



Los límites materiales de la Energía

12 de julio de 2017

Ciclo de conferencias GRES

Alicia Valero

Jeremy Rifkin y María Graça Carvalho:

“Todas las decisiones económicas y políticas, que se adopten en el transcurso del próximo medio siglo, se verán condicionadas y supeditadas al coste creciente de la energía procedente de los combustibles fósiles y al deterioro paulatino del clima y la ecología terrestre”

“Los tres pilares fundamentales, son las energía renovables, la tecnología de almacenamiento y las redes eléctricas inteligentes.

Las TIC's y las EERR y EE están convergiendo hacia

Un nuevo mundo descarbonizado y descentralizado



Nuevos materiales para la Economía "Verde"

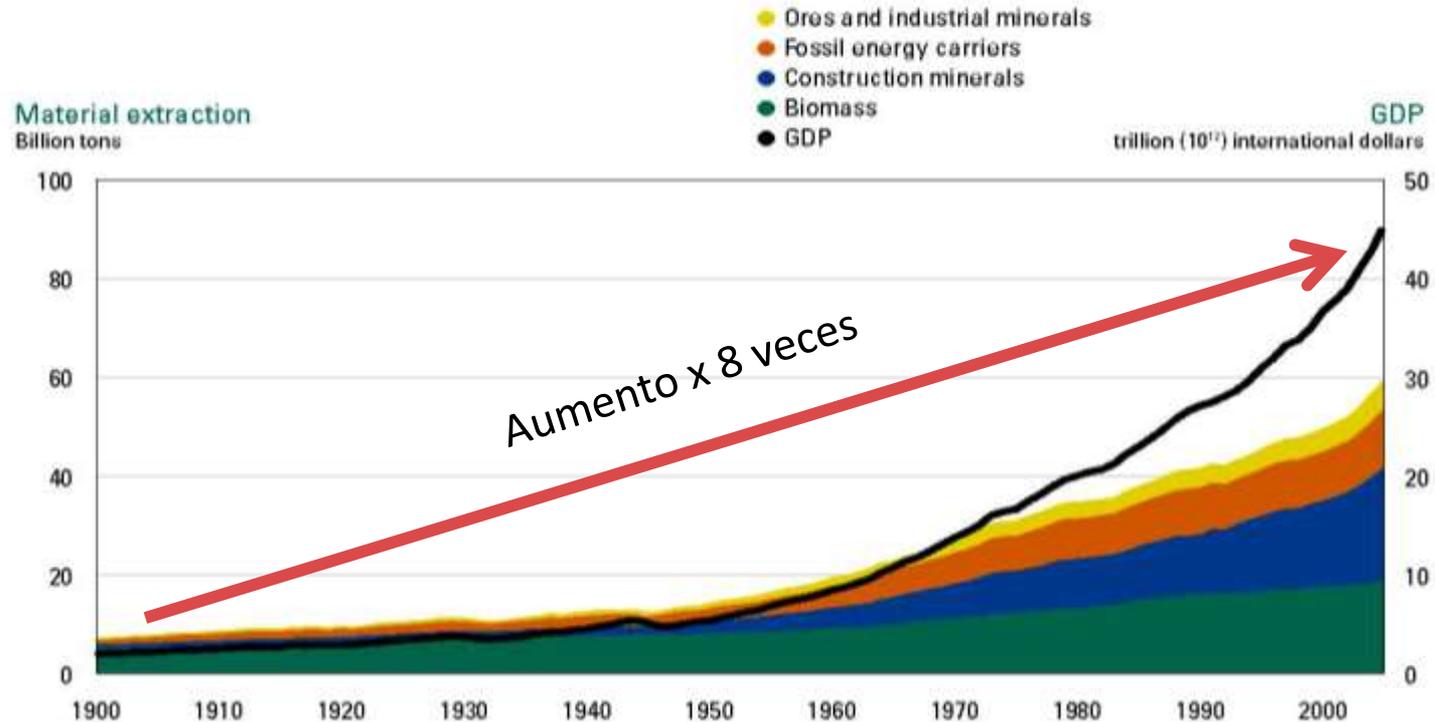


Economía Verde o economía multicolor?

- **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**

Aumento exponencial de la extracción mineral

Global material extraction in billion tons, 1900–2005



Krausmann, F.; Gingrich, S.; Eisenmenger, N.; Erb, K.H.; Haberl, H.; Fischer-Kowalski, M. Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecological Economics* 2009, 68, 2696-2705.

Producción de cobre se duplica cada 25 años

Consumo energético total (GJ/t vs. ley)

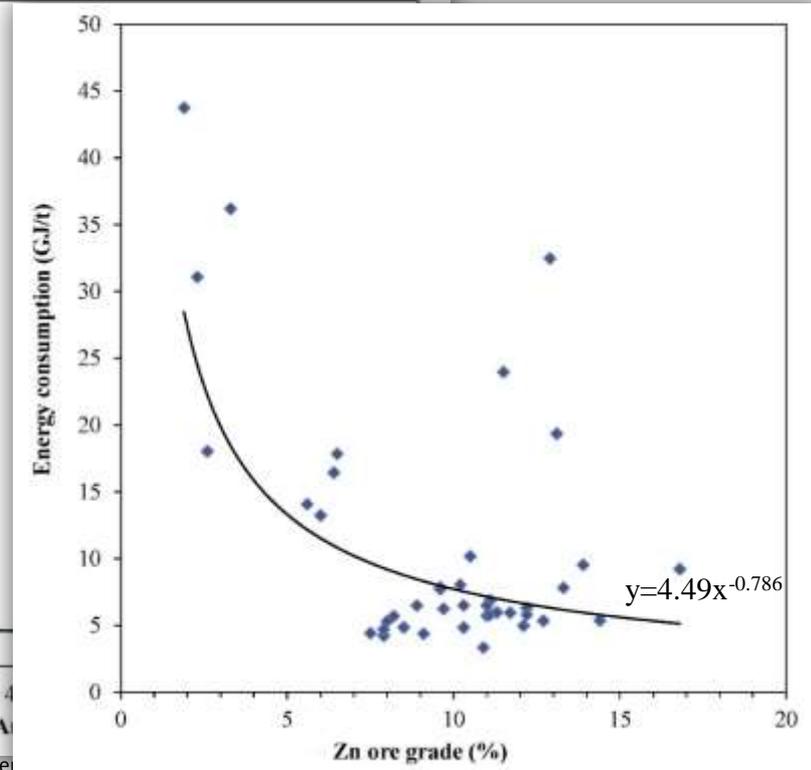
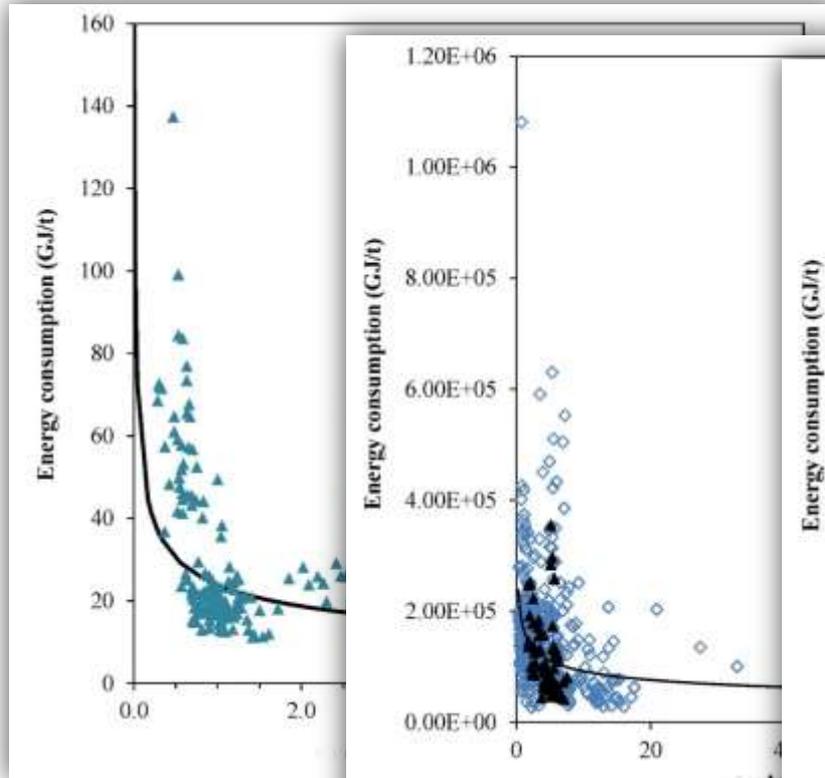
Cobre



