

Presentación de actividades en Economía Circular del Instituto CIRCE

Antonio Valero

26 Noviembre de 2021

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

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

Instituto CIRCE.

El Instituto CIRCE tiene como objetivo promover la excelencia y la calidad de la investigación y la transferencia de tecnología, impulsando un escenario energético basado en las Energías Renovables, la Eficiencia de los Recursos y la Sostenibilidad, que responda a las necesidades de nuestra sociedad.



Dos Grupos de Investigación en Economía Circular/Espiral, 14 investigadores

Instituto Mixto CIRCE.

Grupo de Socioeconomía de la Energía en Entornos de Economía Circular

Alfonso Aranda Usón, Eva Llera Sastresa, Miguel Marco Fondevila, José Vicente Pinar
Sabina Scarpellini, Jesús Valero Gil



- *Aplicación de la economía circular en el sector energético, en la fabricación, en el sector de servicios públicos y en los consumidores finales. Análisis de procesos de reciclaje. Costes, control de gestión y organización recursos y capacidades. Investigación en modelos compartidos en la cadena de valor de sectores energéticos – industria – sector servicios públicos– municipio (región) para la sharing economy / modelos circulares. Medición modelo circular para renovables, almacenamiento y cambios estructurales en el sistema (cambio de una sistemas centralizados a sistemas eléctricos descentralizados).*



LINEAS DE INVESTIGACIÓN: Socioeconomía de la energía en entornos de economía circular

Algunas publicaciones:

- Scarpellini, S., Gimeno, J. Á., Portillo-Tarragona, P., & Llera-Sastresa, E. (2021). Financial Resources for the Investments in Renewable Self-Consumption in a **Circular Economy** Framework. *Sustainability*, 13(12), 6838. <https://doi.org/10.3390/su13126838>
- Scarpellini, S. (2021). Social indicators for businesses' **circular economy**: multi-faceted analysis of employment as an indicator for sustainability reporting. *European Journal of Social Impact and Circular Economy*, 2(1), 17–44.
<https://doi.org/https://doi.org/10.13135/2704-9906/5282>
- Llera-Sastresa, E., Romeo, L. M., Scarpellini, S., & Portillo-Tarragona, P. (2020). Methodology for Dimensioning the Socio-Economic Impact of Power-to-Gas Technologies in a **Circular Economy Scenario**. *Applied Sciences*, 10(21), 7907.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app10217907>
- Gimeno, J. Á., Llera-Sastresa, E., & Scarpellini, S. (2020). A heuristic approach to the decision-making process of energy prosumers in a **circular economy**. *Applied Sciences*, 10(19), 6869. <https://doi.org/10.3390/app10196869>
- Ángel Gimeno, J., Llera-Sastresa, E., & Scarpellini, S. (2020). Determinants and barriers of PV self-consumption in Spain from the perception of the installers for the promotion of distributed energy systems. *Economics and Policy of Energy and the Environment*, 1(1), 153–169.
<https://doi.org/10.3280/EFE2020-001007>
- Osorio-Tejada, J. L., Llera-Sastresa, E., & Hashim, A. H. (2018). Well-to-Wheels Approach for the Environmental Impact Assessment of Road Freight Services. *Sustainability*, 10(12), 4487. <https://doi.org/10.3390/su10124487>
- Osorio-Tejada, J. L., Llera-Sastresa, E., & Scarpellini, S. (2017). Liquefied natural gas: Could it be a reliable option for road freight transport in the EU? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71(December 2015), 785–795. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.104>
- Osorio-Tejada, J. L., Llera-Sastresa, E., Scaperllini, S., & Hashim, A. H. (2019). An integrated social life cycle assessment of freight transport systems. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 25, 1088–1105. <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01692-w>
- Osorio-Tejada, J. L., Hera-Sastresa, E., & Scarpellini, S. (2017). A multi-criteria sustainability assessment for biodiesel and liquefied natural gas as alternative fuels in transport systems. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 42, 169–186.
<https://doi.org/10.1016/j.jngse.2017.02.046>

Instituto CIRCE.

Equipo de Investigación en Ecología Industrial

*Alicia Valero, Antonio Valero, Guiomar Calvo, César Torres, Ricardo Magdalena
Jorge Torrubia, Martín Lallana, Abel Ortego*



El equipo de Ecología Industrial centra su investigación en la búsqueda de soluciones industriales para minimizar el uso de materias primas, aumentar la eficiencia y cerrar el ciclo de los materiales, en particular: simulación de procesos extractivos, metalúrgicos y químicos; búsqueda de soluciones de simbiosis industrial; "análisis de flujo de materiales" de procesos para determinar la eficiencia de los recursos de las industrias y las empresas; diagnóstico de plantas productoras de materias primas y secundarias: productos químicos, metales, minerales industriales y reciclaje; evaluación del impacto asociado al uso de determinadas materias primas a nivel de planta y sistemas industriales; desarrollo de indicadores termodinámicos para determinar la eficiencia de las empresas y plantas en el uso de materias primas.

