capacidad de producción europea limitada de resinas (una o dos empresas);
- Existe cierta preocupación sobre la disponibilidad de aleaciones de aluminio de alta resistencia, debido a las pequeñas cantidades que necesita el mercado.

El reciclaje al final de la vida útil es un reto. La ESA ha considerado el uso de germanio reciclado para las matrices solares. Aparte de eso, actualmente no se tiene en cuenta el uso de material reciclado para la mayoría de las aplicaciones espaciales (que utilizan exclusivamente materiales vírgenes). La recuperación de materiales al término de la misión no es realista. Esto es consecuencia del diseño actual de las misiones espaciales: se produce una disipación sistemática de los materiales, tanto en el espacio exterior como durante la reentrada en la atmósfera.

Los cuellos de botella en la cadena de suministro de las 7 tecnologías emergentes mencionadas se concretan en la obtención de las materias primas y montajes finales. Especialmente con las baterías de ion de litio y las baterías de combustible, pero también en menor medida con los drones. La dependencia de la UE del suministro de materias primas para estas tecnologías emergentes es extremadamente elevada. La UE produce de media alrededor del 3% del total de materias primas necesarias en estas tecnologías (sin considerar las tecnologías digitales). China domina la producción mundial, suministra más de la mitad de las materias primas. El resto lo producen muchos pe-

queños proveedores. En cuanto a componentes, las tecnologías fotovoltaicas solar y la robótica son las más vulnerables, aunque existe también algún riesgo de suministro para baterías de ion de litio y drones. Se ha demostrado que el suministro de materiales procesados es especialmente crítico para las baterías de ion de litio.

Los actores clave en el suministro de materias primas utilizadas en el sector de la defensa son China (58%), Sudáfrica (8%), Chile (8%), EE. UU. (2%), otros (24%).

Es necesario emprender una serie de acciones para mejorar la seguridad del suministro de materias primas y procesadas/semi-acabadas utilizadas en la industria europea de defensa y aeroespacial, tales como:

- Impulsar programas de I+D para el desarrollo de materiales de alta tecnología y avanzados;
- Refuerzo de la cadena de suministro de estos materiales y, en particular, el suministro de materiales procesados, incluyendo el conocimiento y las capacidades de procesamiento;
- Mejorar la base de conocimiento de los materiales utilizados, por ejemplo promoviendo el intercambio de información entre todas las partes interesadas.

Respecto al riesgo de suministro de materiales para las tecnologías emergentes de la defensa y el sector aeroespacial, es importante que la UE reduzca su dependencia y aumente la seguridad a través de la diversificación del suministro de materias primas y componentes. Además de aumentar la producción nacional, otras estrategias incluyen la sustitución de materiales críticos, el reciclaje y la búsqueda de proveedores alternativos. El almacenamiento podría ser una de las opciones para mitigar las interrupciones del suministro a corto y medio plazo en caso de crisis.

El último informe<sup>21</sup> de la UE sobre materiales críticos, de 2023, aporta alguna información adicional. En primer lugar, comenta que la OCDE pronostica que la demanda mundial de materiales en general se duplicará desde los más de 79.000 millones de toneladas actuales hasta 167.000 millones de toneladas en 2060. La competición por los recursos se convertirá en feroz durante la próxima década. La dependencia de materias primas críticas pronto puede sustituir a la dependencia actual del petróleo. Las materias primas críticas se producen y utilizan a menudo en cantida-

des relativamente pequeñas, pero tienen características especiales que las convierten en ingredientes esenciales para productos en áreas estratégicas como las tecnologías aeroespaciales y de defensa.

En la UE se extrae el 34% del estroncio mundial (a partir de España); el 14% de feldespato (a partir de Italia, Estado español, Francia, República Checa, Alemania y otros); el 3% del tungsteno (de Austria, Portugal y Estado español). La UE procesa y refina el 49% del suministro mundial de hafnio (y esto se hace en Francia); 18% de antimonio (y se hace en Bélgica, Francia, Estado español y muchos otros); el 17% de cobalto (Finlandia, Bélgica y Francia); 7% de germanio (Alemania y Bélgica); 5% de silicio metálico (Francia, Estado español y Eslovaquia); el 4% del níquel (Finlandia, Grecia y Francia). En 2023, Bélgica fue el principal proveedor de arsénico de la UE (59%); Finlandia proporcionó el 38% del consumo de níquel de la UE; Qatar aparece como el principal proveedor de helio (35%); Sudáfrica es el principal proveedor de manganeso con un 41%.

China es a la vez el mayor proveedor mundial y de la UE de la mayoría de las materias primas críticas, incluyendo barita, bismuto, galio, germanio, magnesio, grafito natural, todas las tierras raras, tungsteno y vanadio.

La UE ha aumentado el uso de materias primas recicladas. Más del 50% de algunos metales como el hierro, el zinc o el platino se reciclan y cubren más del 25% del consumo de la UE. Pero para otros, especialmente las tierras raras, el galio o el indio, la producción secundaria sólo tiene una contribución marginal.

En el informe se valoran, cuando existen datos disponibles, las dos fases de suministro: fase de extracción (la producción de minerales y concentrados, o extracción de madera) y fase de procesamiento (separación, refinado, modificación química y metalúrgica de materias primas).

El informe de 2023 propone 34 materias primas como críticas para la UE. La lista incluye aquellas materias primas consideradas estratégicas (las que encabezan el ranking en cuanto a su importancia estratégica, crecimiento previsto de la demanda y dificultad para aumentar su producción).

Son las siguientes (en cursiva las estratégicas): aluminio/bauxita, antimonio, arsénico, barita, berilio, *bismuto*, boro/borato, *cobalto*, carbón de coque, feldespato, fluorita, *galio*, *germanio*, hafnio, helio, *disprosio*, *erbio*, *europio*, *gadolinio*, *holmio*, *lutecio*, *terbio*, *tulio*, *iterbio*, *itrio*, *litio*, *cerio*, *lantano*, *neodimio*, *praseodimio*, *samario*, *magnesio*, *manganeso*, *grafito natural*, niobio, *iridio*, *paladio*, *platino*, *rodio*,

21. European Commission (2023). *Study on the critical raw materials for the EU 2023*. Publications Office of the European Union. Disponible en: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/57318397-fdd4-11ed-a05c-01aa75ed71a1>

rutenio, fosforita, cobre, fósforo, escandio, silicio metálico, estroncio, tántalo, titanio metálico, tungsteno, vanadio y níquel.<sup>22</sup>

#### Tabla 4. Materias consideradas críticas según el informe de la UE de 2023

aluminio/bauxita, antimonio, arsénico, barita, berilio, *bismuto*, boro/borato, *cobalto*, carbón de coque, feldespato, fluorita, galio, *germanio*, hafnio, helio, *disprosio*, *erbio*, *europio*, *gadolinio*, *holmio*, *lutecio*, *terbio*, *tulio*, *iterbio*, *itrio*, *litio*, *cerio*, *lantano*, *neodimio*, *praseodimio*, *samario*, *magnesio*, *manganeso*, *grafito natural*, *niobio*, *iridio*, *paladio*, *platino*, *rodio*, *rutenio*, *fosforita*, *cobre*, *fósforo*, *escandio*, *silicio metálico*, *estroncio*, *tántalo*, *titanio metálico*, *tungsteno*, *vanadio* y *níquel*

Fuente: European Commission (2023). En cursiva las materias estratégicas

22. El cobre y el níquel no alcanzan el umbral de materias críticas, pero sí son estratégicas.

China es el mayor proveedor mundial de materias primas críticas. De 21 de ellas, China es el principal proveedor. Esto incluye tierras raras ligeras y pesadas, cobalto refinado, grafito natural, níquel y otras materias primas críticas: antimonio, arsénico, barita, bismuto, carbón de coque, cobre refinado, fluorita, galio, germanio, roca fosfatada, fósforo, escandio, silicio metálico. Además de China, otros países son también importantes proveedores mundiales de ciertos materiales. Por ejemplo, Sudáfrica y Rusia son los principales proveedores mundiales de metales del grupo del platino, RD Congo de cobalto y tántalo, EE. UU. de berilio y Brasil de niobio.



### 3. EL PAPEL DE CHINA EN LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES CRÍTICOS

China es el mayor productor mundial de muchos productos críticos necesarios en la industria de defensa. En la tabla 5 se presenta la lista de los tres primeros productores mundiales de los materiales clasificados con una criticidad muy alta (en rojo) y alta (en naranja), tal y como se ha explicado en el apartado correspondiente. Los datos se han obtenido de la base de datos<sup>23</sup> de la UE sobre materias primas.

Cabe destacar que los datos no corresponden a las extracciones en mina, sino a los productores de los materiales refinados. En muchos casos el extractor y el productor no coinciden, ya que los procesos de refinamiento se realizan a menudo en lugares distintos a los de extracción. Por ejemplo, el primer extractor mundial de cobre es Chile (25%), después RD Congo (11%) y el tercer Perú (11%). Pero los productores del

producto refinado son China con un 43%, Chile con un 8% y Congo con un 7%.

También cabe señalar que los datos de la tabla 5 no corresponden todos al mismo año, por tanto, pueden discrepar de los de otras fuentes de información. Sin embargo, nos serán útiles ya que únicamente queremos tener una visión global de la situación.

De los datos de la tabla 5 podemos deducir que China desempeña un papel dominante en la producción de la mayoría de los materiales críticos refinados. Es el mayor productor mundial de 18 de los 23 materiales críticos. En 10 casos su producción es superior al 60% del total mundial (para algunos materiales se podría considerar un monopolio). Además, de los 5 casos en los que China no es el primer productor mundial, en 2 ocupa el segundo puesto.

Todo ello implica que, en caso de que China suspendiera las exportaciones de algunos de estos 18 materiales, sería imposible encontrar una alternativa a su abastecimiento. No habría una sustitución posible.

23. European Commission (s.d.). «RMIS – Raw Materials Information System». Disponible en: <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/rmp/>. Fecha de consulta, 19-02-25

**Tabla 5. Principales productores mundiales de los materiales clasificados con una criticidad muy alta (en rojo) y alta (en naranja)**

	primer productor	segundo	tercero
aluminio	China 58%	India 6%	Rusia 6%
grafito	China 91%	Japón 6%	Alemania 1%
cobalto	China 78%	Finlandia 8%	Canadá 3%
germanio	China 94%	Rusia 4%	Japón 1%
neodimio	China 62%	Myanmar 14%	EE. UU. 11%
samario	China 49%	Myanmar 26%	Australia 10%
tántalo	RD Congo 50%	Nigeria 17%	Ruanda 12%
telurio	China 73%	Japón 10%	Rusia 6%
tungsteno	China 76%	Vietnam 16%	Rusia 2%
vanadio	China 68%	Rusia 18%	Sudáfrica 8%
itrio	China 42%	Myanmar 29%	Australia 21%
disproso	China 40%	Myanmar 31%	Australia 20%
lantano	China 57%	EE. UU. 20%	Myanmar 11%
platino	Sudáfrica 74%	Rusia 10%	Zimbabue 9%
praseodimio	China 64%	EE. UU. 12%	Myanmar 12%
silicio metálico	China 80%	Brasil 5%	Noruega 4%
terbio	China 57%	Myanmar 23%	Australia 14%
berilio	EE. UU. 64%	China 27%	Mozambique 28%
cromo	Kazakstán 40%	India 23%	Finlandia 9%
cobre	China 43%	Chile 8%	RD Congo 7%
hierro/acero	China 61%	India 9%	Japón 6%
níquel	Indonesia 37%	China 27%	Japón 5%
titanio	China 37%	Canadá 5%	Mozambique 8%

Fuente: elaboración propia a partir de *Raw Materials Profiles* <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/rmp/>, exceptuando para el grafito, obtenido del informe de la IEA (Agencia Internacional de la Energía)

No es, pues, de extrañar que la UE y EE. UU. intenten encontrar alternativas a esta situación. Pese a los esfuerzos, el panorama a corto plazo no parece que tenga que cambiar demasiado. En un informe reciente,<sup>24</sup> la Agencia Internacional de la Energía (en adelante, "AIE") analiza el desarrollo del mercado de los materiales esenciales para la transición energética. Y también realiza una proyección de la demanda y de la producción de estos materiales. Según esta proyección, por ejemplo, en 2040 China se mantendría como primer productor mundial de grafito con el 92% (prácticamente igual que ahora), seguirá siendo el principal productor de tierras raras con un 78% (si bien su contribución será menor que la actual), de cobalto con un 75% (con muy poca variación con el porcentaje actual), de litio con un 58% (con una ligera disminución respecto del actual), y el primer productor de cobre con 49% (con un pequeño aumento). En

definitiva, según las estimaciones de la AIE, China, en 2040, seguirá teniendo un papel predominante en la producción de materiales críticos.

Los materiales críticos llevan ya tiempo formando parte de la guerra comercial principalmente entre EE. UU. y China. Son continuas las restricciones de exportaciones de determinados productos y materiales de EE. UU. a China y viceversa con intención de debilitar a su competidor. Hace tiempo que se ha optado por una política de enfrentamiento en lugar de una política de colaboración. Repasamos algunas de estas decisiones relacionadas con los materiales críticos.

En noviembre de 2023,<sup>25</sup> China modificó su catálogo que regula la exportación de tecnología. Entre otras medidas y modificaciones, implantó un requisito para

24. International Energy Agency (2024). *Global Critical Minerals Outlook 2024*. IEA, Paris. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>

25. Brancaccio, Lucia. (2024). « China's Catalogue for Prohibited and Restricted Export Technologies: Latest Revisions» *China Briefing*, From Dezan Shira and Associates. Disponible en: <https://www.china-briefing.com/news/technologies-subject-to-export-control-in-china-prohibited-restricted-export-catalogue/> Fecha de consulta, 19-02-25

que los exportadores de tierras raras informen de los tipos específicos de metales que exportan y los destinos previstos. Posteriormente, se implementó una nueva ley, que requería la aprobación previa para la exportación de galio, componente crítico en semiconductores, y de grafito. Esta medida, según China, se llevó a cabo debido a las limitaciones impuestas por EE. UU. y sus aliados a la exportación a China de semiconductores y sus tecnologías asociadas.

En diciembre de 2024,<sup>26</sup> China prohibió las exportaciones a EE. UU. de los minerales críticos galio, germanio y antimonio que poseen amplias aplicaciones militares. Esta medida se tomó al día siguiente de que Washington tomara medidas severas contra el sector de chips de China. La orden china también requería una revisión más estricta del uso final de los artículos de grafito enviados a EE. UU..

En un contexto de tensión y enfrentamiento con China, su papel dominante en el mercado de los materiales críticos refinados podría derivar en un corte del suministro de estos materiales. Ello perjudicaría la

transición energética y el camino hacia la no dependencia de los combustibles fósiles (las dificultades de la industria de defensa no son nuestro motivo de preocupación). Es evidente que todas estas dificultades desaparecerían en el momento en que la relación con China fuese de colaboración y ayuda mutua. Hasta llegar a ese momento, el problema se paliaría, en parte, si el proceso de refinamiento se hiciera en otros lugares distintos de China. Esto no sería posible, evidentemente, en aquellos casos en que China es también el principal productor primario, es decir extractor del mineral. Pero sí sería posible en esos pocos casos en que China no es el principal país extractor. Por ejemplo,<sup>27</sup> el 69% del cobalto se extrae de RD Congo (mientras que el 78% de la producción de cobalto refinado proviene de China), el hierro/acero se extrae mayoritariamente en Australia (38%), mientras que China produce el 61% del material refinado. Pese a que sean pocos casos, si se hicieran inversiones para ampliar los países en que se refinan minerales, la posición dominante de China se debilitaría. El reciclaje de las materias primas también ayudaría a disminuir la dependencia de abastecimiento de China.