Oro

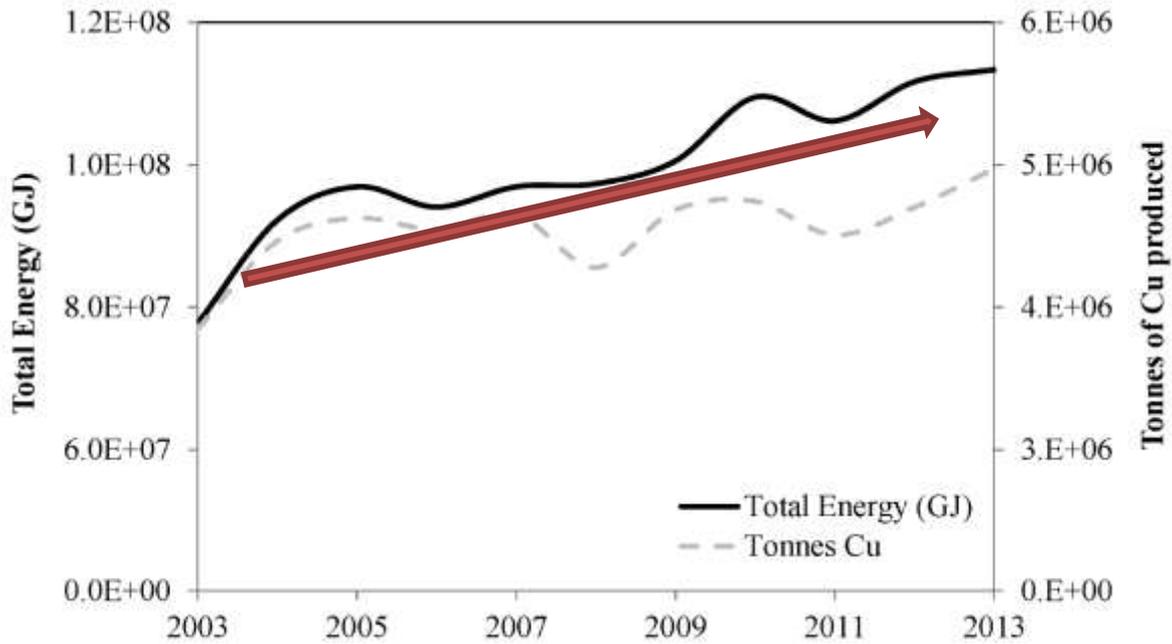


Cinc



Fuente: Calvo et. Al. ()
Life Cycle Assessment and Other Assessment Tools for Waste Manage