Tres líneas principales en Ecología Industrial

1. Análisis de la rareza termodinámica de vehículos, teléfonos móviles y energías renovables.
2. Análisis de circularidad/bioeconomía de suelos fértilles
3. Simbiosis Municipal-Industrial

Creaciones conceptuales:

- Thanatia, Rareza termodinámica, Pristinia, Reciclamabilidad...
- Leyes de la Economía Espiral, y de la Eficiencia de los recursos
- Simbiosis Municipal-Industrial

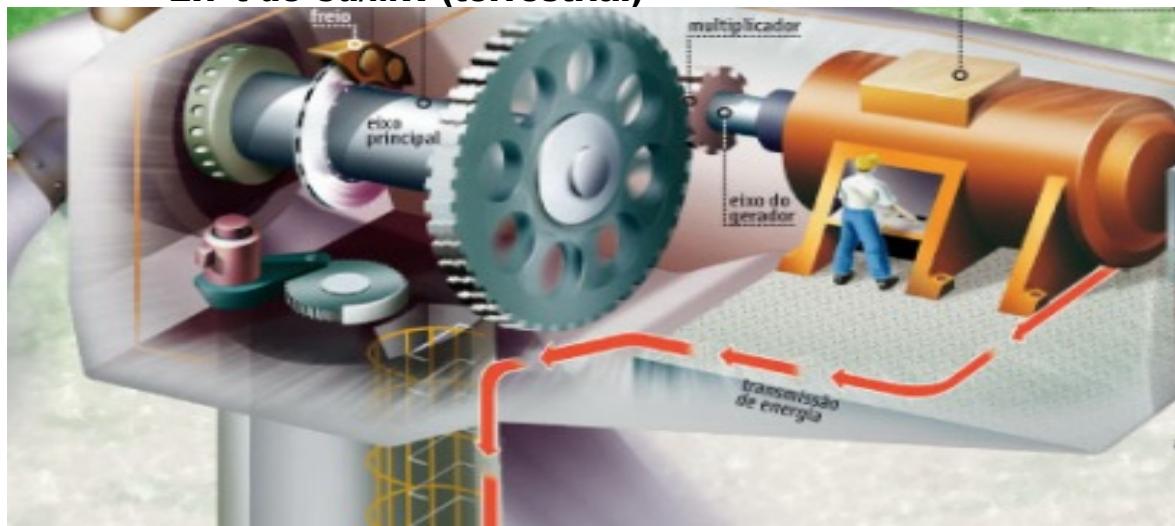
Algunos elementos críticos en diferentes nuevas tecnologías



Fuente: elaboración propia

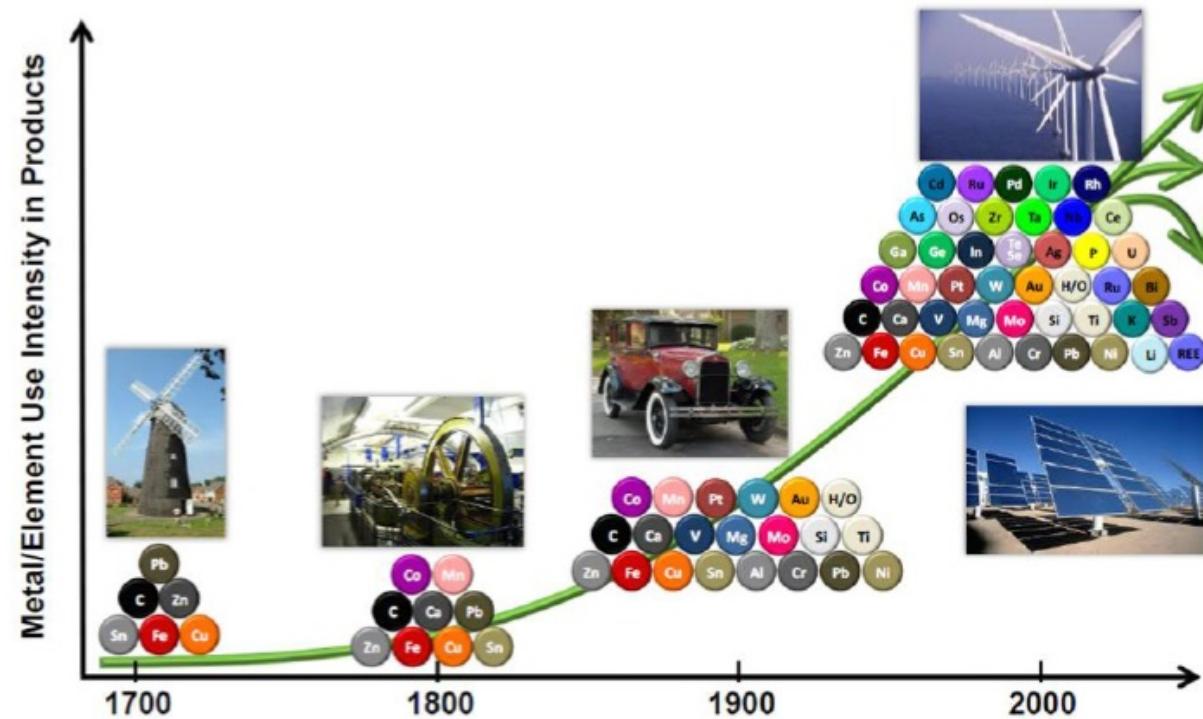
Energía Eólica

- Permanent magnets $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ con 4% Dy
- 171 kg Nd/MW aprox.
- China supplies 97% of world rare earths
- 10-15 t de Cu/MW (marine)
- 2.7 t de Cu/MW (terrestrial)