---

26. Lv, Amy; & Munroe, Tony. (2024). «China bans export of critical minerals to US as trade tensions escalate». *Reuters*. Disponible en: <https://www.reuters.com/markets/commodities/china-bans-exports-gallium-germanium-antimony-us-2024-12-03/> Fecha de consulta, 19-02-25

---

27. European Commission (s.d.). «RMIS – Raw Materials Information System» Disponible en: <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/rmp/> Fecha de consulta, 19-02-25



## 4. ESTRATEGIAS DE SEGURIDAD DE LA UE Y DE LA OTAN

Más allá de todo este abanico de medidas que ya se están llevando a cabo o que podrían realizarse en el futuro, hay que recordar otras medidas que son explícitamente mucho más belicistas. Tanto la OTAN como la UE afirman en sus respectivos documentos de Estrategia de Seguridad<sup>28</sup> que la escasez de las energías fósiles representa una amenaza a la seguridad energética. El petróleo, el gas, el carbón, el uranio y los materiales críticos se han convertido en un objetivo para la seguridad nacional. No descartan las intervenciones militares para garantizar su seguridad energética. Esas potenciales intervenciones militares implicarían más demanda de armamento, más producción, más extracción de materias primas, más impacto medioambiental.

28. Bohigas, X., Brunet, P., de Fortuny, T., Montull García, A., & Ortega, P. (2024). *Transnacionals, bel·licisme i emergència climàtica (Informe 55)*. Centre Delàs. Disponible en: <https://centredelas.org/publicacions/bel·licismeiemergenciaclimatica/>

### UNIÓN EUROPEA

En la *Estrategia Global y de Seguridad de la UE* de 2008 ya se mencionaba el cambio climático como la causa de futuras catástrofes naturales y sequías que afectarían sobre todo a los países empobrecidos y que serían el detonante de desórdenes, inestabilidad política y conflictos sociales que, a su vez, provocarían grandes migraciones, fuente de más conflictividad. La UE señala como elemento indispensable para la seguridad el acceso a la energía. La interrupción del suministro de recursos imprescindibles, por parte de terceros, puede considerarse una amenaza y puede ser susceptible de una respuesta militar.

### OTAN

En la cumbre de la OTAN de junio de 2022 se detallaron las amenazas a las que la Alianza deberá hacer frente. Se incluyen el cambio climático, las pandemias y la inseguridad alimentaria que pueden provocar conflictos que, a su vez, desemboquen en migracio-

nes irregulares. También los ataques cibernéticos o las operaciones hostiles contra infraestructuras críticas y cadenas de suministro de recursos energéticos podrían equipararse a un ataque armado y desencadenar una respuesta armada por parte de los miembros de la OTAN.

En resumen, Occidente está dispuesto a salvaguardar su sistema de vida, pese a ser el causante de la crisis medioambiental y energética, reforzando sus capacidades militares para asegurarse todas las materias primas que necesita.



## 5. IMPACTOS AMBIENTALES DE LA MINERÍA

### 5.1 IMPACTOS AMBIENTALES

La minería es una de las actividades que más impactos medioambientales genera<sup>29</sup> si se considera su ciclo completo. Este ciclo de vida debe incluir la eliminación de desecho y material tóxico de las minas, el drenaje ácido de las minas y el consumo energético (con las emisiones de GEI asociadas).

La minería consume entre un 8 y un 10% del consumo energético global. De esta energía, el 17% corresponde a los trabajos de transporte y otra gran parte a la ventilación y bombeo en el caso de la minería de interior.

29. Valero, A.; Valero, A.; y Calvo, G. (2021); *Thanatia, límites materiales de la transición energética*; Pressas de la Universidad de Zaragoza.

La minería a cielo abierto es hoy la predominante. Tiene efectos medioambientales notablemente mayores que la minería de interior, ya que en la primera se remueve mucha más cantidad de material y se utiliza más maquinaria pesada y de mayor tamaño.

A medida que disminuye la concentración de mineral en las minas, las cantidades de material a extraer para poder obtener la misma cantidad de mineral es cada vez mayor y se intensifica el impacto medioambiental. También es cada vez mayor el consumo de energía, agua y materiales. Es muy poco probable que, en adelante, se descubran nuevos yacimientos minerales con altas concentraciones de los elementos. El impacto ambiental, por tanto, cada vez será mayor.

Las explotaciones mineras afectan de diversas formas al suelo. En una explotación minera a cielo abierto, es necesario en primer lugar retirar la capa de tierra que no contiene el mineral. Se remueven

grandes cantidades de materiales que se acumulan en escombros. Esto hace que el suelo pierda su composición original, incrementa la erosión del terreno y puede dañar la calidad de las aguas debido a la cantidad de sólidos en suspensión que transporta. La minería de interior, por su parte, crea espacios vacíos en el subsuelo que pueden provocar derrumbes.

La minería tiene impactos a largo plazo. Uno de ellos afecta a un recurso tan preciado como el agua. Tanto la minería a cielo abierto como la de interior pueden modificar los cursos de agua locales y contaminan el agua de la zona. La calidad del agua se ve afectada por los vertidos provenientes de las minas, por las aguas residuales de las instalaciones mineras y por las aguas de drenaje. Si la concentración de mineral de la mina es baja, se requiere mayor cantidad de agua. De hecho, la relación entre la disminución de la concentración de mineral y la necesidad de agua es exponencial. El agua en el entorno de la mina puede contener metales de baja concentración y residuos tóxicos provenientes de los procesos de separación. Concentraciones de ciertos elementos pueden ser extremadamente perjudiciales para los ecosistemas acuáticos y los cultivos. En la minería de interior se bombea agua subterránea para facilitar la extracción del mineral y esto puede afectar al caudal de los ríos del entorno. También la gran extensión que ocupa el agujero de explotación, las plantas de tratamiento, las balsas de lodos, depósitos de minerales, etc., puede afectar a los cursos fluviales.

La extracción de litio a partir de la salmuera<sup>30</sup> es muy intensiva en el uso de agua. Según la AIE, se calcula que, para producir una tonelada de litio a partir de salmuera, es necesaria una media de 330.000 litros de agua. Otros estudios elevan a dos millones los litros de agua necesarios. Este derroche grave de agua no hará más que empeorar. Ya que, también según la AIE, la demanda de los sectores del vehículo eléctrico y las baterías se multiplicará por 30 entre 2020 y 2040. Esto significa, por supuesto, mucha más demanda de litio. Encontramos este tipo de explotación del litio, por ejemplo, en los lagos salinos ("salares") de la región andina.

En la minería de los metales (hierro, cobre, estaño, zinc, plomo, oro, plata, etc.) y una vez extraído el mineral, éste debe tratarse en plantas para su procesamiento y separación. Estas actividades generan residuos que si se acumulan y abandonan pueden causar la acidificación del agua. Esto se debe a que en las minas hay grandes cantidades de sulfuros que, en presencia del oxígeno del aire y del agua, generan lixi-

viados que disminuyen el pH del agua. Esta agua con lixiviados forma grandes balsas muy ácidas y tóxicas o circula hasta llegar a ríos o aguas subterráneas. La acidificación del agua provoca, por un lado, la desnitrificación del suelo y es habitual que, además, implique la movilización de los metales de las distintas capas del suelo y su dispersión.

El procesamiento de los metales tiene repercusiones nocivas. El proceso de fundición usa un agente reductor y un disolvente para facilitar la reacción y requiere altas temperaturas. Estas altas temperaturas se obtienen de la quema de combustibles fósiles (carbón, habitualmente). El agente reductor suele ser carbón de coque y el disolvente piedra caliza. Todo este proceso emite grandes cantidades de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes como el dióxido de azufre. Estos gases pueden generar también niebla con humo y polvo en suspensión, ozono, óxidos de nitrógeno y azufre, monóxido de carbono y partículas en suspensión, que contaminan el suelo, el aire y los cursos de agua. En la producción de muchos metales se utilizan grandes volúmenes de ácido sulfúrico, que puede causar lluvia ácida. La escoria generada en el proceso de fundición contiene cantidades nada despreciables de metales pesados como el cadmio, plomo, arsénico, níquel, cobre y zinc. Es necesario un tratamiento adecuado para prevenir que estas partículas contaminen el aire y las aguas. Según el inventario de emisiones tóxicas de EE. UU., la industria minera metálica es la causante del 9% de las emisiones de mercurio del país. Cuando el mercurio, un elemento muy tóxico, se dispersa, contamina suelos y aguas con concentraciones de mercurio que superan, en ciertos lugares, cientos de veces lo que se recomienda.

## 5.2 IMPACTOS SOCIALES DE LA MINERÍA

La salud de la población que vive alrededor de la mina puede verse dañada por las emisiones y contaminación de suelos, aguas y aire.

Además, la minería tiene otras consecuencias negativas como los conflictos socioambientales, los movimientos forzados de población y la minería ilegal.

En América Latina, que tiene una gran riqueza mineral, todos estos problemas están muy presentes. Se ha creado una plataforma, *Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina*, que dispone de un mapa en el que se ubican geográficamente los diferentes conflictos.

Colombia es uno de los países del mundo con mayores tasas de desplazamiento forzado. La minería lo ha potenciado. Los territorios más afectados son aquellos en los que viven campesinos, indígenas y afrodescendientes.

30. Observatori del Deute en la Globalització (2023). *La mina, la fàbrica, la botiga*. Disponible en: <https://odg.cat/wp-content/uploads/2023/07/La-mina-la-fabrica-la-botiga.pdf>

La minería ilegal está muy extendida, especialmente la del oro. Entre el 80-90% del oro que se extrae en Venezuela procede de minería ilegal; en Colombia un 80%; en Ecuador un 77% y en Bolivia un 30%. La minería ilegal del oro no sólo desplaza a la población local, sino que contamina las aguas ya que usa mercurio en el proceso de extracción. Este mercurio se quema de forma descontrolada y destruye los ecosistemas.