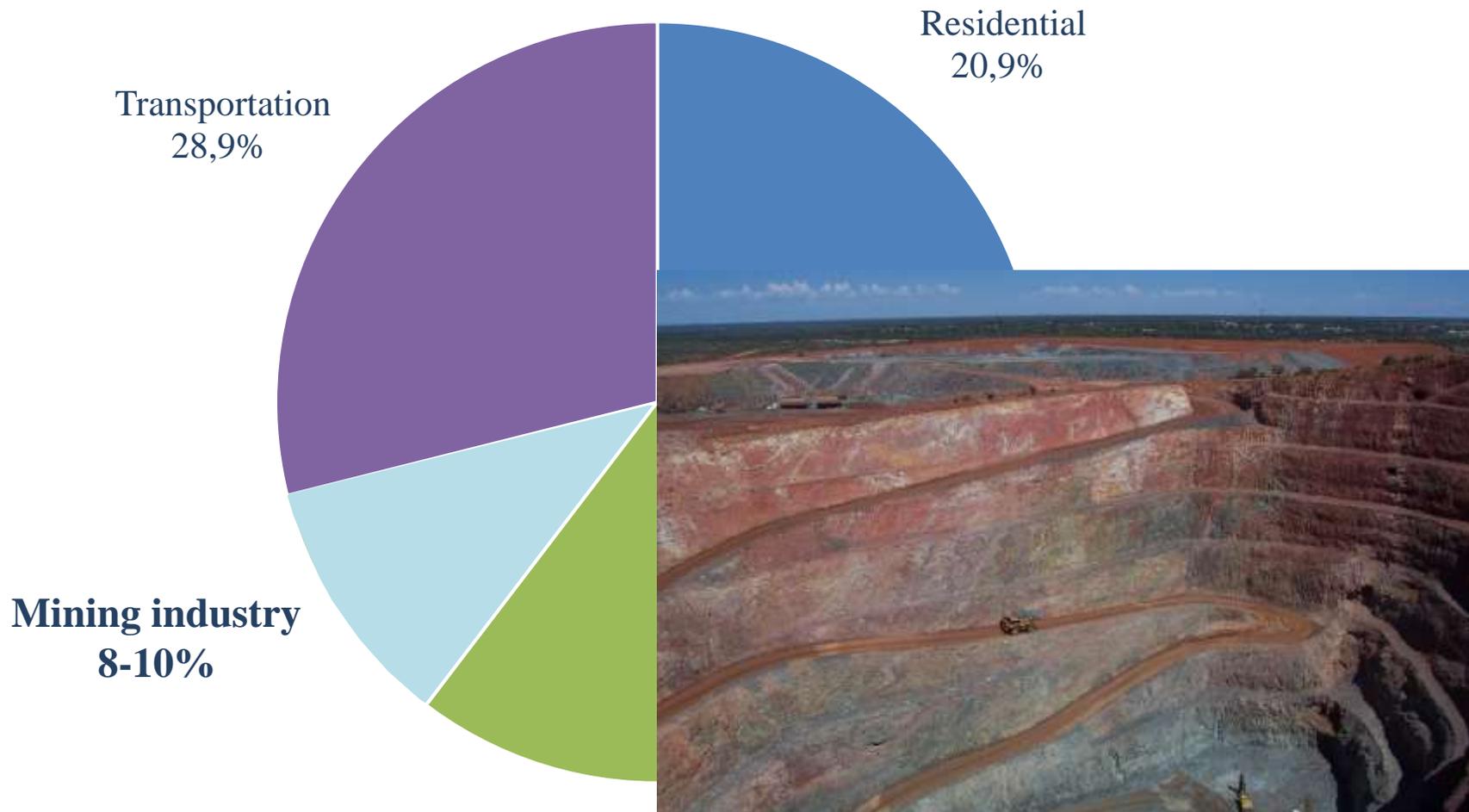
Producción vs. Energía para el Cu



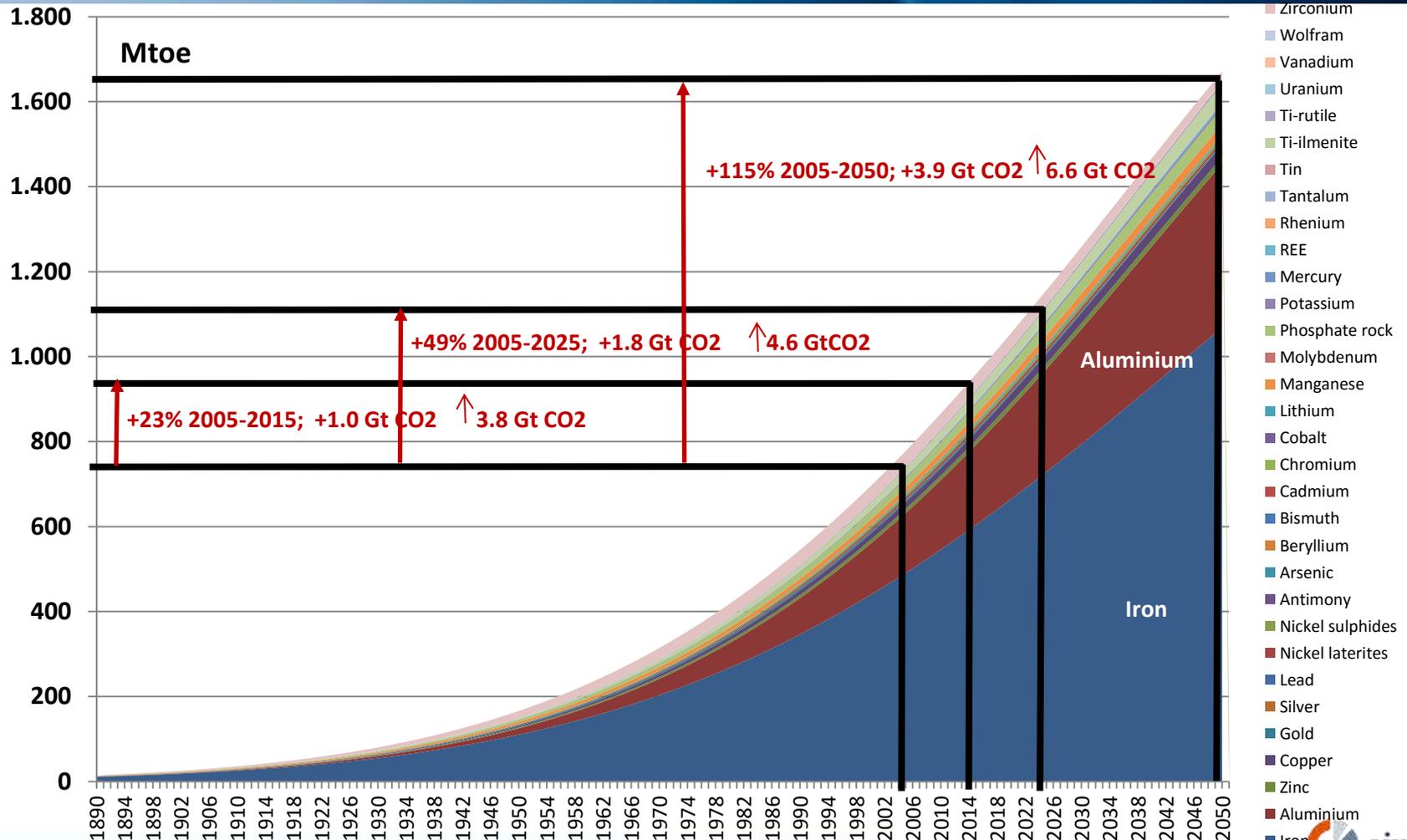
↑ PRODUCCIÓN 30% **↓** LEY 25% ENERGÍA **↑** 46%

Mundo (excepto: Rusia y China)

Consumo energético por sector (2015; Fuente: IEA)

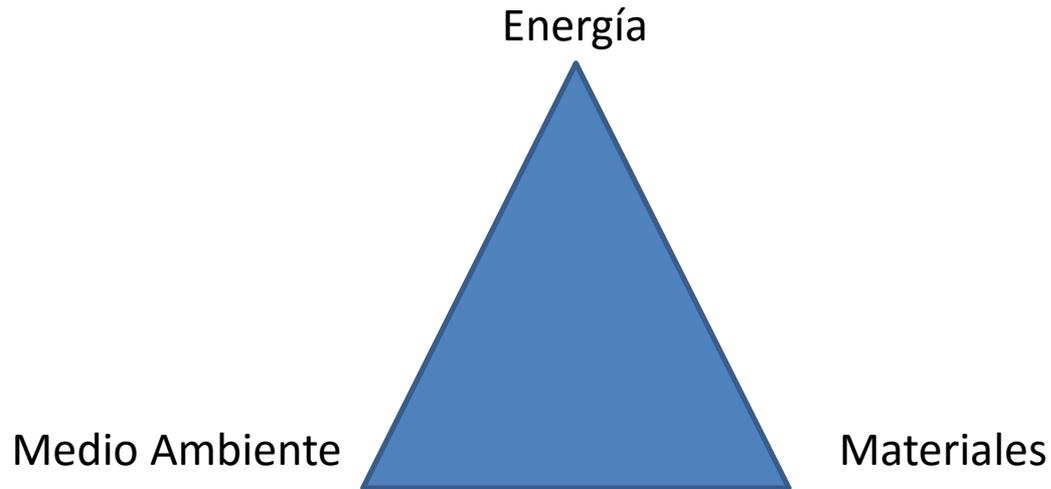


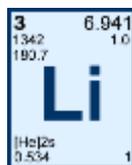
Consumo esperado asociado a la minería (considerando producción exponencial y consumo constante de energía)



