

THANATIA

Límites minerales en la transición ecológica.
Col·lectiu per a un nou model Energètic i Social Sostenible

Antonio Valero

21 de Marzo, 2022

Edificio CIRCE / Campus Río Ebro / Mariano Esquillor Gómez, 15 / 50018 ZARAGOZA

Tfno. (+34) 976762145/ 976762950 / web: <https://icirce.unizar.es> / email: icirce@unizar.es

RESUMEN

La extracción de minerales crece a un ritmo tal que antes del año 2050 estaremos consumiendo más del doble de lo que hoy se extrae y entre hoy y 2050 habremos extraído más que en toda la historia de la civilización humana. La agricultura es fuertemente dependiente de las minas de fosfato. Un móvil requiere más de 35 elementos químicos, un vehículo convencional o eléctrico necesita unos 50 y las energías renovables, junto con el almacenamiento electroquímico y la producción de hidrógeno verde, necesitan ingentes cantidades de metales raros. Y se llaman raros porque son geológicamente escasos. Estamos cerca de un planeta degradado que llamamos Thanatia que nos llevaría al colapso civilizatorio.

Se explicará no solo la proximidad y velocidad con que nos acercamos a Thanatia sino el efecto actual de que su extracción es profundamente dependiente de los precios de la energía, con lo que se está acelerando el colapso. Ante el peligro existen soluciones, como la Economía Circular, la autosuficiencia, la moderación en el consumo de recursos naturales, el I+D+i y una estrategia política europea decidida.

Nuevos materiales para la Economía “Verde”



Más eficientes energéticamente, ¿pero más sostenibles?

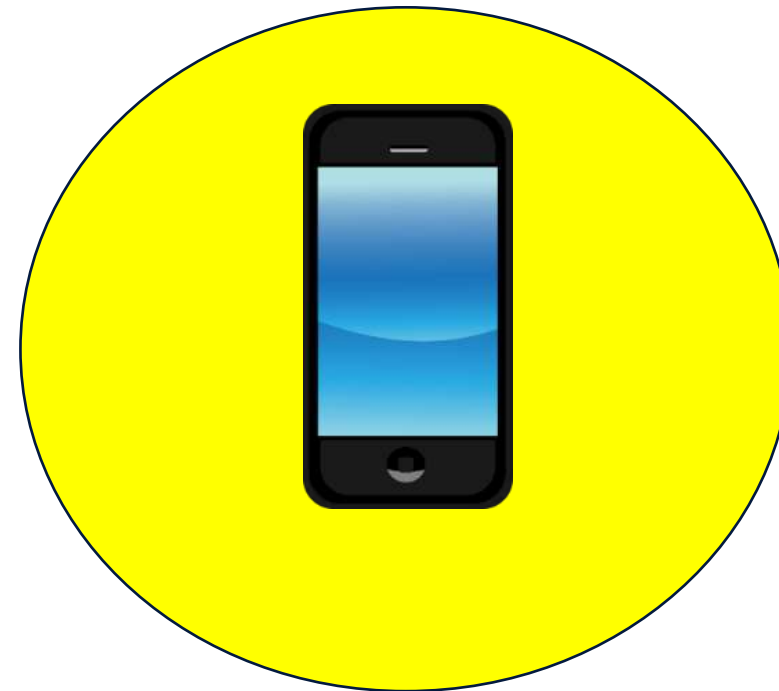


31 Elementos químicos en un teléfono móvil

H, Li, K, Mg, Y, Ta, W, Co, Ni, Cu, Ag, Au, Al, Ga, In, C, Si, Sn, Pb, P, As, Sb, O, Br, La, Pr, Nd, Eu, Gd, Tb, Dy

En la tabla periódica hay hoy

- **12 Amenazados** en menos de 100 años
- **10 Amenazados** si sigue **creciendo** su demanda
- **22** con Disponibilidad **limitada**
- **4** de minerales **conflictivos**

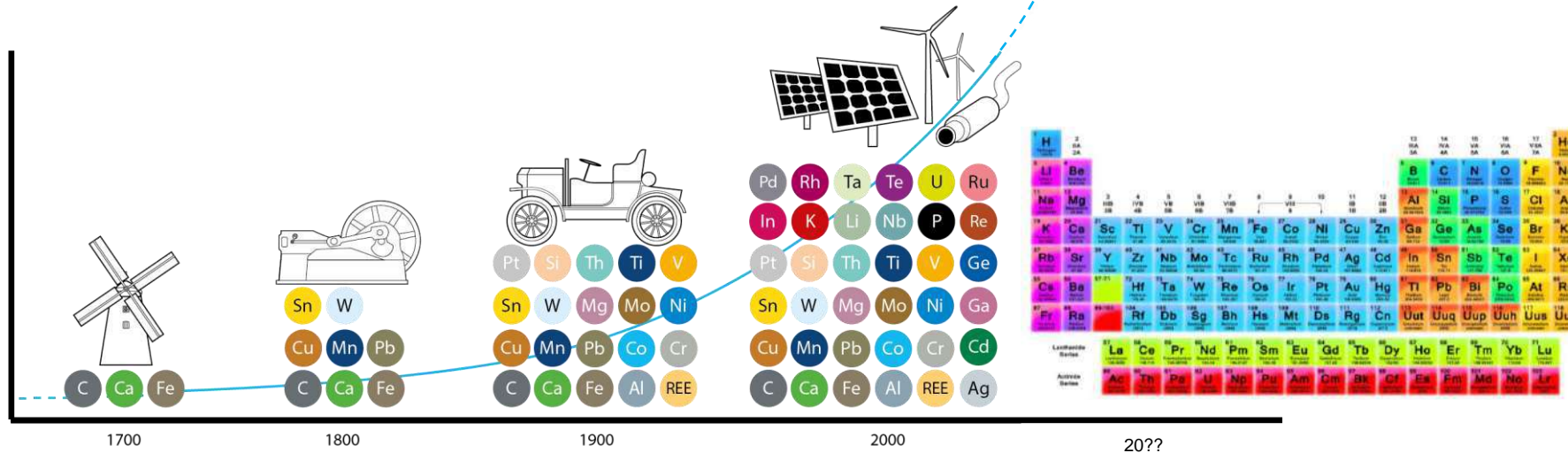


Un vehículo convencional de pasajeros necesita hoy 52 tipos diferentes de metales.



Se espera que en 2050 haya 2000 millones de vehículos eléctricos y autónomos

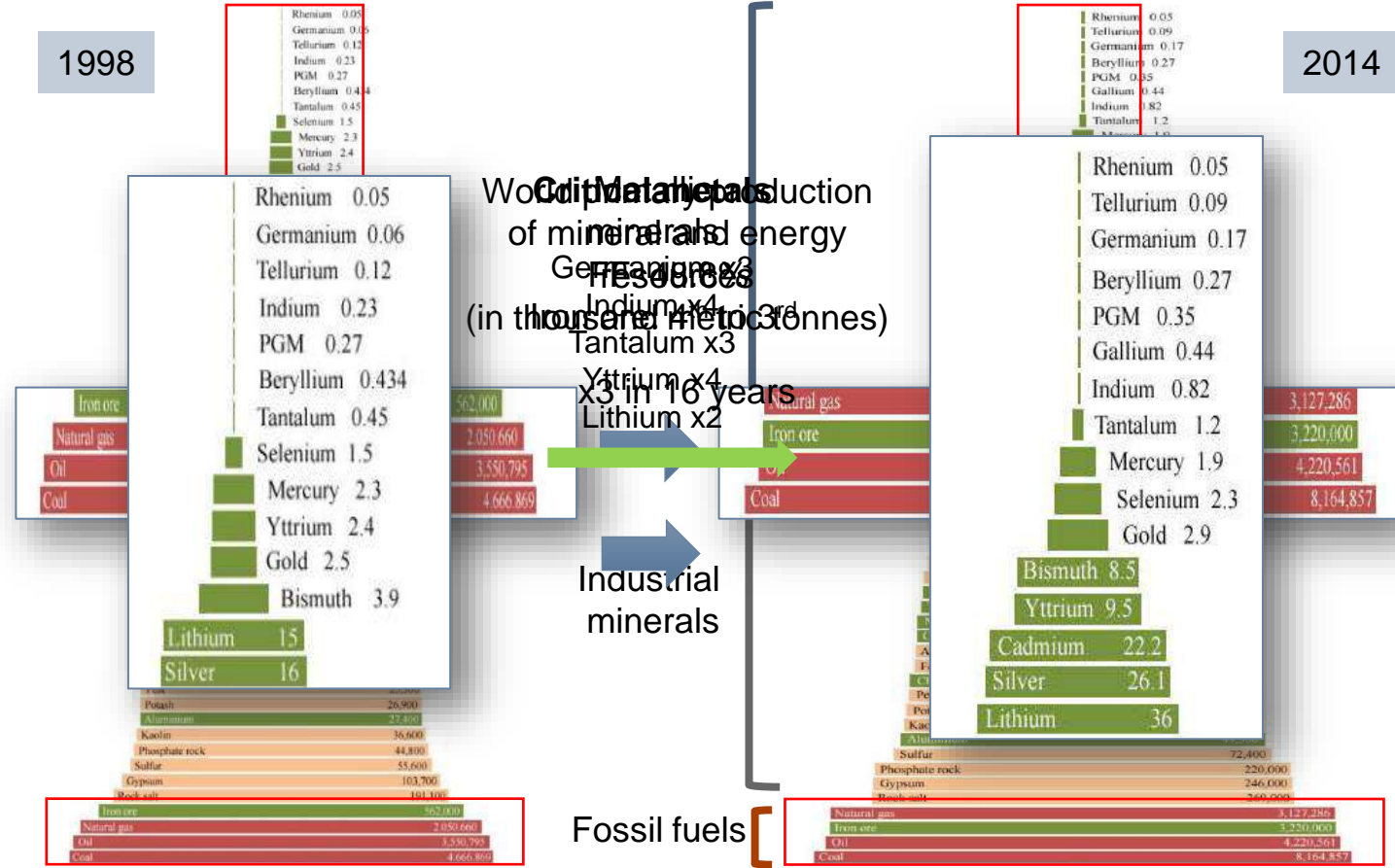
Ages of Energy



Elements widely used in Energy Pathways

Source: Adapted from Achzet et al (2011)

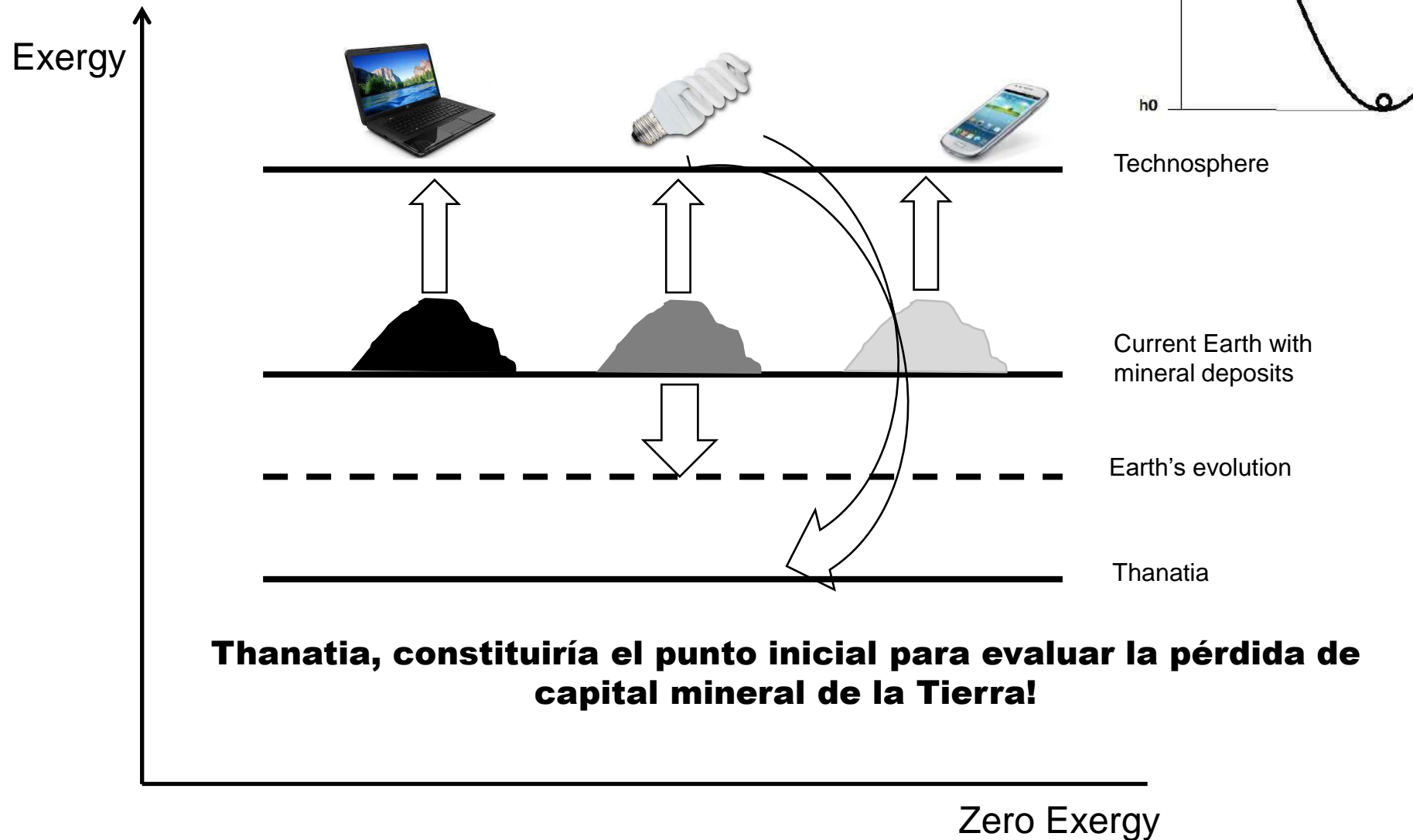
Ortego, A. Valero, IA. Valero, A. Villacampa, M. Iglesias, M. *Strategic metals ranking in the automobile sector.* 13th SDEWES. 4th October 2018. Palermo (Italy)



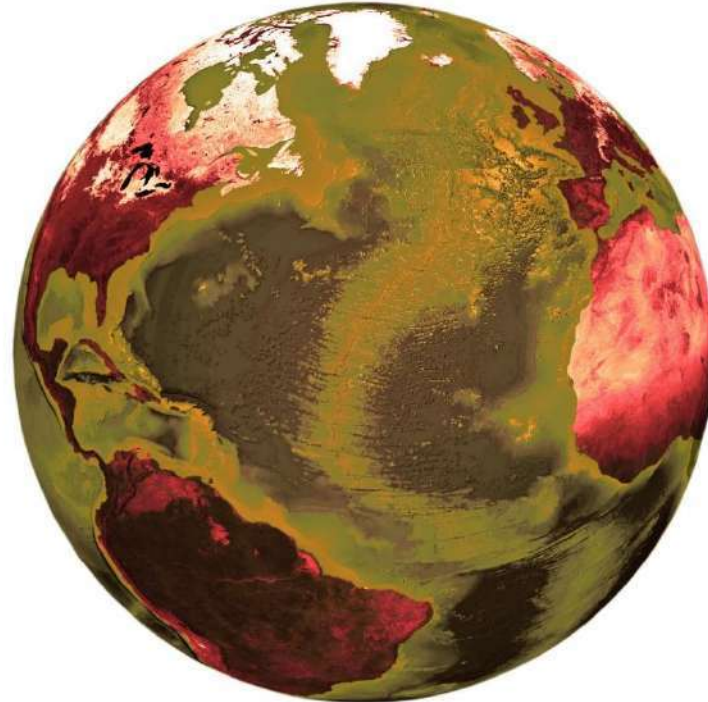
Modified from: Kippenberger (2001). Materials flow and energy required for the production of selected mineral commodities.

Calvo, G (2015). Sources: USGS and British Petroleum (2015).

La exergía de los recursos minerales



THANATIA Y EL SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

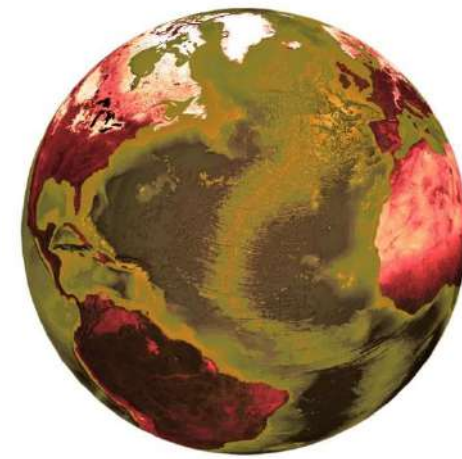


THANATIA, un planeta exhausto

¿Nos estamos aproximando hacia Thanatia?



Qué es Thanatia?



- **THANATIA ATMOSPHERE**
- An atmospheric injection of about 2,000 GtC.
- carbon dioxide content of 683 ppm, a mean surface temperature of 17 °C (peak carbon dioxide induced warming of 3.7 °C above preindustrial temperatures),
- A pressure of 1.021 bar and a composition, on a volume basis of 78.8% N₂, 20.92% O₂, 0.93% Ar and 0.0015% of trace gases.

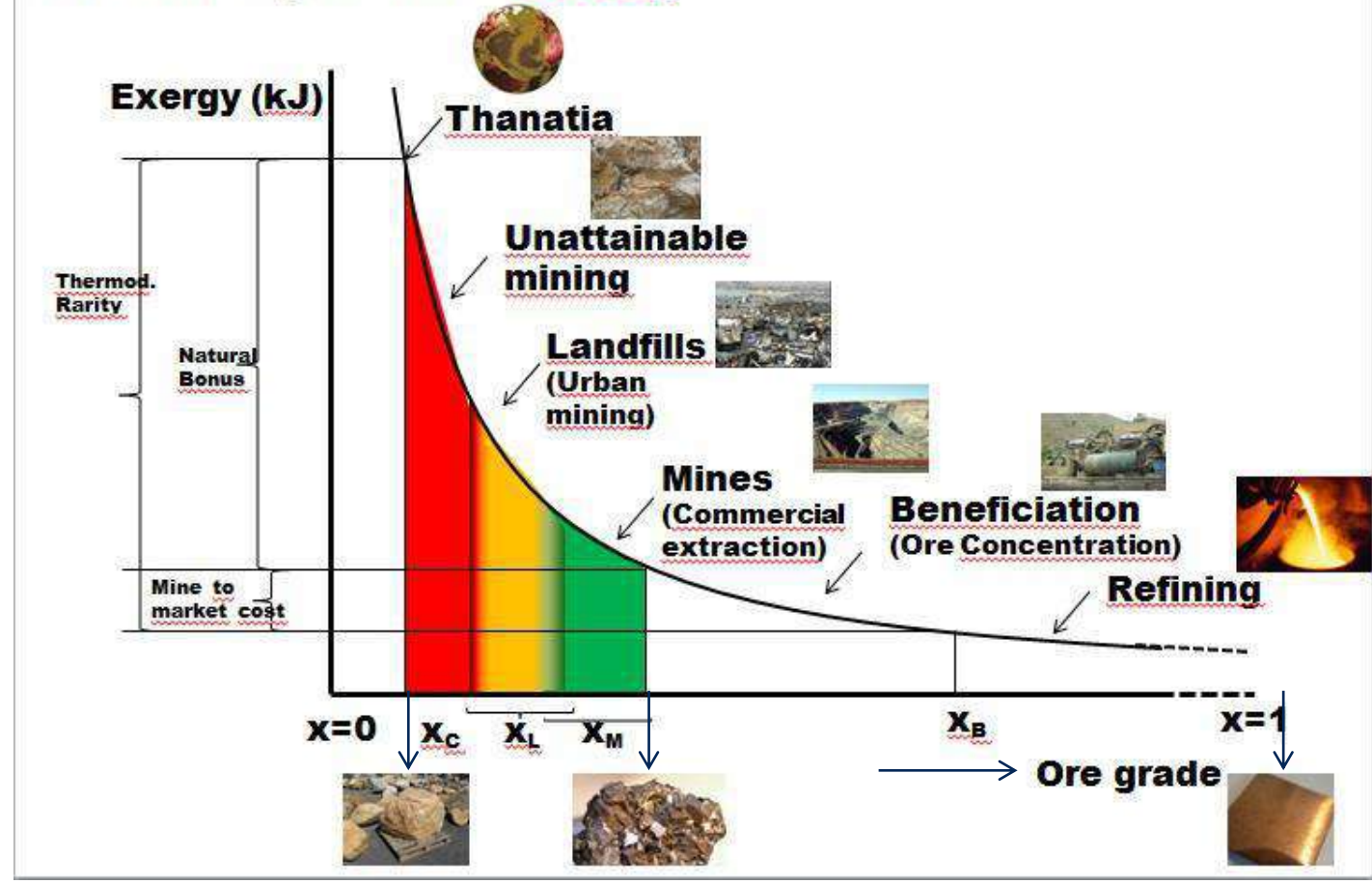
- **THANATIA HYDROSPHERE**
- **freshwater amounts about 2.5% of global water.**
- freshwater is expected to increase its content of nitrogen, phosphorus, heavy metals, organic substances, sulphates and other components as population grows and climate changes.
- Most of Ice Caps melted
- The changes in freshwater composition should not affect significantly the composition of the ocean. Therefore, **the composition of the exhausted hydrosphere can be approximated** with high confidence to that of **seawater.**

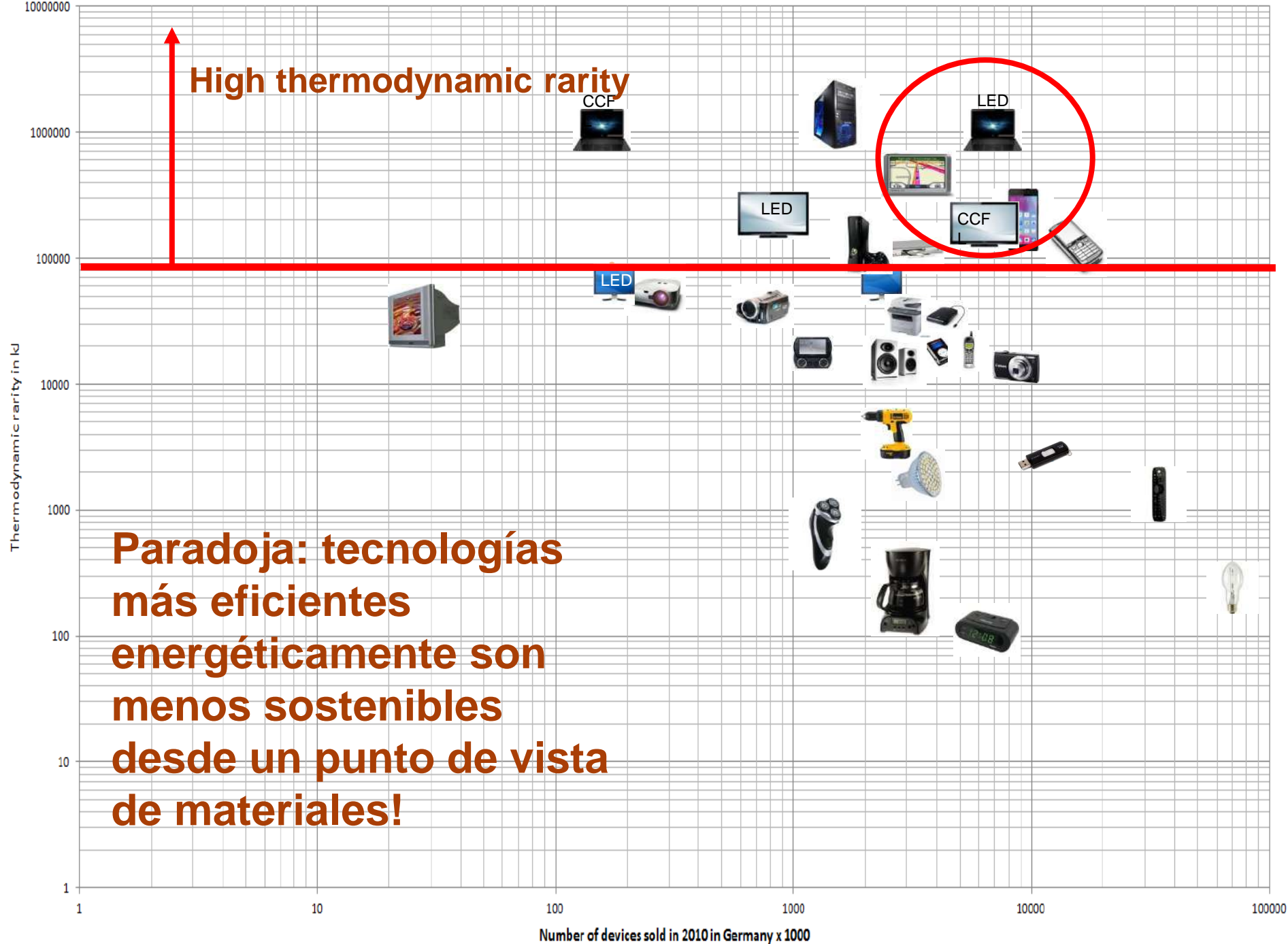
- **THANATIA CRUST**
- The upper continental crust can be approximated to **the average mineralogical composition of the current earth's crust.** The resulting crust is composed of 292 common minerals
 - **Todos los recursos han sido extraídos y dispersados**
 - **Todos los combustibles han sido quemados.**

Composición de Thanatia

- En la **corteza terrestre**, aunque se multiplicaran por diez todos los **depósitos minerales**, **la corteza no contendría más que un 0.01% de ellos** (valor inferior al error de estimación de la masa de la corteza).
- Así que, si desaparecieran todos los depósitos minerales comercialmente explotables, la composición de la corteza sería prácticamente la misma.
- En consonancia, la dispersión y degradación de todos los materiales ya utilizados no significa nada en comparación con la cantidad de rocas desnudas que se encuentran frecuentemente en la corteza.
- **La atmósfera crepuscular** se produciría una vez que se hubieran agotado todas las reservas de combustibles fósiles convencionales y se prevé que al ritmo actual se alcanzaría aproximadamente en el año 2200 con una inyección atmosférica de unos 2.000 Gigatoneladas de carbono. En consecuencia tendría un contenido de dióxido de carbono de 683 ppm, una temperatura media de la superficie de 17 °C (calentamiento máximo inducido por el dióxido de carbono de 3,7 °C por encima de las temperaturas preindustriales), Nótese que, aunque la atmosfera estuviera colmada de CO₂ de origen antropogénico, “solo” sería un 0.07%!
- En cuanto a la **hidrosfera**, el agua salina representa aproximadamente **el 97,5% de toda la hidrosfera**, **el otro 2,5% se mantiene como agua dulce** en los glaciares y los casquetes polares, las aguas subterráneas, los lagos, los ríos, suelo y la humedad de la atmósfera y la biosfera.
- No obstante, el ciclo hidrológico movido por la radiación solar seguiría existiendo, pero hay que tener en cuenta que **el agua en la atmósfera es el 0.00093% del agua total** mientras que **los ríos suponen el 0.00015% de toda el agua del planeta.** Es de notar que **solo el 0,3% de la cantidad total de agua dulce se concentra en lagos, embalses y sistemas fluviales**, y es esa cantidad la que nos preocupa cuando hablamos del oro azul del planeta.
- Por ello, mantenemos que la hidrosfera de Thanatia estaría compuesta casi en su totalidad por agua salada estándar.

Thermodynamic **Rarity**

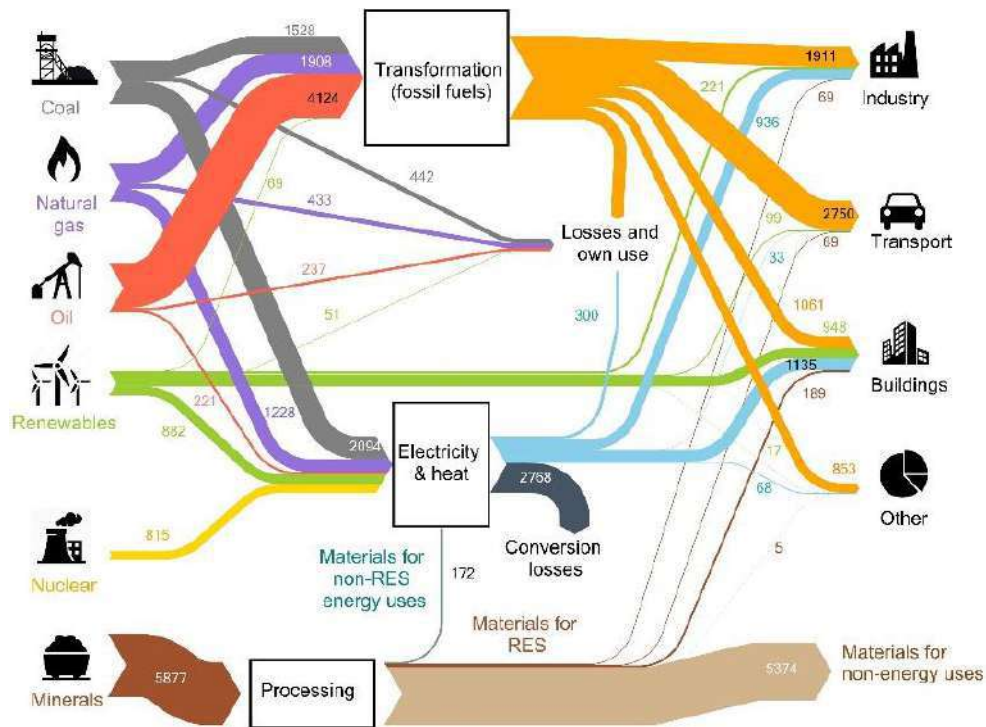




Análisis exerético de transición energética

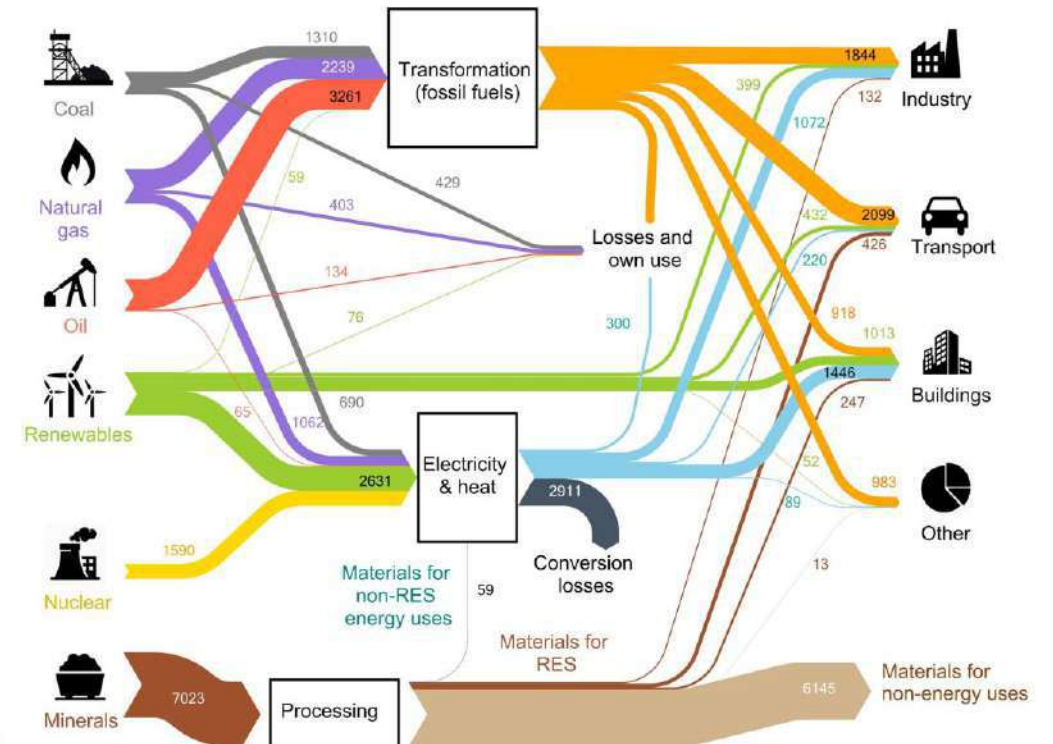
11.856 Mtoe

World Exergy flow analysis – IEA 450 scenario 2020



8.950 Mtoe

World Exergy flow analysis – IEA 450 scenario 2040



-25% Exergía pero +16% minerales!

Fuente: Al. Valero et al. (2018). Global material requirements for the energy transition. An exergy flow analysis of decarbonisation pathways. Energy 159 (2018), 1175-1184

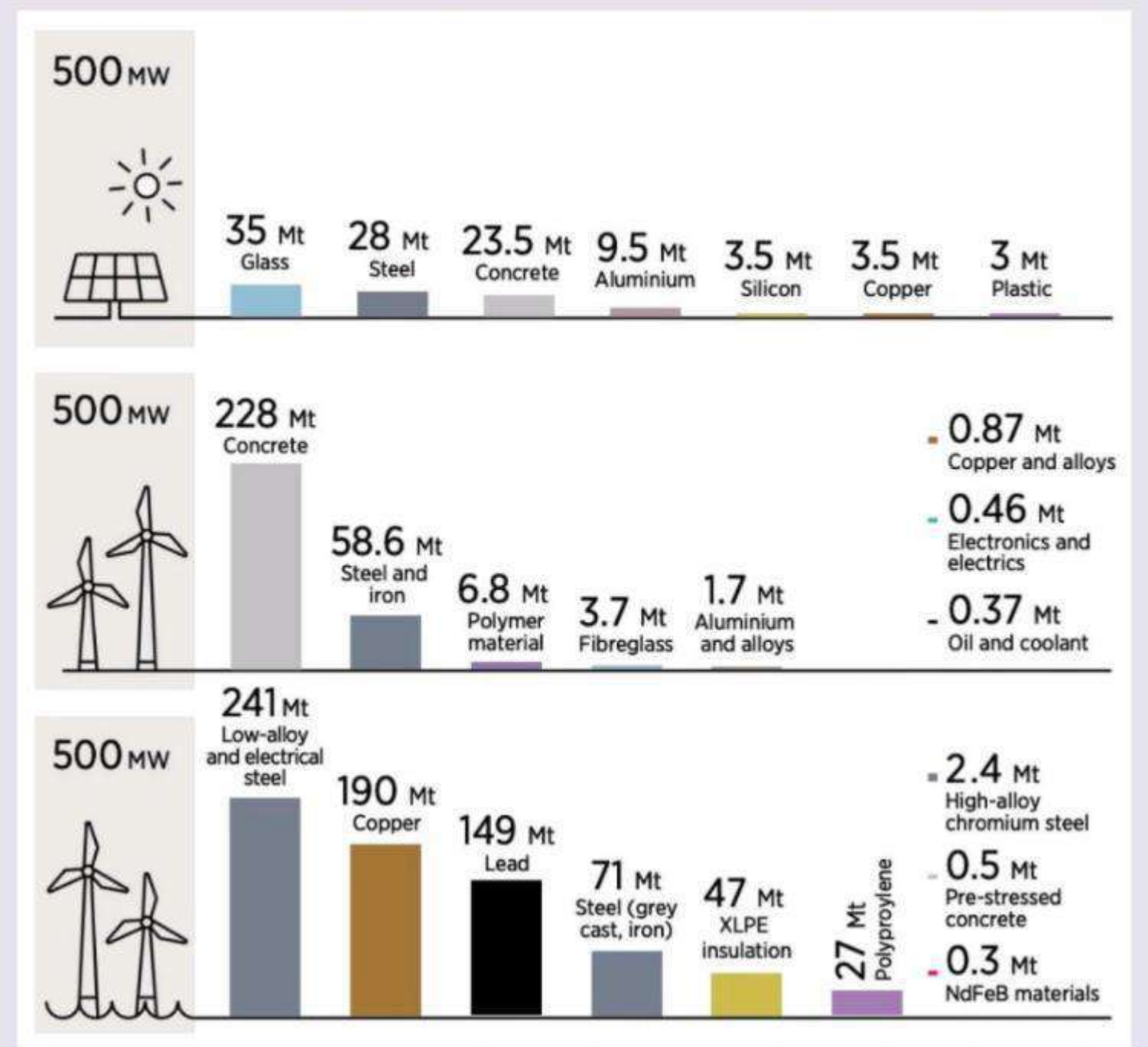


Reservas necesarias para des-carbonizar el mundo si todo el planeta realizase la misma transición energética que la calculada en la biorregión

Material	Reservas, tendencial, pesimista	Reservas, tendencial, optimista	Reservas, eficiente, pesimista	Reservas, eficiente, optimista
Li	3,65	2,69	1,50	1,10
Co	3,45	2,55	1,07	0,79
Ni	2,46	1,77	0,82	0,57
Ag	1,85	0,71	1,17	0,31
Cu	1,95	1,35	1,63	0,89
Nd	1,43	0,71	0,66	0,24
Ga	0,84	0,84	0,30	0,30
Ta	0,72	0,72	0,26	0,26
Mo	0,56	0,50	0,29	0,24
Zn	0,55	0,45	0,41	0,33
Sn	0,40	0,40	0,39	0,39
Au	0,40	0,40	0,15	0,15
Pr	0,44	0,03	0,31	0,01
Dy	0,35	0,15	0,17	0,05
Tb	0,32	0,03	0,22	0,01
Cr	0,14	0,14	0,07	0,06
Bi	0,14	0,14	0,12	0,12

Se requerirían más de la mitad de los recursos conocidos de litio (90%), plata (81%), níquel (77%) y neodimio (70%)

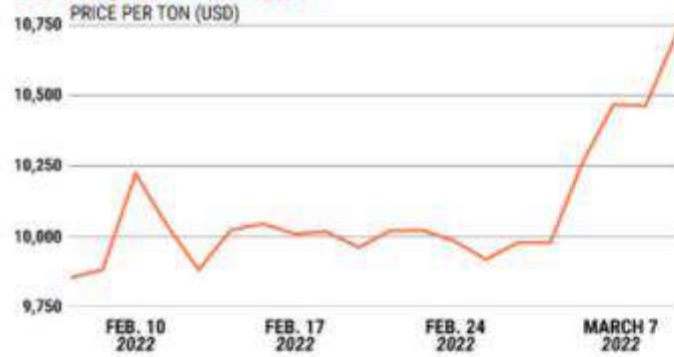
La Inflación ha llegado a las renovables a través de su consumo en materias primas



Adam Collins
Liberum New Energy research

Fluctuating Copper and Aluminum Prices

COPPER | FEB. 7 - MARCH 7



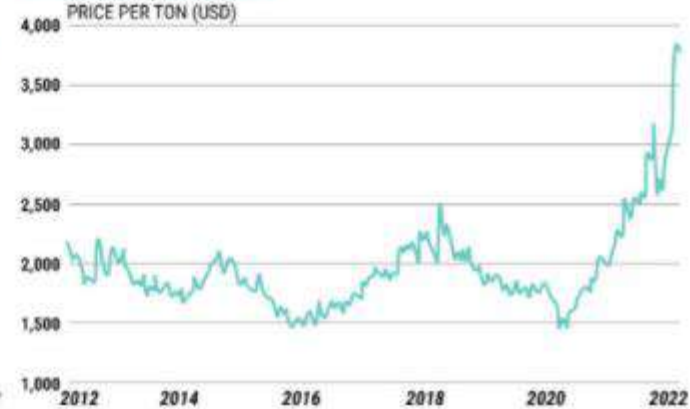
ALUMINUM | FEB. 7 - MARCH 7



COPPER | 2012-2022



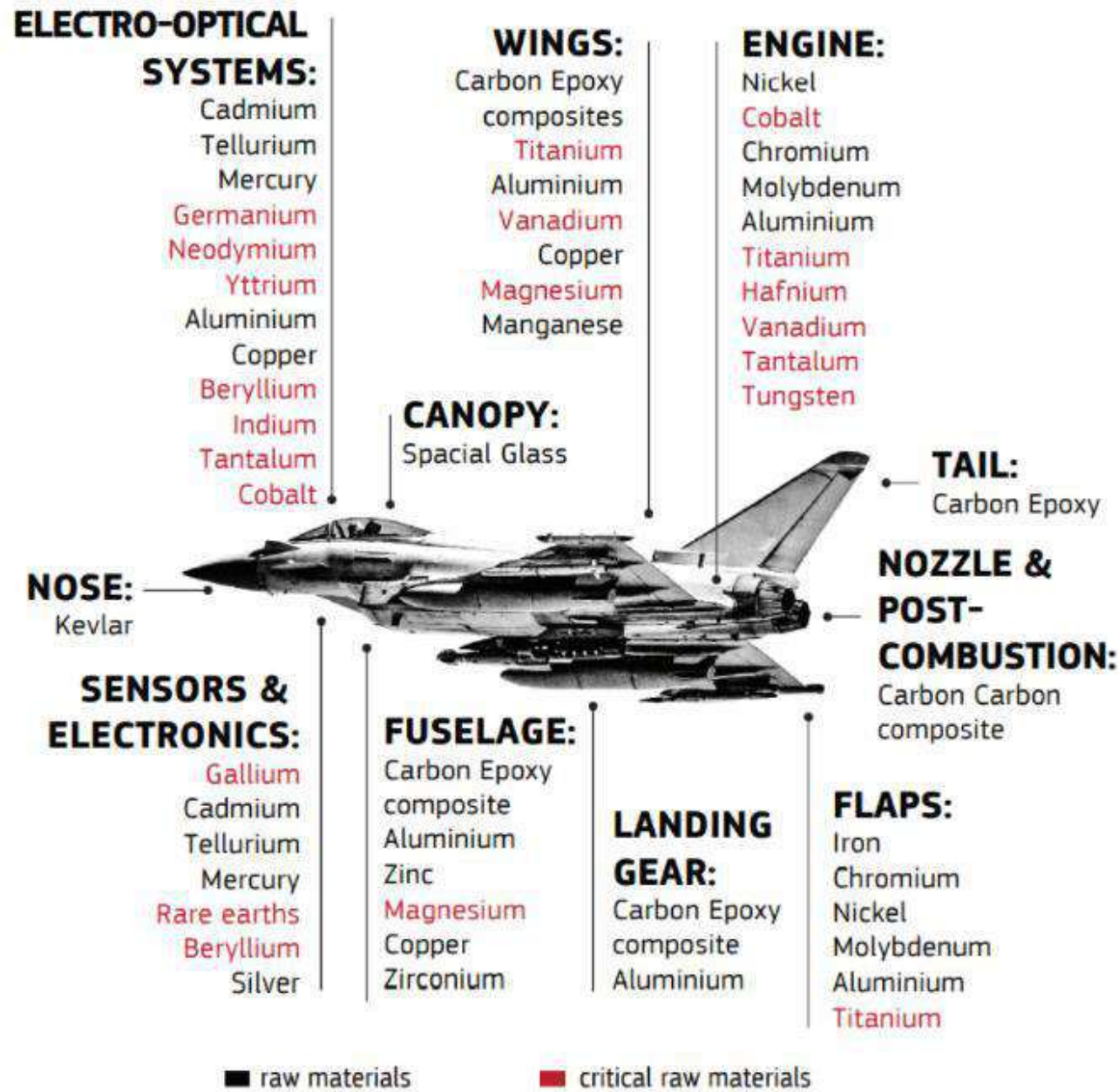
ALUMINUM | 2012-2022



Sources: Top Cable, Trading Economics

© 2022 Geopolitical Futures

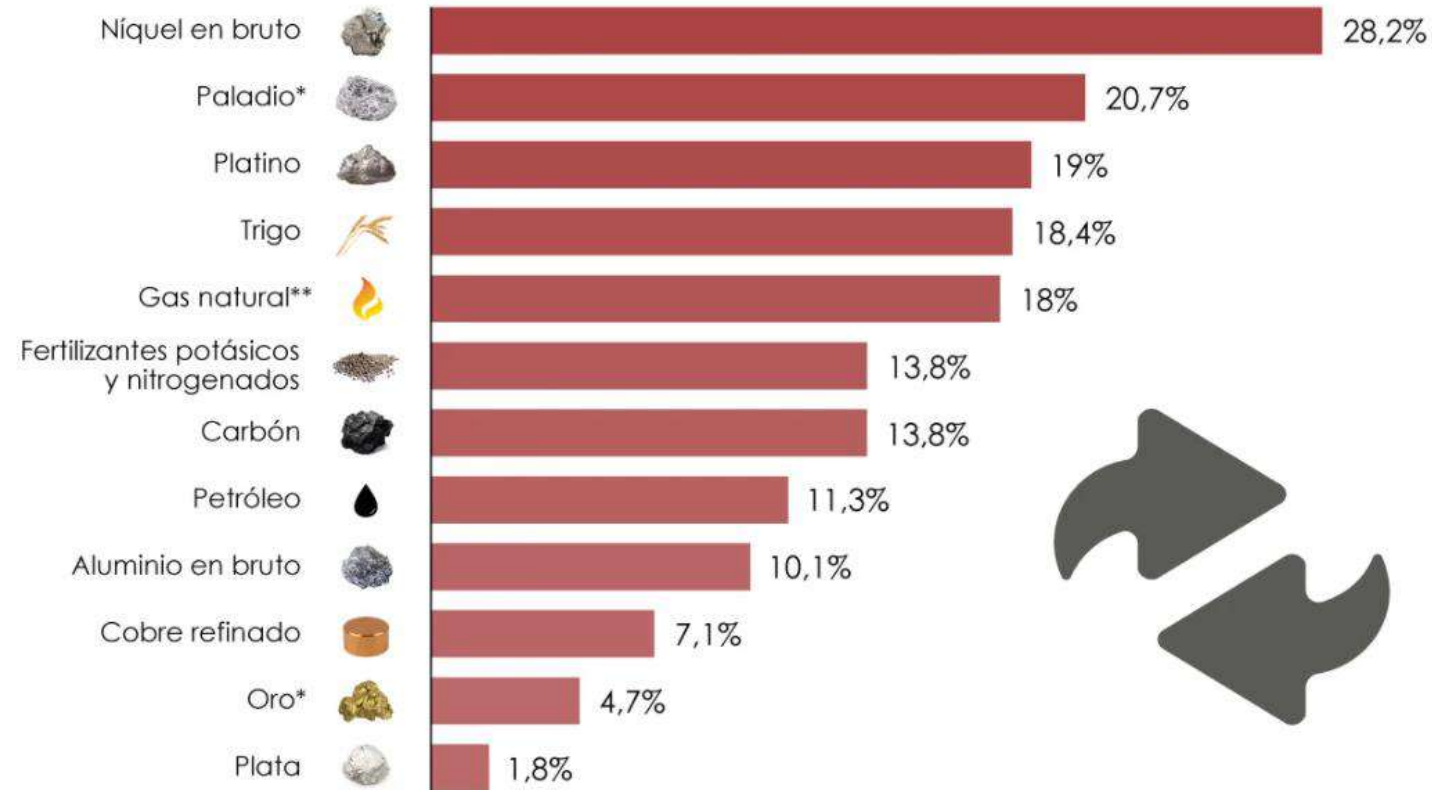
Variación de los precios del cobre y aluminio. Fuente: GPF



Materiales usados en las diferentes partes de un avión de combate Rafale. Fuente:

Las materias que corren peligro tras la invasión de Ucrania

Exportaciones rusas como % de la exportación global (2019)



*Dato de 2020

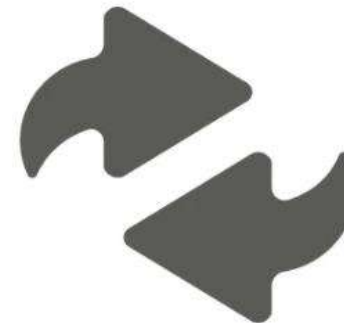
**Dato de 2017

Gráfico:

Álvaro Merino (2022)

Fuente:

Observatory of Economic Complexity (OEC, 2021); The CIA World Factbook (2019)



Ucrania: Riqueza Mineral (*Mining World*)

Ucrania posee un potencial alto de recursos de **metales raros** como el **berilio, litio, tantalio, niobio, escandio** o de **tierras raras** tales como el **itrio** o **lantánidos**.

100 tipos de minerales, valorados en 7,5 billones de dólares". 20.000 depósitos minerales , 7.800 explorados y 3.300 en desarrollo, depósitos de **berilio, zirconio, tántalo** y un complejo de minerales **fosfóricos** de tierras raras y metales raros".

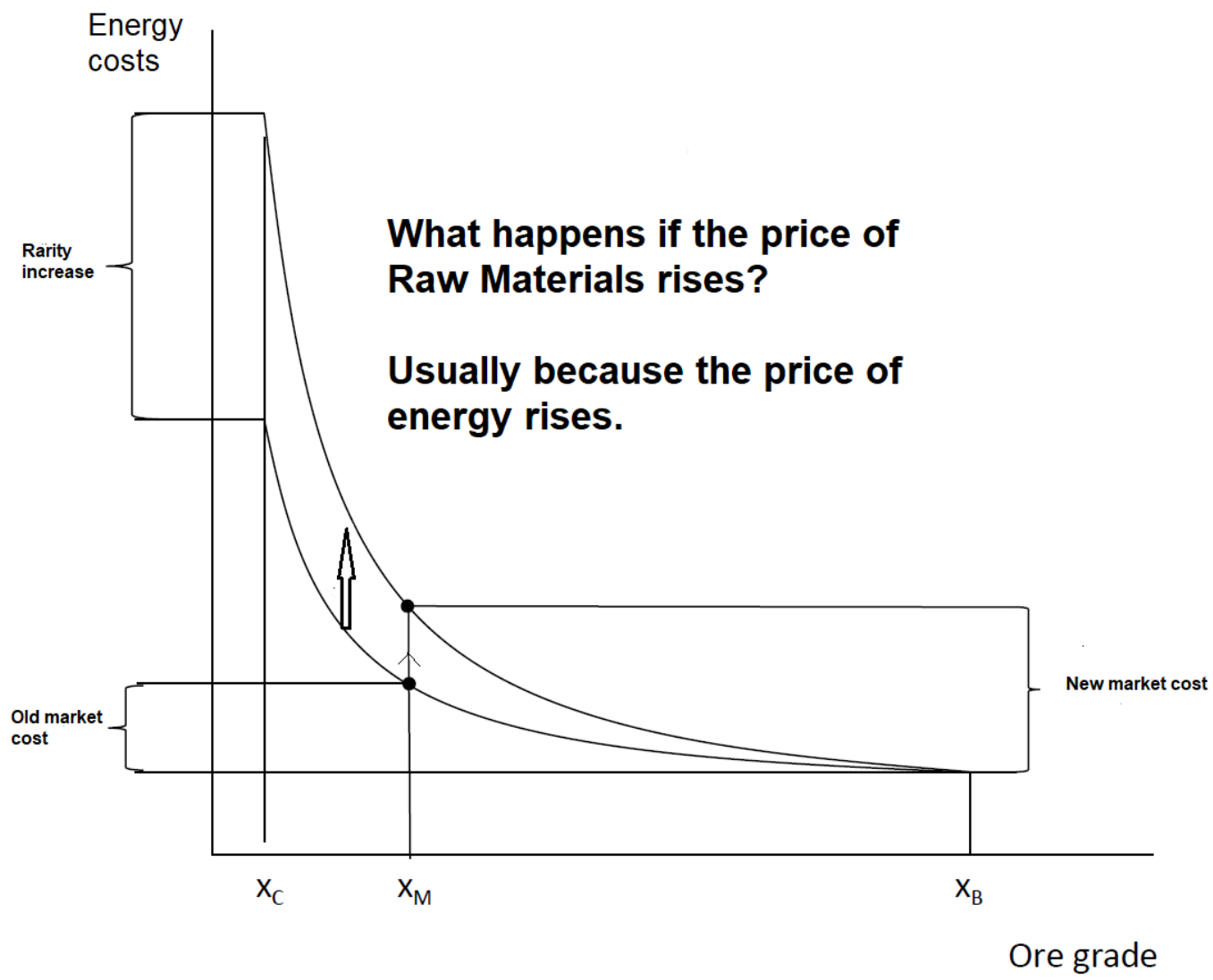
“Las reservas confirmadas de **litio** de Ucrania son las más grandes de Europa. Además de **galio, indio, talio, plomo y estaño**”

el gobierno ucraniano planeó emitir una serie de subastas de licencias para mapear 30 activos minerales raros como **titanio, litio, níquel, cobalto, cromo, tantalio, niobio, berilio, circonio, escandio, molibdeno, oro y grafito**.

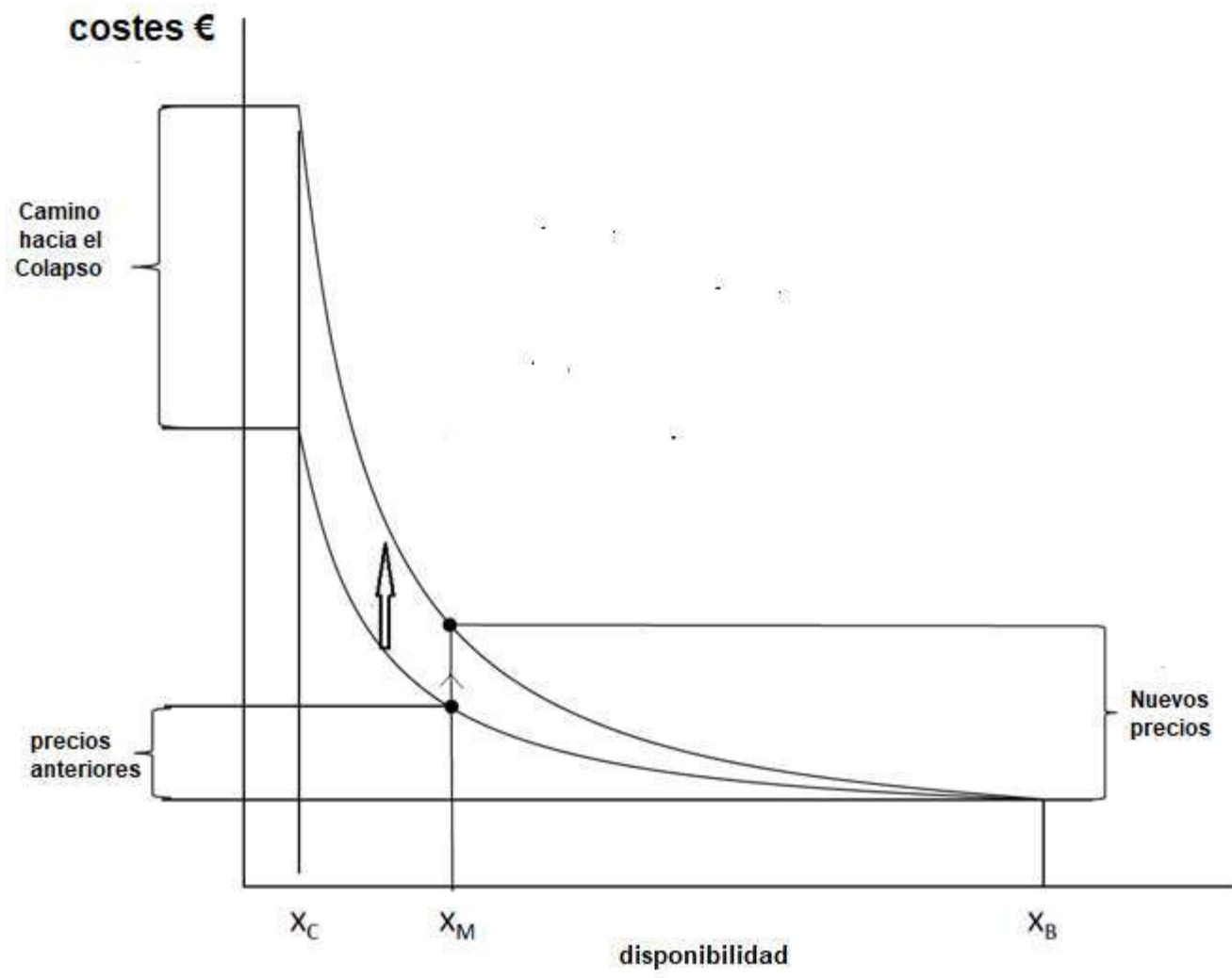
Principal productor del gas **neón** que es crucial para los láseres destinados a la fabricación de chips. Y también **provee más del 90% del neón que se utiliza en la industria estadounidense de semiconductores**. Pero no solo eso: Intel importa aproximadamente el 50% de este gas desde Europa del Este;



Principales países proveedores de materias primas fundamentales a la UE. Fuente: Comisión Europea



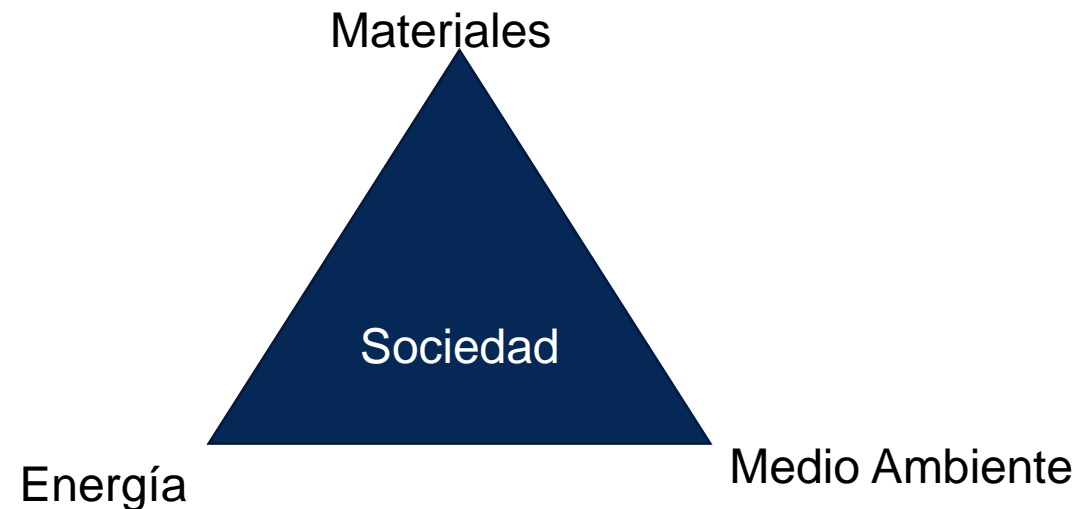
Si la energía se encarece sin cambiar la tecnología ni la calidad de los depósitos minerales adelantamos el colapso hacia **Thanatia**



El comportamiento exponencial se entiende mejor si en abscisas está la disponibilidad de suministros y en ordenada sus costes económicos

La escasez provoca un comportamiento exponencial

- Evitar la dependencia de combustibles fósiles => aceptar la dependencia de materiales.
- Sin materiales no hay energía, pero sin energía no hay materiales.
- Las soluciones son multidimensionales y complejas (entran en juego problemas sociales y geopolíticos de la minería).



¿Soluciones?

- **Crear UNA ECONOMÍA CIRCULAR-ESPIRAL que recupere todos los materiales que hoy enviamos a los vertederos.**
- **Hay que luchar contra “el usar y tirar”. Favoreciendo la creación de empresas de recuperación de residuos**
- **Hay que diseñar equipos que faciliten el reciclado de sus componente (Eco-diseño)**

¿Soluciones?

- **La desmaterialización (menos es más)**
- **La sustitución de materiales críticos por abundantes**
- **Conciencia de reutilización y reciclado => productos robustos, modulares y fácilmente desensamblables (aprender de la naturaleza que no produce residuos y vive y se regenera por la acción del sol)**
- **Nuevos modelos de consumo => Servitización**

Conclusiones

- **Coste materias primas, ¿encarecimiento precios? Aumento demanda de materiales por tecnologías renovables, Litio x11-x51 según IEA.**
- **¿Habrá suficientes materiales a los precios actuales para copar toda la demanda?**
- **Es necesario desarrollar una economía circular vinculada a la recuperación de los materiales empleados!**

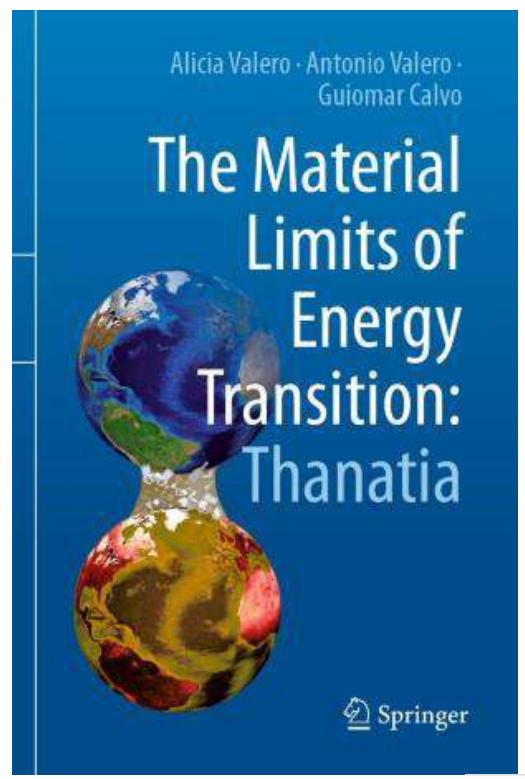
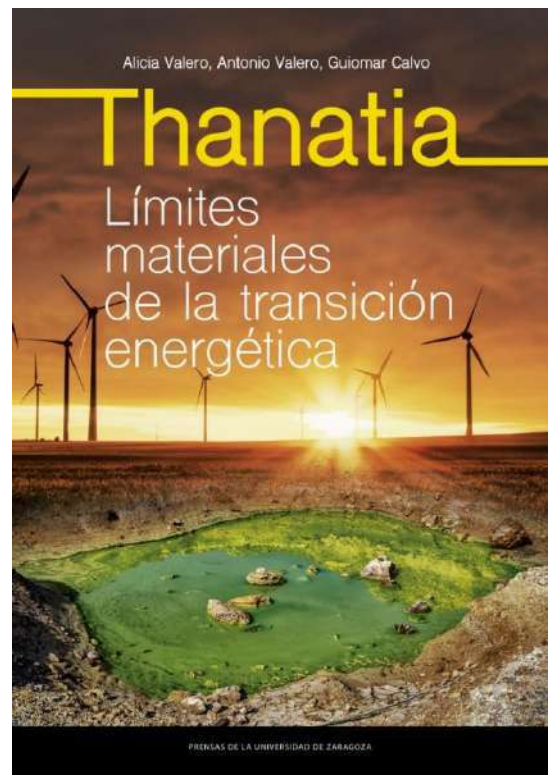
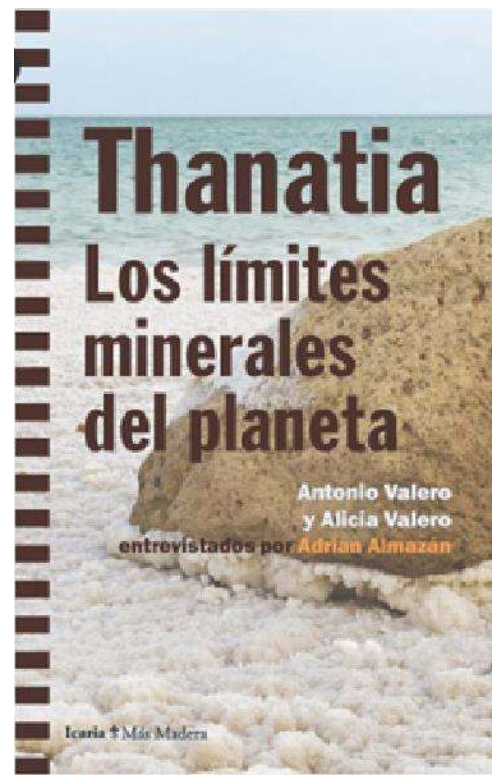
Conclusiones

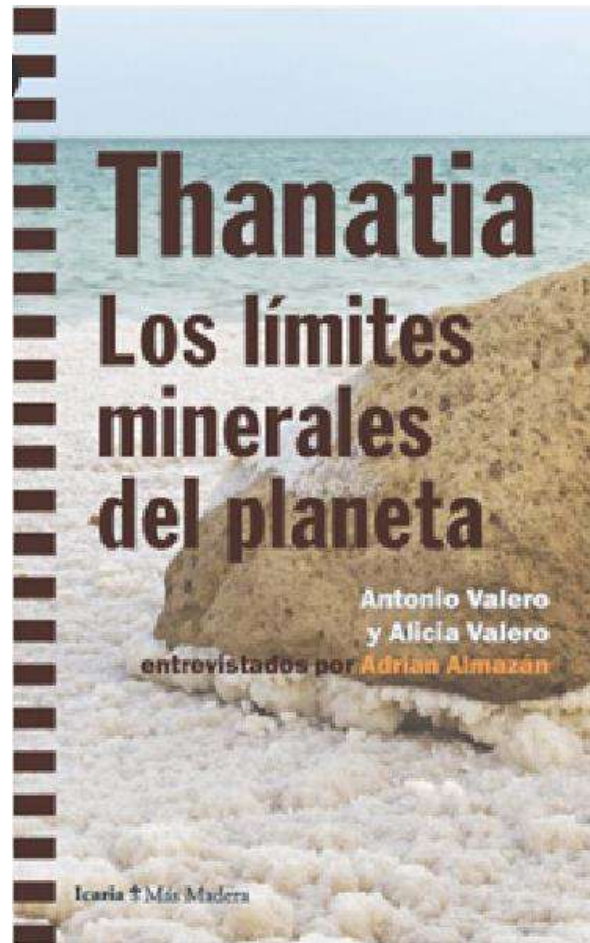
- **Evaluar las huellas ecológica , hídrica y material de cualquier proyecto.**

2021

2021

2021





Gracias por su
atención
valero@unizar.es



<https://icariaeditorial.com/mas-madera/4695-thanatia-los-limites-minerales-del-planeta.html>

<https://www.exergoecology.com/>

Ucrania y las materias primas críticas

Ucrania: Riqueza Mineral

1er lugar en Europa en reservas recuperables probadas de minerales de **uranio**;

2º en Europa y 10º en el mundo en términos de reservas de mineral de **titanio**; y 4º en el mundo en exportaciones de **titanio**

2do lugar en el mundo en términos de reservas explotadas de minerales de **manganeso** (2,3 mil millones de toneladas, o el 12% de las reservas mundiales);

Segunda reserva de mineral de **hierro** más grande del mundo (30 mil millones de toneladas); 3er mayor exportador de hierro del mundo, y 10º mayor productor de **acero** del mundo (32,4 millones de toneladas).

2º lugar en Europa en términos de reservas de mineral de **mercurio**;

3º en Europa (13º en el mundo) en reservas de **gas de esquisto** (22 billones de metros cúbicos)

7º en el mundo en reservas de **carbón** (33.900 millones de toneladas)

4º en el mundo en exportaciones de **arcilla**

8º lugar en el mundo en exportaciones de minerales y concentrados;

4º en el mundo por el valor total de los recursos naturales;

Ucrania posee un potencial alto de recursos de **metales raros** como el berilio, litio, tantalio, niobio,

Ucrania es un país agrícola

1º en Europa en términos de superficie de tierra cultivable;

3er lugar en el mundo por el área de suelo negro (25% del volumen mundial);

1er lugar en el mundo en exportaciones de girasol y aceite de girasol;

2º lugar en el mundo en producción de cebada y 4º lugar en exportaciones de cebada;

3er mayor productor y 4to mayor exportador de maíz en el mundo;

4to productor de patata más grande del mundo;

quinto mayor productor de centeno del mundo;

5º lugar en el mundo en producción de abejas (75.000 toneladas);

8º en el mundo en exportaciones de trigo;

9º lugar en el mundo en la producción de huevos de gallina;

16º en el mundo en exportaciones de queso.

Ucrania puede satisfacer las necesidades alimentarias de 600 millones de personas.

Ucrania es un país industrializado

1º en Europa en la producción de amoníaco;

Es el cuarto sistema de gasoductos de gas natural más grande de Europa en el mundo (142,5 mil millones de metros cúbicos de capacidad de producción de gas en la UE); 3º más grande de Europa

8º más grande del mundo en términos de capacidad instalada de centrales nucleares; 3º de Europa

11º del mundo en longitud de la red ferroviaria (21.700 km);

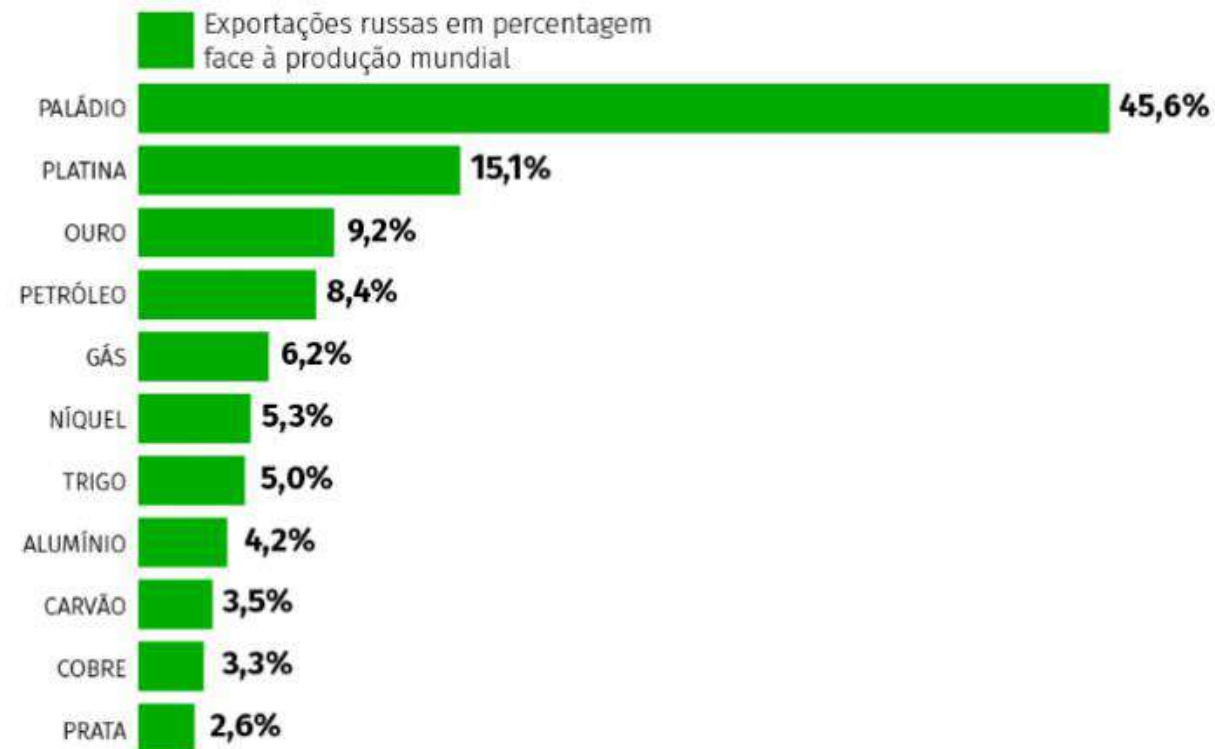
3º en el mundo (después de EE. UU. y Francia) en la producción de localizadores y equipos de localización;

4º mayor exportador de turbinas para centrales nucleares del mundo;

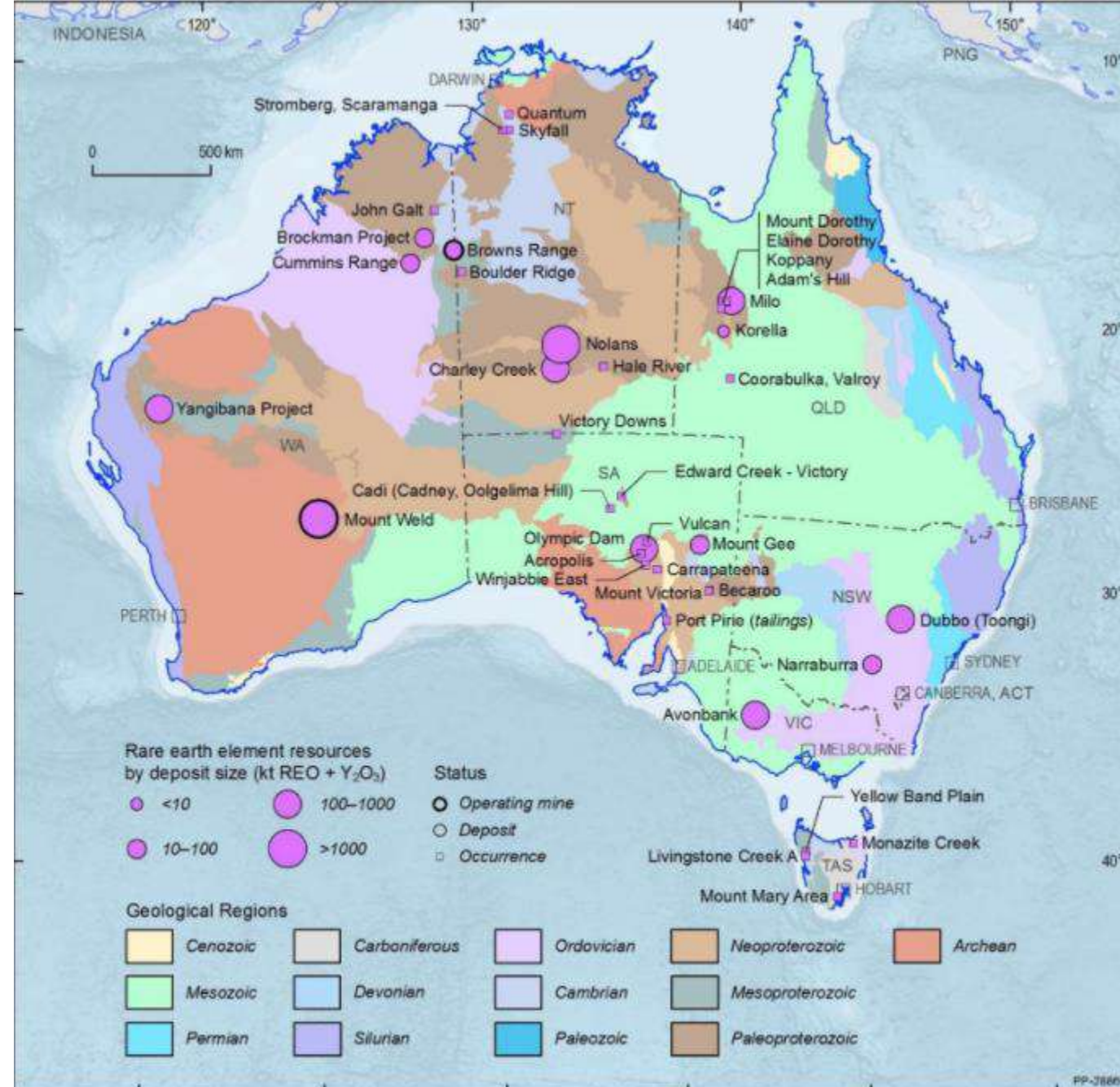
cuarto mayor fabricante de lanzacohetes del mundo;

9º lugar en el mundo en exportaciones de productos de la industria de defensa;

Las materias primas que más exporta Rusia



Exportações russas em percentagem face à produção mundial. Fonte: JPMorgan



Depósitos de elementos de tierras raras en Australia. Fuente: ga.gov.au