Además, algunas de estas explotaciones mineras en Latinoamérica no cumplen el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) sobre Pueblos Indígenas y Tribales en los Países Independientes. El Convenio establece la obligatoriedad de consultar a los pueblos afectados, a fin de determinar si sus intereses se verían perjudicados, antes de autorizar cualquier prospección o explotación de los recursos existentes en sus tierras.

Otra iniciativa que evalúa los conflictos que genera la minería es el Atlas de Justicia Ambiental.<sup>31</sup> Se pueden

31. Global Atlas of Environmental Justice (2025). Disponible en: <https://ejatlas.org/> Fecha de consulta, 19-02-25

ver los conflictos clasificados por materias primas y tipología del conflicto (uso y degradación del agua, biodiversidad, gestión de residuos, desplazamiento poblacional, etc.). El Atlas pone de manifiesto la envergadura del problema.

No sólo la población de América Latina sufre consecuencias negativas de la minería. Un solo ejemplo puede servirnos para evaluar la magnitud del problema: El libro "*Cobalto Rojo. El Congo se desangra para que tú te conectes*"<sup>32</sup> describe las condiciones de semiesclavitud en las minas de cobalto de Katanga, una región del sudeste de la RD Congo. Los mineros no disponen de ningún equipo de protección. Cuando los padres sufren mutilaciones o ya tienen los pulmones enfermos del polvo que han tragado, los menores de edad los sustituyen. Incluso trabajan adolescentes con bebés o criaturas de muy pocos años a sus espaldas.

32. Valiente, D. (2024), «El Congo se desangra para que tú te conectes», *Librújula*. Disponible en: <https://librújula.publico.es/el-congo-se-desangra-para-que-tu-te-conectes/> Fecha de consulta, 19-02-25



## 6. CONCLUSIONES

En la fabricación de sus productos, la industria militar utiliza actualmente una gran variedad de materiales, muchos de los cuales hasta ahora no se habían usado. Sin esos materiales sería imposible la fabricación de la mayoría de los nuevos productos militares. Se consiguen aleaciones con propiedades más ventajosas, dispositivos más pequeños, más eficientes, etc. y se están incorporando muchas prestaciones que dependen de la integración de dispositivos electrónicos. Muchos de estos materiales son necesarios también en el ámbito civil para desarrollar tecnologías asociadas a la transición energética hacia un sistema libre de combustibles fósiles.

De estos materiales algunos pueden presentar problemas de suministro; son los llamados materiales críticos. Desde el punto de vista de la UE y de EE. UU. existe un grupo de estos materiales esenciales para la industria militar que tienen un riesgo elevado de interrupciones de suministro. En caso de que se pro-

dujera esta interrupción, se pondría en peligro la producción de determinadas armas.

El principal problema, para la UE y EE. UU., radica en que la producción de estos materiales se concentra en pocos países y, en muchas ocasiones, son países que consideran rivales y competidores, fundamentalmente China. En la mayoría de los casos ni la UE ni EE. UU. tienen recursos minerales propios para hacer frente a una interrupción del suministro. Además, en muchos casos no existen materiales sustitutorios como alternativa viable para la fabricación de un determinado dispositivo. Para atenuar el riesgo de interrupción del suministro, la UE y EE. UU. podrían buscar productores alternativos, aunque no siempre sería posible, y aumentar el reciclaje. Sin embargo, difícilmente compensarían las necesidades de las interrupciones.

Asegurarse un suministro de estos materiales críticos esenciales para la industria militar puede provocar graves tensiones geopolíticas que pueden desembocar

car en enfrentamientos bélicos, ya que las políticas de defensa tanto de la UE como de la OTAN no descartan el uso de la fuerza militar para garantizar el acceso a los productos esenciales para el desarrollo de sus estados miembros.

A partir de los documentos que hemos consultado, se constata la preocupación que suscita, tanto en EE. UU. como en la UE, la posibilidad de que China interrumpa o suspenda la exportación de ciertos materiales, ya que es su principal productora.

La UE percibe<sup>33</sup> la China como un competidor económico y un rival sistémico. Pero debería abandonar esta postura y pasar a mantener con China una relación de diálogo, entendimiento y colaboración. Tiene mucho que ganar. Y no se vería involucrada en las rencillas económicas y geopolíticas entre EE. UU. y China.

China representa hoy, para EE. UU., el mayor competidor en la hegemonía geopolítica y económica mundial. Este antagonismo puede llegar a ser un obstáculo en el acceso de EE. UU. a las materias primas chinas. La nueva administración estadounidense no suavizará la situación. Es muy preocupante que, sobre todo EE. UU. y la OTAN, señalen a China como una amenaza a su seguridad. ¿Cómo responderá EE. UU. en caso de interrupción del suministro de algunos de estos materiales procedentes de China? ¿Usará la fuerza armada? Las amenazas son constantes. Como acabamos de expresar respecto a la UE, la relación entre EE. UU. y China, en lugar de basarse en una política de enfrentamiento y amenaza como hasta ahora, también debería basarse en una política de cooperación y ayuda mutua.

No se puede descartar, teniendo en cuenta el muy buen entendimiento entre los dirigentes políticos europeos y la industria de defensa, que ésta, más tarde o más temprano, consiga una regulación que le otorgue prioridad de acceso a las materias primas críticas, por delante del sector civil. La argumentación de la indus-

33. European External Action. (s.f.). «EU-China relations: Factsheet». European Union. Disponible en: [https://www.eeas.europa.eu/eeas/eu-china-relations-factsheet\\_en](https://www.eeas.europa.eu/eeas/eu-china-relations-factsheet_en)

tria de armas es fácil de suponer: el papel primordial de la seguridad en general, y también en particular como prerrequisito para el desarrollo sostenible (este aspecto es el que, concretamente, está esgrimiendo el sector de defensa para que se le reconozca como sector sostenible y tenga acceso a las finanzas sostenibles de la UE). Un escenario así supondría una dificultad adicional para los sectores civiles en las políticas de transición energética y abandono de los combustibles fósiles.

El poder (político y económico) está promoviendo un incremento en la militarización mundial. Los datos lo confirman. Según el SIPRI, el gasto militar mundial en 2023<sup>34</sup> fue de 2,44 millones de millones de dólares. Esto representa un incremento del 6,8% respecto al gasto de 2022 y es la mayor tasa de incremento interanual desde 2009. También supone ya nueve años consecutivos de aumento del gasto militar mundial.

Es previsible, por tanto, que la demanda de armamento aumente. Y por consiguiente el impacto medioambiental de la minería de los materiales necesarios para la industria de defensa. La mayoría de estos materiales críticos se obtiene en minas a cielo abierto y su proceso de extracción y refinamiento son altamente contaminantes y emiten gran cantidad de gases de efecto invernadero. Con el agravante añadido de que muchos países productores de estos materiales tienen una regulación medioambiental, laboral y de respeto a los derechos humanos muy laxa.

Como conclusión de todo ello, es indiscutible que una reducción drástica del gasto militar y, por tanto, de la fabricación de armas, disminuiría las tensiones geopolíticas derivadas de los problemas de abastecimiento de la industria militar. Paralelamente, disminuiría también el impacto medioambiental del militarismo. Haría de este mundo un lugar más seguro y sostenible.

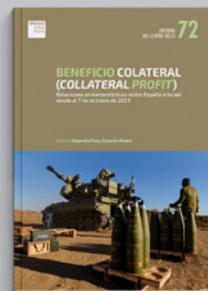
34. Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI). (2024). «Global military spending surges amid war, rising tensions, and insecurity». *SIPRI for the media*. Disponible en: <https://www.sipri.org/media/press-release/2024/global-military-spending-surges-amid-war-rising-tensions-and-insecurity> Fecha de consulta, 19-02-25

## BIBLIOGRAFÍA

- Arora, A. (2024). «Top-10 Tungsten Producing Countries in the World». *Current Affairs Adda 247*. Disponible en: <https://currentaffairs.adda247.com/top-10-tungsten-producing-countries-in-the-world/> Fecha de consulta, 19-02-25
- Bohigas, X., Brunet, P., de Fortuny, T., Montull Garcia, A., & Ortega, P. (2024). *Transnacionals, bel·licisme i emergència climàtica (Informe 55)*. Centre Delàs. Disponible en: <https://centredelas.org/publicacions/bel·licismeiemergenciaclimatica/>
- Brancaccio, L. (2024). «China's Catalogue for Prohibited and Restricted Export Technologies: Latest Revisions» *China Briefing, From Dezan Shira and Associates*. Disponible en: <https://www.china-briefing.com/news/technologies-subject-to-export-control-in-china-prohibited-restricted-export-catalogue/> Fecha de consulta, 19-02-25
- CRM Alliance. (s.f.). «Silicon Metal». Disponible en: <https://www.crmalliance.eu/silicon-metal> Fecha de consulta, 19-02-25.
- European Commission (s.f.). «Copper». *RMIS – Raw Materials Information System*. Disponible en: <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/rmp/Copper> Fecha de consulta, 19-02-25.
- European Commission (s.f.). «Iron & Steel». *RMIS – Raw Materials Information System*. Disponible en: <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/rmp/Iron%20&%20Steel> Fecha de consulta, 19-02-25.
- European Commission (s.f.). «RMIS – Raw Materials Information System». Disponible en: <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/rmp/> Fecha de consulta, 19-02-25
- European Commission (2020). *Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU: A Foresight Study*. Luxembourg Publications Office of the European Union. Disponible en: [https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRMs\\_for\\_Strategic\\_Technologies\\_and\\_Sectors\\_in\\_the\\_EU\\_2020.pdf](https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRMs_for_Strategic_Technologies_and_Sectors_in_the_EU_2020.pdf)
- European Commission (2023). *Study on the critical raw materials for the EU 2023*. Publications Office of the European Union. Disponible en: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/57318397-fdd4-11ed-a05c-01aa75ed71a1>
- European Commission (2025). «Beryllium». *RMIS – Raw Materials Information System*. Disponible en: <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/rmp/Beryllium> Fecha de consulta, 19-02-25.
- European External Action. (s.f.). «EU-China relations: Factsheet». *European Union*. Disponible en: [https://www.eeas.europa.eu/eeas/eu-china-relations-factsheet\\_en](https://www.eeas.europa.eu/eeas/eu-china-relations-factsheet_en)
- Girardi, B.; Patrahau, I.; Cisco, G.; Rademaker, M. (2023) *Strategic raw materials for defence. Mapping European industry needs*. The Hague Centre for Strategic Studies. Disponible en: <https://hcss.nl/wp-content/uploads/2023/01/Strategic-Raw-Materials-for-Defence-HCSS-2023-V2.pdf>
- Global Atlas of Environmental Justice (2025). Disponible en: <https://ejatlas.org/> Fecha de consulta, 19-02-25
- Government of Canada (2025), «Graphite facts», *Natural Resources Canada*. Disponible en: <https://natural-resources.canada.ca/minerals-mining/mining-data-statistics-analysis/minerals-metals-facts/graphite-facts> Fecha de consulta, 19-02-2
- Harbor Aluminum. (2025). «Aluminum Production by Country». Disponible a: <https://www.harboraluminum.com/en/top-aluminum-producing-countries> Fecha de consulta, 19-02-25
- International Energy Agency (2024). *Global Critical Minerals Outlook 2024*. IEA, Paris. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>

- Lv, Amy; & Munroe, Tony. (2024). «China bans export of critical minerals to US as trade tensions escalate». *Reuters*. Disponible en: <https://www.reuters.com/markets/commodities/china-bans-exports-gallium-germanium-antimony-us-2024-12-03/> Fecha de consulta, 19-02-25
- MINING.COM. (2023). «Ranked: The world's top cobalt producing countries», *Visual Capitalist – Elements*. Disponible en: <https://www.mining.com/web/ranked-the-worlds-top-cobalt-producing-countries/> Fecha de consulta, 19-02-25
- NATO. (2024). «Defence-Critical Supply Chain Security Roadmap». *Factsheet July 2024*. Disponible en: [https://www.nato.int/nato\\_static\\_fl2014/assets/pdf/2024/7/pdf/240712-Factsheet-Defence-Supply-Chain-Ro.pdf](https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2024/7/pdf/240712-Factsheet-Defence-Supply-Chain-Ro.pdf) Fecha de consulta, 19-02-25
- NATO. (2024). «NATO releases list of 12 defence-critical raw materials». *Newsroom*. Disponible en: [https://www.nato.int/cps/en/natohq/news\\_231765.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_231765.htm) Fecha de consulta, 19-02-25
- Observatori del Deute en la Globalització (2023). *La mina, la fàbrica, la botiga*. Disponible en: <https://odg.cat/wp-content/uploads/2023/07/La-mina-la-fabrica-la-botiga.pdf>
- Pistilli, M. (2024). «Top 5 Tantalum-mining Countries (Updated 2024)». *Nasdaq*. Disponible en: <https://www.nasdaq.com/articles/top-5-tantalum-mining-countries-updated-2024> Fecha de consulta, 19-02-25
- Statista. (2025). «Germanium global production share by country». Disponible en: <https://www.statista.com/statistics/1445497/germanium-share-of-production-worldwide-by-country/> Fecha de consulta, 19-02-25
- Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI). (2024). «Global military spending surges amid war, rising tensions, and insecurity». *SIPRI for the media*. Disponible en: <https://www.sipri.org/media/press-release/2024/global-military-spending-surges-amid-war-rising-tensions-and-insecurity> Fecha de consulta, 19-02-25
- Todd Lopez, C. (2024). «DOD Looks to Establish 'Mine-to-Magnet' Supply Chain for Rare Earth Materials», *U.S. Department of Defense*. Disponible en: <https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/3700059/dod-looks-to-establish-mine-to-magnet-supply-chain-for-rare-earth-materials/> Fecha de consulta, 19-02-25
- U.S. Government Accountability Office. (2024). *Critical materials: Action needed to implement requirements that reduce supply chain risks*, Q&A Report to Congressional Committees, No. GAO-24-107176. Disponible en: <https://www.gao.gov/products/gao-24-107176> Fecha de consulta, 19-02-25
- Valero, A.; Valero, A.; y Calvo, G. (2021); *Thanatia, límites materiales de la transición energética*; Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- Valiente, David (2024), «El Congo se desangra para que tú te conectes», *Librújula*. Disponible en: <https://librujula.publico.es/el-congo-se-desangra-para-que-tu-te-conectes/> Fecha de consulta, 19-02-25
- Vergun, D. (2025). «Securing Critical Minerals Vital to National Security, Official Says». *U.S. Department of Defense*. Disponible en: <https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/4026144/securing-critical-minerals-vital-to-national-security-official-says/> Fecha de consulta, 19-02-25
- Wischer, G. (2024). «The U.S. Military and NATO Face Serious Risks of Mineral Shortages». *Carnegie Endowment for International Peace*. Disponible en: <https://carnegieendowment.org/research/2024/02/the-us-military-and-nato-face-serious-risks-of-mineral-shortages> Fecha de consulta, 19-02-25
- Zhu, Kayla. (2024). «Visualizing Global Rare Earth Metals Production (1995-2023)», *Visual Capitalist*. Disponible en: <https://www.visualcapitalist.com/visualizing-global-rare-earth-metals-production-1995-2023/> Fecha de consulta, 19-02-25

# INFORME CENTRE DELÀS





Si valoras nuestras investigaciones y quieres ayudarnos a mantener nuestro rigor e independencia, puedes hacerte socio/a o hacer un donativo escaneando el código QR o en este enlace: <https://centredelas.org/fes-te-soci-a/?lang=es>

**CENTRE DELÀS**  
D'ESTUDIS  
PER LA PAU

Con el apoyo de:

