



Economía Circular-Espiral: Transición hacia un metabolismo económico cerrado



Antonio Valero

17/02/2020

ASYPS-CE CdR - Madrid

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

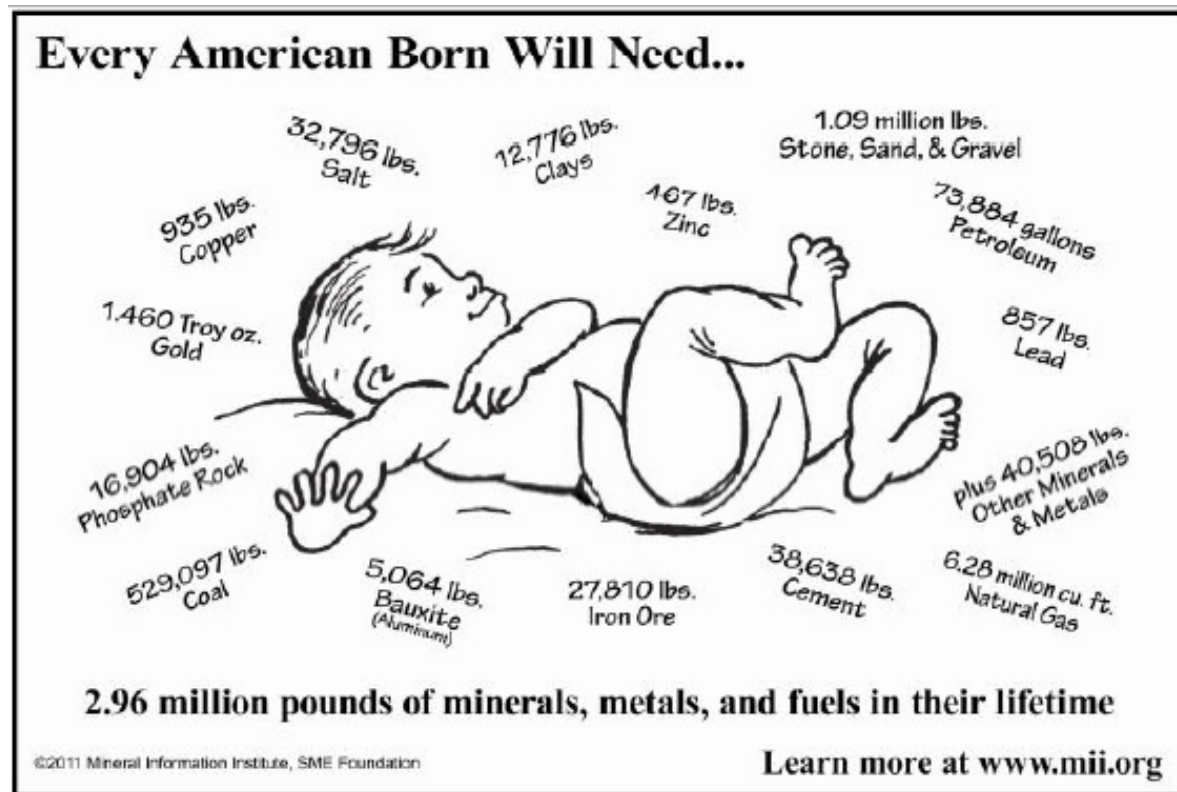
Tfno. (+34) 976 761 863 / Fax (+34) 976 732 078 / web: www.icirce.unizar.es / email: aliciavd@unizar.es

Contenidos

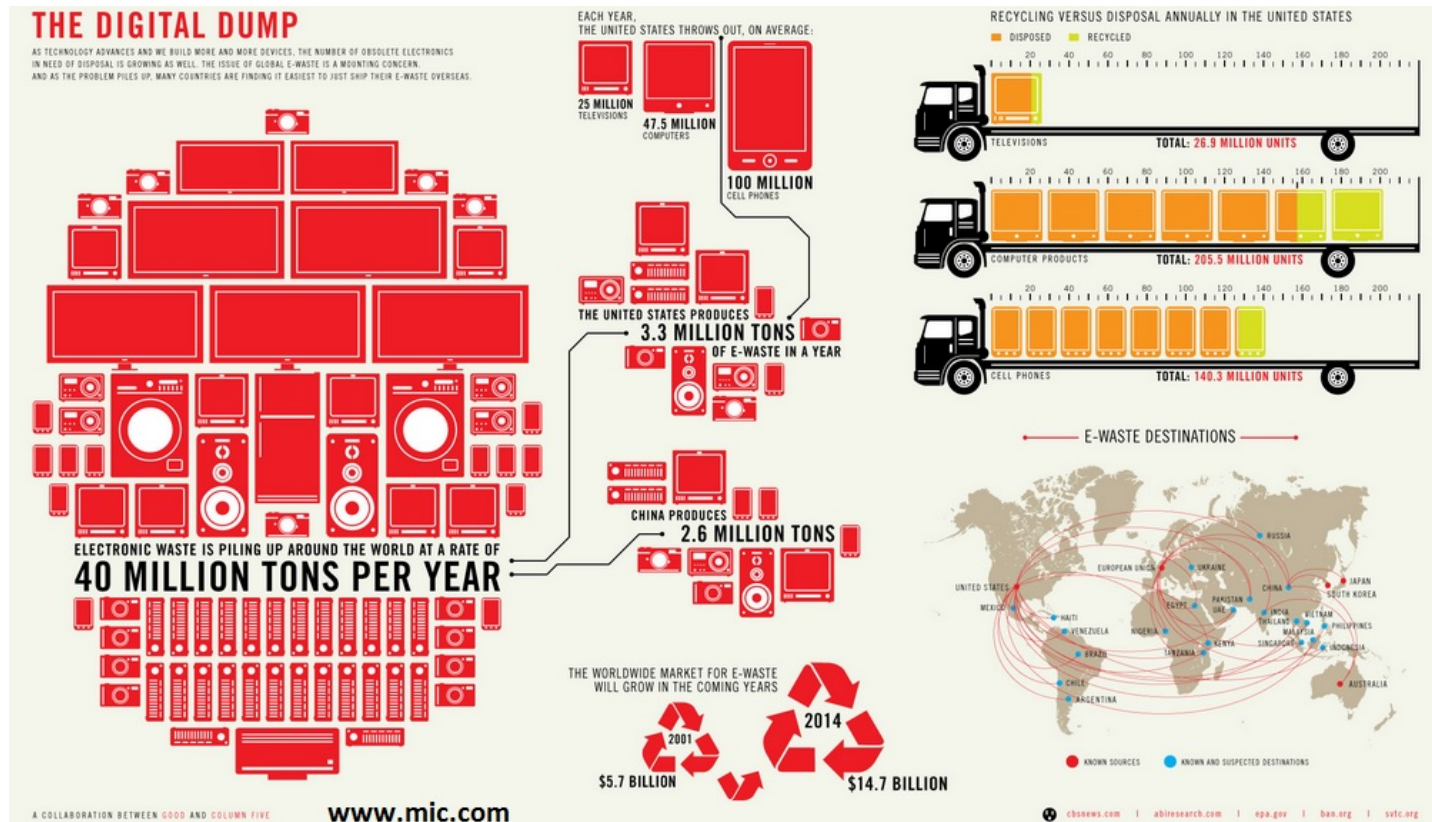
1. Contexto
2. Thanatia y el segundo principio de la termodinámica
2. ¿Hacia una transición económica verde?
3. ¿Hacia una transición económica circular?
4. Reflexiones finales