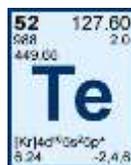
Triálogo energía-materiales-medioambiente

Sin energía no hay materiales, pero sin materiales tampoco hay energía!





mi

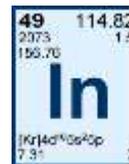
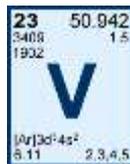


s minerales a



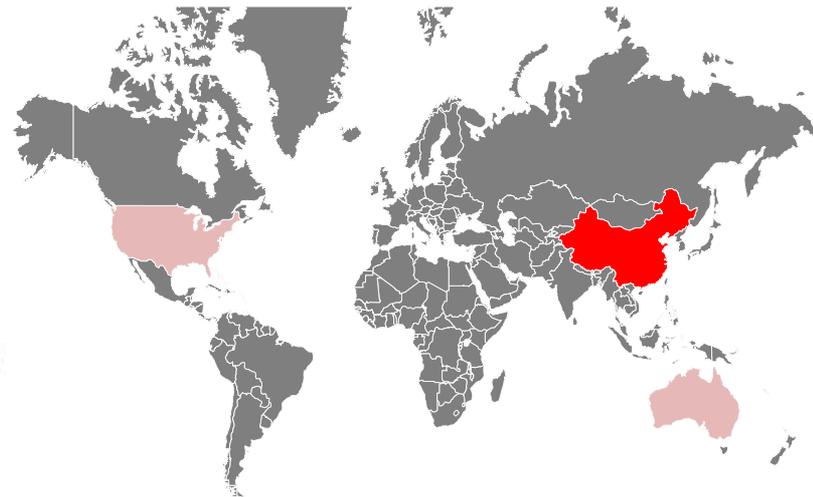
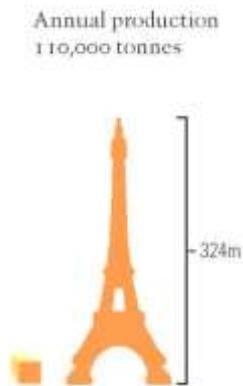
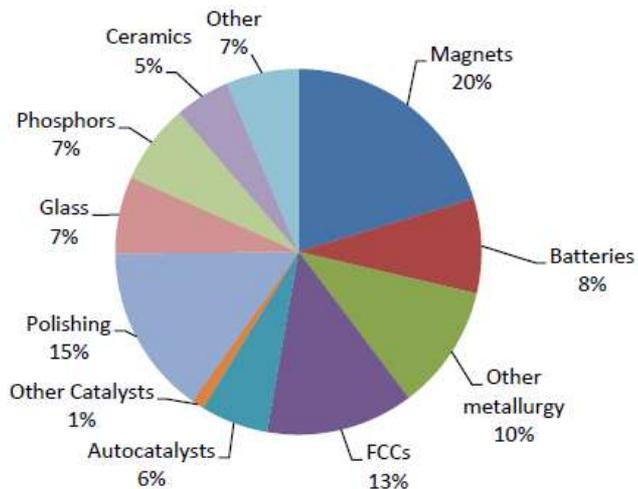
tercera

re **V**olución



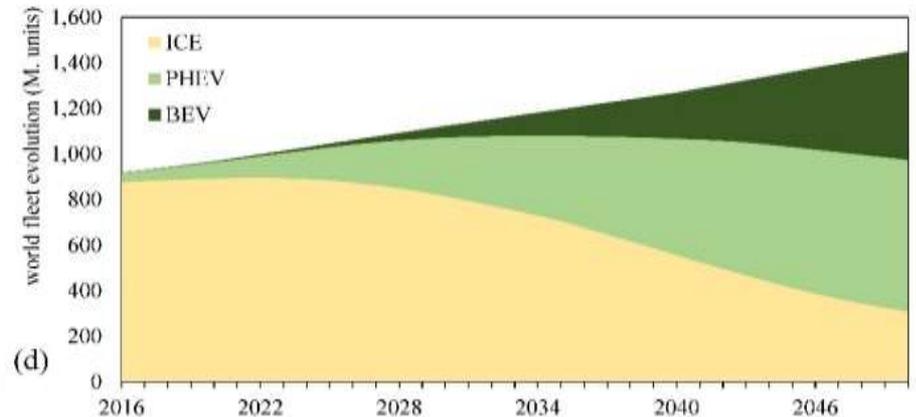
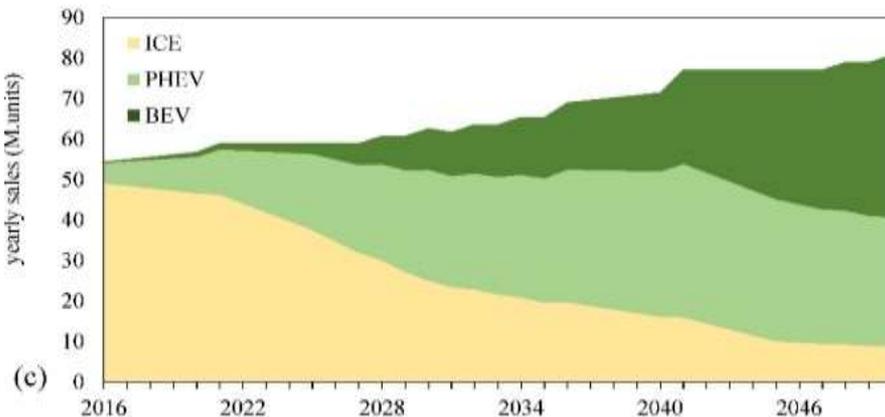
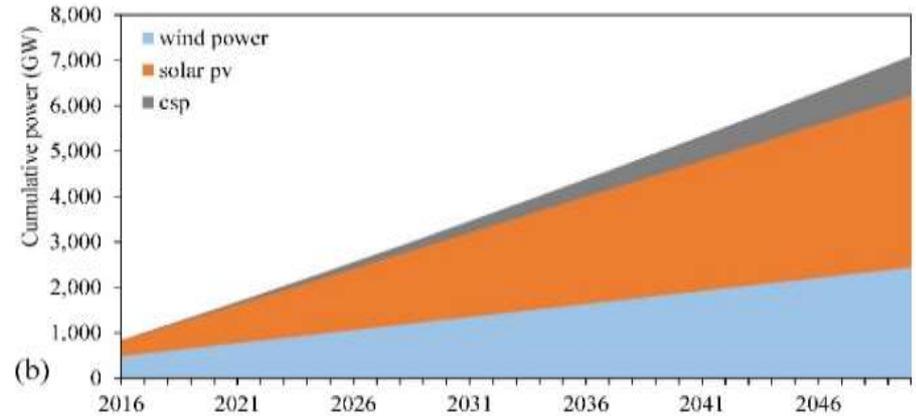
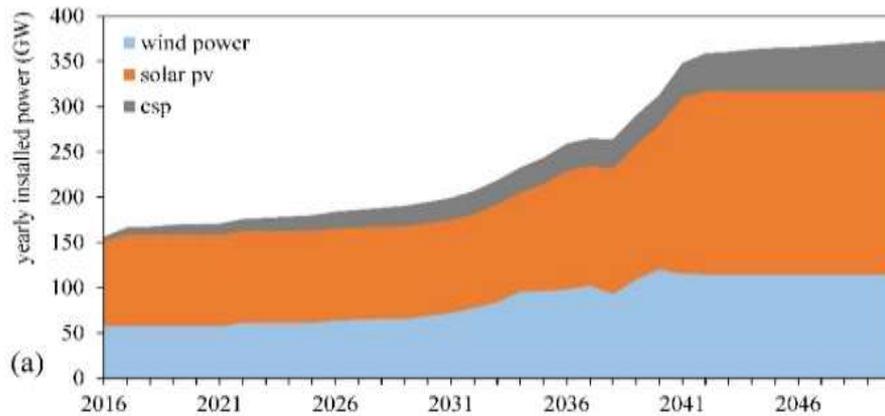
Industrial

Tierras raras (REE) – producción y usos



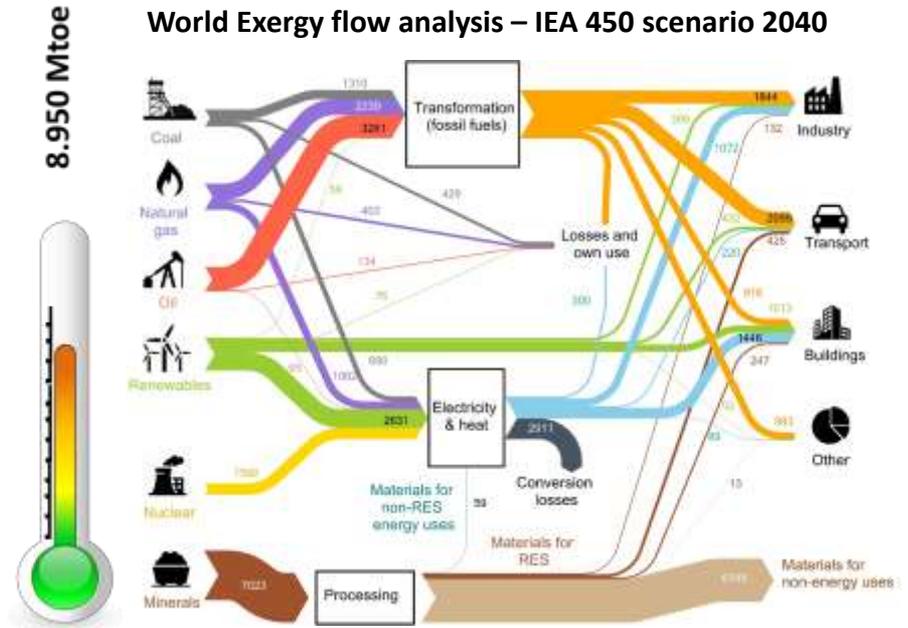
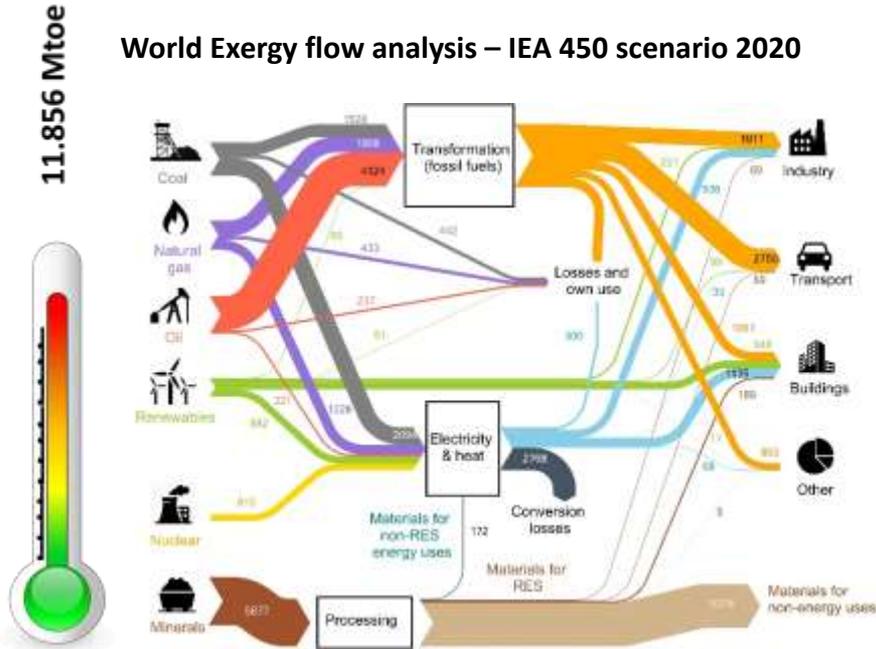
Principales productores	Producción 2012 (en toneladas)		Reservas (t)
China	95,000	86%	55,000,000
Estados Unidos	7,000	6%	13,000,000
Australia	4,000	4%	1,600,000
Otros	4,000	4%	40,400,000
Mundo	110,000		110,000,000

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

Análisis exergético de flujos

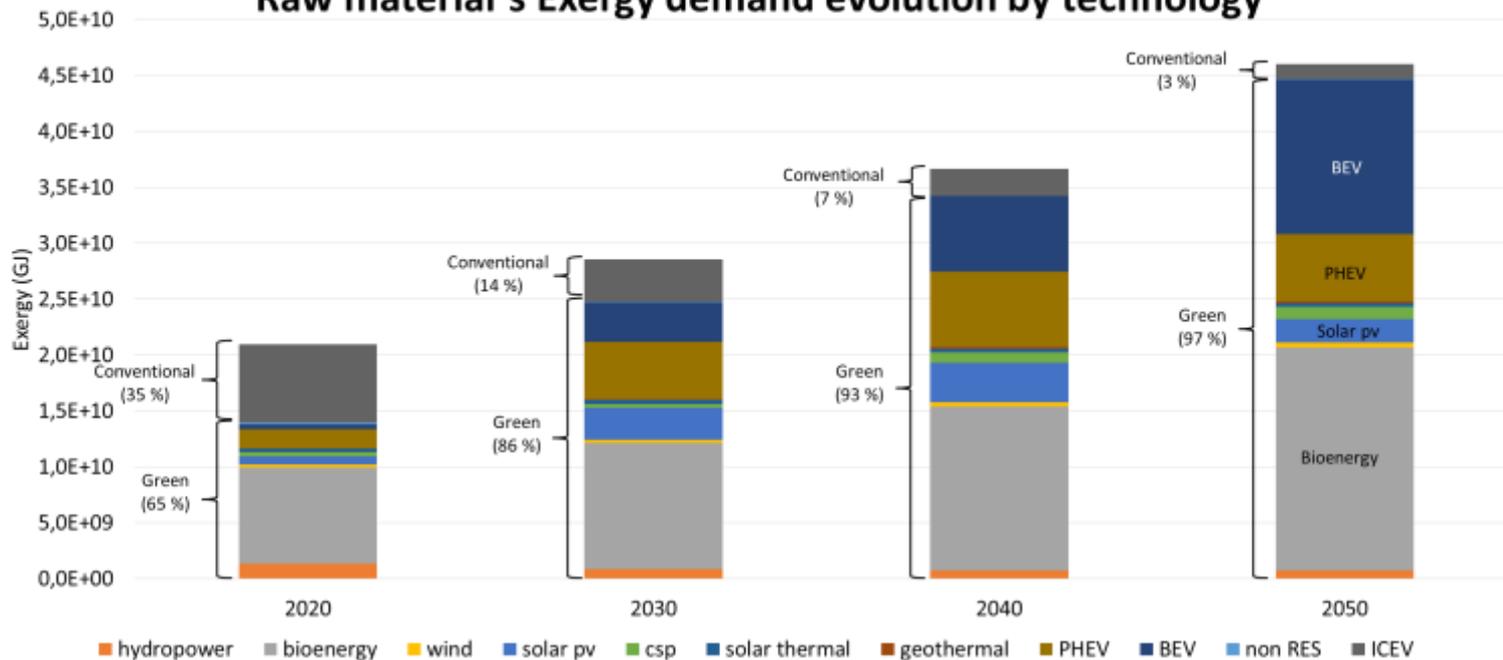


-25% Exergía pero +16% minerales!

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

+ 16 % ↑

Raw material's Exergy demand evolution by technology

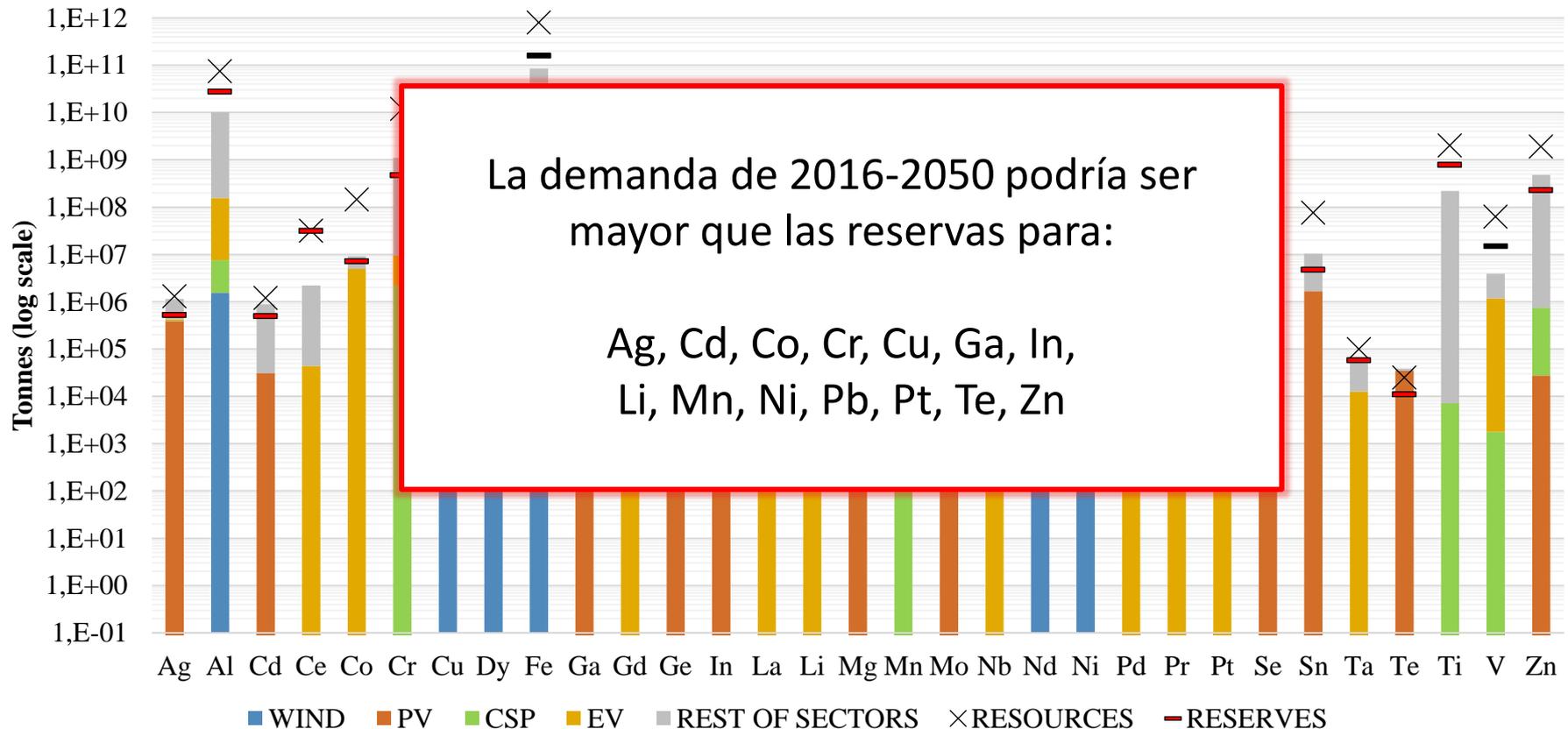


Fuente: Valero et al. (2017). Material bottlenecks in the future development of green Technologies. Renewable and Sustainable energy Reviews. Under review

Riesgos de abastecimiento de metales desde un punto de vista físico/geológico

Tipo de riesgo	Definición
Muy alto	Demanda acumulada 2016 – 2050 \geq recursos
Alto	Demanda acumulada 2016 – 2050 \geq reservas
Medio	Demanda anual \geq Producción primaria anual

Oferta y demanda de metales

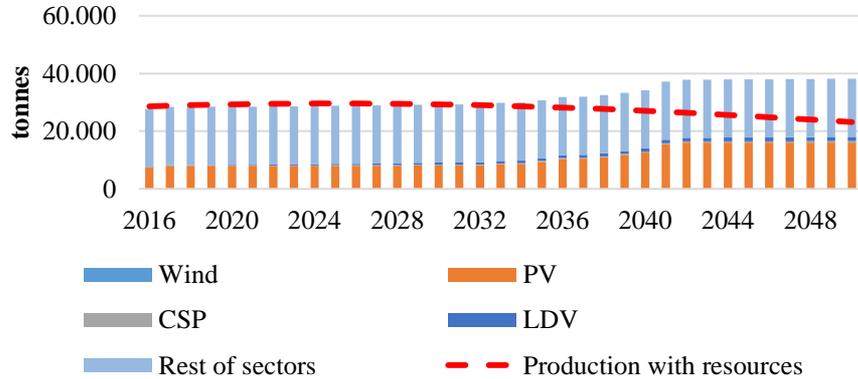


Fuente: Valero et al. (2017). Material bottlenecks in the future development of green Technologies. Renewable and Sustainable energy Reviews. Under review

