

**CÁTEDRA
DE TRANSICIÓN
ENERGÉTICA**



CÁTEDRA FUNDACIÓN REPSOL DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Descarbonización de la industria

OBSERVATORIO DE DESCARBONIZACIÓN EN LA INDUSTRIA

ASPECTOS GEOPOLÍTICOS EN LAS MATERIAS PRIMAS RELEVANTES PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Investigadora principal: Susana Ortíz
Investigadora de la Cátedra de Transición Energética Fundación Repsol - Comillas-ICAI

Madrid
Junio de 2023

ÍNDICE

1. Propósito de este documento	2
2. Identificación de materias primas relevantes para la transición energética.....	2
3. Aspectos geopolíticos que pueden incidir en las materias primas	3
3.1. Determinación de los Estados clave.....	3
3.1.1. Estados productores	3
3.1.2. Estados relevantes en la cadena de suministro	4
3.1.3. Estados relevantes por su potencial capacidad de influencia	5
3.2. La fiabilidad como aspecto geopolítico determinante. Riesgos y consecuencias.	5
4. Propuesta de soluciones alternativas.....	7
4.1. Fomento de la autoproducción	7
4.2. Economía circular	8
4.3. Formas alternativas de crecimiento.....	9
5. Conclusiones	10
6. Referencias.....	11
7. Anexo.....	13

1. Propósito de este documento

El propósito de este documento es identificar qué aspectos geopolíticos pueden tener incidencia en las materias primas que son relevantes para llevar a cabo la transición energética que ha iniciado gran parte del mundo, y concretamente Europa. Para ello se identifican en primer lugar cuáles son las materias primas relevantes¹ para la transición energética, y por qué razón lo son en lo que se refiere a la transición energética; en segundo lugar, se identifican y explican los aspectos geopolíticos que pueden incidir en esas materias primas, sea en su obtención, en su suministro o en su uso, y los riesgos que estos aspectos plantean; a continuación, se apuntan posibles soluciones alternativas a las ya existentes para eliminar o reducir los riesgos identificados. El documento finaliza con unas conclusiones prácticas.

A los efectos de este documento se entiende por transición energética el proceso de cambio en la generación, distribución, almacenamiento y uso de la energía, y suele conllevar el abandono progresivo del uso de combustibles fósiles en favor, principalmente², de fuentes de energía renovables.³

Dada la naturaleza de este documento, el estudio se ha limitado a las materias primas críticas procedentes de la actividad minera.

2. Identificación de materias primas relevantes para la transición energética

El carácter crítico de las materias primas se refiere a su disponibilidad⁴, que deviene en un riesgo de suministro⁵, y a la vulnerabilidad como consecuencia de ese riesgo. Algunas de las materias primas críticas son: el teluro, la plata, el cadmio, el cobalto, el cobre, el galio, el indio, el litio, el manganeso, el níquel, el estaño y el zinc⁶. Como materias primas se identifican las dadas en la Tabla 1, quedando la información desarrollada en el Anexo⁷.

¹ En este documento se emplea el término “relevante” para hacer mención tanto a las materias primas “críticas” como a las “estratégicas” que define la Unión Europea, ya que el foco se pone en los aspectos geopolíticos, y no tanto en las materias en sí mismas. Cf. Press release “Critical Raw Materials: ensuring secure and sustainable supply chains for EU’s green and digital future”. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 22 de mayo de 2023.

² Aunque sea principalmente, no tiene porqué ser así, sería reemplazar combustibles fósiles por fuentes bajas en carbono: renovables eléctricas, nuclear y renovables térmicas. También hay espacio para la energía nuclear y para el hidrógeno para usos adicionales, como es el transporte. Por lo que se consideran también dentro de la definición todas aquellas tecnologías bajas en carbono, no sólo las renovables, y todos los vectores energéticos sostenibles, no sólo la electricidad.

³ Cf. Wang, X., y Lo, K (2021). Just transition: A conceptual review. *Energy Research & Social Science* 82, 2021, 102291. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 25 de mayo de 2023.

⁴ Cf. Valero, Alicia (2019). Límites minerales de la transición energética. *Instituto CIRCE-Universidad de Zaragoza* 36. 66-70. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 12 de febrero de 2023.

⁵ Cf. MITECO (agosto de 2022). *Hoja de Ruta para la Gestión Sostenible de las Materias Primas Minerales*. MITECO. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 26 de febrero de 2023.

⁶ Cf. Valero, Alicia (2019). Límites minerales de la transición energética. *Instituto CIRCE-Universidad de Zaragoza* 36. 66-70. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 12 de febrero de 2023.

⁷ Cf. Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs (16th March 2023). *Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023 - Final Report*. ET-07-23-116-EN-N, ISBN: 978-92-68-00414-2, DOI: 10.2873/725585. Disponible en [este enlace](#). Última consulta: 5 de abril de 2023.

Tabla 1. Listado de materias primas críticas reconocido por la UE, agrupadas por sectores de aplicación⁷.

Baterías	Electrónica	Metalurgia	Vidrio	Automoción	Motores y generadores eléctricos	Química
Aluminio Antimonio Coque de carbón Cobalto Grafito natural Litio Níquel Tierras raras ⁸ Vanadio	Arsénico Cobalto Galio Germanio Helio Magnesio Manganeso Platino Silicio metálico	Bauxita Bismuto Escandio Espato flúor Estroncio Hafnio Magnesio Manganeso Niobio Tantalio Titanio Vanadio	Feldespatos Hafnio	Berilio Cobre Magnesio Manganeso Níquel	Borato Cobalto Cobre Escandio Platino Niobio Silicio metálico Tierras raras ⁸ Wolframio	Fosforita Fósforo Helio Barita

3. Aspectos geopolíticos que pueden incidir en las materias primas

Una vez identificadas las principales materias primas que son relevantes para la transición energética, deben analizarse cuáles son los factores geopolíticos más influyentes para su obtención, suministro, uso u otro aspecto relevante.

Para ello, en primer lugar, se identificarán cuáles son los estados que deben considerarse como clave; en segundo lugar, se propondrá el aspecto geopolítico que se considera determinante en la transición energética; en tercer lugar, se explicarán los riesgos geopolíticos que se plantean para la transición energética; por último, se apuntarán las principales repercusiones derivadas de esos riesgos geopolíticos.

3.1. Determinación de los Estados clave

La determinación de qué Estados son clave en relación con las materias primas relevantes para la transición energética puede hacerse tomando en consideración distintos criterios. En este documento se han tomado en cuenta tres: Estados que son productores de materias primas; Estados que son relevantes en la cadena de suministro de materias primas; y Estados que presentan potencial capacidad de influir en la actuación de otros Estados significativos en las actividades anteriores.

3.1.1. Estados productores

En la Figura 1 se identifican los Estados productores relevantes a los efectos de la Unión Europea.

⁸ Son un conjunto de 17 elementos químicos divididos entre el escandio, el itrio y los 15 elementos del grupo de los lantánidos (lantano, cerio, praseodimio, neodimio, prometeo, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio y lutecio). El escandio y el itrio se incluyen entre las tierras raras porque aparecen frecuentemente mezclados con los lantánidos en los mismos yacimientos. Son muy buenas conductoras de electricidad, y por ello consideradas como fundamentales para el funcionamiento de imanes permanentes para motores eléctricos y generadores de electricidad. Se usan para fabricar catalizadores y baterías.

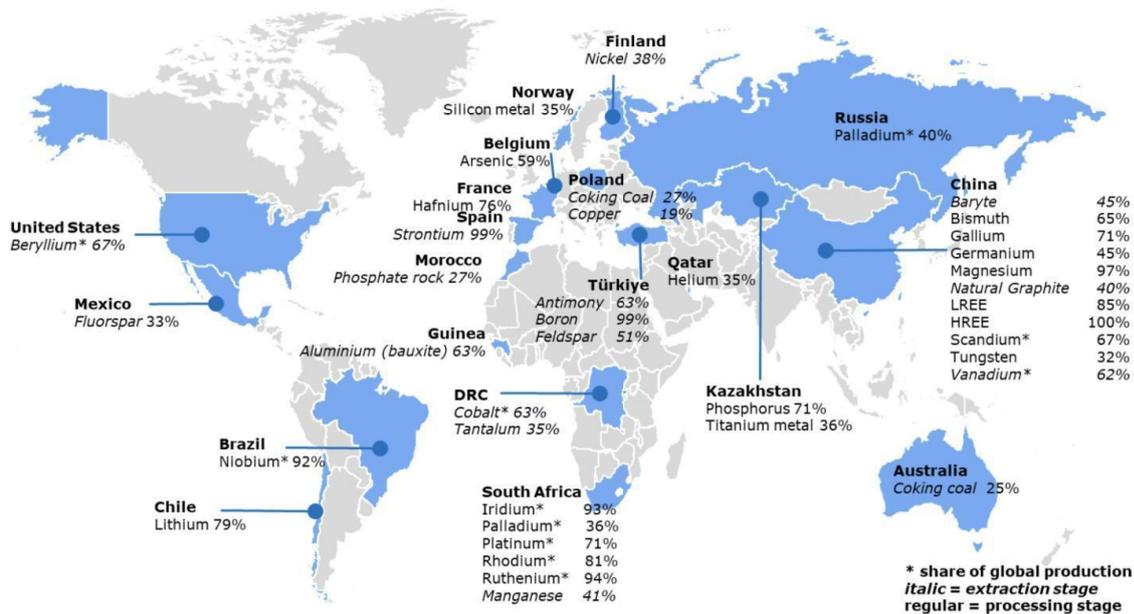


Figura 1: Principales estados proveedores de materias primas fundamentales a la UE [Fuente: Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs.]

Como puede apreciarse, algunos Estados destacan sobre otros por ser productores de más del 50% mundial de alguna materia prima crítica determinada. Ejemplo de esto son: EEUU con el berilio, China con el escandio y el vanadio, Brasil con el niobio, la República Democrática del Congo con el cobalto y Sudáfrica con el iridio, el platino, el rodio y el rutenio. Otros Estados destacan como los suministradores más relevantes a la Unión Europea por suministrar más del 50% de alguna materia prima crítica determinada son: China con el bismuto, Kazajistán con el fósforo, Turquía con el antimonio, España con el estroncio, Bélgica con el arsénico y Chile con el litio.

3.1.2. Estados relevantes en la cadena de suministro

Dentro de la cadena de suministro de las materias primas destinadas a la UE, destacan ciertos Estados que no producen, pero sí refinan. Es el caso, por ejemplo, de China con el litio⁹ o las tierras raras ligeras, de las cuales suministra un 75% de las necesitadas en la Unión Europea. Otros Estados relevantes serían Kazajistán por el suministro de fósforo a la UE (71%), Turquía por el feldespato (51%), España por el estroncio (99%) o Guinea por la bauxita (63%)¹⁰.

⁹ Cf. Cerrillo, A (7 de julio de 2021). Alicia Valero: "Nuestra civilización depende de minerales muy escasos en la naturaleza". La Vanguardia. Disponible en [este enlace](#). Última consulta 27 de febrero de 2023.

¹⁰ Cf. Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs (16th March 2023). *Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023 - Final Report*. ET-07-23-116-EN-N, ISBN: 978-92-68-00414-2, DOI: 10.2873/725585. Disponible en [este enlace](#). Última consulta: 5 de abril de 2023.

3.1.3. Estados relevantes por su potencial capacidad de influencia

La capacidad de influencia de unos Estados en otros puede existir por muy distintas causas, y tener ámbitos y consecuencias también distintos. Tomando como referencia la capacidad económica como causa principal de influencia de un estado sobre otro, cabe destacar a Estados Unidos y a China, por ser las dos mayores potencias económicas mundiales.

En el caso de Estados Unidos, su capacidad de influencia se materializa, por ejemplo, en sus acuerdos con México en materia energética, que afectan de manera directa en sus planes del sector energético, en especial en lo referente a la explotación del litio mexicano¹¹.

En el caso de China su influencia se concreta en actuaciones tales como el ofrecimiento de rescates financieros en la región africana a cambio del acceso a sus depósitos de tierras raras¹².

3.2. La fiabilidad como aspecto geopolítico determinante. Riesgos y consecuencias.

Se propone como principal aspecto geopolítico que puede incidir en las materias primas relevantes para la transición energética, sea en su obtención, en su suministro, en su uso o en otro aspecto relevante, es la *fiabilidad*, entendida como confianza: confianza que un Estado puede tener en otro para obtener las materias primas que necesita para llevar a cabo su transición energética. En principio podría pensarse en otros aspectos geopolíticos, como la estabilidad de los Estados (en el sentido de que, a mayor estabilidad de un Estado, mayor fiabilidad), que, a su vez, podría vincularse a través de una relación también directa con el carácter más o menos democrático de los Estados.

Estos otros aspectos geopolíticos no son válidos a efecto del tema analizado. Respecto de la estabilidad, para empezar porque su propio concepto no es unívoco. Por ejemplo, no queda claro si se refiere a estabilidad política, económica, social, o un conjunto de todas ellas, o a otro tipo de estabilidad; ni el plazo en el que esa estabilidad deba darse para considerarse como tal. Como muestra concreta de esta indefinición puede citarse el caso de Estados Unidos: se trata de un Estado del que podría decirse que tiene estabilidad, y, de hecho, una relación estable con la Unión Europea. Sin embargo, la aprobación de la *Inflation Reduction Act*, que incluye ventajas fiscales y de financiación para revitalizar la industria americana¹³, puede provocar un redireccionamiento en el suministro de materias primas¹⁴ en perjuicio de, entre otros, la propia Unión Europea.

¹¹ Cf. Infobae (17 de septiembre 2022). Cómo el litio va a beneficiar la relación comercial de México y EEUU. Infobae. Disponible en [este enlace](#). Última consulta 22 de abril de 2023.

¹² Cf. López, C y Mataix, C (2022). Las materias primas minerales y la transición energética. *Cuadernos de estrategia N° 109*, págs 61-174. Disponible en [este enlace](#). Última consulta 12 de febrero de 2023.

¹³ Cf. *Inflation Reduction Act* americano, disposición que incluye iniciativas, ventajas fiscales y financiación para revitalizar la minería americana de la transición energética; de forma que agiliza los permisos y las oportunidades de explotación. Atrayendo a su vez, el desvío hacia los Estados Unidos de materias primas que, si no, irían hacia otros estados.

Energías Renovables (24 de enero de 2023). *Europa podrá cubrir su demanda de baterías de litio y dejar de depender de China en 2027*. Energías Renovables. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 15 de febrero de 2023.

¹⁴ Cf. The Economist, February 4th, 2023, page 9.

Respecto del posible vínculo entre estabilidad y calidad democrática de un Estado, tampoco parece que sea una relación evidente. No es difícil pensar en Estados con calidad democrática cuando menos deficiente que son estables. Así, véanse los casos de China, de Libia o de Corea del Norte¹⁵.

Teniendo en cuenta estas dificultades, parece más bien, como se ha apuntado antes, que es la fiabilidad el principal aspecto geopolítico que puede incidir en las materias primas relevantes para la transición energética, sea en su obtención, en su suministro, en su uso o en otro aspecto relevante, entendida como confianza que un Estado puede tener en otro para obtener las materias primas que necesita para llevar a cabo su transición energética. Como en cualesquiera otros aspectos de las relaciones humanas, la fiabilidad nunca puede tenerse por garantizada de forma indefinida en el tiempo, y depende de las circunstancias concretas de cada momento.¹⁶ Y, como también ocurre en cualesquiera relaciones humanas, la fiabilidad debe tratar de garantizarse lo más posible con el cultivo de relaciones estables a lo largo de los años.

Por tanto, el mayor riesgo que se plantea para la transición energética es la falta de fiabilidad, o, si se quiere, la falta de seguridad de suministro como consecuencia de la dependencia de un Estado respecto de los Estados relevantes, sea porque son productores, porque tienen un papel relevante en la cadena de suministro, o porque pueden influir en otros Estados.

Si la falta de seguridad de suministro se materializa en una falta real de suministro, se pueden dar consecuencias de muy distinto tipo. Así, cabe pensar en la incertidumbre en los precios de las materias primas¹⁷, debido a que opera la ley de la oferta y la demanda¹⁸. Otras posibles repercusiones pueden ser la afección a la política industrial del Estado, tanto a corto como a largo plazo, si la falta de fiabilidad se mantiene en el tiempo¹⁹; así como conflictos sociales, económicos, geopolíticos y ambientales²⁰, que pueden a su vez estar influidos por el empobrecimiento, incluyendo dentro de estas consecuencias lo que se conoce como pobreza energética.

¹⁵ Cf. The Economist (9th February 2022). A new low for global democracy. The Economist. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 22 de abril de 2023.

¹⁶ Cf. [Gökçe, O. Z., & Hatipoğlu, E \(2022\). Documenting energy flows between states: The Global Energy Relations Dataset \(GERD\), 1978–2014. *International Interactions*, 48\(3\), 492–519.](#)

¹⁷ Cf. MITECO (agosto de 2022). *Hoja de Ruta para la Gestión Sostenible de las Materias Primas Minerales*. MITECO. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 14 de febrero de 2023.

¹⁸ Cf. CSIC (17 de enero de 2023). *Nuestra dependencia de elementos no biológicos y minerales raros y escasos se ha duplicado en 100 años*. CSIC-Nota de prensa. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 14 de febrero de 2023.

¹⁹ Cf. Cerrillo, A (7 de julio de 2021). *Alicia Valero: "Nuestra civilización depende de minerales muy escasos en la naturaleza"*. La Vanguardia. Disponible en [este enlace](#). Última consulta 27 de febrero de 2023.

²⁰ Cf. CSIC (17 de enero de 2023). *Nuestra dependencia de elementos no biológicos y minerales raros y escasos se ha duplicado en 100 años*. CSIC-Nota de prensa. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 14 de febrero de 2023.

4. Propuesta de soluciones alternativas

Parece natural que los Estados que no son relevantes en relación con las materias primas necesarias para llevar a cabo su transición energética, busquen opciones que reduzcan o eventualmente eliminen su dependencia de los Estados relevantes. Así es el caso de la Unión Europea, donde ya se están implementando acciones relativas, por ejemplo, a la mejora del almacenamiento energético, de la eficiencia energética y del ahorro energético. El propósito de este documento es centrarse en otras soluciones adicionales a las anteriores, más relacionadas con las materias primas. Antes, se cree conveniente hacer referencia a la *neutralidad tecnológica* como presupuesto para encontrar y aprovechar estas soluciones.

La neutralidad tecnológica supone que la legislación debe centrarse en los objetivos que se quieren fijar, sin imponer tecnologías concretas y, como contrapartida, sin discriminar el uso de cualquier tipo de tecnología que sea susceptible y adecuada para conseguir los objetivos fijados. Se pretende que la regulación sea neutra y su eje gire en torno a los objetivos que se pretenden conseguir garantizando, de un lado, una regulación flexible (o sostenible) que permita soportar el impacto de la evolución y la convergencia tecnológicas (evitando la obsolescencia predecible de una regulación asociada al uso de una determinada tecnología); de otro lado, la libre competencia en el mercado y el fomento de la innovación tecnológica; y, en tercer lugar, la protección del consumidor final, al garantizarle una libertad de elección que no se ve lastrada en función de la tecnología utilizada²¹.

Es por esta caracterización, y en especial por suponer un fomento de la innovación, que se considera la neutralidad tecnológica como un presupuesto para la implementación de otras soluciones alternativas, expuestas seguidamente.

4.1. Fomento de la autoproducción

El fomento de la autoproducción es una de las principales propuestas para lograr la transición energética. Se focaliza en garantizar la seguridad del suministro de materias primas claves con fuentes del propio Estado; en este caso, se tratará el autoabastecimiento dentro de la Unión Europea²².

²¹ Cf. Sentencia del Tribunal Constitucional 8/2016, de 21 de enero, F.J. 11, en relación con el sector de las telecomunicaciones. Creemos que esta definición se puede trasladar al ámbito que nos ocupa. De hecho, este principio ya se recoge en otros ámbitos del Derecho ambiental. Véase por ejemplo la normativa sobre prevención y control integrados de la contaminación (Real Decreto Legislativo 1/2016) y su concepto de valores de emisión que deben determinarse teniendo en cuenta las conclusiones relativas a las mejores técnicas disponibles (art. 8.1.a).

²² Cf. Aunque es importante apuntar que, aun así, sigue siendo necesario establecer escenarios de oferta y demanda futura, debido a que el autoabastecimiento no llega a ser suficiente. Es por ello que la Comisión Europea ha presentado un *Green Deal Industrial Plan* y ha anunciado un Club de Materias Primas Críticas que reunirá tanto a los consumidores de materias primas como a los estados productores de las mismas para garantizar la seguridad de suministro.

MITECO (agosto de 2022). *Hoja de Ruta para la Gestión Sostenible de las Materias Primas Minerales*. MITECO. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 15 de febrero de 2023

Coronado, J (Febrero 2023). *¿Va a estar la transición energética condicionada por la escasez de minerales para construir aerogeneradores y paneles solares?*. [LinkedIn Post]. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 16 de febrero de 2023.

El fomento de la autoproducción tiene dos aspectos a destacar a los efectos de este documento: el sociológico y el regulatorio. El aspecto sociológico se refiere a la necesidad de salvar el rechazo social hacia la autoproducción (por ejemplo, frente a la actividad minera). Para ello es necesario garantizar una información veraz y la educación, o si se prefiere concienciación, sobre lo que supone el autoabastecimiento, su necesidad y casos de éxito²³.

Por lo que se refiere al aspecto regulatorio, resulta preciso evitar restricciones legales innecesarias a la explotación; es igualmente importante asegurar la debida aplicación de las normas, sin restricciones ni retrasos injustificados. Esto puede conseguirse, por ejemplo, acortando los plazos para la tramitación de los permisos exigibles²⁴ y dotando de mayores recursos a las Administraciones públicas. Esto no implica relajar las restricciones sobre aspectos relevantes, como la protección del medio ambiente y de intereses de terceros, o la participación pública, que deben seguir garantizándose^{25 26}.

4.2. Economía circular

La economía circular es aquel modelo de producción y consumo en el cual el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantiene durante el mayor tiempo posible, y en la que se reduce al mínimo la generación de residuos. Esto implica una extensión de la vida del producto que se consigue mediante el reciclaje, la reparación, renovación, en definitiva, el tratamiento de los materiales y productos existentes cuanto sea posible creando valor añadido²⁷.

La economía circular es considerada por la Unión Europea como una de las principales soluciones a la dependencia energética de terceros Estados, debido a que supone una reducción del consumo de materias primas. Es por ello que la Unión Europea incluye el uso circular de los recursos en sus objetivos estratégicos referentes a sus ecosistemas industriales²⁸, en concreto impulsando la recuperación, reciclaje y reutilización de residuos mineros.

²³ Cf. Por ejemplo, para el caso concreto de la minería, mediante el descubrimiento en Europa, concretamente en Suecia, del depósito más grande europeo de tierras raras, que, es de esperar, ayudará a reducir la dependencia de terceros estados, como es China, mediante el autoabastecimiento.

Euronews (13 de enero de 2023). *Swedish mining company discovers Europe's largest deposit of rare earth elements*. Euronews. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 15 de febrero de 2023.

Valero, A (30 de noviembre de 2022). *Hacia un mejor uso de los recursos minerales. Sobre el problema del aumento exponencial del uso de materias primas y sus posibles soluciones*. Extremadura. Disponible en [este enlace](#). Última consulta 15 de febrero de 2023.

²⁴ Cf. Como se habrá de hacer en el depósito sueco de Kiruna; de lo contrario, se tardará mínimo 15 años en poder explotar. Euronews (13 de enero de 2023). *Swedish mining company discovers Europe's largest deposit of rare earth elements*. Euronews. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 15 de febrero de 2023.

²⁵ Cf. Ecologistas en acción (2019). Informe: Minería Especulativa en España. Ecologistas en acción. Disponible en [este enlace](#). Última consulta: 1 de marzo de 2023.

²⁶ Cf. Instrumento de Ratificación del Convenio sobre el acceso a la información, la participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia en materia de medio ambiente, hecho en Aarhus (Dinamarca), el 25 de junio de 1998. Disponible en [este enlace](#). Última consulta: 1 de marzo de 2023.

²⁷ Parlamento Europeo (9 de diciembre de 2022). *Economía circular: definición, importancia y beneficios*. Noticias Parlamento Europeo. Disponible en [este enlace](#). Última consulta: 15 de febrero de 2023.

²⁸ Cf. MITECO (agosto de 2022) *Hoja de Ruta para la Gestión Sostenible de las Materias Primas Minerales*. MITECO. Disponible en [este enlace](#). Última consulta: 14 de febrero de 2023.

Unos ejemplos de políticas para una economía circular sería la inversión en una planta que recupere materias primas críticas, la inversión en recogida de residuos²⁹, o el fin de la obsolescencia programada. Esto es lo que defiende la Comisión Europea en su Comunicación sobre la economía circular³⁰. Y en esta línea se encuentra igualmente la Directiva marco de residuos³¹.

4.3. Formas alternativas de crecimiento

Al hablar de formas alternativas de crecimiento se hace referencia a formas de crecimiento que parten de que existe una cantidad limitada disponible de recursos naturales. Estas formas alternativas de crecimiento pueden ir acompañadas de un descenso de la producción a nivel global, pero no necesariamente de un descenso del bienestar general sino más bien de una reducción del consumo innecesario para lograr un bienestar adecuado. En este sentido, este planteamiento se aleja de teorías más clásicas, como el *malthusianismo* (según el cual el crecimiento no es indefinido porque los recursos son limitados) y el *cornucopianismo* (según el cual gracias a la ciencia y a la tecnología va a haber formas de obtener y optimizar los recursos, de manera que el crecimiento puede ser ilimitado).

En la línea indicada en este documento se encuentra la creación por la Unión Europea del Consejo Europeo de Investigación, cuyo objetivo es descubrir cómo se puede reducir el uso de los recursos y de la energía, a la vez que se garantiza una vida digna y el fin de la pobreza³². En definitiva, se trata de optimizar el uso de los recursos para lograr un adecuado nivel de bienestar sin despilfarrar materias primas. Para ello, pueden plantearse tres ejes de actuación:

- Producción de materias primas de modo sostenible y eficaz, fomentando la explotación autóctona y el reciclaje.
- Mejora de los procesos de transformación y uso final, de modo que se mantenga un nivel de bienestar digno con menos recurso.
- Adaptación de la demanda a un uso responsable, tanto en producto demandado como en flexibilidad en el consumo.

²⁹ Cf. [IEA \(2022\). Critical Minerals Policy Tracker. IEA. Paris](#), License: CC BY 4.0

³⁰ Cf. Que recoge un paquete de medidas que trata el proceso productivo con la responsabilidad del productor, especialmente respecto de la mejora de la reciclabilidad del producto en su diseño y proceso productivo. También trata las decisiones de consumo, la gestión de los residuos, el impulso del mercado de las materias primas secundarias y la reutilización del agua. Siendo las materias primas críticas una de las áreas señaladas. Comisión Europea. (2 de diciembre de 2015). *Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular*. Comisión Europea, Bruselas. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 2 de marzo de 2023.

³¹ Cf. Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 2 de marzo de 2023.

³² Cf. Actis, A (2 de diciembre de 2022), *La Unión Europea financia por primera vez investigaciones científicas sobre la viabilidad del decrecimiento*. La Política Online. Disponible en [este enlace](#). Última consulta: 16 de febrero de 2023.

5. Conclusiones

El análisis de los aspectos geopolíticos que pueden tener incidencia en las materias primas que son relevantes para llevar a cabo la transición energética pasa por identificar cuáles son esas materias primas; explicar los aspectos geopolíticos que pueden incidir en su obtención, suministro y uso, así como los riesgos que estos aspectos plantean; y apuntar posibles soluciones alternativas a las ya existentes.

A la vista de las materias primas que se han identificado, se estima que el aspecto geopolítico principal que puede incidir en las materias primas críticas para llevar a cabo la transición energética es la *fiabilidad*, entendida como la **confianza que un Estado puede tener en otro para obtener las materias primas que necesita para llevar a cabo su transición energética, con sus riesgos y consecuencias.**

Esto hace que parezca prudente, para los Estados que no son relevantes en relación con estas materias primas (como es el caso, en general, de los Estados miembros de la Unión Europea), buscar opciones que reduzcan o eventualmente eliminen su dependencia de los Estados que sí son relevantes. Estas opciones pueden considerarse como alternativas a otras en las que ya se está trabajando, como la mejora del almacenamiento energético, la eficiencia energética y el ahorro energético.

En este sentido, soluciones tales como la autoproducción, la economía circular y ciertas formas alternativas de crecimiento para lograr una reducción del consumo superfluo sin sobrepasar los límites de los recursos naturales, pueden ayudar a paliar, si no eliminar totalmente, esa dependencia y los riesgos que conlleva.

En todo caso, es preciso un esfuerzo de concienciación grande a todos los niveles, desde la Administración hasta los ciudadanos, pasando por las empresas, sistema financiero, sindicatos, consumidores, universidades, partidos políticos y demás actores relevantes, para poder hacer realidad estas soluciones.

6. Referencias

- Actis, A (2 de diciembre de 2022), *La Unión Europea financia por primera vez investigaciones científicas sobre la viabilidad del decrecimiento*. La Política Online. Disponible en [este enlace](#). Última consulta: 16 de febrero de 2023.
- Cerrillo, A (7 de julio de 2021). *Alicia Valero: "Nuestra civilización depende de minerales muy escasos en la naturaleza"*. La Vanguardia. Disponible en [este enlace](#). Última consulta 27 de febrero de 2023.
- Comisión Europea. (2 de diciembre de 2015). *Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular*. Comisión Europea, Bruselas. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 2 de marzo de 2023.
- Coronado, J (Febrero 2023). *¿Va a estar la transición energética condicionada por la escasez de minerales para construir aerogeneradores y paneles solares?* [LinkedIn Post]. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 16 de febrero de 2023.
- CSIC (17 de enero de 2023). *Nuestra dependencia de elementos no biológicos y minerales raros y escasos se ha duplicado en 100 años*. CSIC-Nota de prensa. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 14 de febrero de 2023.
- Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 2 de marzo de 2023.
- Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs (16th March 2023). *Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023 - Final Report*. ET-07-23-116-EN-N, ISBN: 978-92-68-00414-2, DOI: 10.2873/725585. Disponible en [este enlace](#). Última consulta: 5 de abril de 2023.
- Ecologistas en acción (2019). *Informe: Minería Especulativa en España*. Ecologistas en acción. Disponible en [este enlace](#). Última consulta: 1 de marzo de 2023.
- Energías Renovables (24 de enero de 2023). *Europa podrá cubrir su demanda de baterías de litio y dejar de depender de China en 2027*. Energías Renovables. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 15 de febrero de 2023.
- Euronews (13 de enero de 2023). *Swedish mining company discovers Europe's largest deposit of rare earth elements*. Euronews. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 15 de febrero de 2023.
- Favas, M (16th of February 2023). *Cobalt, a crucial battery material, is suddenly superabundant*. The Economist. Disponible en [este enlace](#). Última consulta: 26 de febrero de 2023.
- Gökçe, [O. Z.](#), & [Hatipoğlu, E](#) (2022). [Documenting energy flows between states: The Global Energy Relations Dataset \(GERD\), 1978–2014](#). *International Interactions*, 48(3), 492–519.

IEA (2022). [Critical Minerals Policy Tracker](#). IEA. Paris, License: CC BY 4.0

Infobae (17 de septiembre 2022). Cómo el litio va a beneficiar la relación comercial de México y EEUU. Infobae. Disponible en [este enlace](#). Última consulta 22 de abril de 2023.

Instrumento de Ratificación del Convenio sobre el acceso a la información, la participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia en materia de medio ambiente, hecho en Aarhus (Dinamarca), el 25 de junio de 1998. Disponible en [este enlace](#). Última consulta: 1 de marzo de 2023.

López, C y Mataix, C (2022). Las materias primas minerales y la transición energética. *Cuadernos de estrategia N° 109*, págs 61-174. Disponible en [este enlace](#). Última consulta 12 de febrero de 2023.

MITECO (agosto de 2022). *Hoja de Ruta para la Gestión Sostenible de las Materias Primas Minerales*. MITECO. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 26 de febrero de 2023.

Parlamento Europeo (9 de diciembre de 2022). *Economía circular: definición, importancia y beneficios*. Noticias Parlamento Europeo. Disponible en [este enlace](#). Última consulta: 15 de febrero de 2023.

Regueiro, M. & González-Barros (28 mayo de 2019). ¿Qué son las tierras raras? Tierra y Tecnología. Disponible en [este enlace](#). Última consulta: 4 de diciembre de 2022.

Sentencia del Tribunal Constitucional 8/2016, de 21 de enero, F.J. 11.

The Economist, February 4th, 2023, page 9.

The Economist (9th February 2022). A new low for global democracy. The Economist. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 22 de abril de 2023.

Valero, Alicia (2019). Límites minerales de la transición energética. *Instituto CIRCE-Universidad de Zaragoza* 36. 66-70. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 12 de febrero de 2023.

Valero, A (30 de noviembre de 2022). *Hacia un mejor uso de los recursos minerales. Sobre el problema del aumento exponencial del uso de materias primas y sus posibles soluciones*. Extremadura. Disponible en [este enlace](#). Última consulta 15 de febrero de 2023.

Wang, X., y Lo, K (2021). Just transition: A conceptual review. *Energy Research & Social Science* 82, 2021, 102291. Disponible en [este enlace](#). Última consulta el 25 de mayo de 2023.

7. Anexo³³

Annex 1. Critical Raw Materials overview

Raw materials	Stage	Main global producers		Main EU sourcing ²⁸		Import reliance ²⁹	EoL-RIR ³⁰	Selected Uses
Aluminium/ bauxite	Extraction	Australia	28%	Guinea	62%	55%	32%	Lightweight structures High-tech engineering
		China	21%	Brazil	12%			
		Guinea	18%	Greece	10%			
Antimony	Extraction	China	56%	Türkiye	63%	100%	28%	Flame retardants Defence applications Lead-acid batteries
		Tajikistan	20%	Bolivia	26%			
		Russia	12%	China	6%			
Arsenic	Processing	China	44%	Belgium	60%	39%	0%	Semiconductors Alloys
		Peru	40%	China	39%			
		Morocco	11%					
Baryte	Extraction	China	32%	China	44%	74%	0%	Medical applications Radiation protection Chemical applications
		India	25%	Morocco	28%			
		Morocco	9%	Bulgaria	11%			
				Germany	7%			
				Slovakia	2%			
Beryllium	Extraction	United States	67%	n/a		n/a ³¹	0%	Electronic and Communications Equipment automotive, aero-space and defence components
		China	26%					
		Mozambique	4%					
Bismuth	Processing	China	70%	China	65%	100%	0%	Pharmaceuticals Medical applications Low-melting point alloys Solid rocket propellant
		Vietnam	18%	Thailand	12%			
		Japan	5%	Laos	8%			
Boron	Extraction	Türkiye	48%	Türkiye	99%	100%	1%	High performance glass Fertilisers Permanent magnets
		United States	25%					
		Chile	11%					
Cobalt	Extraction	Congo, D.R.	63%	n/a		81%	22%	Batteries Super alloys Catalysts Magnets
		Russia	7%					
		Canada	4%					
Coking coal	Extraction	China	53%	Poland	26%	66%	0%	Coke for steel Carbon fibres Battery electrodes
		Australia	18%	Australia	24%			
		Russia	9%	United States	20%			
		United States	6%	Russia	8%			
				Canada	5%			
				Czechia	5%			
				Germany	2%			

²⁸ Based on Domestic production and Import (Export excluded)

²⁹ $IR = (Import - Export) / (Domestic\ production + Import - Export)$

³⁰ The End of Life Recycling Input Rate (EoL-RIR) is the percentage of overall demand that can be satisfied through secondary raw materials

³¹ The EU import reliance cannot be calculated for beryllium, as there is no production and trade for beryllium ores and concentrates in the EU

³³ Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs (16th March 2023). *Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023 - Final Report*. ET-07-23-116-EN-N, ISBN: 978-92-68-00414-2, DOI: 10.2873/725585. Disponible en [este enlace](#). Última consulta: 5 de abril de 2023.

Raw materials	Stage	Main global producers		Main EU sourcing ²⁸		Import reliance ²⁹	EoL-RIR ³⁰	Selected Uses
Copper	Extraction	Chile	28%	Poland	19%	48%	55%	Electrical infrastructure
		Peru	12%	Chile	14%			
		China	8%	Peru	10%			
				Spain	8%			
				Bulgaria	5%			
				Sweden	4%			
				Finland	2%			
				Portugal	2%			
Feldspar	Extraction	Türkiye	32%	Türkiye	51%	54%	1%	Glass including fibreglass Ceramics
		India	20%	Italy	22%			
		China	8%	Spain	7%			
		Italy	7%	France	5%			
				Czechia	4%			
				Germany	2%			
				Portugal	1%			
		Poland	1%					
Fluorspar	Extraction	China	56%	Spain	62%	60%	1%	Steel and iron making Refrigeration and Air-conditioning Aluminium making and other metallurgy
		Mexico	21%	Germany	22%			
		Mongolia	7%	Italy	14%			
Gallium	Processing	China	94%	China	69%	98%	0%	Semiconductors Photovoltaic cells
		Ukraine	2%	United States	10%			
		Russia	2%	United Kingdom	9%			
Germanium	Processing	China	90%	China	45%	42%	2%	Optical fibres and infrared optics Satellite solar cells Polymerisation catalysts
		Russia	5%	Belgium	32%			
		United States	2%	Germany	19%			
Hafnium	Processing	France	76%	France	49%	0% ³²	0%	Super alloys Nuclear control rods refractory ceramics
		Ukraine	14%	United States	44%			
		China	5%	Russia	3%			
		Russia	3%					
Helium	Processing	United States	56%	Qatar	34%	94%	2%	Controlled atmospheres Semiconductors MRI
		Qatar	30%	Algeria	29%			
		Algeria	8%	United States	21%			
				Poland	5%			
Lithium	Processing	China	56%	Chile	79%	100%	0%	Batteries Glass and ceramics Steel and aluminium metallurgy
		Chile	32%	Switzerland	7%			
		Argentina	11%	Argentina	6%			
				United States	5%			
Magnesium	Processing	China	91%	China	97%	100%	13%	Lightweight alloys for automotive, electronics, packaging or construction Desulphurisation agent in steelmaking
		United States	3%	Israel	1%			

³² EU is a net exporter of Hafnium and Indium

Raw materials	Stage	Main global producers		Main EU sourcing ²⁸ countries		Import reliance ²⁹	EoL-RIR ³⁰	Selected Uses
Manganese	Extraction	South Africa	29%	South Africa	41%	96%	9%	Steel-making Batteries
		Australia	16%	Gabon	39%			
		Gabon	14%	Brazil	8%			
		China	9%	Ukraine	3%			
Natural Graphite	Extraction	China	67%	China	40%	99%	3%	Batteries Refractories for steelmaking
		Brazil	8%	Brazil	13%			
		Mozambique	5%	Mozambique	12%			
		India	5%	Norway	8%			
		Korea, North	5%	Ukraine	7%			
Nickel	Processing	China	33%	Russia	29%	75%	16%	<ul style="list-style-type: none"> • Batteries • Steel making • Automotive
		Indonesia	12%	Finland	17%			
		Japan	9%	Norway	10%			
		Russia	7%	Canada	6%			
		Canada	6%	Australia	6%			
		Australia	5%					
Niobium	Processing	Brazil	89%	n/a		100%	0%	High-strength steel and super alloys for transportation and infrastructure High-tech applications (capacitors, superconducting magnets, etc.)
		Canada	11%					
Phosphate rock	Extraction	China	44%	Morocco	27%	82%	17%	Mineral fertilizer Phosphorous compounds
		Morocco	14%	Russia	24%			
		United States	10%	Finland	17%			
		Russia	7%	Algeria	10%			
Phosphorus	Processing	China	79%	Kazakhstan	62%	100%	0%	Chemical applications Defence applications
		United States	11%	Vietnam	22%			
		Kazakhstan	6%	China	13%			
		Vietnam	5%					
Scandium	Processing	China	67%	n/a		100%	0%	Solid Oxide Fuel Cells Lightweight alloys
		Russia	17%					
Silicon metal	Processing	China	76%	Norway	34%	64%	0%	Semiconductors Photovoltaics Electronic components Silicones
		Brazil	7%	France	29%			
		Norway	6%	Brazil	9%			
		France	4%					
Strontium	Extraction	Iran	37%	Spain	99%	0%	0%	Ceramic magnets Aluminium alloys Medical applications Pyrotechnics
		Spain	34%					
		China	16%					
Tantalum	Extraction	Congo, D.R.	35%	N/a		99%	0%	Capacitors for electronic devices Super alloys
		Rwanda	17%					
		Brazil	16%					
		Nigeria	11%					

Raw materials	Stage	Main global producers		Main EU sourcing ²⁸		Import reliance ²⁹	EoL-RIR ³⁰	Selected Uses
Titanium metal ³³	Processing	China	25%	n/a		100%	19%	Lightweight high-strength alloys for e.g. aeronautics, space and defence Medical applications
		South Africa	13%					
		Australia	12%					
		Mozambique	10%					
		Canada	8%					
Ukraine	6%							
Tungsten ³⁴	Processing	China	86%	China	31%	n/a	42%	Alloys e.g. for aeronautics, space, defence, electrical technology Mill, cutting and mining tools
		United States	4%	Austria	19%			
		Russia	3%	Vietnam	14%			
		Vietnam	3%	Russia	9%			
		Austria	2%					
Vanadium ³⁵	Processing	China	62%	n/a		n/a	1%	High-strength-low-alloys for e.g. aeronautics, space, nuclear reactors Chemical catalysts
		Russia	20%					
		South Africa	11%					
		Brazil	8%					
Platinum Group Metals ³⁶	Processing	South Africa	94%	n/a		96%	10%	Chemical and automotive catalysts Fuel Cells Electronic applications
		- iridium, platinum, rhodium, ruthenium						
		Russia	40%					
Heavy Rare Earth Elements ³⁷	Processing	China	100%	n/a		100%	4%	Permanent Magnets for electric motors and electricity generators Lighting Phosphors
Light Rare Earth Elements		China	85%	China	75%	100%	3%	Catalysts Batteries Glass and ceramics
		Malaysia	11%					

³³ For Titanium metal sponge there are no trade codes available for the EU

³⁴ The distribution of tungsten smelters and refiners has been used as a proxy of the production concentration. Trade data are not completely available for commercial confidentiality reason.

³⁵ The EU import reliance cannot be calculated for the vanadium, as there is no production and trade for vanadium ores and concentrates in the EU

³⁶ The trade data include metal from all sources, both primary and secondary. It was not possible to identify the source and the relative contributions of primary and secondary materials.

³⁷ Global production refers to Rare Earth Oxides concentrates for both Light and Heavy Rare Earth Elements.