1. CONTEXTO

El consumo de materiales de un niño americano a lo largo de su vida



Chatarra electrónica en el mundo



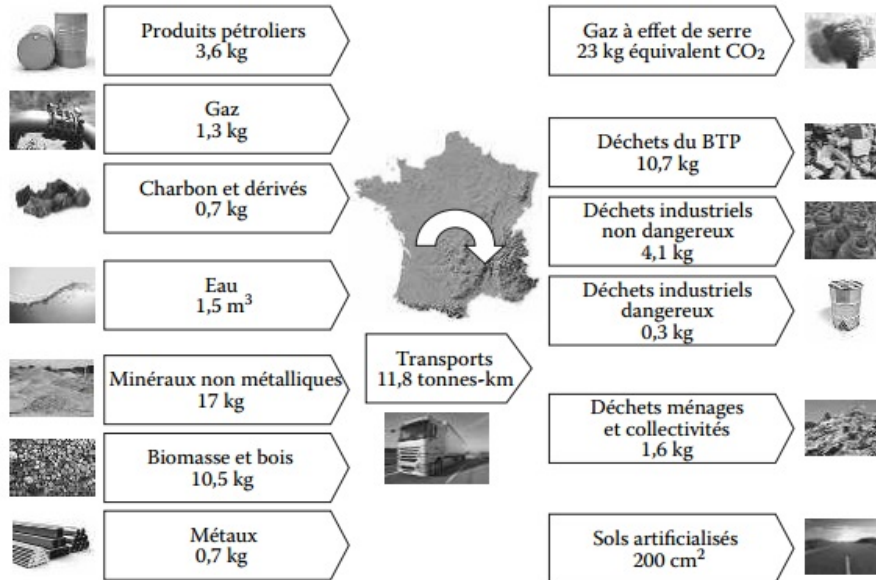


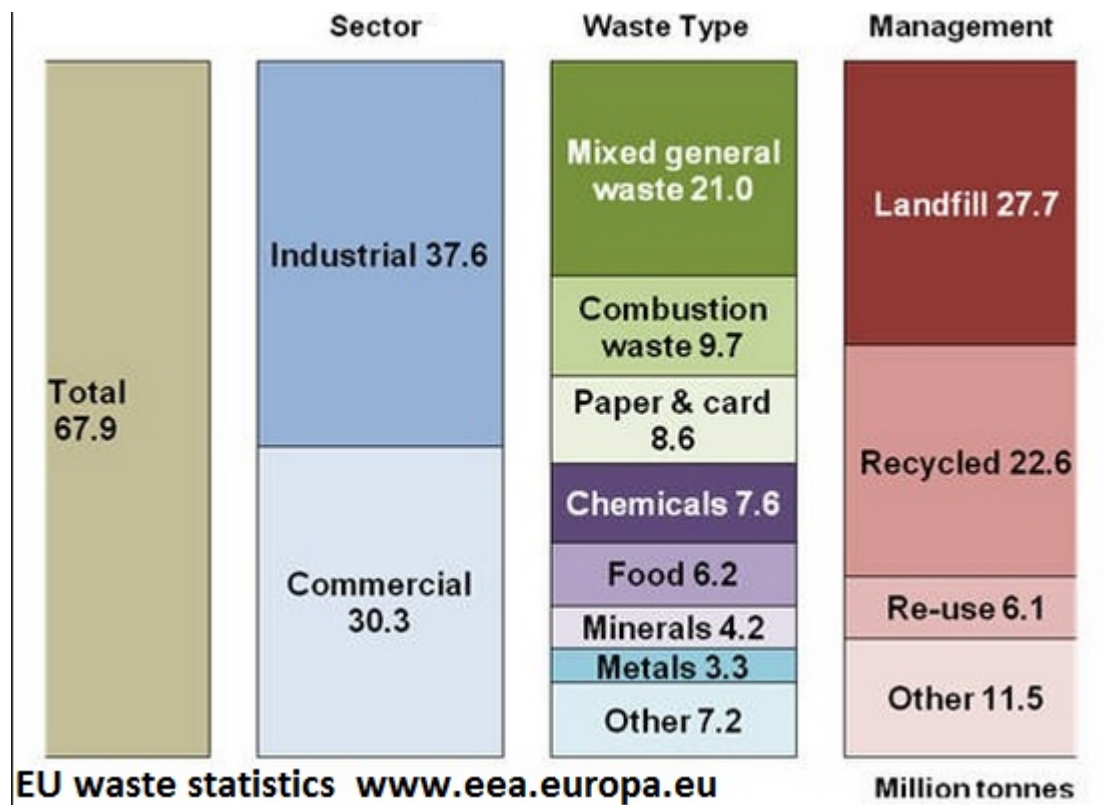
Figure 1 - Un jour en France... Consommation apparente et rejets, chaque jour, pour chaque Français(e)

Hors solde des importations/exportations via les produits semi-finis et finis.
(Sources : IFEN, ADEME, ministères.)

El consumo diario y los desechos de un francés medio

Philippe Bihoux. L'âge des low tech

Residuos en Europa



Agbogbloshie, Ghana: **Weee Waste the Earth!**



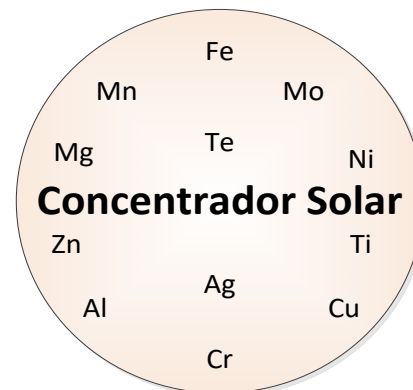
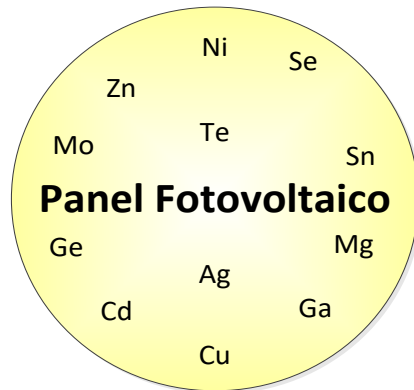
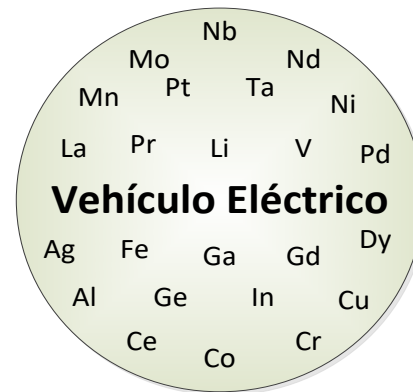
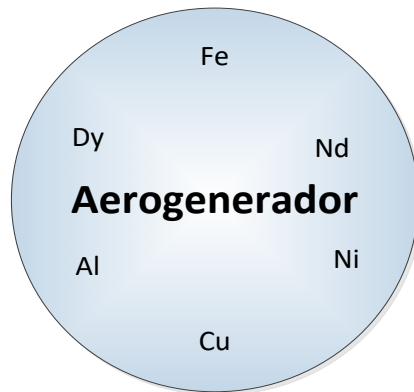
Nuevos materiales para la Economía "Verde"



Economía Verde o economía multicolor?

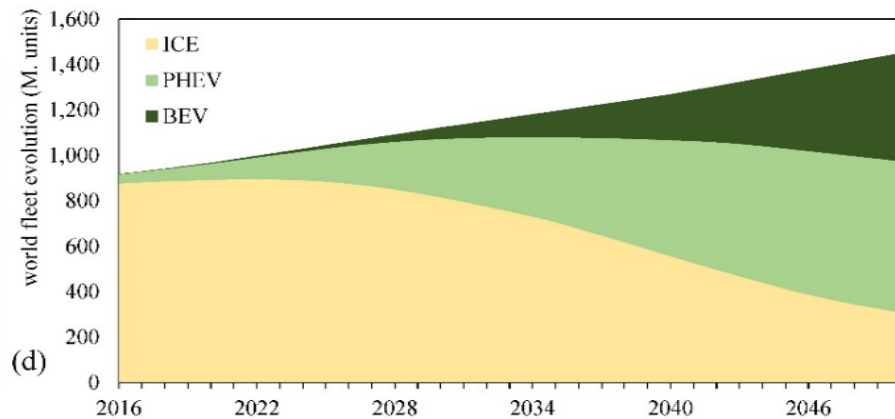
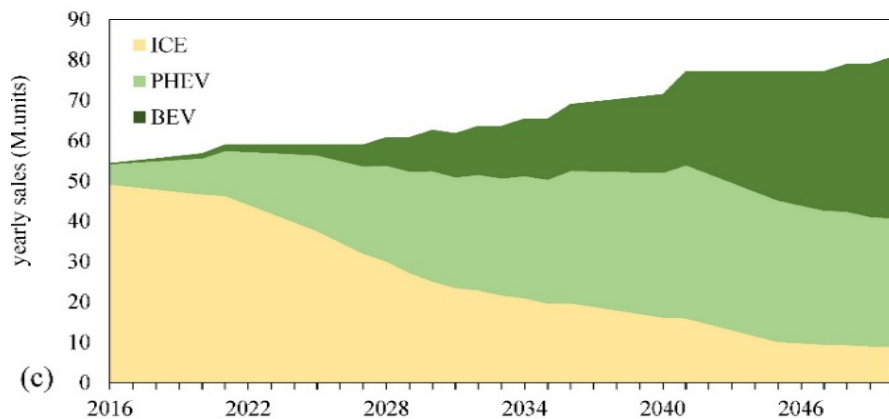
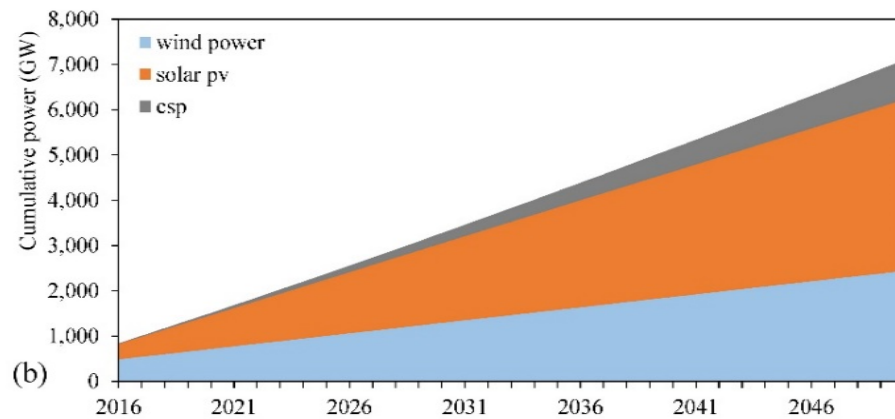
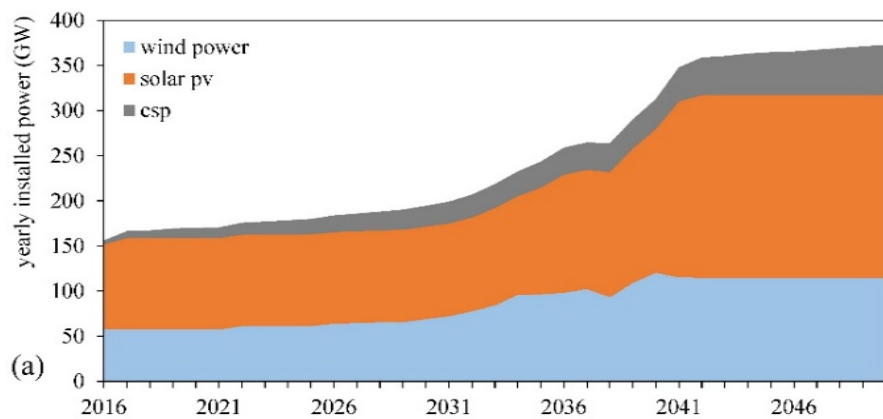
- Tecnologías IC \leftrightarrow PGM, Au, Sn, Nb, Ta
- Biomasa \leftrightarrow P, K
- Eólica \leftrightarrow Imanes permanentes Nd, Dy, Pr, Sm y Co
- Fotovoltaica \leftrightarrow In, Te, Ga, Ge, As, Gd
- Lámparas de bajo consumo y pantallas : Y, Eu, Tb, In, Sn
- Baterías \leftrightarrow Ni, Mn, Co, Cd, La, Ce, Li
- Turbinas de altas prestaciones \leftrightarrow Co, Nb, V, Re
- Automóviles eléctricos \leftrightarrow La, Imanes permanentes,
- SOFC H2 \leftrightarrow Pt, Pd
- Catalizadores \leftrightarrow Pt, La, Ce
- Ce para pulir discos duros.
- Nuclear \leftrightarrow In, Hf, Re, Zr, U

Economía Verde o economía multicolor?



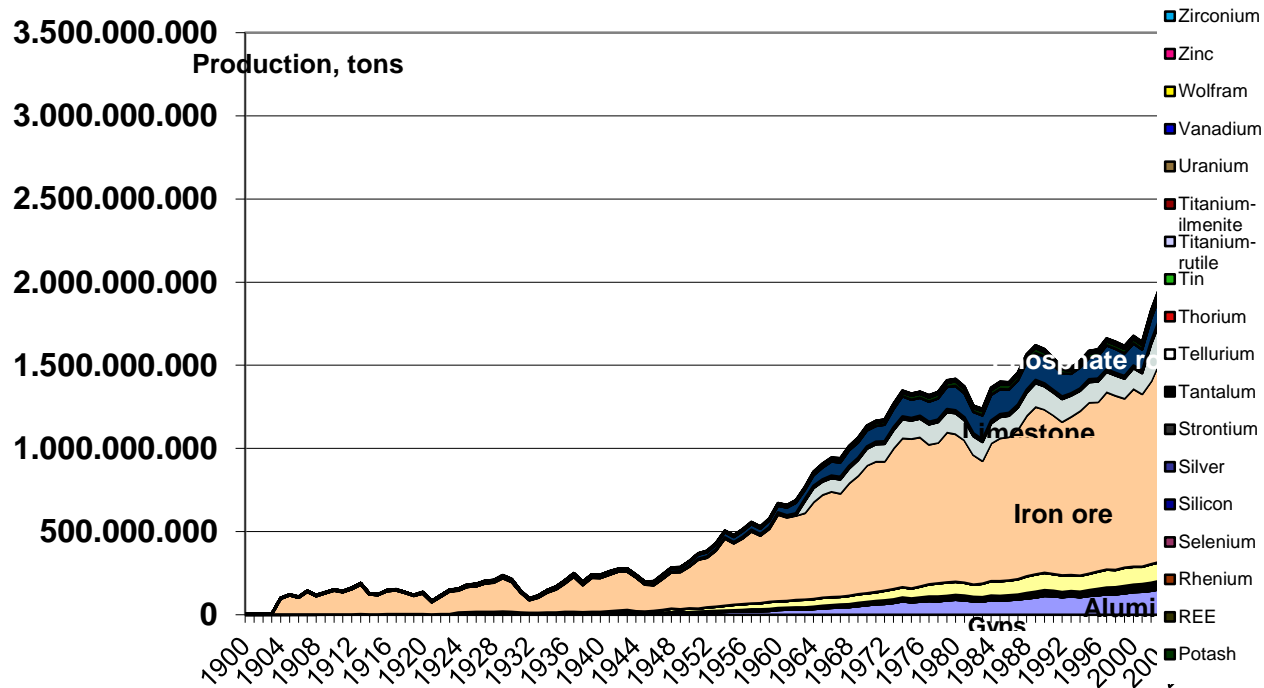
- Una central térmica necesita en peso, 25 veces menos de materiales que su equivalente en potencia de un parque eólico.
- La diversidad de materiales también aumenta.

Proyecciones de desarrollo de las tecnologías "limpias"

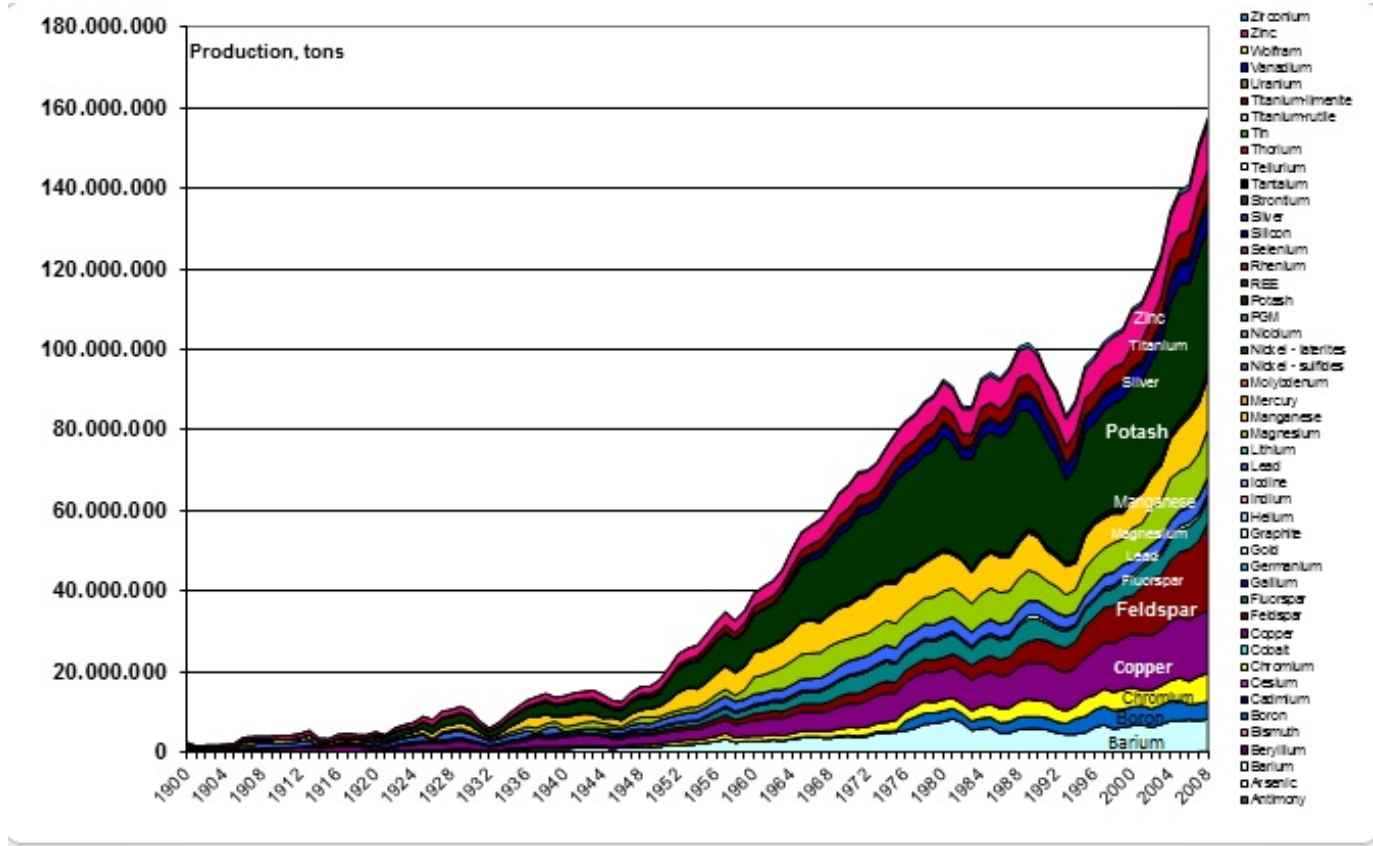


Fuente: Valero et al. (2017). Material bottlenecks in the future development of green Technologies. Renewable and Sustainable energy Reviews. Under review

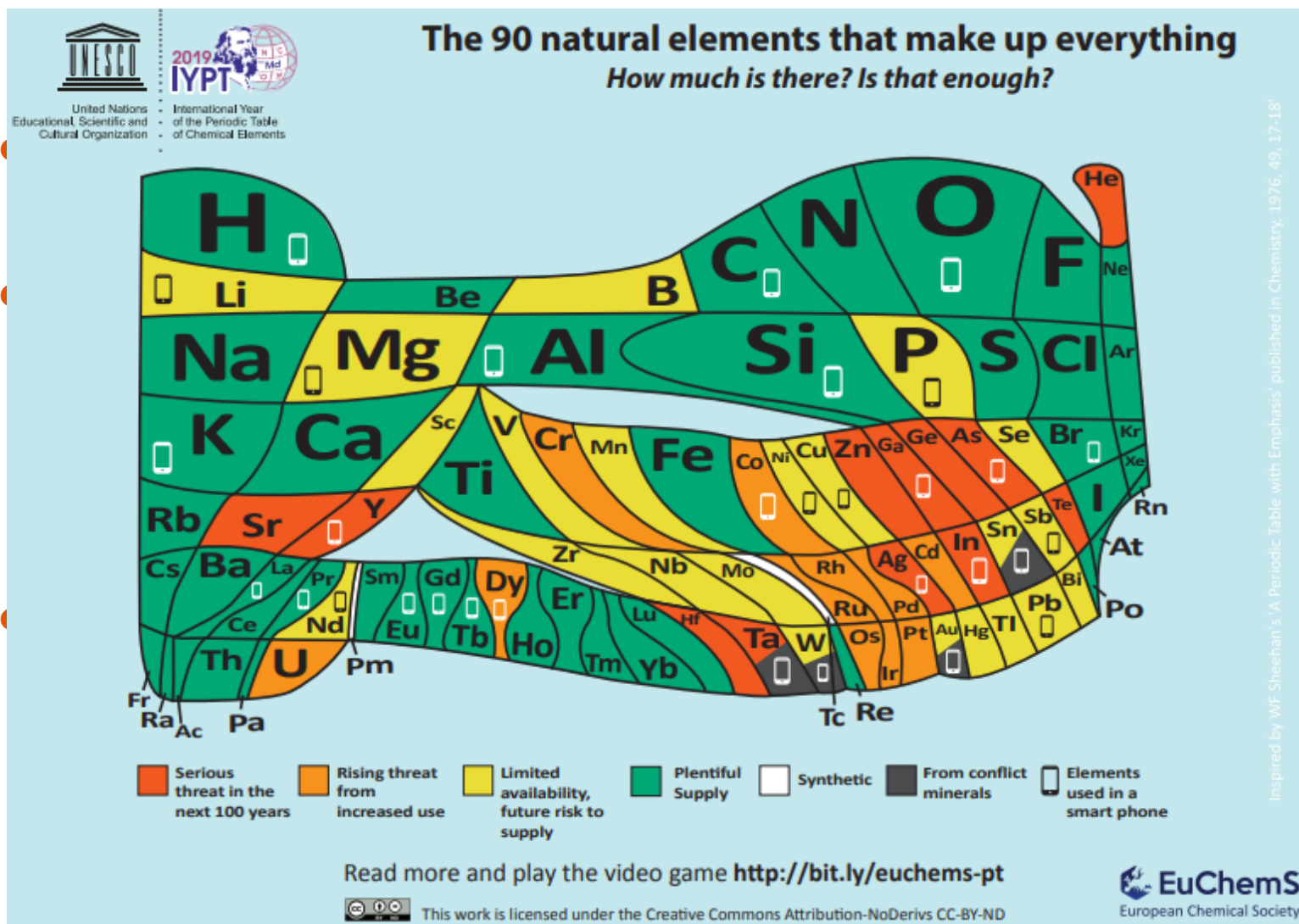
Evolución de la extracción de los principales minerales



Evolución de la extracción de los metales



Cuestiones...



para

La era de la tabla periódica

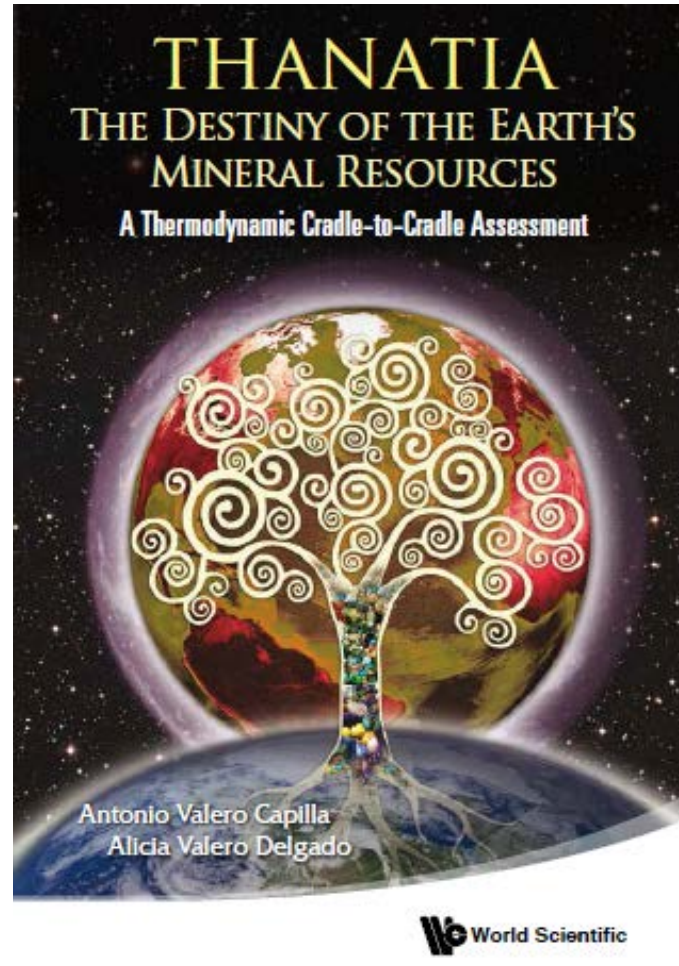
- Aumento exponencial de la cantidad y variedad de materiales usados por la sociedad.
- Muchos más elementos en cada producto
- Mezclas complejas y artificiales de elementos que no aparecen en la Naturaleza.

2. THANATIA Y EL SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

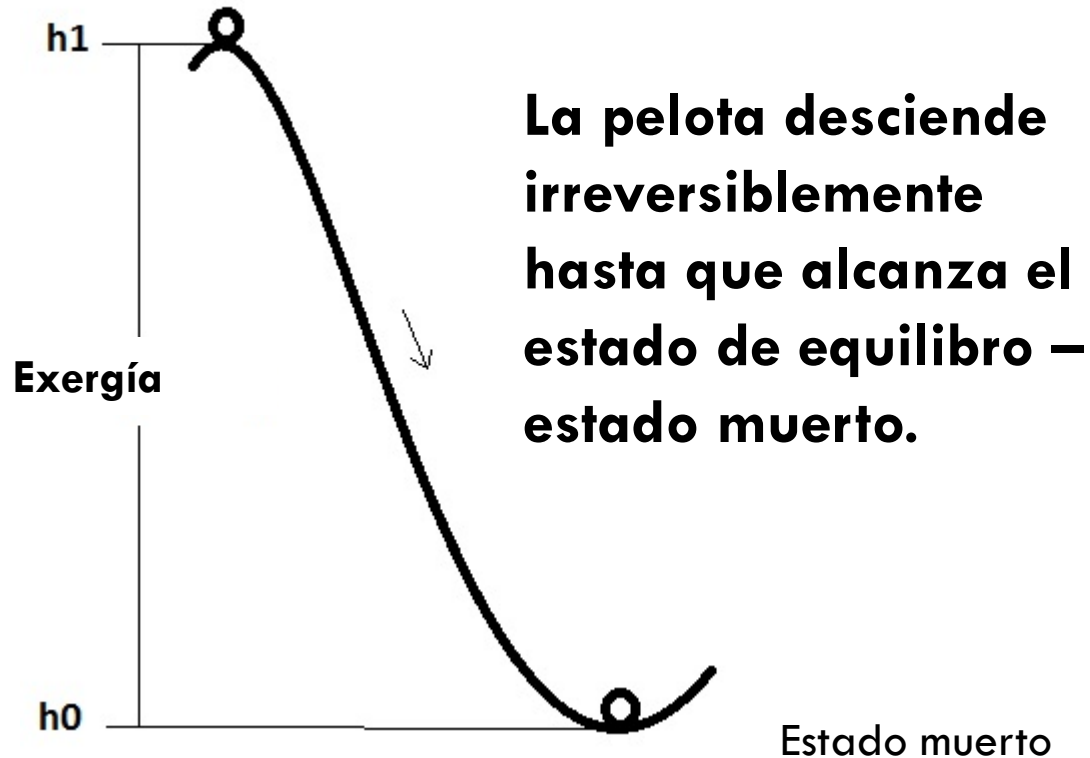
La temible segunda ley de la termodinámica

- Todos los procesos naturales (y humanos) tienden espontáneamente hacia la degradación.

¿Qué es Thanatia?



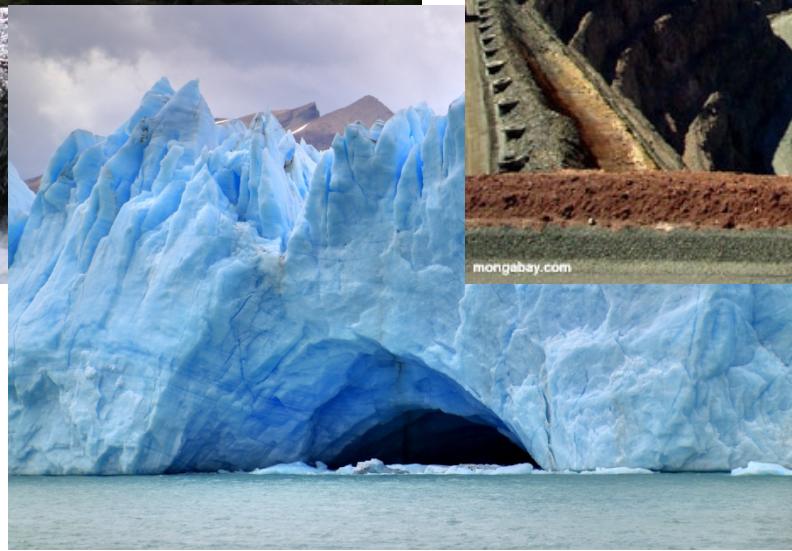
Algunas ideas básicas de Termodinámica



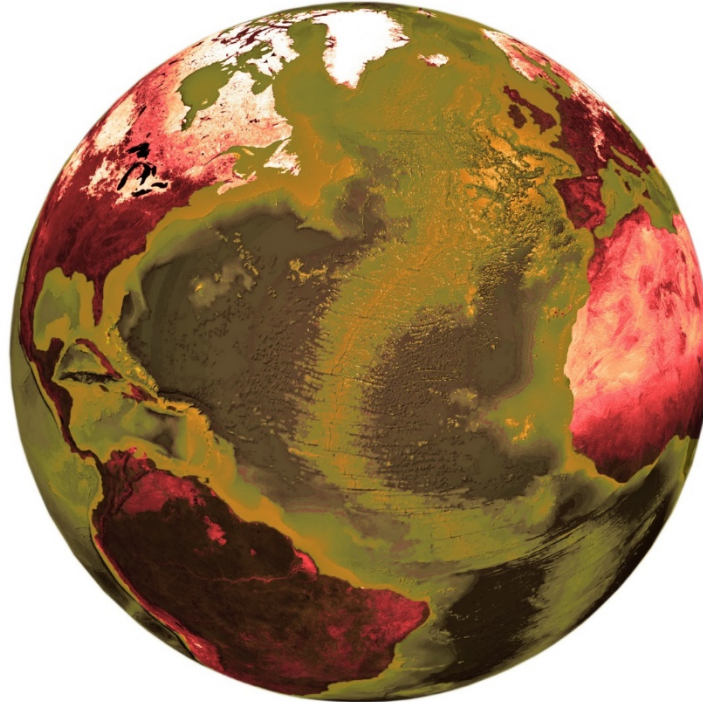
Lo que está concentrado, acaba diluyéndose

Exergía

- **Todo lo que se aleje del estado muerto (ambiente), tiene exergía.**

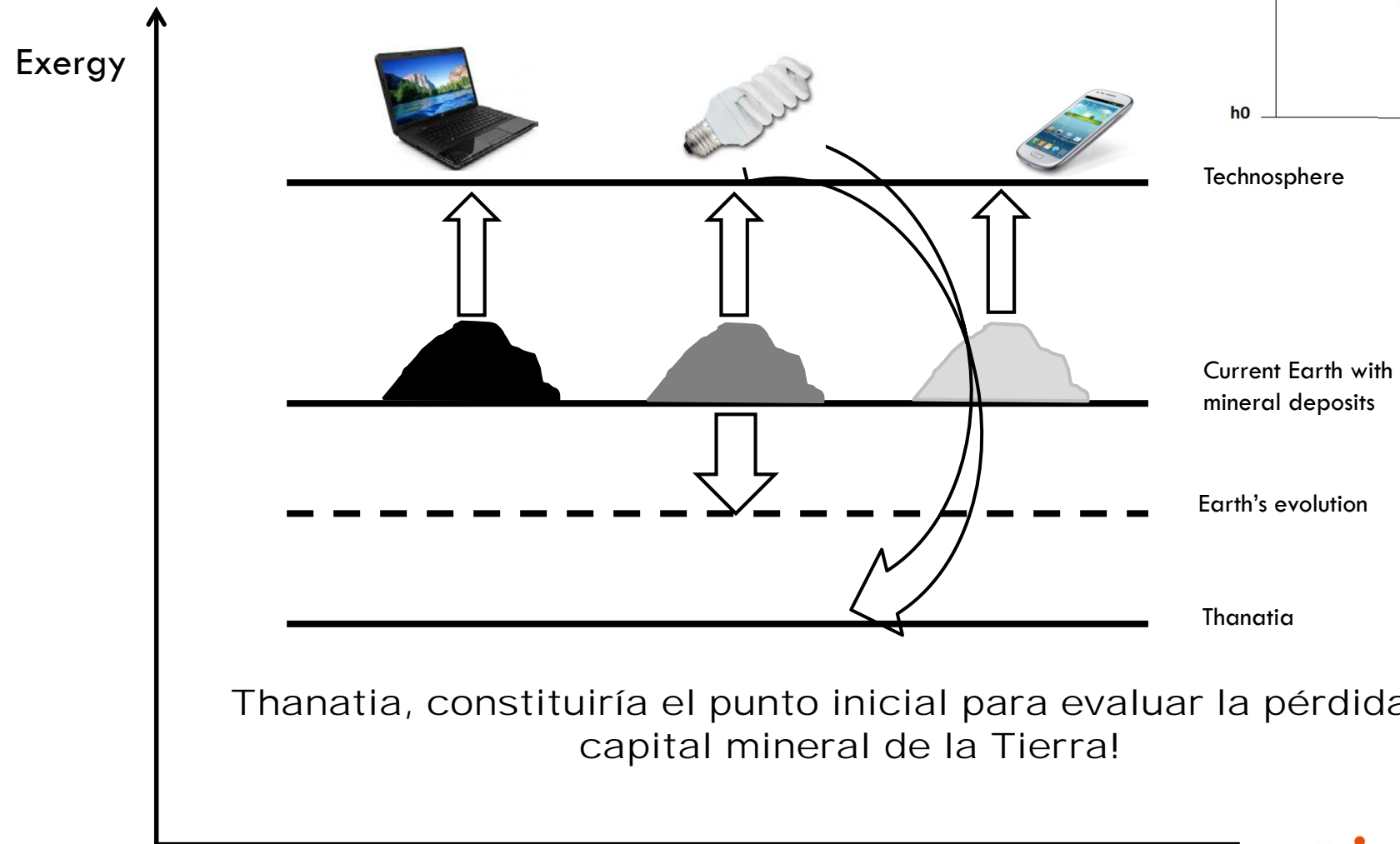
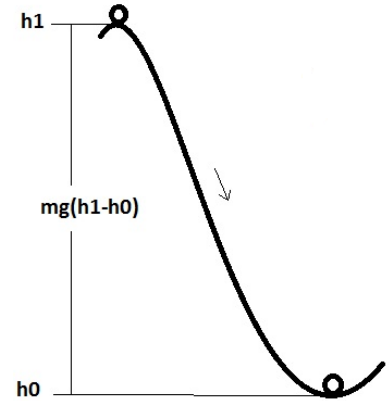


THANATIA Y EL SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA



THANATIA, un planeta exhausto

La exergía de los recursos minerales



Thanatia, constituiría el punto inicial para evaluar la pérdida de capital mineral de la Tierra!

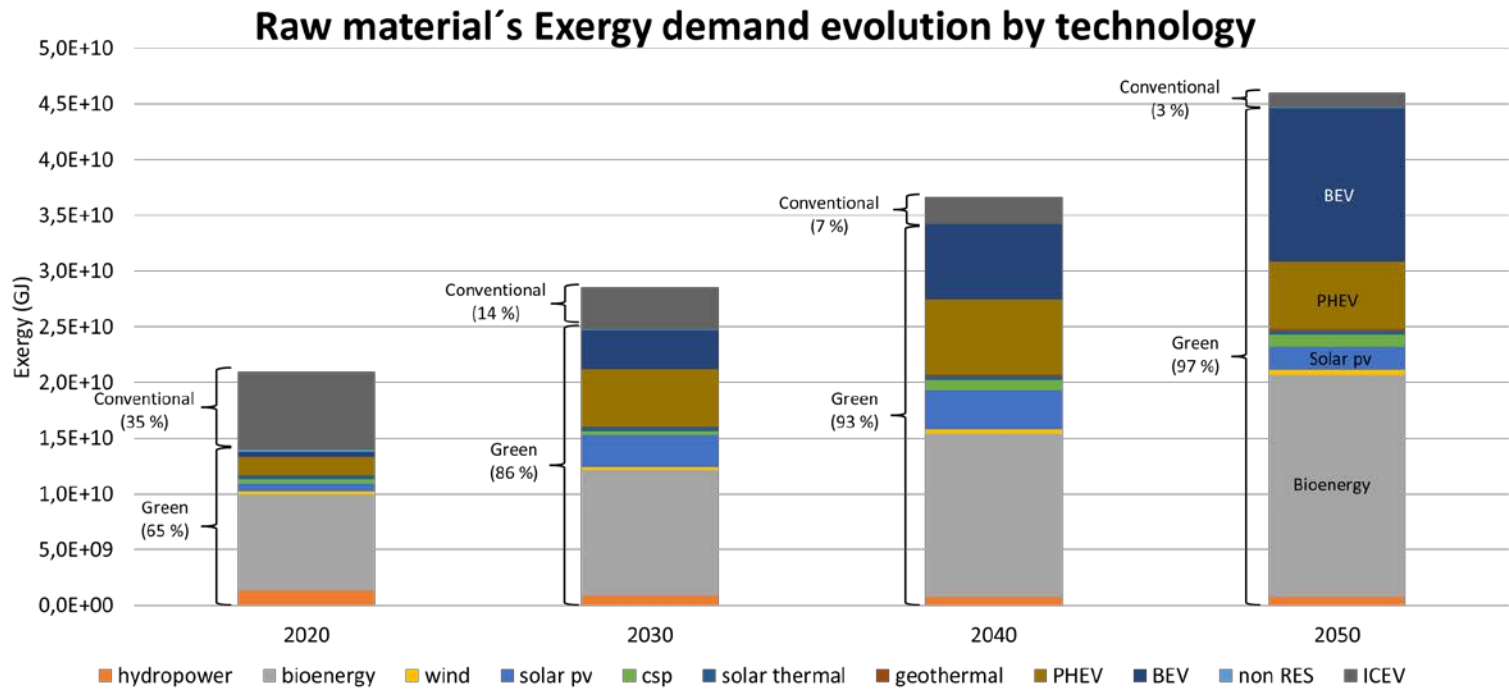
¿Nos estamos aproximando hacia Thanatia?



3. ¿HACIA UNA TRANSICIÓN ECOLÓGICA?

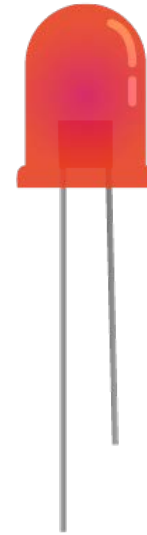
Dependencia energética => Dependencia de materiales

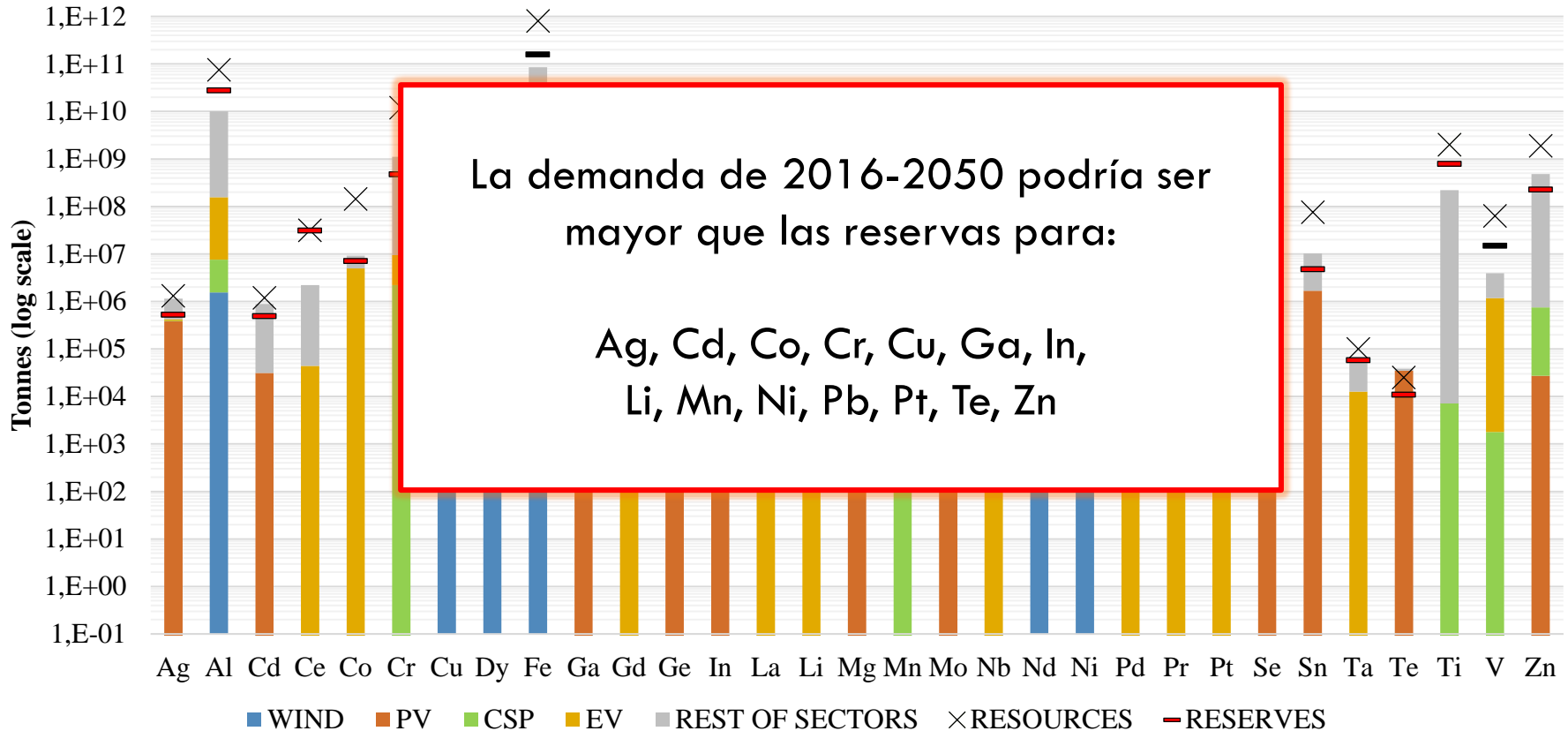
+ 16 % ↑



Fuente: Valero et al. (2017). Material bottlenecks in the future development of green Technologies. Renewable and Sustainable energy Reviews. Under review

Energéticamente más eficiente, pero ¿más sostenible?



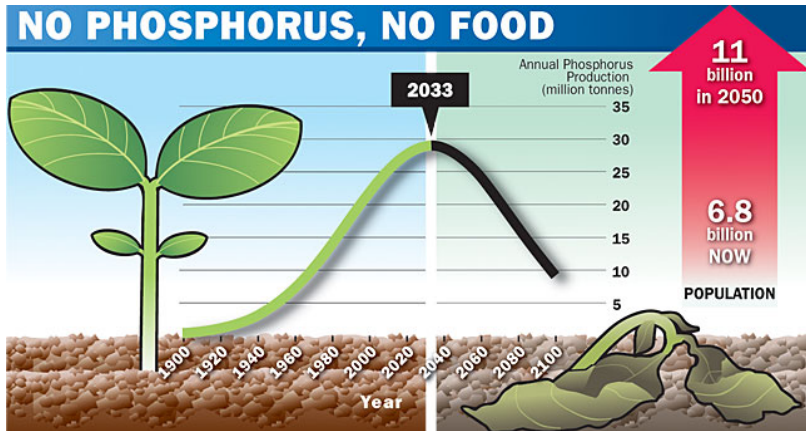


Fuente: Valero et al. (2017). Material bottlenecks in the future development of green Technologies. Renewable and Sustainable energy Reviews. Under review

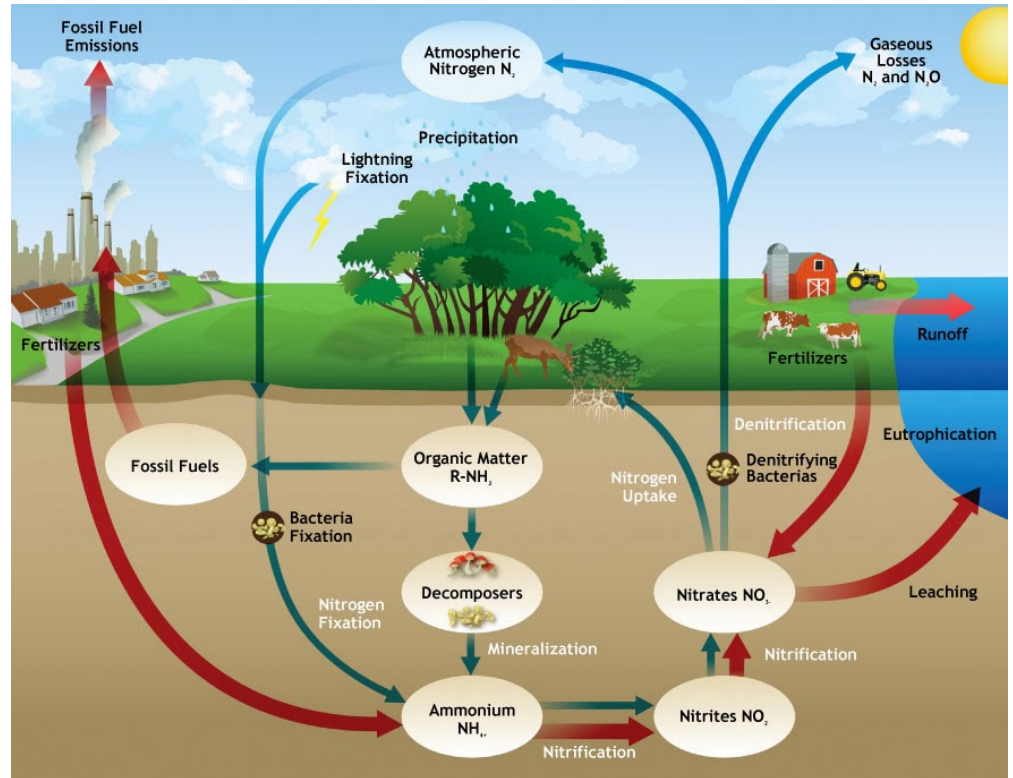
Metal	R2	Pico de máxima producción	Posible problema de abastecimiento
Se	0.83	2008	2016-2032
Ni	0.95	2033	2027-2029
Dy	0.95	2219	2029-2034
Co	0.90	2142	2030-beyond 2050
Ag	0.71	2025	2031-2042
Ta	0.83	2039	2033-2050
Nd	0.96	2105	2034-2041
Te	0.46	2065	2035-beyond 2050
Mo	0.94	2030	2038-2042
Mn	0.84	2030	2038-2050
In	0.98	2032	2041
Li	0.92	2037	2042-2045
Sn	0.71	2086	2042-beyond 2050

G. Calvo, Al. Valero and A. Valero (2017). Assessing maximum production peak of minerals: how can changes in resources influence future availability? *Journal of Industrial Ecology*. Under review.

El problema del fósforo y otros nutrientes



<http://www.rainharvest.co.za>



<http://mrsbioblog.blogspot.com.es/2014/02/chapter-43-cycling-of-matter.html>

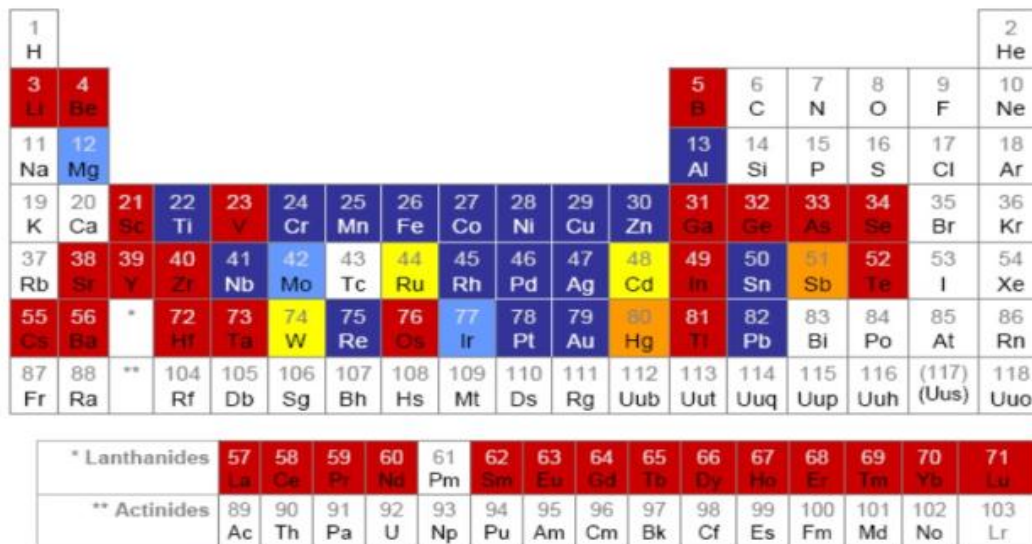
Biocombustibles ¿renovables?

Valoración del patrimonio natural insuficiente

- En definitiva, se ha fomentado la cultura del usar y tirar porque no se valora de forma justa lo que la Naturaleza nos da gratis!
- No hay cultura de la reutilización y reciclado.


Specialty metals recycling rates are below 1%!!

(Int. Resource Panel: Graedel et al, 2011)



Source: Graedel et al. (2011) What Do We Know About Metal Recycling Rates? *Journal of Industrial Ecology*, 15, 355-366

Mejoras – aumentar tasas de reciclado

	Tasa de reciclado actual		Crecimiento anual	Tasa de reciclado en 2050
Ag	30 %		0.6 %	37 %
Cd	25 %		1.3 %	39 %
Co	32 %		1.8 %	59 %
Cr	20 %		2.5 %	47 %
Dy	10 %		0.9 %	13.7 %
In	37.5 %		0.5 %	44.7 %
Li	1 %		4.6 %	4.8 %
Mn	37 %		0.1 %	38 %
Mo	33 %		0.7 %	42 %
Nd	5 %		0.1 %	5.2 %
Ni	29 %		1 %	41 %
Se	5 %		2 %	10 %
Sn	22 %		0.1 %	22.8 %
Ta	17.5 %		0.1 %	18.2 %

Fuente: Valero et al. (2017). Material bottlenecks in the future development of green Technologies. Renewable and Sustainable energy Reviews. Under review

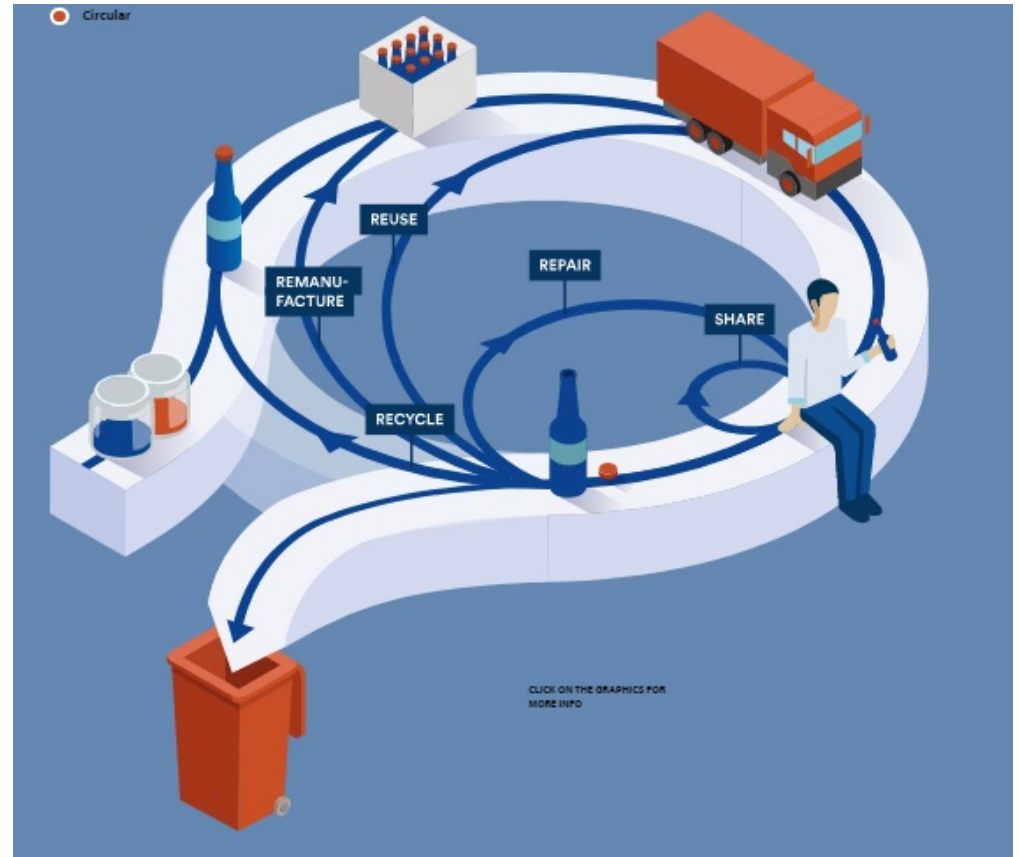
Señal de alarma: falta de suministro de MMPP



Economía circular


3. ¿HACIA UNA TRANSICIÓN ECONÓMICA CIRCULAR?

- **COMPARTIR**
- **REPARAR**
- **REUTILIZAR**
- **REMANUFACTURAR**
- **RECICLAR**



Circular economy

INTRODUCTION

In a circular economy , products and the materials they contain are highly valued. This contrasts with the traditional, linear economic model, which is based on a 'take-make-consume-throw away' pattern. **In practice, a circular economy minimises waste through reusing, repairing, refurbishing and recycling existing materials and products.**

Moving towards a more circular economy could deliver benefits, including reduced pressure on the environment; enhanced raw materials supply security; and increased competitiveness, innovation, growth and jobs. However, there are also challenges, such as finance, key economic enablers, skills, consumer behaviour, business models and multi-level governance.

Usos dispersivos

Productos de higiene
y cosméticos



Pinturas



Tintas



Fiestas



Usos dispersivos



Papel



L'Âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable. [Philippe Bihouix](#)

Quimiodiversidad en productos comunes

TENDENCIA:

Productos y materiales cada vez más complejos



RESULTADO:

**Elementos escasos en productos comunes
difícilmente reciclables**





METAL MIXOLOGY

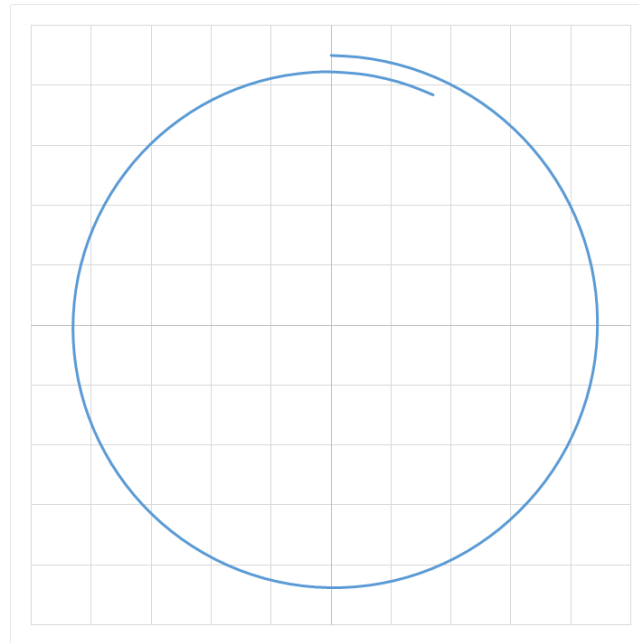
Stronger, tougher, stretchier: with a simple new recipe, metallurgists are creating a generation of alloys with remarkable properties.

BY XIAOZHI LIM

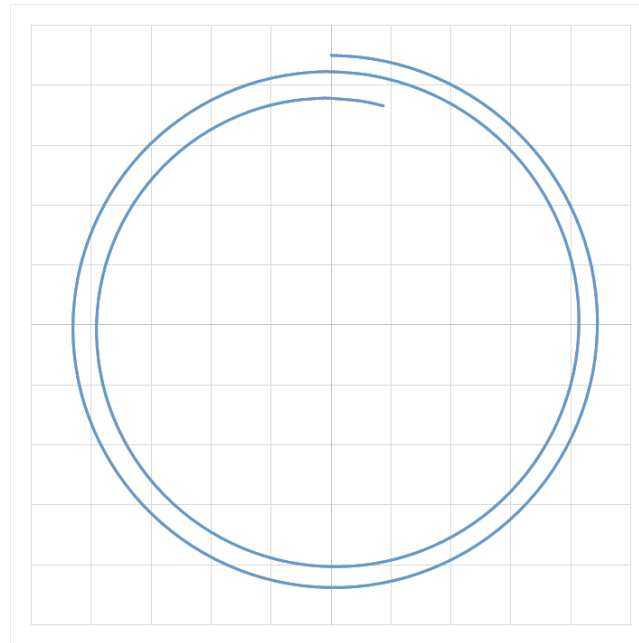
NEW HIGH-ENTROPY ALLOYS

Metal Mixology , Xiaozhi Lim, Nature 533, 306-307

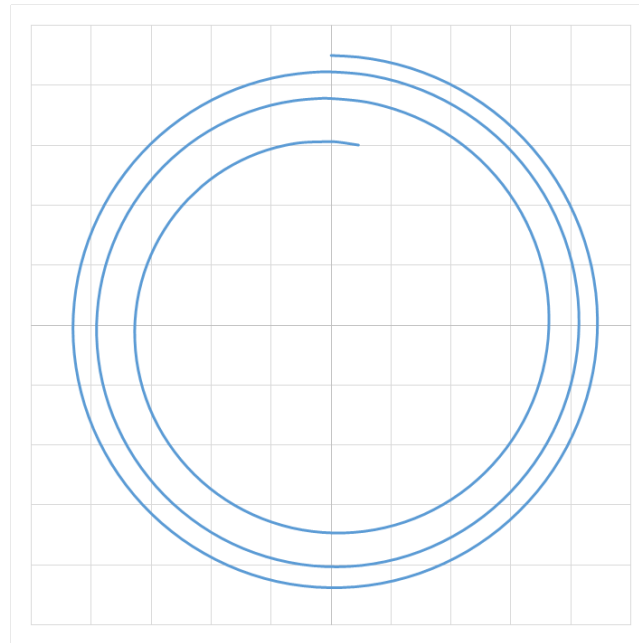
Primer Ciclo de la Economía Espiral



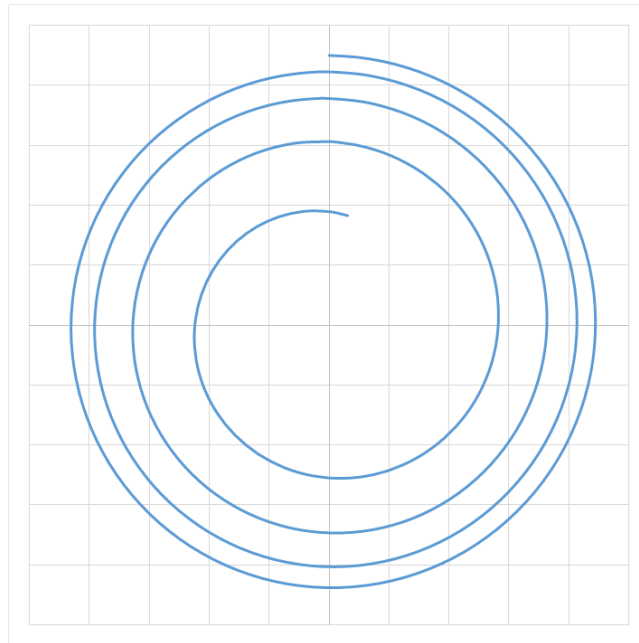
Segundo Ciclo de la Economía Espiral



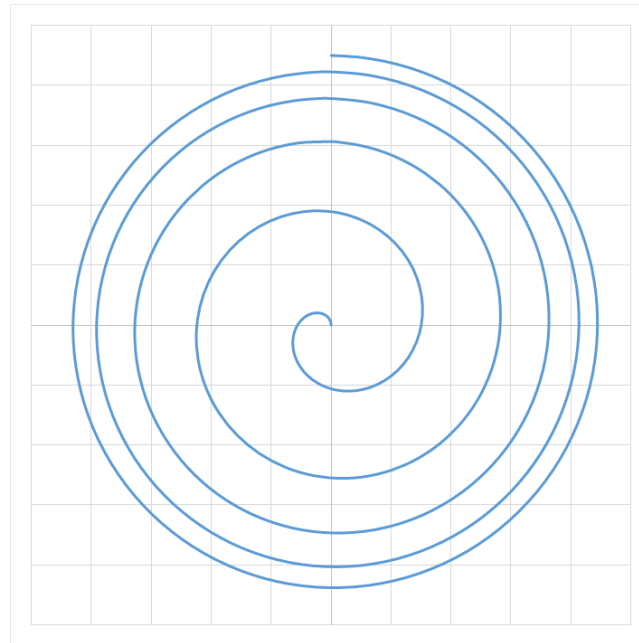
Tercer Ciclo de la Economía Espiral



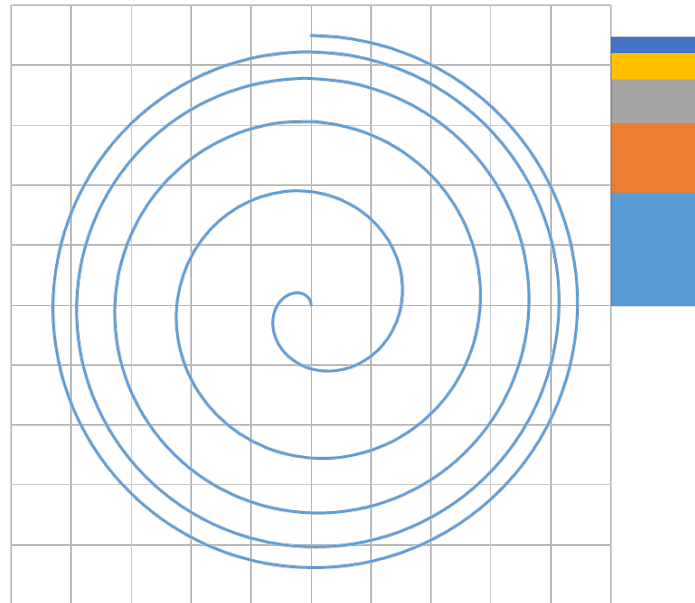
Cuarto Ciclo de la Economía Espiral



Quinto Ciclo de la Economía Espiral

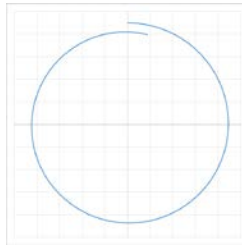


Degradación creciente en la Economía Espiral

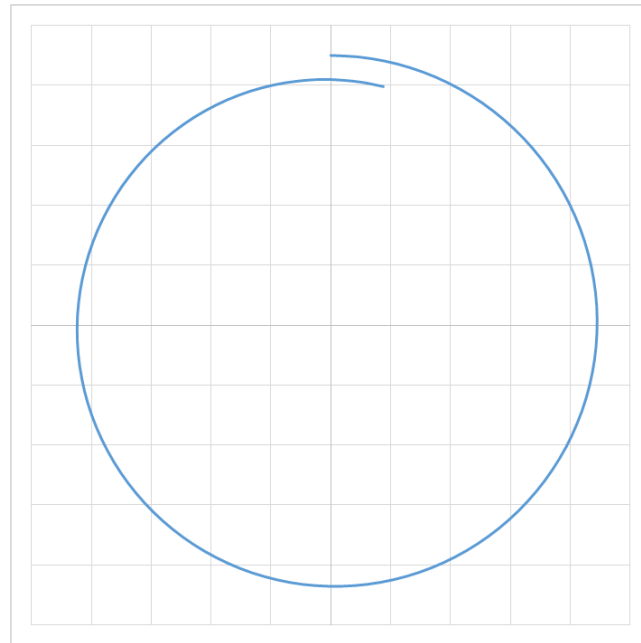


Aceleración exponencial: $R=R_0 \cdot a^t$

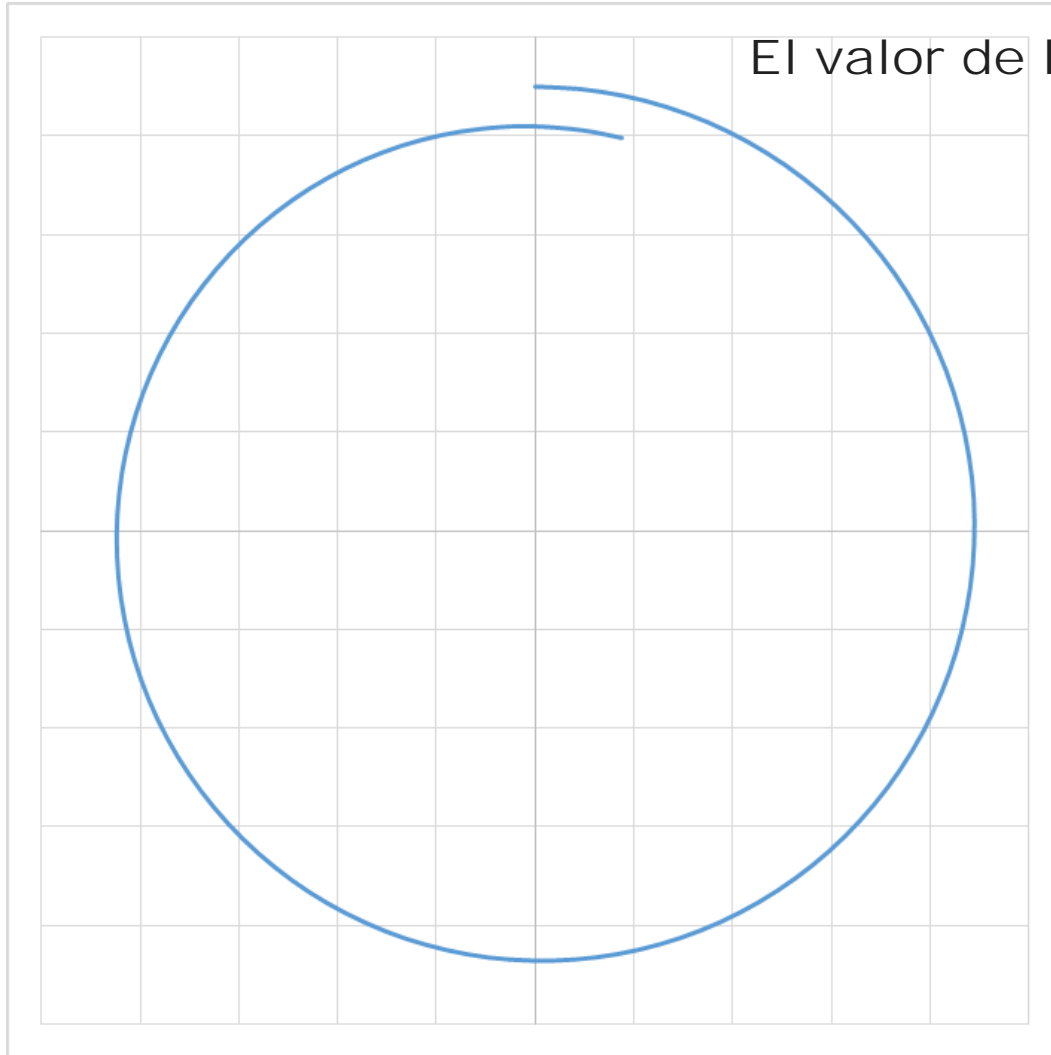
El valor de la durabilidad



El valor de la durabilidad



El valor de la durabilidad



Metalurgia del reciclado

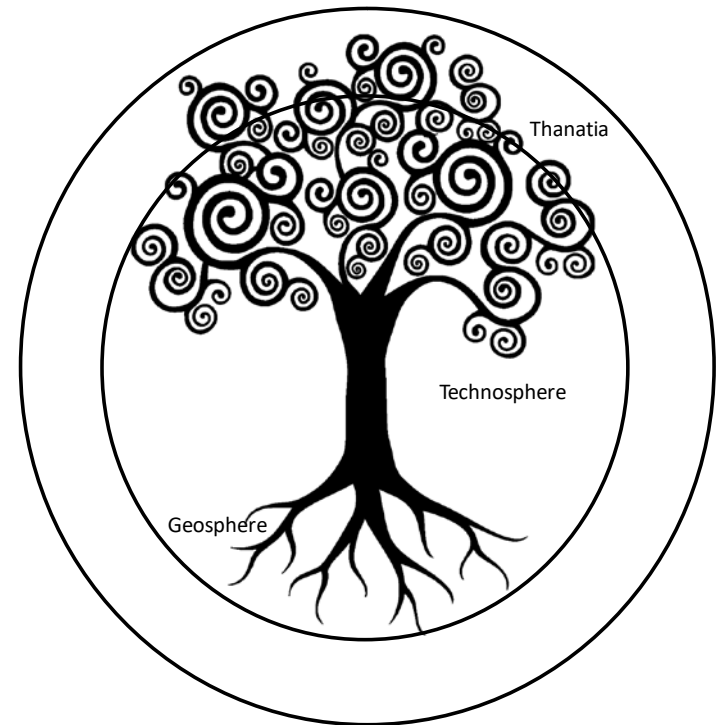
1. La metalurgia de los minerales presentes en la Naturaleza es bien conocida.
2. Aparece una nueva metalurgia: mezclas entrópicas casi imposibles de reciclar (costes extremadamente elevados).
3. Cada producto tiene un proceso específico de reciclado
=> tantos procesos como productos!

4. REFLEXIONES FINALES

- Evitar la dependencia de combustibles fósiles implicará **aceptar la dependencia de materiales**, algunos de ellos con importantes riesgos de suministro (Te, Co, In, Li, Nd, Cd, Ag, Cr, Ga, Mn, Sn, Zn).
- Pero se requieren más esfuerzos en **reducir consumo, desmaterialización, sustitución de materiales críticos y aumentar el número de espirales.**

Queremos promover la Economía Circular, en realidad Espiral, es decir, dar nuevos valores institucionales que permitan reducir drásticamente los residuos, reutilizar y reparar los productos dándoles una segunda, tercera, cuarta... vidas, recuperar los materiales valiosos para reintroducirlos en el sistema productivo así como regenerar y restaurar todo lo que resulte degradado.

6 Mayo 2017



- **Y la ropa?**
- **Y los plásticos?**
- **Y el papel?**
- **Y el vidrio?**
- **Y la alimentación?**

ΣΧΟΝΟΜΙΑ CIRCULAR-ESPIRAL

Transición hacia un metabolismo
económico cerrado



COORDINADORES

Luis M. Jiménez Herrero y Elena Pérez Lagtiela



Gracias por su atención

Antonio Valero, valero@unizar.es

17/02/2020

ASYPS-CE CdR - Madrid

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

Tfno. (+34) 976 761 863 / Fax (+34) 976 732 078 / web: www.icirce.unizar.es / email: aliciavd@unizar.es