



# Minerales: el petróleo de la transición energética

Alicia Valero Delgado

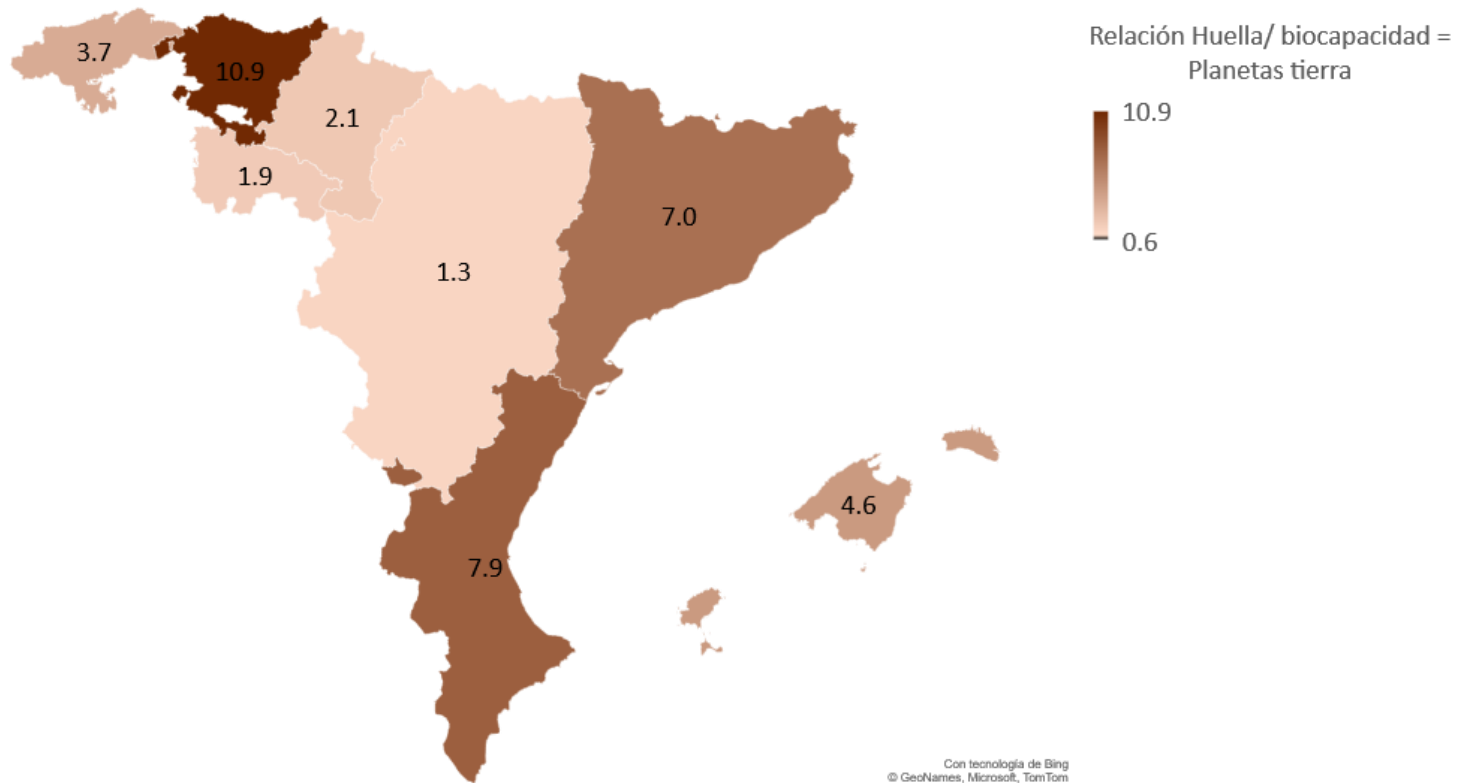
# Contenidos

- 1. ¿Hacia una transición energética verde?**
- 2. ¿Hacia una transición económica circular?**
- 3. Reflexiones finales**

# **1. ¿HACIA UNA TRANSICIÓN ENERGÉTICA VERDE?**

# Huella ecológica

## Huella ecológica 2018, conjunto 4,44



Fuente: Felipe-Andreu, Valero and Valero. Territorial Inequalities, Ecological and Material Footprints of the Energy Transition: Case Study of the Cantabrian-Mediterranean BioregionLand 2022, 11(11), 1891; <https://doi.org/10.3390/land11111891>

# Sistema eléctrico en 2050

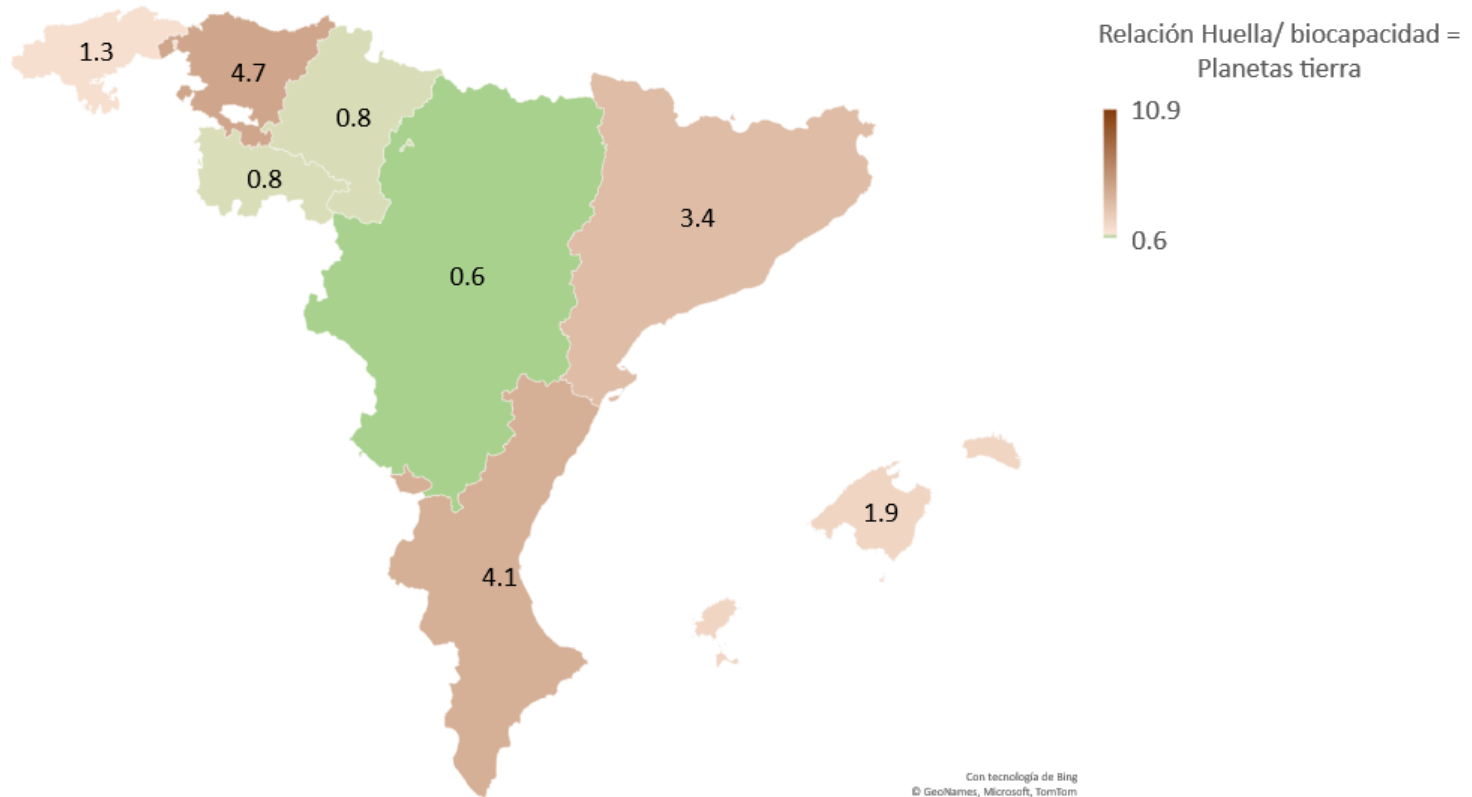
Entre 7.000 y 14.000 km<sup>2</sup> para la  
biorregión Cantábrico-Mediterránea



Fuente: Felipe-Andreu, Valero and Valero. Territorial Inequalities, Ecological and Material Footprints of the Energy Transition: Case Study of the Cantabrian-Mediterranean BioregionLand 2022, 11(11), 1891; <https://doi.org/10.3390/land11111891>

# Huella ecológica

## Huella ecológica 2050, conjunto 2,1



Fuente: Felipe-Andreu, Valero and Valero. Territorial Inequalities, Ecological and Material Footprints of the Energy Transition: Case Study of the Cantabrian-Mediterranean BioregionLand 2022, 11(11), 1891; <https://doi.org/10.3390/land11111891>

# Sistema eléctrico en 2050

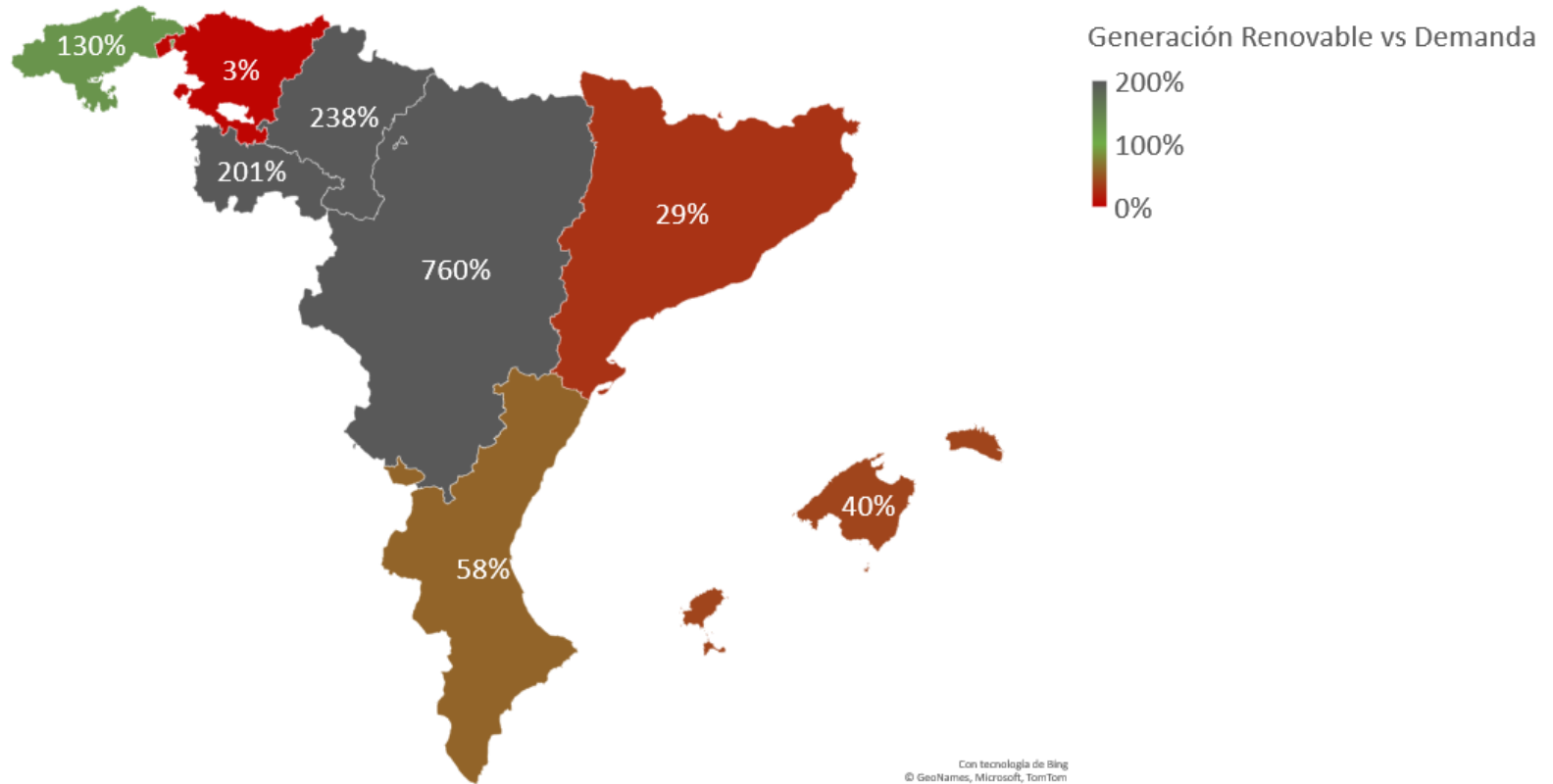
área poligonal de  
15.000 km<sup>2</sup>



Fuente: Felipe-Andreu, Valero and Valero. Territorial Inequalities, Ecological and Material Footprints of the Energy Transition: Case Study of the Cantabrian-Mediterranean BioregionLand 2022, 11(11), 1891; <https://doi.org/10.3390/land11111891>

# Sistema eléctrico en 2050

## 2050 Escenario tendencial



Fuente: Felipe-Andreu, Valero and Valero. Territorial Inequalities, Ecological and Material Footprints of the Energy Transition: Case Study of the Cantabrian-Mediterranean BioregionLand 2022, 11(11), 1891; <https://doi.org/10.3390/land11111891>



# Sistema eléctrico en 2050



Protestas populares

“Renovables sí pero  
no así”

# Nuevos materiales para la Economía “Verde”

Por GW, la eólica necesita 25 veces más materiales que las centrales convencionales



Parque eólico. Creative Commons



Central térmica de Andorra (Teruel)

1GW de potencia producida convencionalmente equivale a 1000 aerogeneradores de 1 MW ó 200 de 5MW

# Nuevos materiales para la Economía “Verde”

La cantidad no es lo más preocupante!



Al Cu Dy Fe Nd Ni



Ag Cd Cu Ga Ge In Mg  
Mo Ni Pb Se Sn Te Zn



Ag Al Ce Co Cr Cu Dy Fe  
Ga Gd In La Li Mn Mo Nb  
Nd Ni Pd Pr Pt Ta V

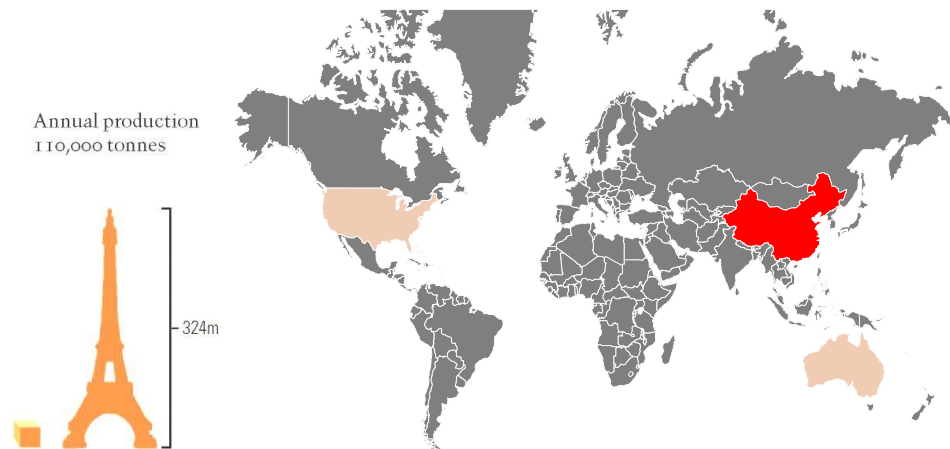
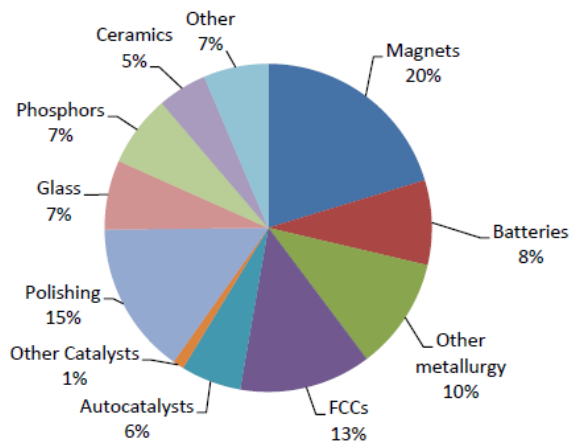
Fuente: elaboración propia

# Economía Verde o economía multicolor?

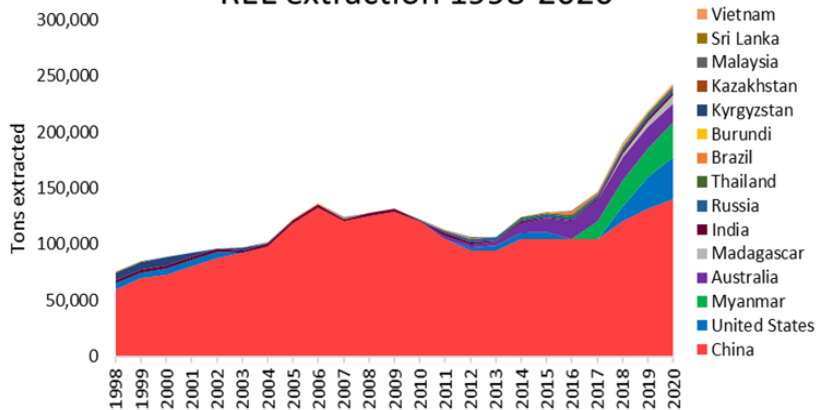
- **Tecnologías IC  $\leftrightarrow$  PGM, Au, Sn, Nb, Ta**
- **Biomasa  $\leftrightarrow$  P**
- **Eólica  $\leftrightarrow$  Imanes permanentes Nd, Dy, Pr, Sm y Co**
- **Fotovoltaica  $\leftrightarrow$  In, Te, Ga, Ge, As, Gd**
- **Lámparas de bajo consumo y pantallas : Y, Eu, Tb, In, Sn**
- **Baterías  $\leftrightarrow$  Ni, Mn, Co, Cd, La, Ce, Li**
- **Turbinas de altas prestaciones  $\leftrightarrow$  Co, Nb, V, Re**
- **Automóviles eléctricos  $\leftrightarrow$  La, Imanes permanentes,**
- **SOFC H<sub>2</sub>  $\leftrightarrow$  Pt, Pd**
- **Catalizadores  $\leftrightarrow$  Pt, La, Ce**
- **Ce para pulir discos duros.**
- **Nuclear  $\leftrightarrow$  In, Hf, Re, Zr, U**

# Tierras raras (REE) – producción y usos

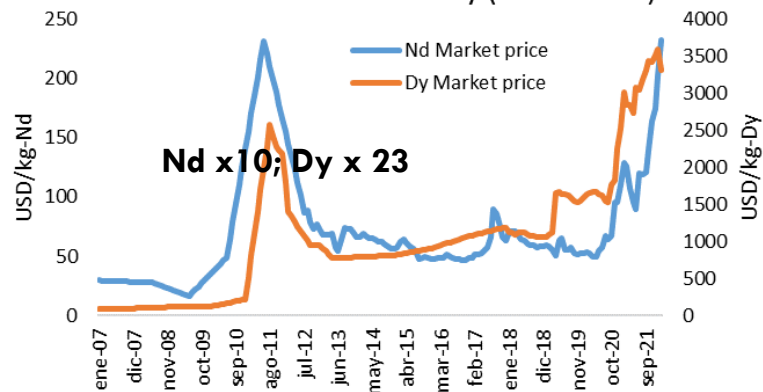
2017-2020:+ 85% aumento de producción de 130,000 tons to 240,000 tons (China 57%).



REE extraction 1998-2020

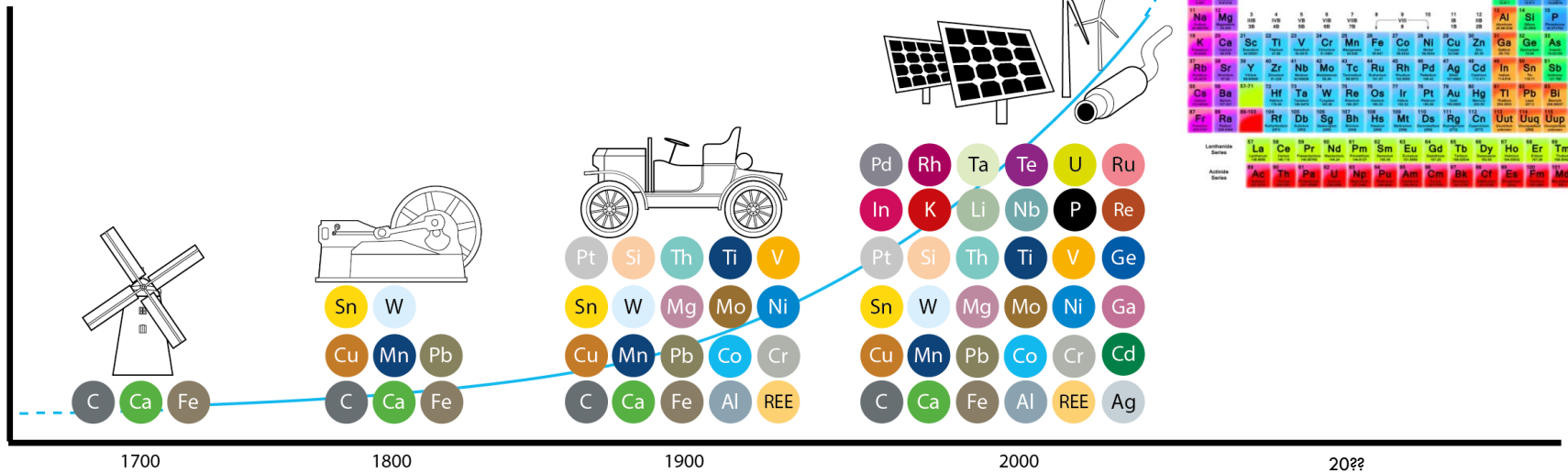


Price evolution: Nd and Dy (2007-2021)



# La era de la tabla periódica

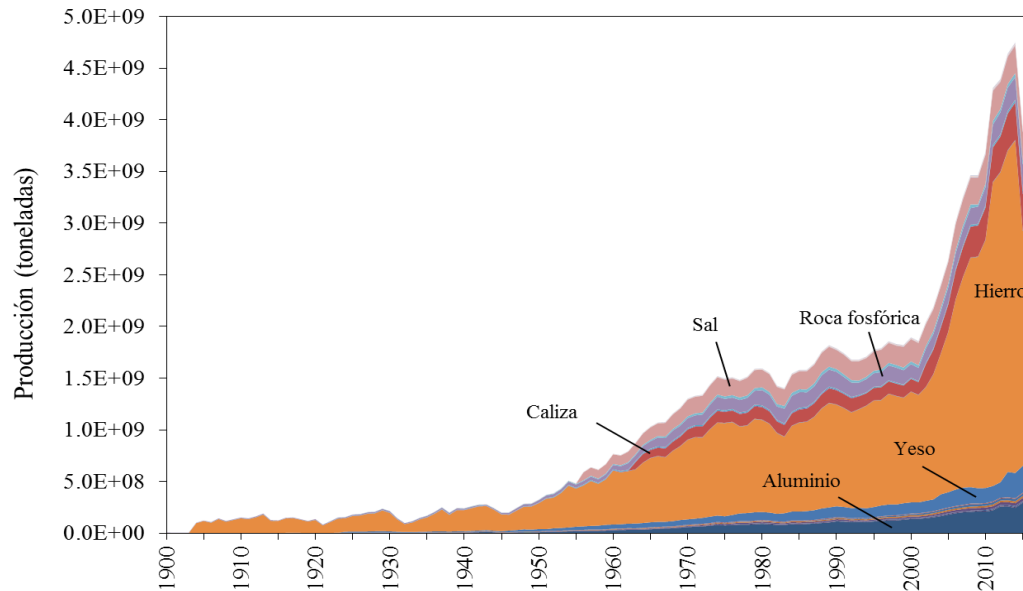
## Ages of Energy



Elements widely used in Energy Pathways

Adapted from: Achzet et al (2011)

# Extracción exponencial de materias primas



**Producción acumulada mundial total de 48 minerales y elementos desde 1900 hasta 2016.** En la figura solamente figuran los nombres de aquellos minerales que tienen un mayor peso. Fuente: Valero, A.; Valero A.; Calvo, G. (2021). *Thanatia: Límites materiales de la transición energética*. Prensas de la Universidad de Zaragoza.

# El poder del crecimiento exponencial





El comportamiento exponencial se da en la explotación de todos los recursos naturales limitados

Deforestación

La depredación de la naturaleza crece a un ritmo del 2,8% anual. En una generación consumiremos el doble que hoy y en 25 años habremos consumido tanto como en toda la historia del ser humano

Sobreexplotación pesquera

1900 1920 1940 1960 1980 2000

# Crecimiento exponencial de las materias primas

**Durante el s. XXI hemos extraído tanto cobre como en toda la historia de la humanidad**



**Oro (electrónica, joyería...): 0,5 veces**

**Plata (energía solar, electrónica, joyería...): 0,6 veces**

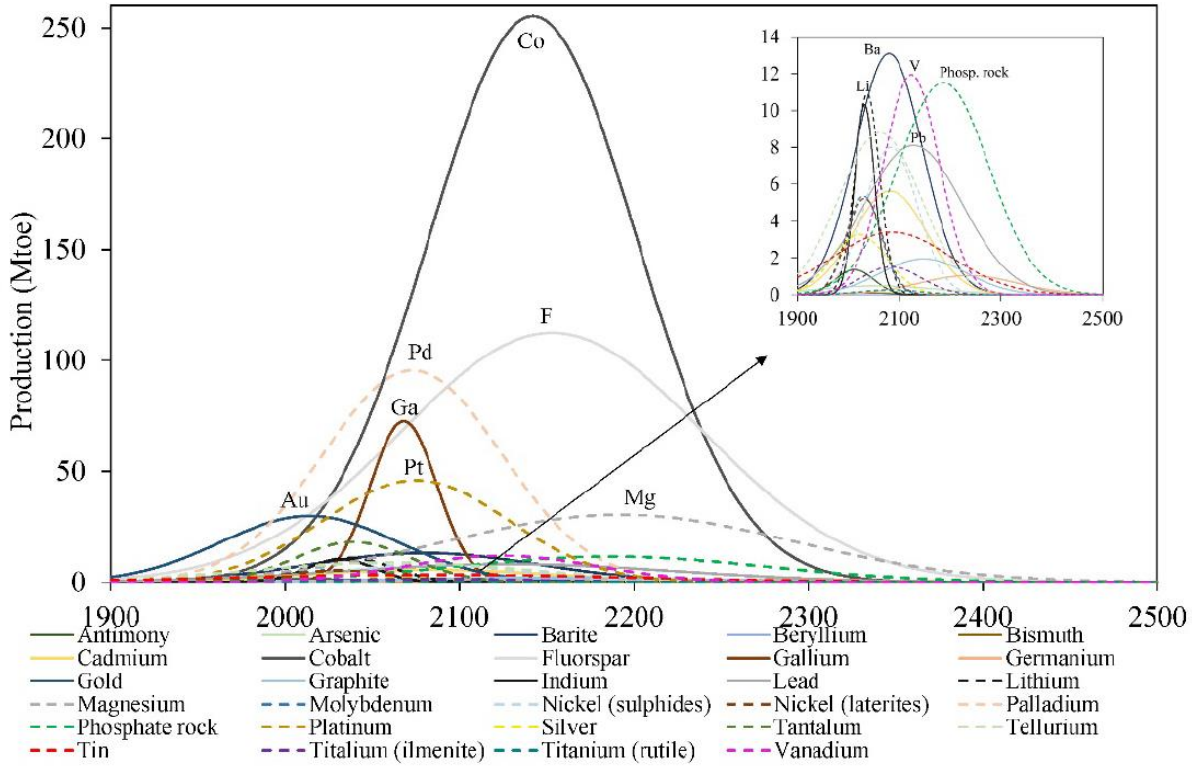
**Zinc (aceros, piezas metálicas,...): 0,8 veces**

**Ni (aceros, baterías,...): 1,2 veces!**

**Co (baterías, pigmentos, motores...): 1,56 veces!**

**Li (baterías): 1,93 veces!**

# Las minas se agotan



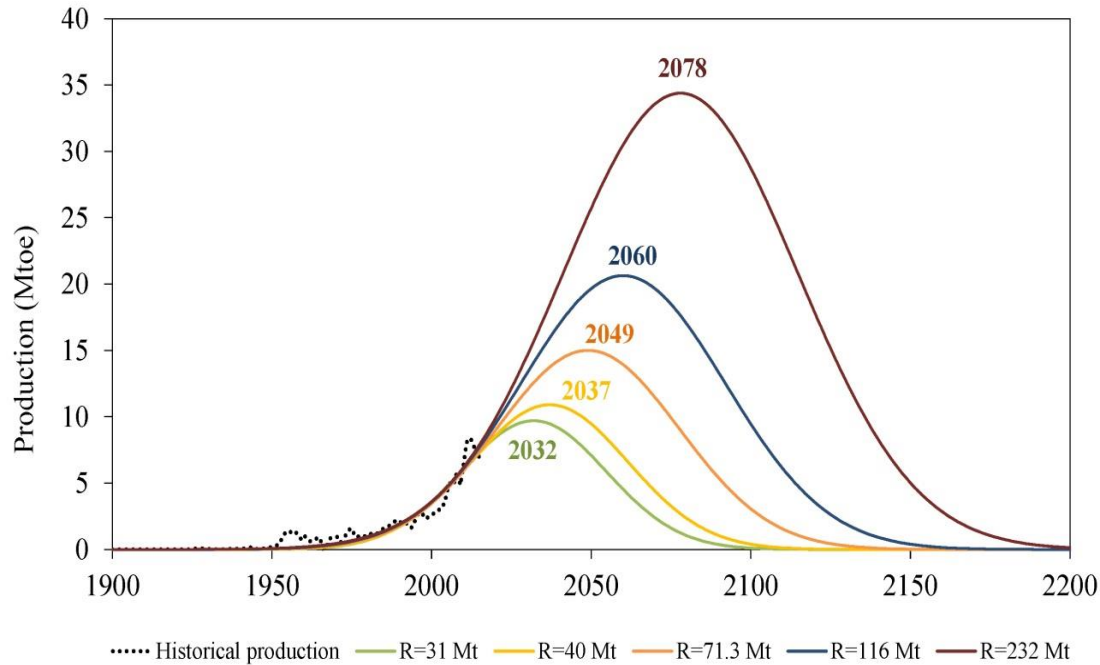
Fuente: Calvo, Valero and Valero. Assessing maximum production peak and resource availability of non-fuel mineral resources: Analyzing the influence of extractable global resources. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.06.009>

	Theoretical Data				Empirical Data
	Reserves Peak	\$R^2\$	W.R. Peak	\$R^2\$	Observed Peak
Mercury	1960	0.56	1965	0.18	1971
Tin	1979	0.53	1986	0.63	2007
Silver	1995	0.44	1999	0.52	-
Gold	1994	0.65	2001	0.74	2001
Antimony	1998	0.56	2006	0.64	-
Zirconium	2003	0.89	2006	0.89	-
Oil	2012	0.97	2027	0.97	2008 (2011)
Lithium	2015	0.86	2033	0.89	-
Nickel laterites	2017	0.98	2033	0.98	-
Nickel sulphides	2017	0.98	2033	0.98	-
Wolfram	2007	0.89	2036	0.87	-
Molybdenum	2018	0.95	2040	0.95	200
Bismuth	2015	0.87	2042	0.86	-
Tantalum	2034	0.85	2046	0.85	-
Rhenium	2022	0.95	2054	0.94	-
Uranium	2033	0.72	2061	0.70	200
Zinc	1999	0.92	2062	0.98	-
Copper	2012	0.95	2068	0.98	-
Natural gas	2024	1.00	2069	1.00	-
Ti-rutile	2028	0.89	2069	0.86	-
Cobalt	2042	0.87	2073	0.88	-
Cadmium	1996	0.98	2076	0.90	-
Phosphate rock	2031	0.92	2080	0.89	-
REE	2092	0.98	2104	0.98	-
Ti-ilmenite	2040	0.96	2082	0.96	-
Beryllium			2082	0.40	-
Aluminium	2050	0.98	2088	0.98	-
Lead	1989	0.82	2110	0.82	-
Iron	2040	0.91	2115	0.92	-
Manganese	2007	0.87	2119	0.81	-
Vanadium	2067	0.83	2129	0.83	-
Chromium	2015	0.96	2149	0.97	-
Coal	2059	0.95	2159	0.95	-
Arsenic	1971	0.29	2159	0.31	-
Potassium	2072	0.91	2272	0.88	-

El pico de los recursos podría alcanzarse antes de que acabe este siglo!

Fuente: A. Valero and A. Valero (2014). *Thanatia: the Destiny of the Earth's mineral resources*. World Scientific Publishing

# Ejemplo: litio – proyecciones de disponibilidad futura



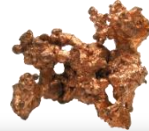
Fuente: Calvo, Valero and Valero. Assessing maximum production peak and resource availability of non-fuel mineral resources: Analyzing the influence of extractable global resources. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.06.009>

## Pico del litio según distintas estimaciones de recursos disponibles

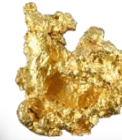
# Consumo energético total (GJ/t vs. ley)

La energía asociada a la minería (basada en combustibles fósiles) va a aumentar y con ello las emisiones!

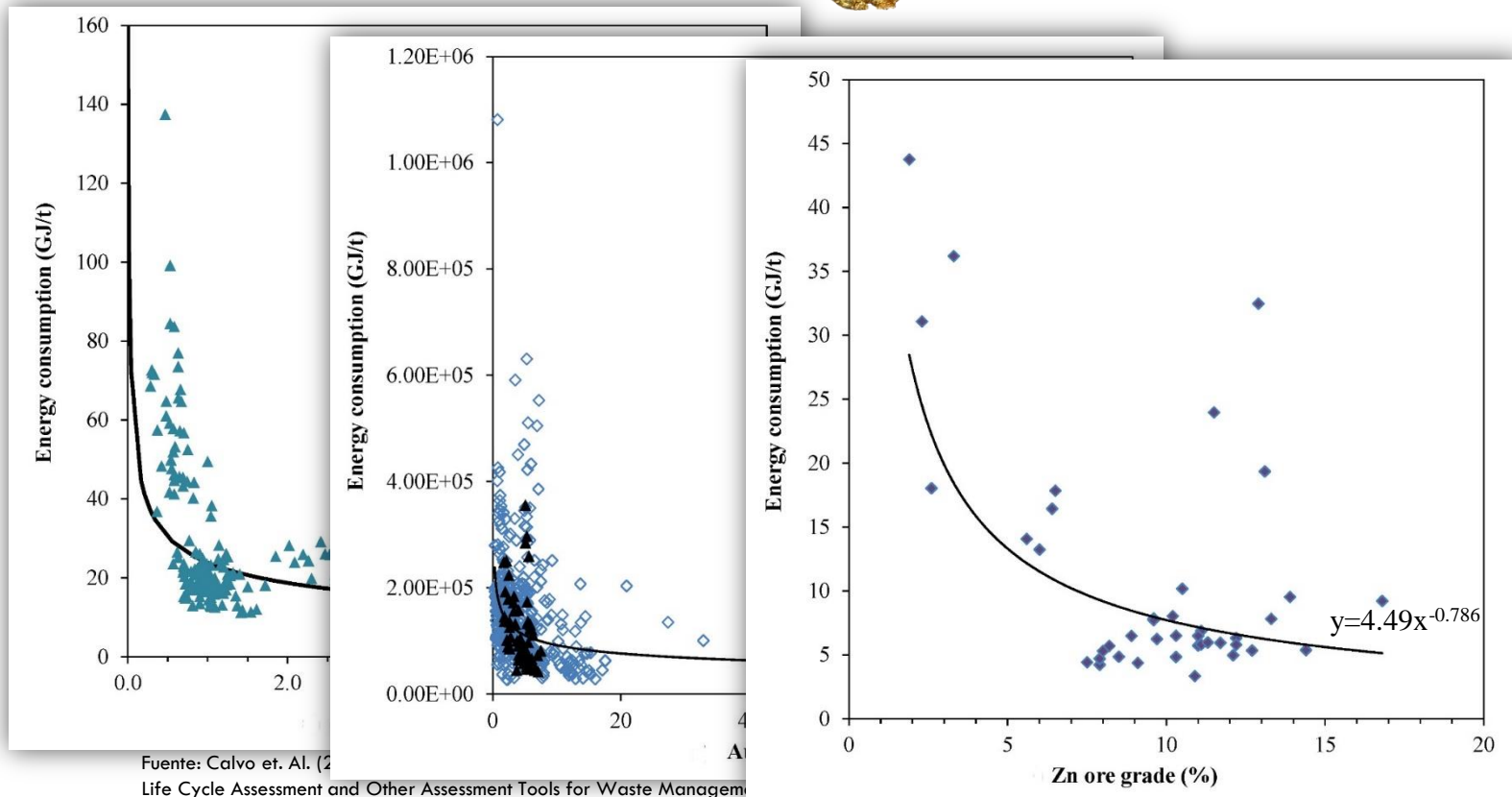
Cobre



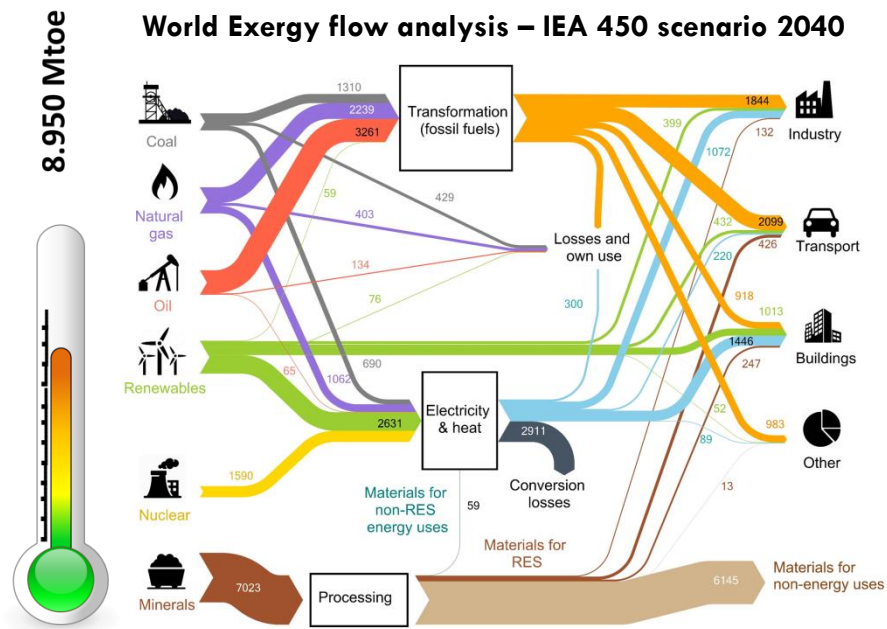
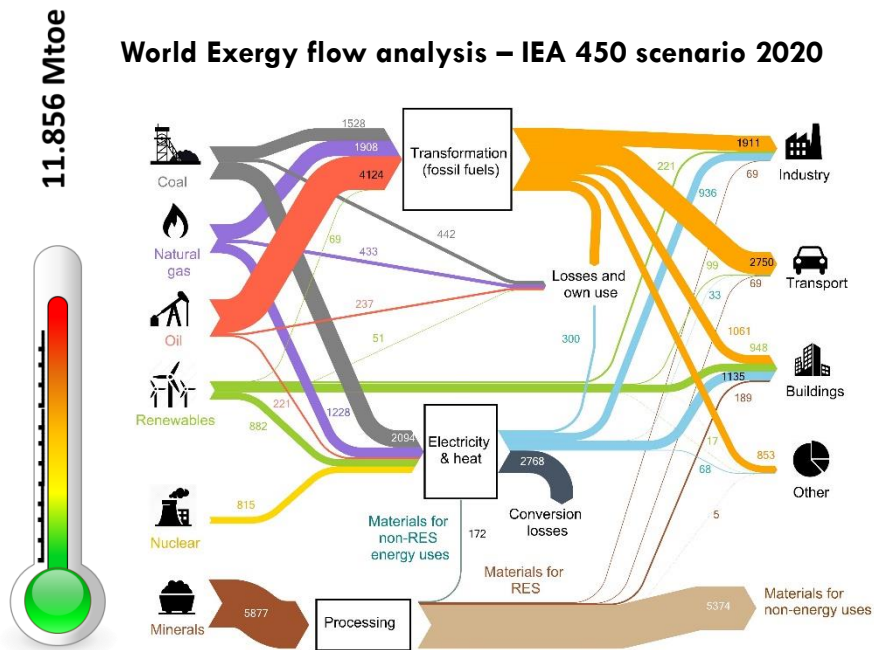
Oro



Cinc



# Análisis exergético de transición energética

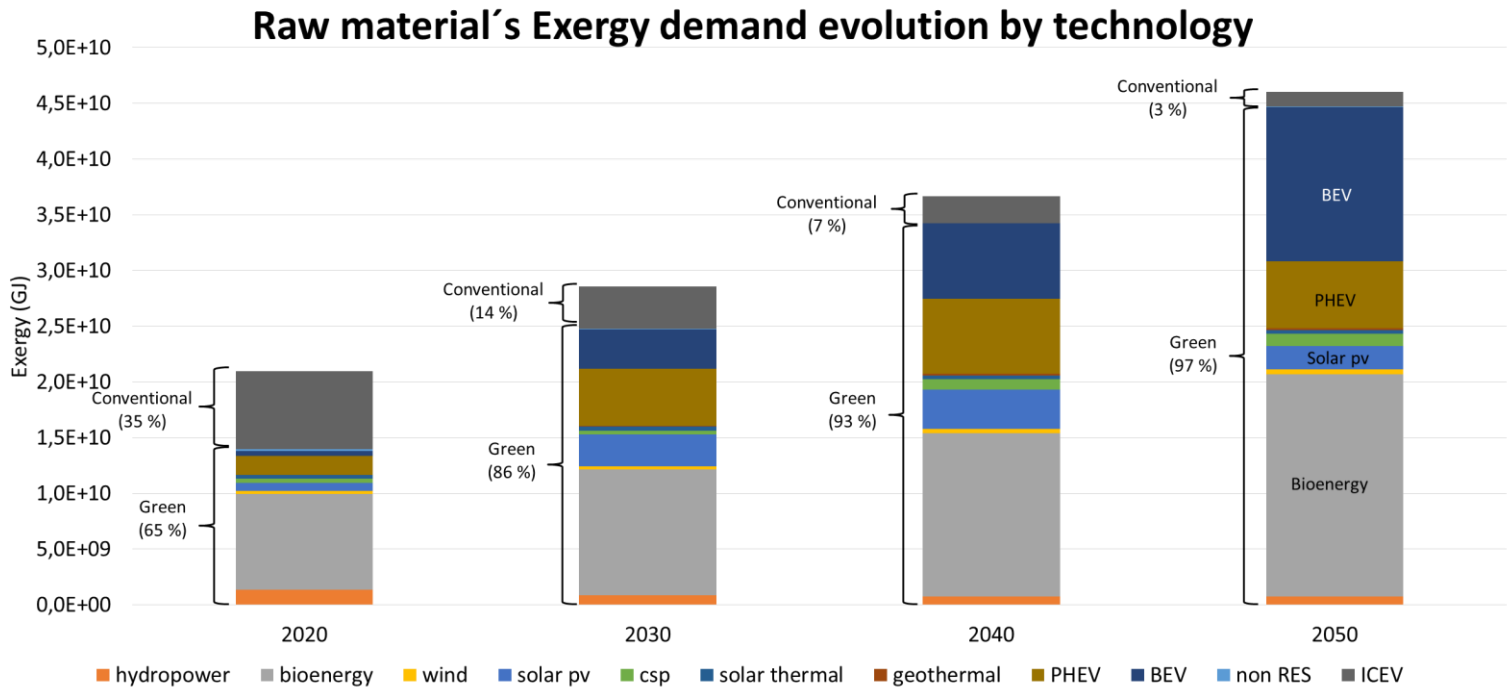


**-25% Exergía pero +16% minerales!**

Fuente: Al. Valero et al. (2017). An Exergy flow analysis of the Energy transition. Conferencia ECOS 2007. 2-7 Julio. San Diego.

# 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



# También la transición digital...

- Sum of rarity of elements

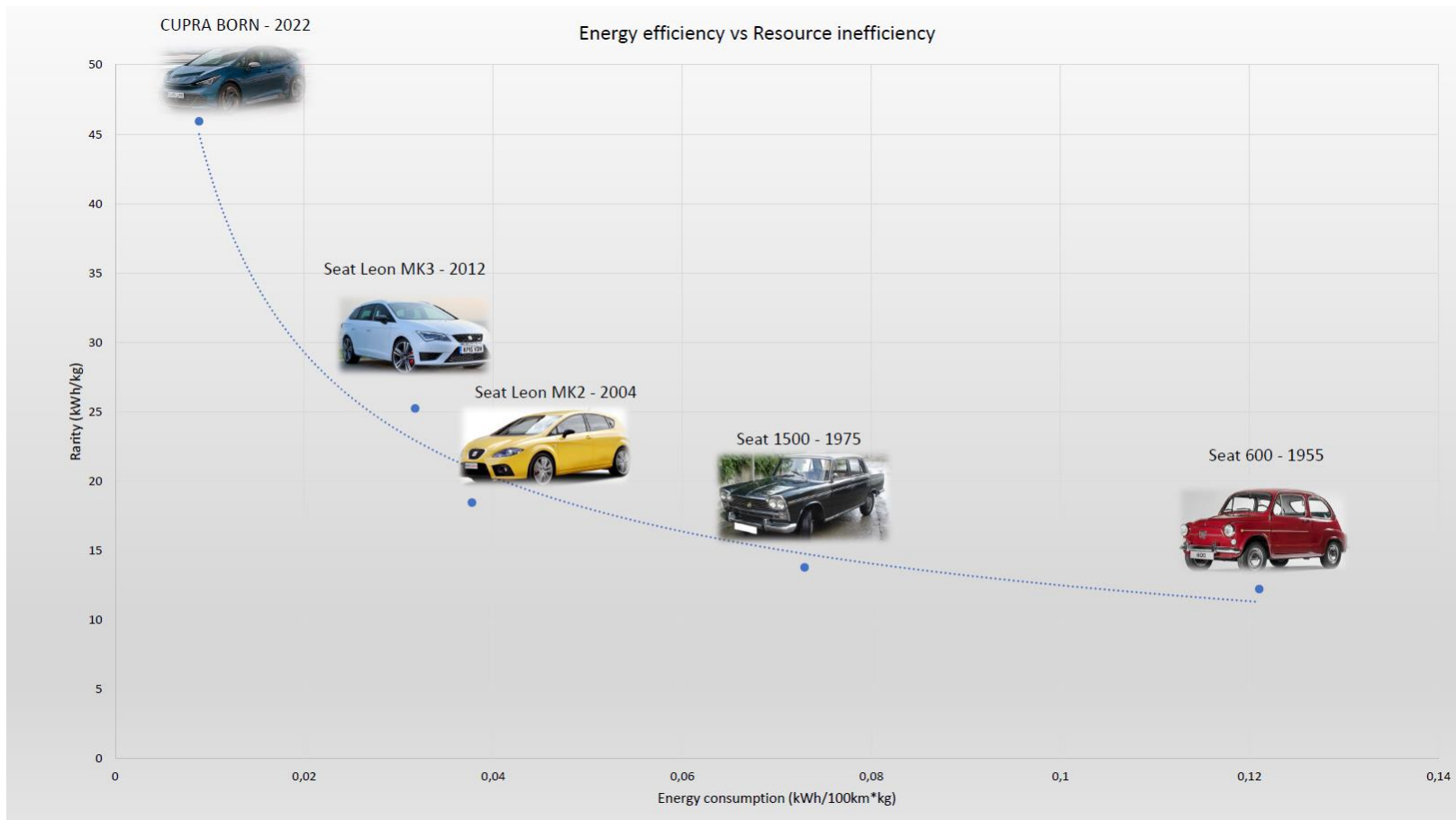


Source: Alicia Valero, Ricardo Magdalena, Sonia Ascaso, Fernando Círez, Abel Ortego and Guiomar Calvo. Ecocredit system for incentivizing the recycling of waste electric and electronic equipment based on a thermodynamic approach. [International Journal of Exergy 2021 Vol.35 No.1](https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJEX.2021.115090). <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJEX.2021.115090>



# Energéticamente más eficiente, pero ¿más sostenible?





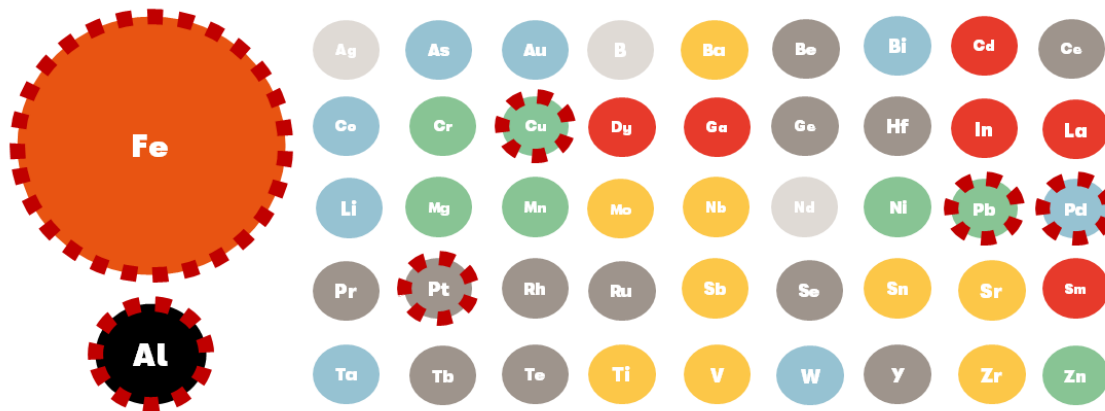
Fuente: elaboración propia

# EXCITE: EXergy approach to encourage Circular economy practices in vehicles

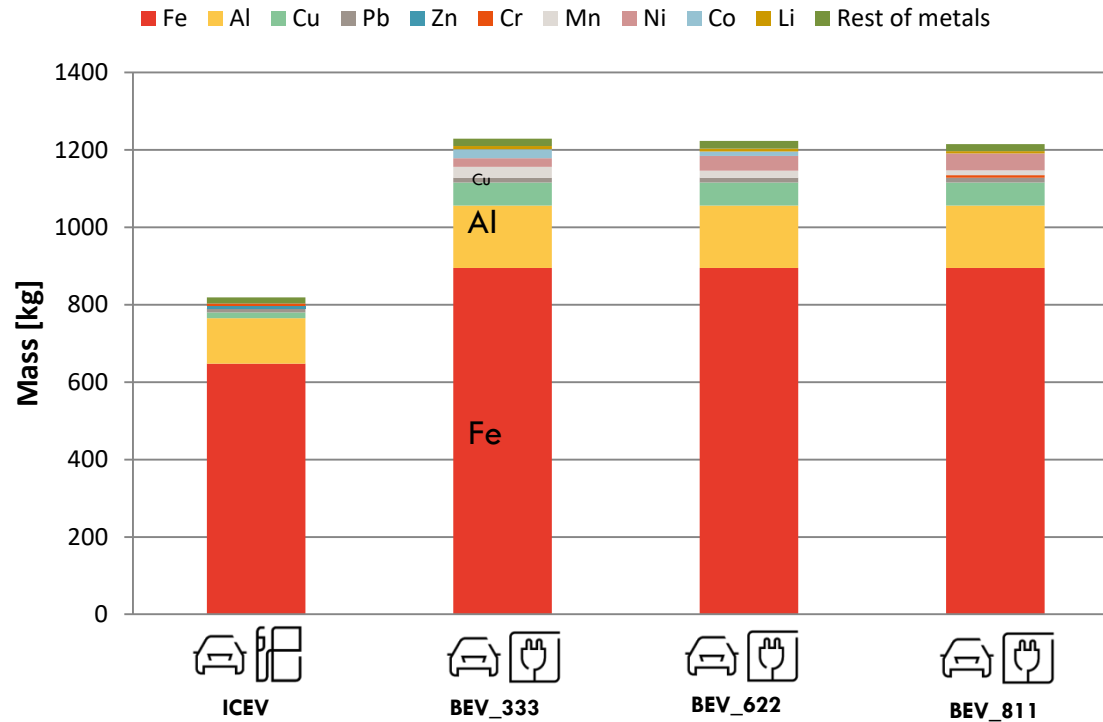
2018  
VW-SEAT  
Highlight  
project



Car metal content, recycling, sales, demand...

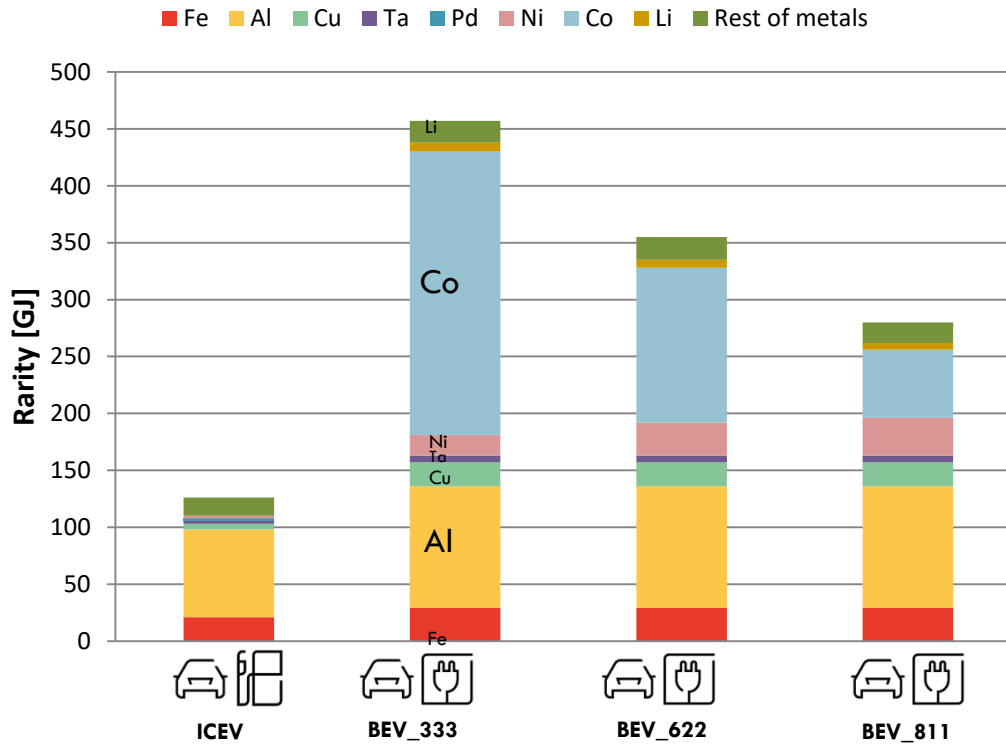


# Metals in terms of...Mass



Legislation:  
95% of the car  
needs to be  
recycled

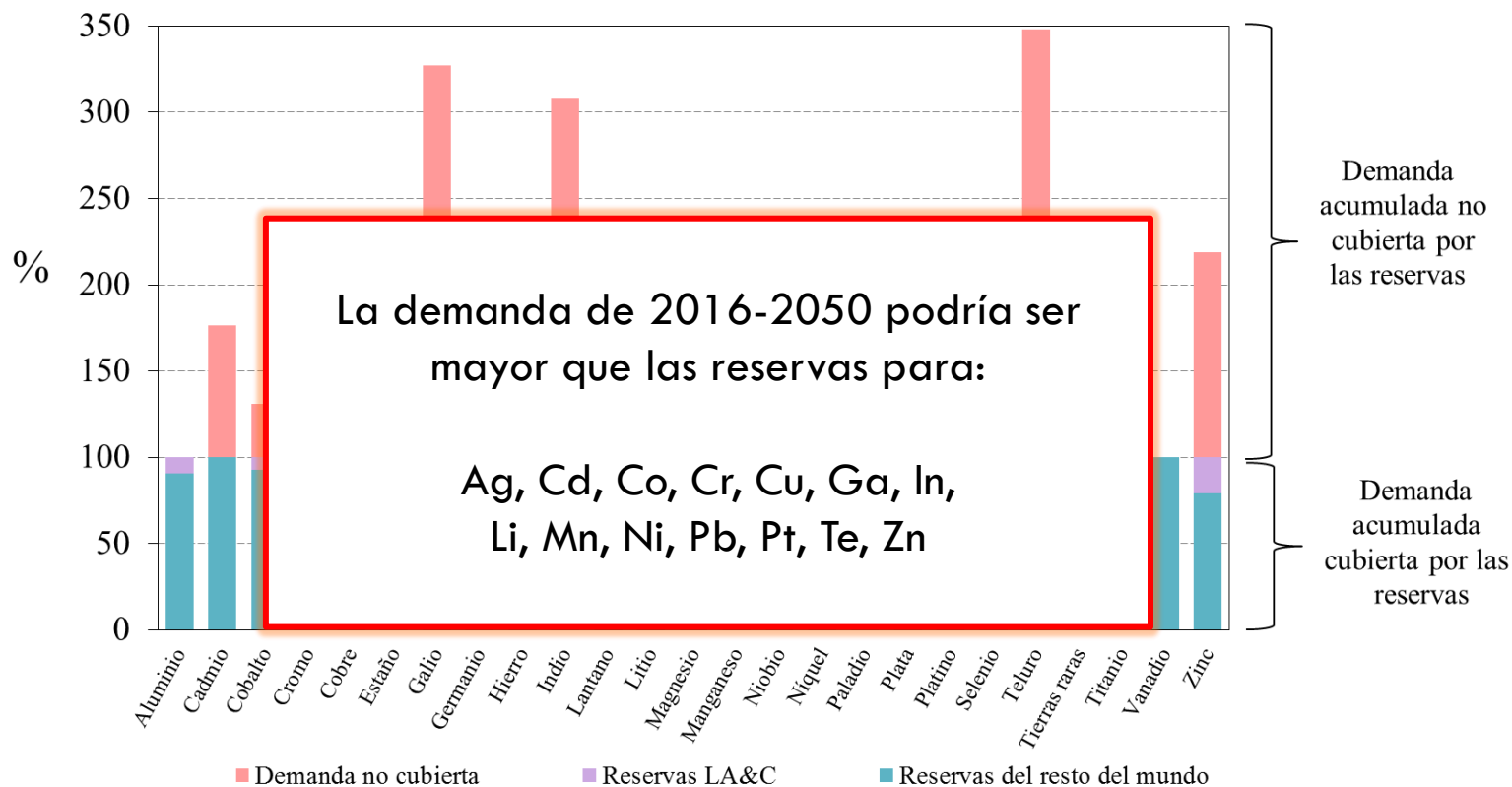
# Metals in terms of...Rarity



- With electrification this will become worse!

Source: Iglesias, M., Valero, A., Ortego, A., Villacampa, M., Vilaró, J.M., Villalba, G. Raw material use in a battery electric car—a thermodynamic rarity assessment. Resources, Conservation and Recycling, 2020, Volume 158, July 2020. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104820>

# Cuellos de Botella Minerales en la Transición Ecológica y Digital



Fuente: Elaborado a partir de Valero, A., Valero, A., Calvo, G., & Ortego, A. (2018). Material bottlenecks in the future development of green technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 93, 178-200.



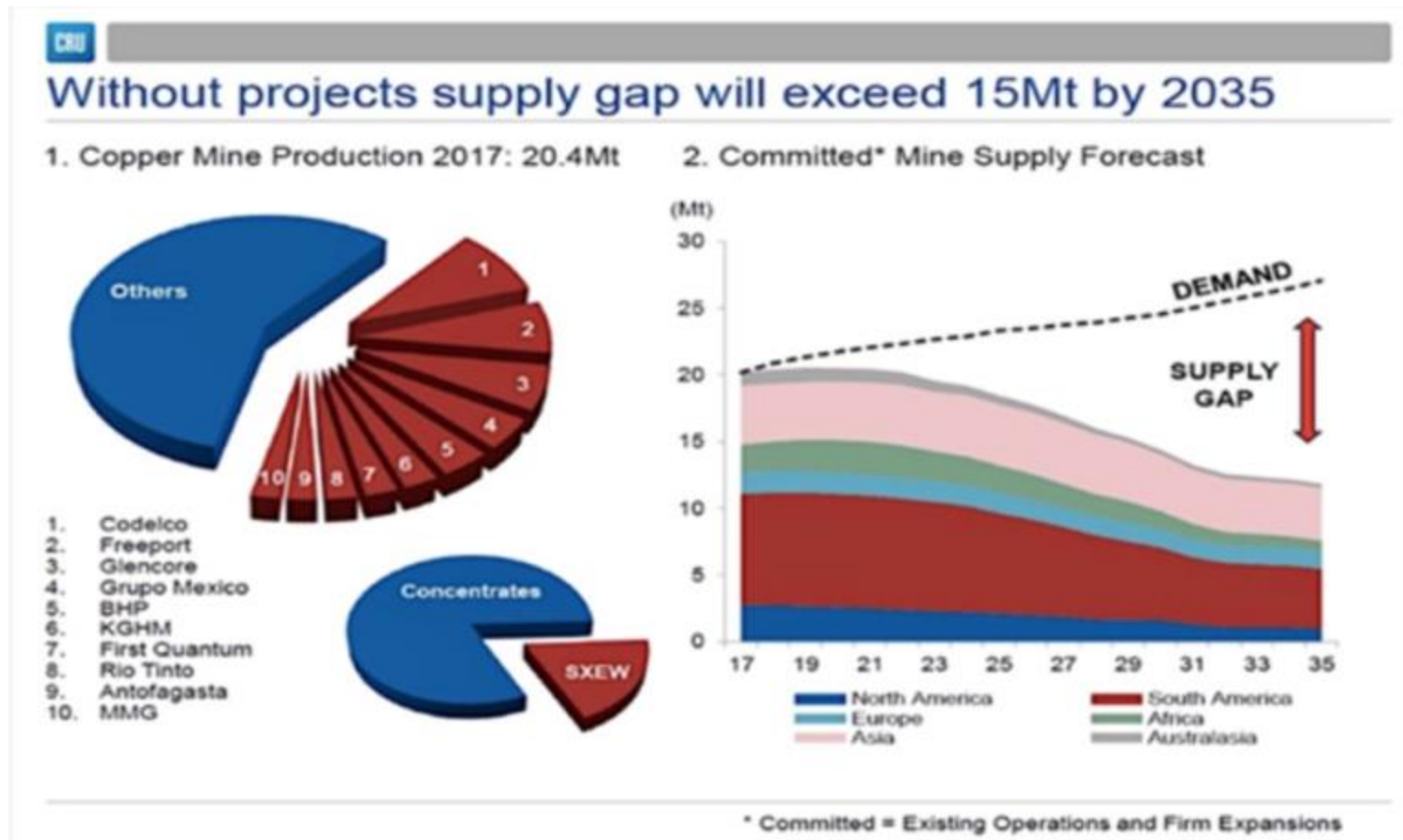
## El caso del cobre: Algunos datos

- 4 veces más de Cu en un BEV que en un ICE y 12 veces más en la eólica que una central térmica.
- Para 2035 se duplicará la demanda => Para cubrir las necesidades, se necesita descubrir 1 “Escondida” por año durante los próximos 20 años!
- China necesita el 50% de esta demanda y los nuevos descubrimientos los controla Asia.
- Los descubrimientos de nuevos yacimientos se han reducido dramáticamente en los últimos años (Pasaron de 50 Mt/año a 8Mt/año en 10 años!!).
- 80% de las nuevas reservas son por reclasificación de yacimientos. => pico en los próximos años



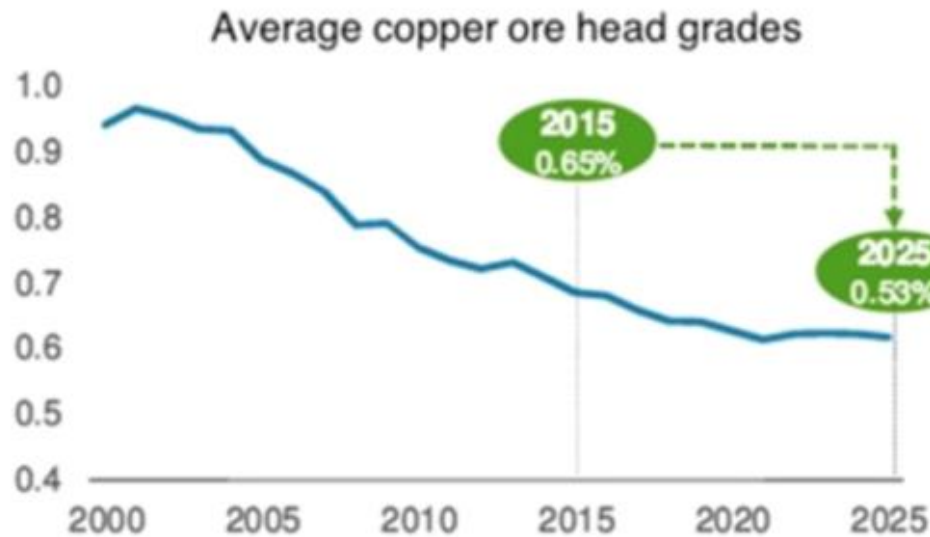
La Escondida: Mayor mina de Cu del mundo. Fuente: <https://camiper.com>

# El caso del cobre: Algunos datos



Fuente: <https://aheadoftheherd.com/copper-the-most-important-metal-were-running-short-of-richard-mills/>. Graph courtesy of Hamish Sampson, analyst at CRU's copper team

## El caso del cobre: Algunos datos



Fuente: <https://aheadoftheherd.com/copper-the-most-important-metal-were-running-short-of-richard-mills>

- Las mineras no cumplen con sus objetivos (aumento de costes por reducción de leyes y mayores costes energéticos).
- Déficit en 2021 del 2% => aumento del 25% precio.
- Costes de inversión: 4.000\$/ton (año 2000) a 44.000\$/ton hoy.
- Desconexión entre lo físico y lo financiero. (si el precio es bajo, no se invierte).
- Aun con aumentos de precios (a 10.000\$/t), no se espere que las reservas aumenten significativamente.

# La grave sequía que vive Chile pone en riesgo la producción de cobre en plena transición energética

- Chile está elaborando una nueva constitución que prevé mayores restricciones
- Se podría limitar el uso de agua dulce para la explotación de las minas
- Las mineras trabajan a contrarreloj para sustituir el agua dulce por salada

Aumentan las protestas  
Amenazas de nacionalización de minas y/o  
aumento de regalías

# Chalcobamba, la montaña rica en cobre que enfrenta a una gran minera china con unos jóvenes peruanos

Guillermo D. Olmo @BBCgolmo  
Corresponsal de BBC News Mundo en Perú

15 junio 2022



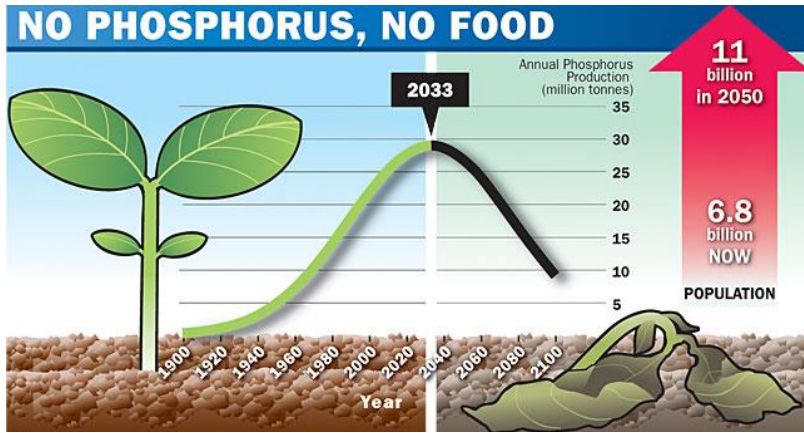
FLOR RUIZ

Romualdo Ochoa, en la cima desde la que vigilan la mina Las Bambas, a lo lejos.

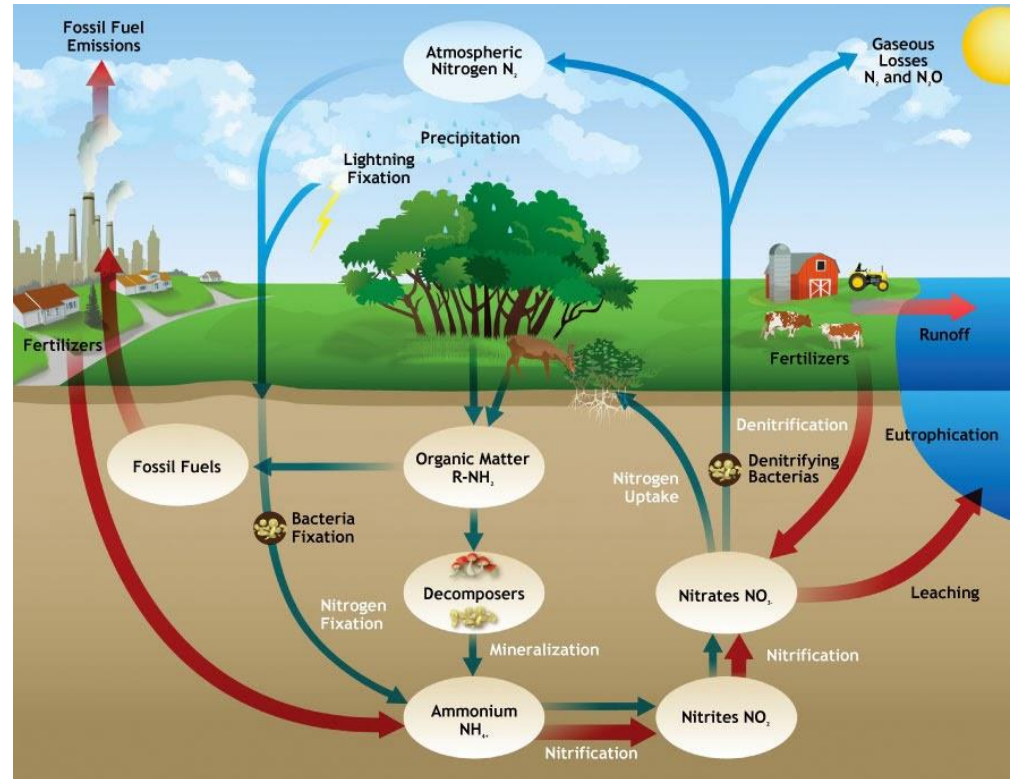
Sentado en el cerro Chalcobamba, a casi 4.700 metros de altura en los Andes peruanos, Romualdo Ochoa, líder de la comunidad indígena de Huanquire, proclama: "Hemos venido con nuestros animales para recuperar nuestras tierras".

Desde aquí arriba, donde los pocos forasteros que llegan suelen sucumbir al mal de altura, Ochoa divisa el estrecho valle en la región Apurímac en que su comunidad ha vivido durante siglos dedicada a las tareas del campo.

# El problema del fósforo y otros nutrientes



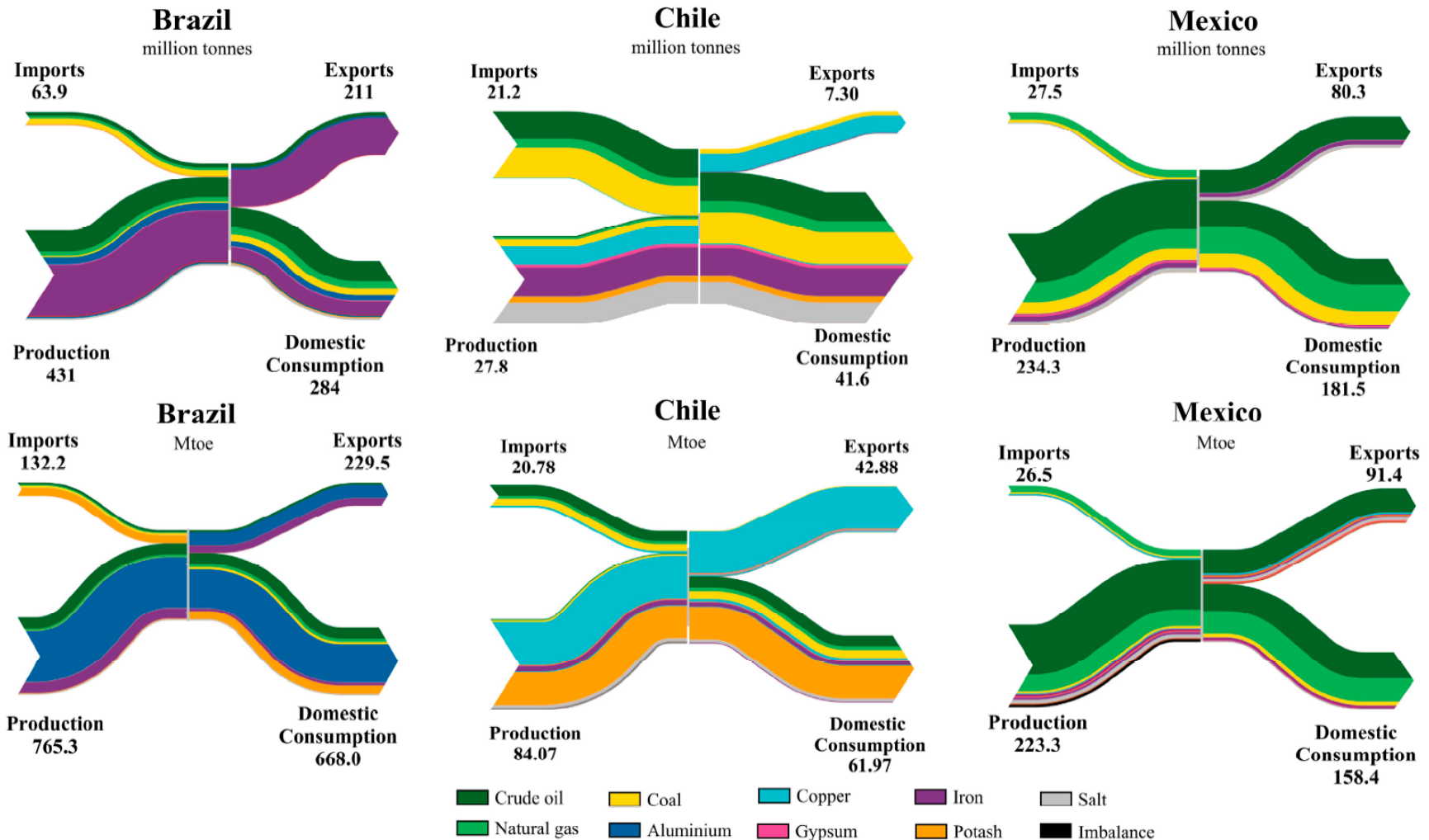
<http://www.rainharvest.co.za>



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

## Biocombustibles ¿renovables?

# Análisis de flujo de materiales en LA

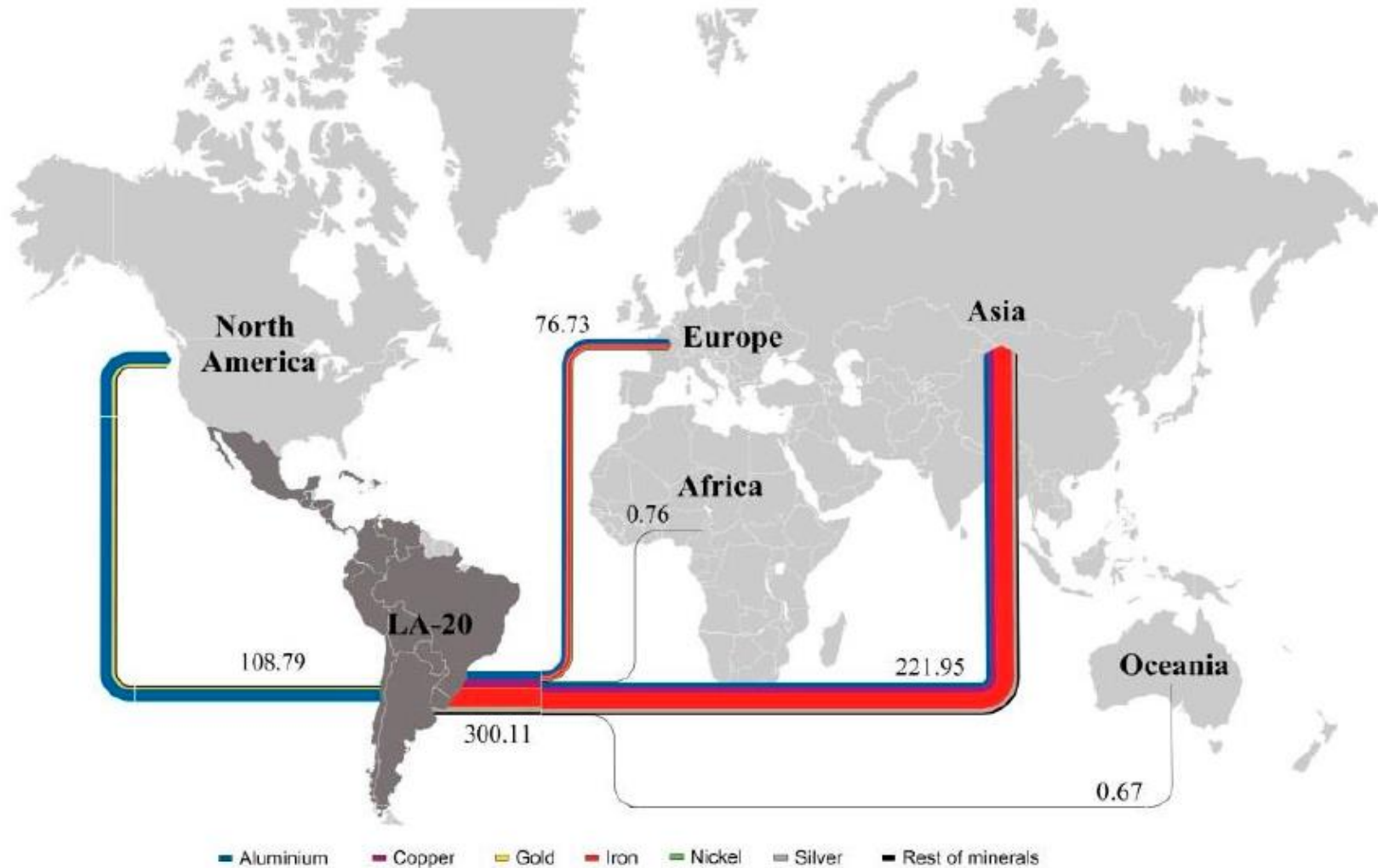


Source: Palacios, Calvo, Valero and Valero. (2018). Exergoecology Assessment of Mineral Exports from Latin America: Beyond a Tonnage Perspective. Sustainability. doi:10.3390/su10030723

# Análisis de flujo de materiales para Europa(2014)



# Exportaciones de MMPP desde LA en Mtoe (2013)





# Pérdida del capital mineral en LA-20



Country	Production Fuel Minerals (%)	Production Non-Fuel Minerals (%)	GDP extractive/total (%)	LBP/ GDP <sub>total</sub> (%)	UBP/ GDP <sub>total</sub>
LA-20	57.21	43.07	5.81	7.42	19.13

Electricity  
1.69x10<sup>3</sup>  
USD/Mtoe

Oil  
6.85x10<sup>8</sup>  
USD/Mtoe

revenues do not  
compensate LMW

Fuente: Thermodynamic loss of mineral wealth in Latin America. ECOS Conference. San Diego (2017)

Source: Palacios, Calvo, Valero and Valero. (2018). Exergoecology Assessment of Mineral Exports from Latin America: Beyond a Tonnage Perspective. Sustainability. doi:10.3390/su10030723

## Cambio radical de los modelos económicos

- **El PIB y otros indicadores económicos no tienen en cuenta a las futuras generaciones. Cuanto más escaso, mayor es la deuda hacia la Naturaleza.**




- **El capital mineral es un patrimonio natural de los que viven hoy pero también de los que nacerán. Debe valorarse de forma justa para crear un verdadero sentido de la conservación.**

## 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.
- Las minas más ricas se están agotando rápidamente.
- Tasas de reciclado muy bajas.

# Mejoras – aumentar tasas de reciclado

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

# Suenan las alarmas: Listado de materiales críticos

Materias primas fundamentales en 2020 (en negrita, las nuevas en comparación con la lista de 2017)		
Antimonio	Hafnio	Fósforo
Barita	Tierras raras pesadas	Escandio
Berilio	Tierras raras ligeras	Silicio metálico
Bismuto	Indio	Tantalio
Borato	Magnesio	Wolframio
Cobalto	Grafito natural	Vanadio
Carbón de coque	Caucho natural	<b>Bauxita</b>
Espato flúor	Niobio	<b>Litio</b>
Galio	Metales del grupo del platino	<b>Titanio</b>
Germanio	Fosforita	<b>Estroncio</b>

Fuente: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0474>

- Según la UE, para las baterías de los vehículos eléctricos y el almacenamiento de energía en 2030 la UE necesitará 18 veces más de litio y 5 veces más de cobalto.
- En 2050, 60 veces más de Li, 15 veces más de Co y 10 de tierras raras en imanes permanentes.

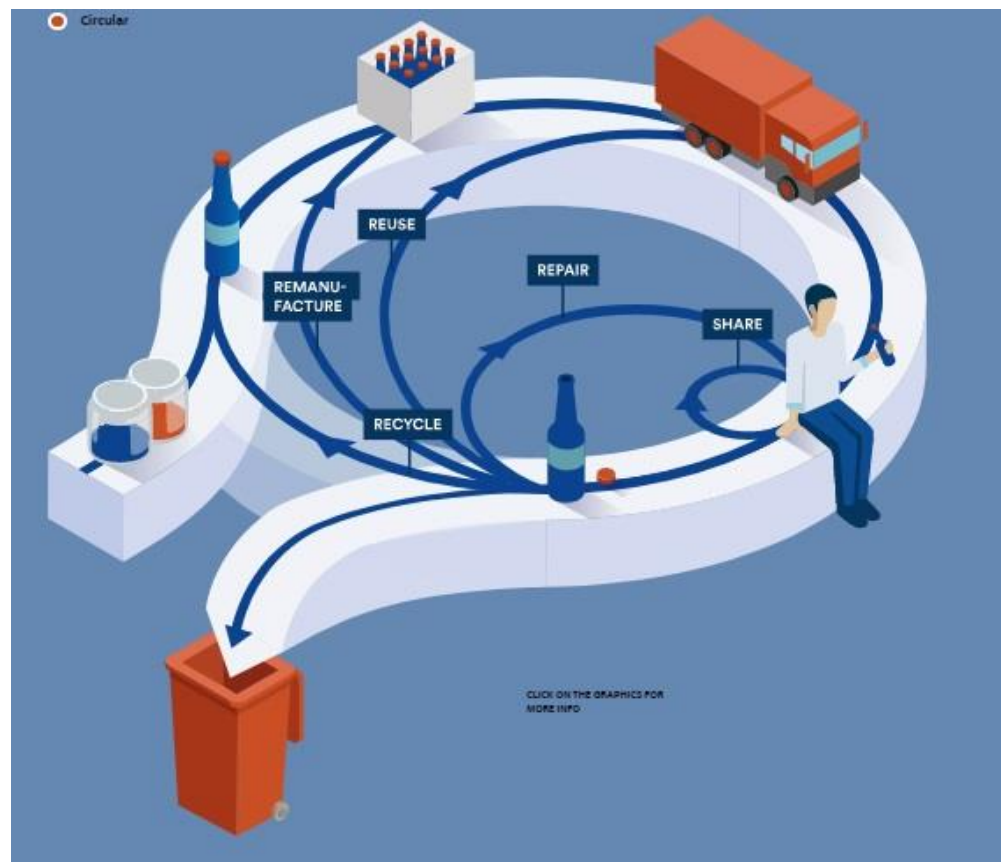
**Señal de alarma: falta de suministro de MMPP**



**Economía circular**

# **2. ¿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.

# 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.

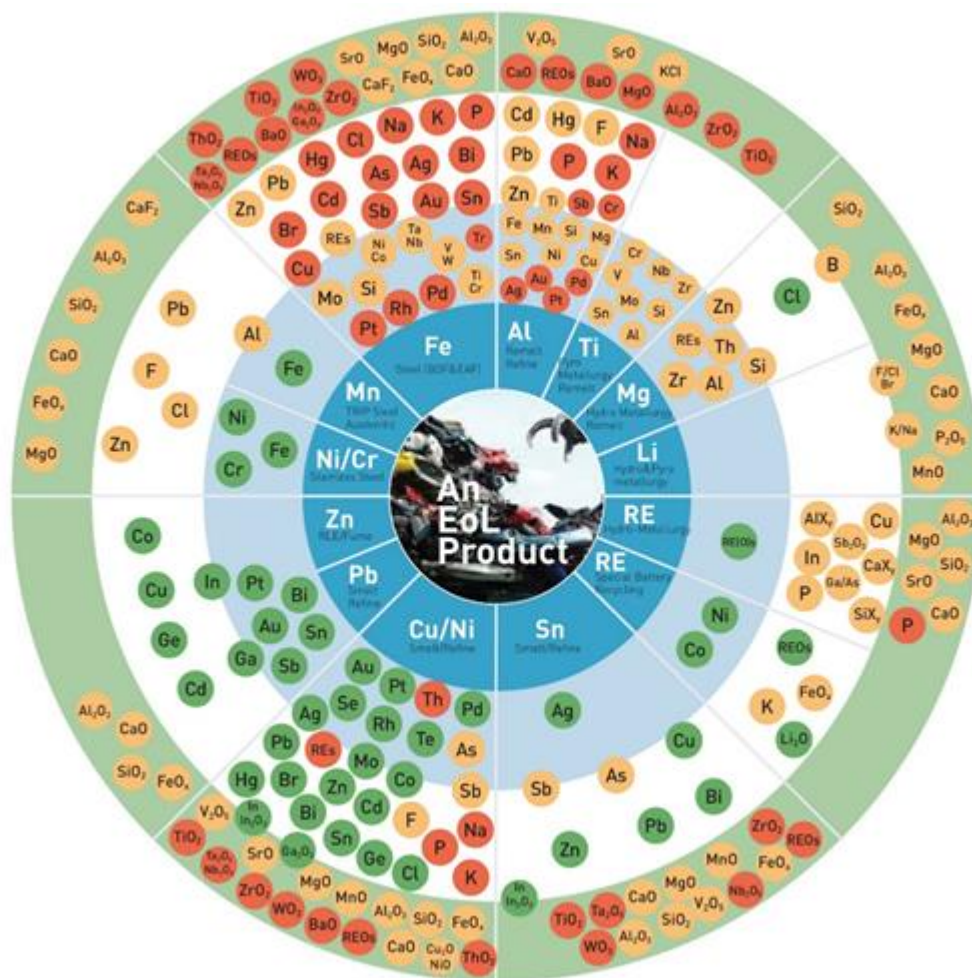
BY XIAOZHI LIM

## NEW HIGH-ENTROPY ALLOYS

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

# La mixología implica pérdidas irreversibles al final de la vida útil

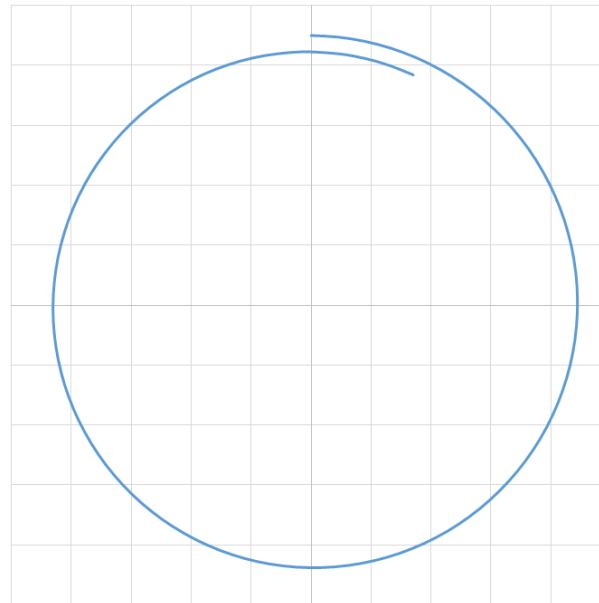
METAL WHEEL



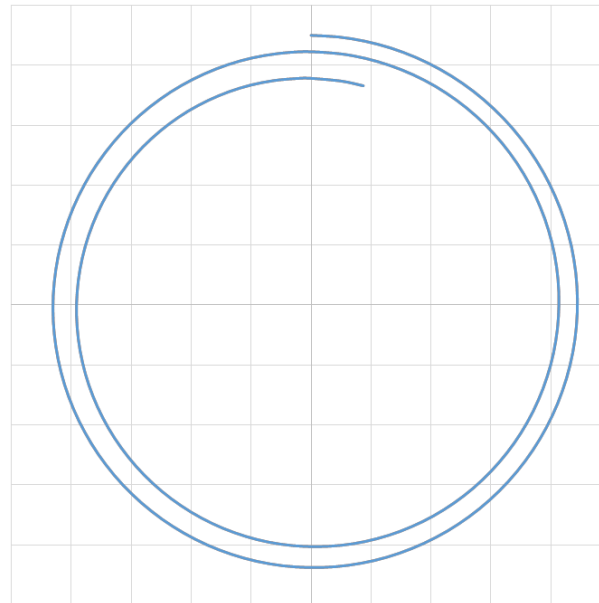
- **Society's Essential Carrier Metals: Primary Product**  
Extractive Metallurgy's Backbone (primary and recycling metallurgy). The metallurgy infrastructure makes a "closed" loop society and recycling possible.
- **Dissolves mainly in Carrier Metal if Metallic (Mainly to Pyrometallurgy)** Valuable elements recovered from these or lost (metallic, speiss, compounds or alloy in EoL also determines destination as also the metallurgical conditions in reactor).
- **Compounds Mainly to Dust, Slime, Speiss, Slag (Mainly to Hydrometallurgy)** Collector of valuable minor elements as oxides/sulphates etc. and mainly recovered in appropriate metallurgical infrastructure if economic (EoL material and reactor conditions also affect this).
- **Mainly to Benign Low Value Products** Low value but inevitable part of society and materials processing. A sink for metals and loss from system as oxides and other compounds. Comply with strict environmental legislation.
- **Mainly Recovered Element** Compatible with Carrier Metal as alloying Element or that can be recovered in subsequent Processing.
- **Mainly Element in Alloy or Compound in Oxidic Product, probably Lost** With possible functionality, not detrimental to Carrier Metal or product (if refractory metals as oxidic in EoL product then to slag/slag also intermediate product for cement etc.).
- **Mainly Element Lost, not always compatible with Carrier Metal or Product** Detrimental to properties and cannot be economically recovered from e.g. slag unless e.g. iron is a collector and goes to further processing.

Source: E. Verhoef, G. Dijkema and REUTER, M.A. Reuter (2004): Process knowledge, system dynamics and metal ecology. – Journal of Industrial Ecology, 8, 1-2: 23-43.

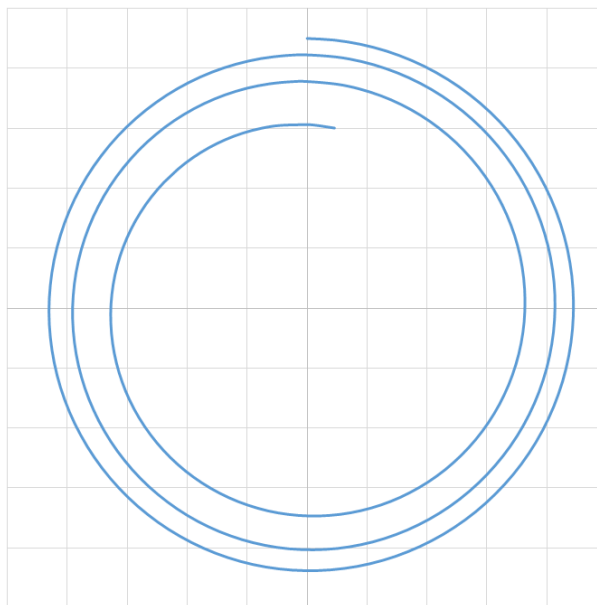
# Primer Ciclo de la Economía Espiral



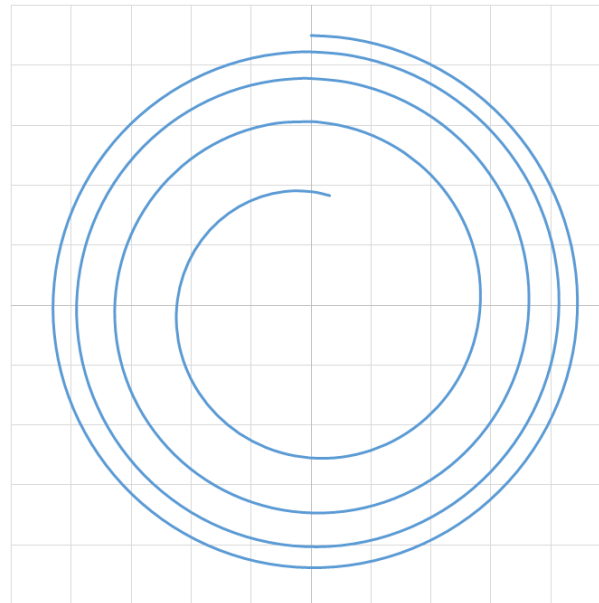
## Segundo Ciclo de la Economía Espiral



## Tercer Ciclo de la Economía Espiral

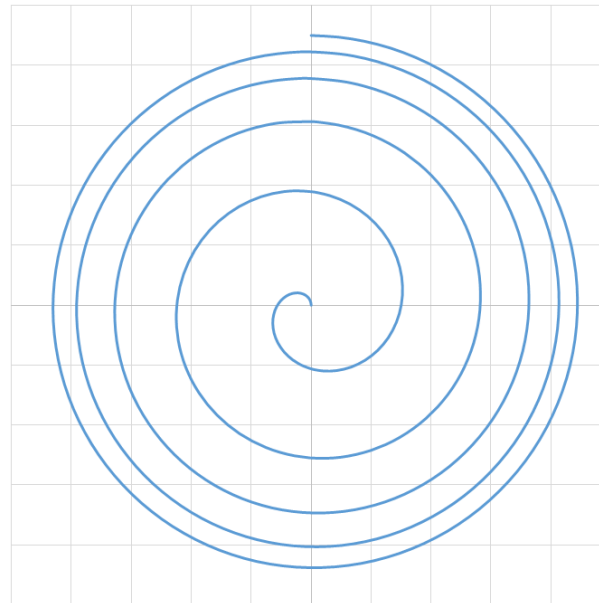


# Cuarto Ciclo de la Economía Espiral

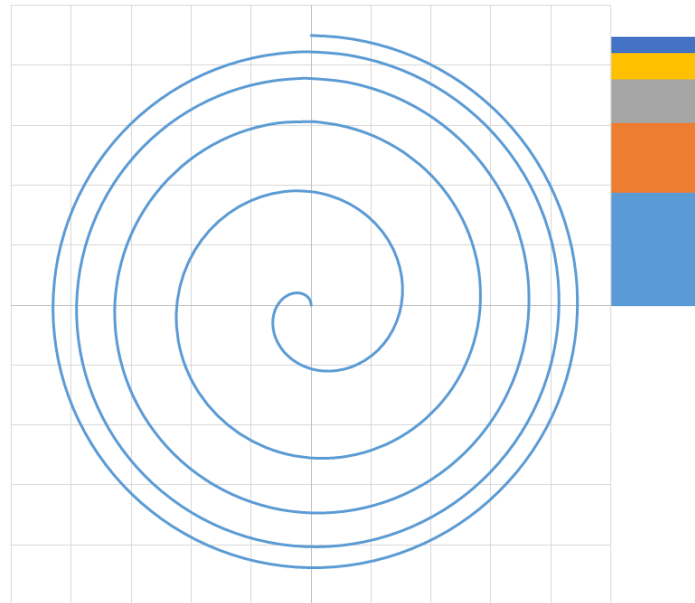




# Quinto Ciclo de la Economía Espiral

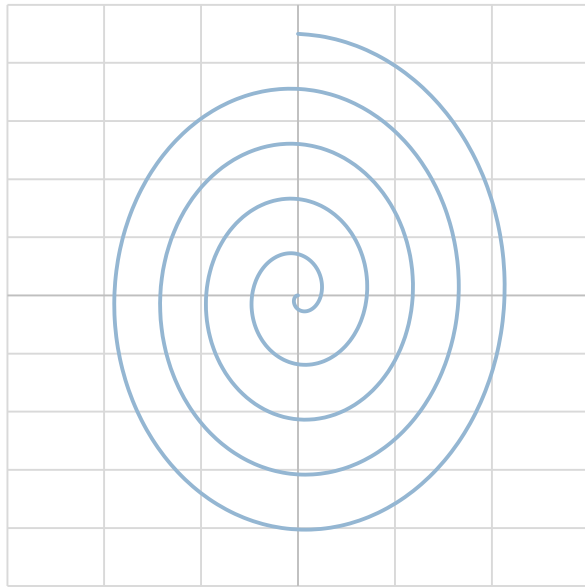


# Degradación creciente en la Economía Espiral

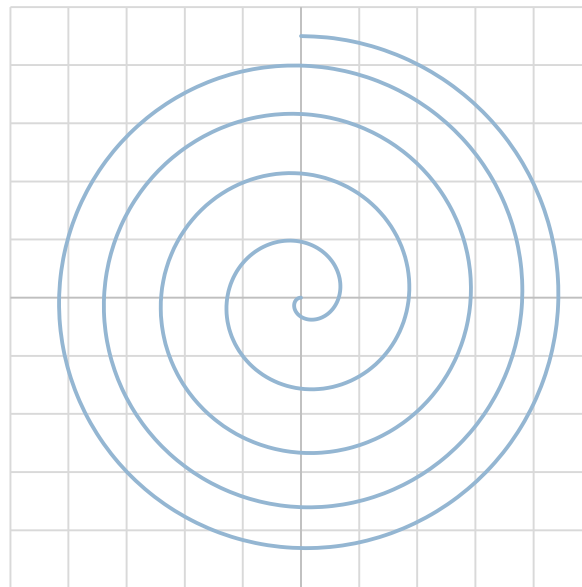


Aceleración exponencial:  $R=R_0-a*b^t$

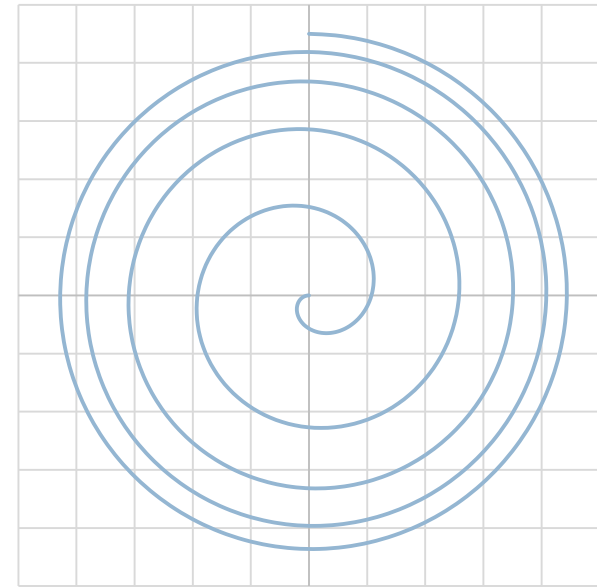
# Degradación creciente en la Economía Espiral



$$R(t) = R_0 - \alpha * t$$

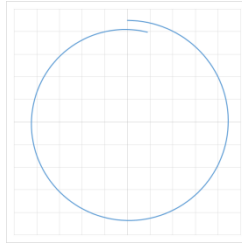


$$R(t) = R_0 - \alpha * t^b$$

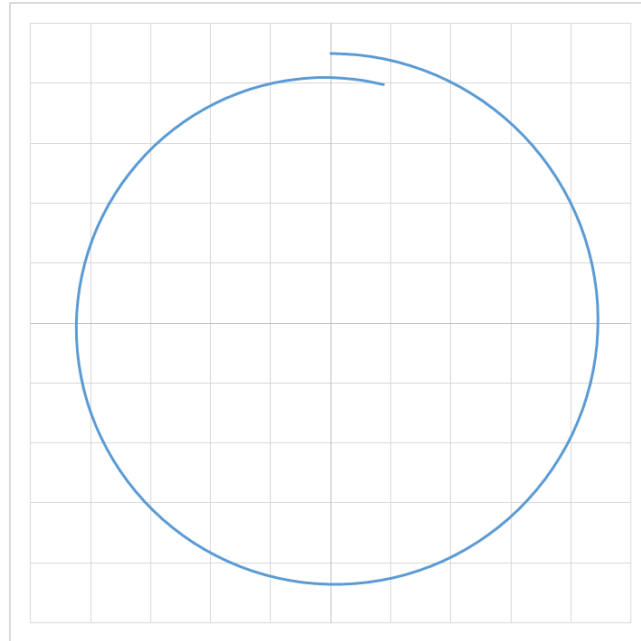


$$R(t) = R_0 - \alpha * b^t$$

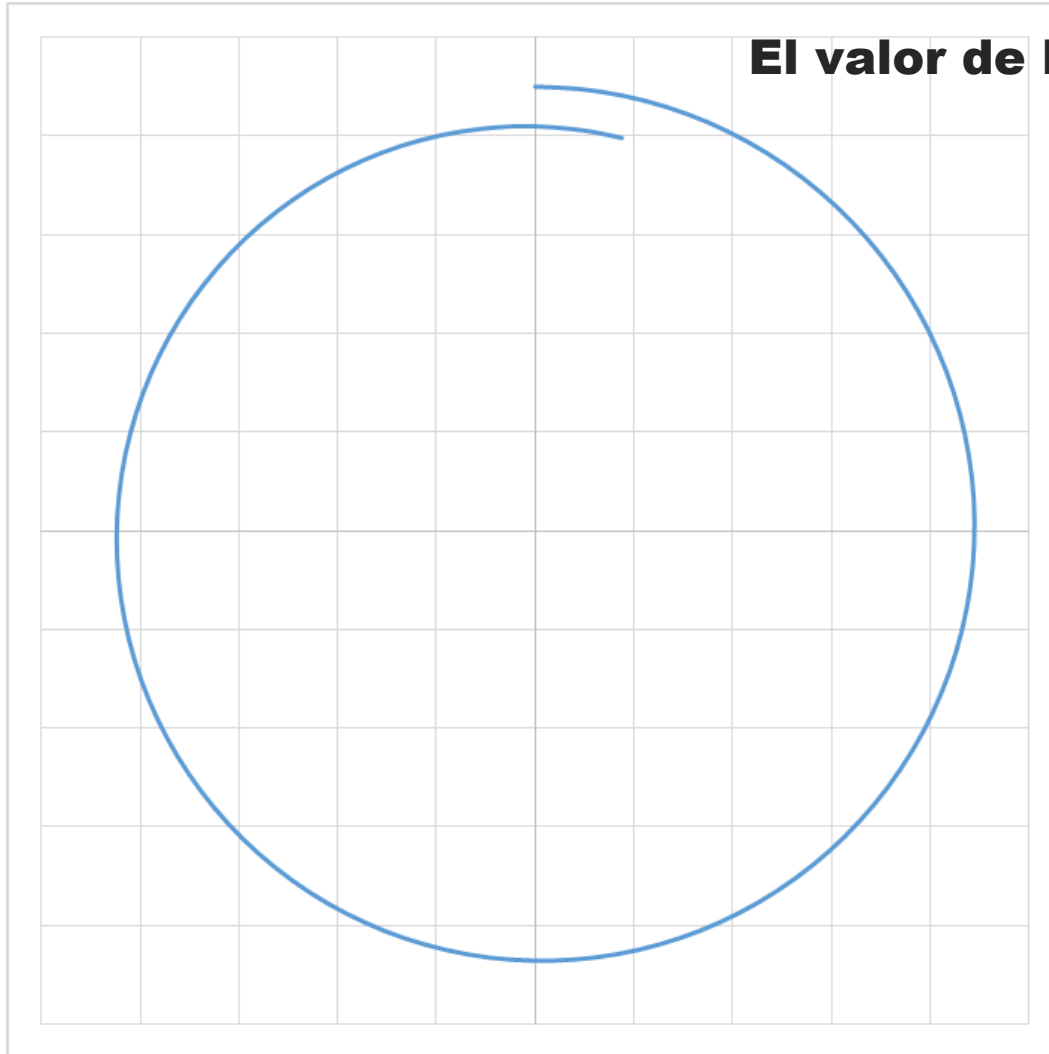
# El valor de la durabilidad



# El valor de la durabilidad



## El valor de la durabilidad

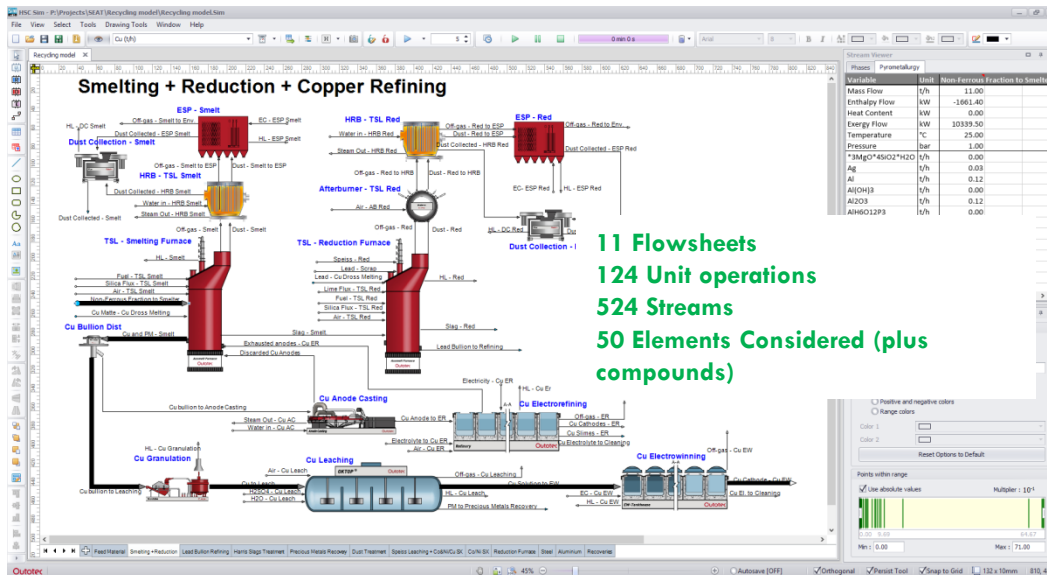


# Metalurgia del reciclado

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!

# Análisis de reciclabilidad

## Ejemplo: Flujo de minerales no férricos



- Metales mayormente recuperados (>90%):
  - Metales preciosos: Ag, Au, PGMs.
  - Metales primarios: Cu, Co, Ni, Pb and Zn.
  - Bi, Cd, Sb, Se, Te.
- Otros metals (>50%):
  - Ge, In, Sn.
- Metales perdidos (en escorias):
  - Al, B, Ba, Cr, Fe, Ga, Mg, Mn, Mo, Nb, P, Si, Sr, Ti, V, W, Y, Zr.
  - REEs.
  - Li, Ta.



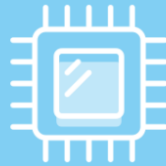


# ¿Cómo hacer un coche más.... circular?



TREASURE

<https://www.treasureproject.eu>



Garantizar un uso sostenible de las materias primas en el sector del automóvil



Aplicar criterios de economía circular al sector del automóvil



Mejorar el rendimiento económico, social y medioambiental del sector



Crear nuevas cadenas de suministro en torno al fin de vida del vehículo

# 3. REFLEXIONES FINALES

# REFLEXIONES GENERALES

# Conclusiones generales

- La transición energética está limitada por la disponibilidad de materias primas cada vez más escasas.
- La transición energética debe ir de la mano de la “economía circular”. Los residuos no son problemas, sino oportunidades!!
- Pero existen límites termodinámicos. Fomentar el ecodiseño para reducir pérdidas. Evitar mezclar!!
- A pesar de ello. Aún estamos lejos de alcanzar una “economía espiral” efectiva.

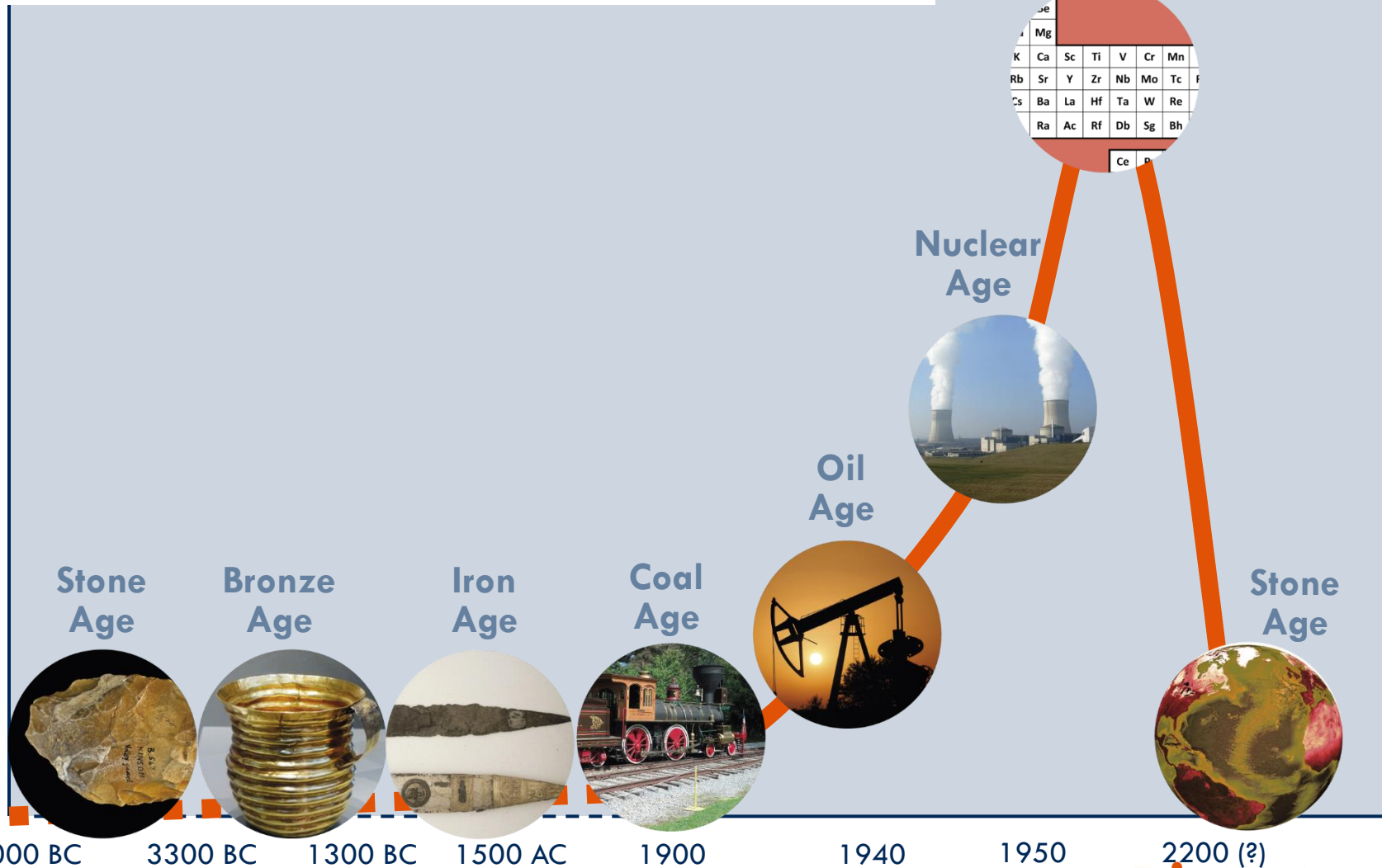
# Conclusiones generales

- Es imposible alcanzar el 100% del reciclado de los materiales=> si la demanda aumenta o se mantiene constante, siempre se necesitará la minería (Efecto Nimby).
- Latinoamérica jugará un papel relevante en el suministro de materias primas esenciales.
- En un planeta finito, no caben deseos infinitos => Se necesita reducir drásticamente el consumo.



# Las edades del hombre

Material intensity



Periodic Table Age

	Mg						
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	F
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	
	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	
					Ce	P	

Nuclear Age



Oil Age



Stone Age



Years 10000 BC 3300 BC 1300 BC 1500 AC 1900 1940 1950 2200 (?)

# Sede de CIRCE– Campus Río Ebro - Zaragoza

GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN