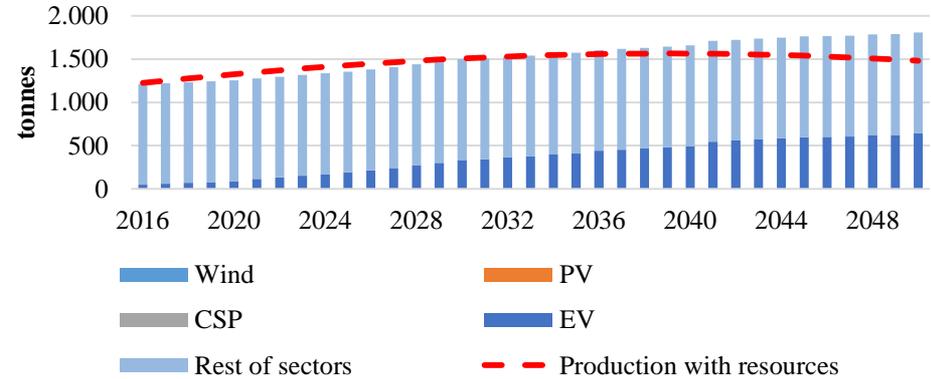
Oferta y demanda de metales

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

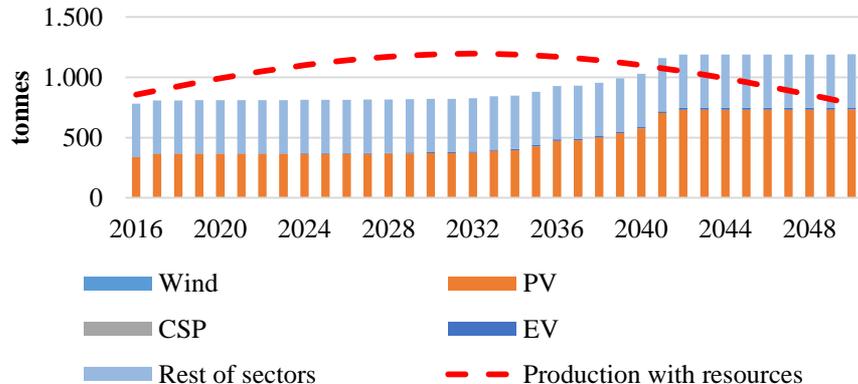
Plata



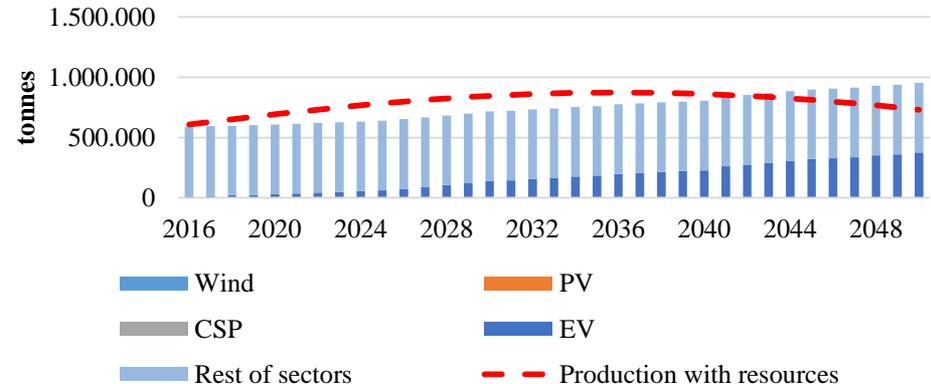
Tántalo



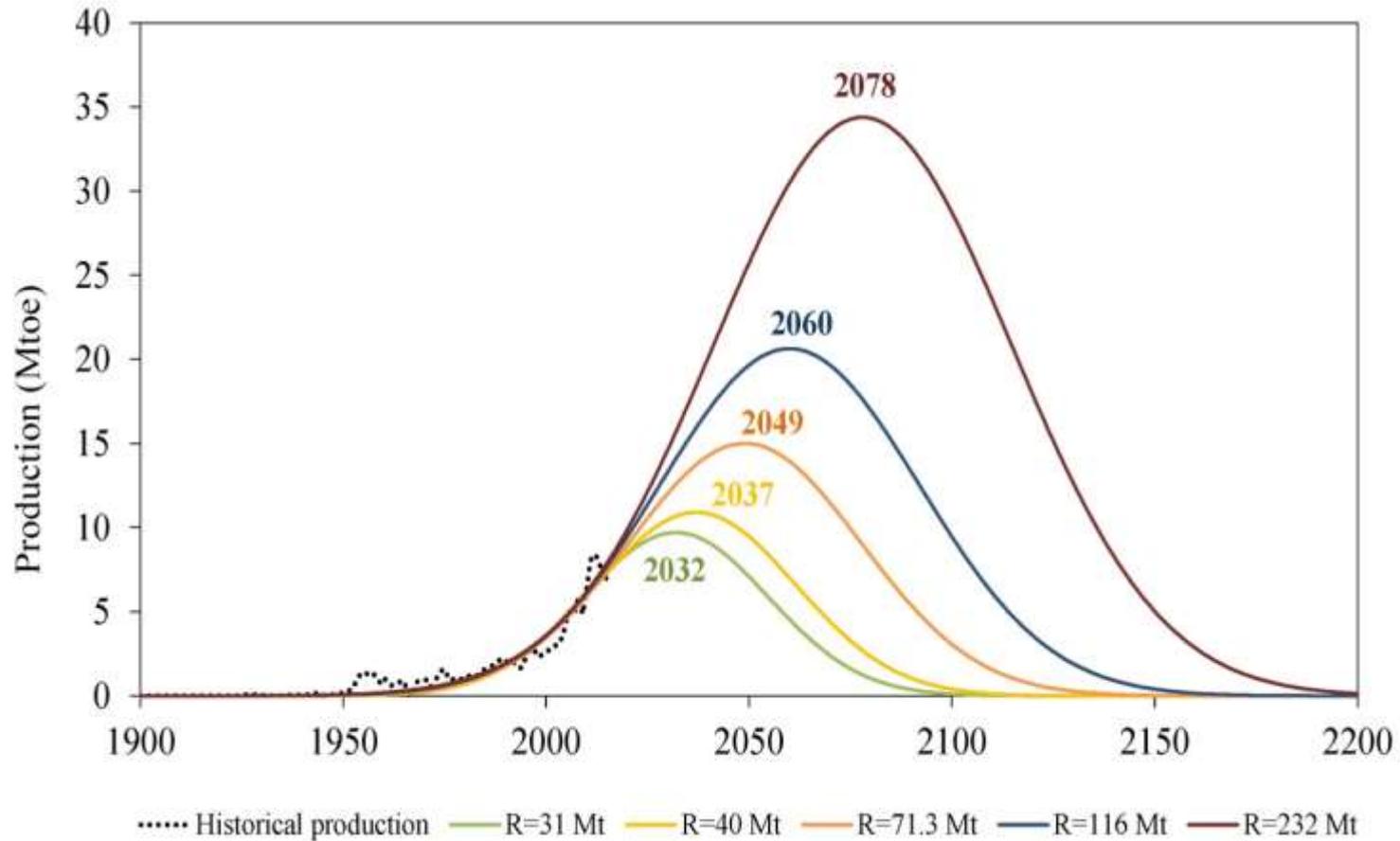
Indio



Litio



Ejemplo: litio – previsiones de disponibilidad futura



Pico máximo de producción del litio con distintas estimaciones de recursos

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.

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.

Oferta y demanda de metales

	Tipo de riesgo			Tecnología en la que se usa			
	Muy alto	Alto	Medio	Wind	PV	CSP	LDV
Ag		●	●		X	X	X
Al				X		X	X
Cd		●			X		
Ce							X
Co		●	●				X
Cr		●				X	X
Cu		●		X	X	X	X
Dy			●	X			
Fe				X		X	X
Ga		●			X		X
Gd							X
Ge					X		
In		●	●		X		X
La							X
Li		●	●				X
Mg					X	X	
Mn		●	●			X	X

	Tipo de riesgo			Tecnología en la que se usa			
	Muy alto	Alto	Medio	Wind	PV	CSP	LDV
Mo			●		X	X	X
Nb							X
Nd			●	X			X
Ni		●	●	X	X	X	X
Pd							X
Pr				X			X
Pt							X
Se			●		X		
Sn		●	●		X		
Ta			●				X
Te	●	●	●		X		
Ti					X		
V						X	X
Zn		●		X	X		

Tipo de riesgo	Definición
Muy alto	Demanda acumulada 2016 – 2050 ≥ recursos
Alto	Demanda acumulada 2016 – 2050 ≥ reservas
Medio	Demanda anual ≥ Producción primaria anual

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 %

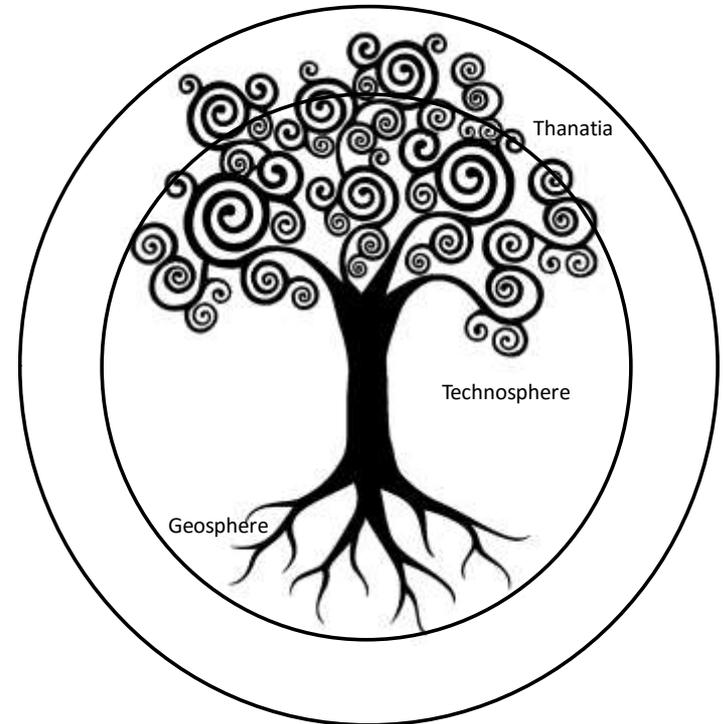
Fuente: Valero et al. (2017). Material bottlenecks in the future development of green Technologies. Renewable and Sustainable energy Reviews. Under review

- La transición hacia una **economía baja en carbono reducirá el consumo exergético de recursos no renovables.**
- Desplazamiento de combustibles fósiles a minerales no energéticos => **tecnologías verdes requieren de más minerales** (ej. Centrales térmicas y vehículos de combustión interna vs. Renovables y vehículos híbridos y eléctricos).
- La demanda de materiales para **vehículos eléctricos** (Co, Cu, Ni, Al), **PV** (In, Ag) y nutrientes (P, K) para **bioenergía** requerirán la mayor demanda exergética mineral.

- 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).

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



Para que las renovables sean realmente sostenibles, se requieren más esfuerzos en **reducir consumo, desmaterialización, sustitución de materiales críticos y aumentar el número de espirales** => **Ecodiseño.**





Gracias por vuestra atención

Alicia Valero (aliciavd@fcirce.es)