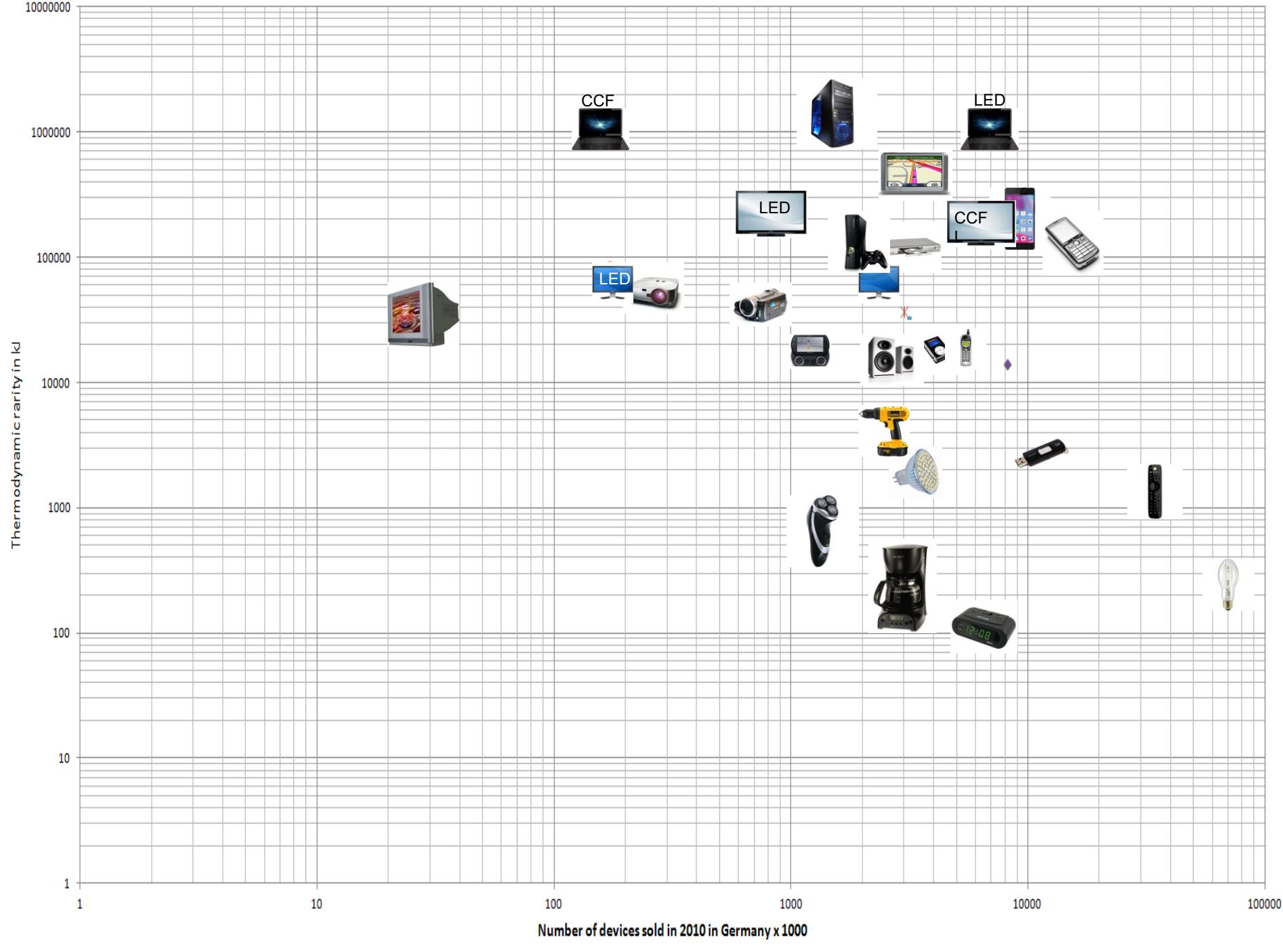


¿Economía verde o multicolor?

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



Reuter M., Schaik A., *Product Centric Design for Recycling (DfR)*, Maras, Netherland



Teléfonos Móviles

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

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

Electric vehicle
450,000 MJ

Computers
2780 MJ

Tablets
52 MJ

Phones
28 MJ



Chemodiversity in common products

TENDENCY:

Increasingly complex products and materials with improved properties and reduction in size and weight

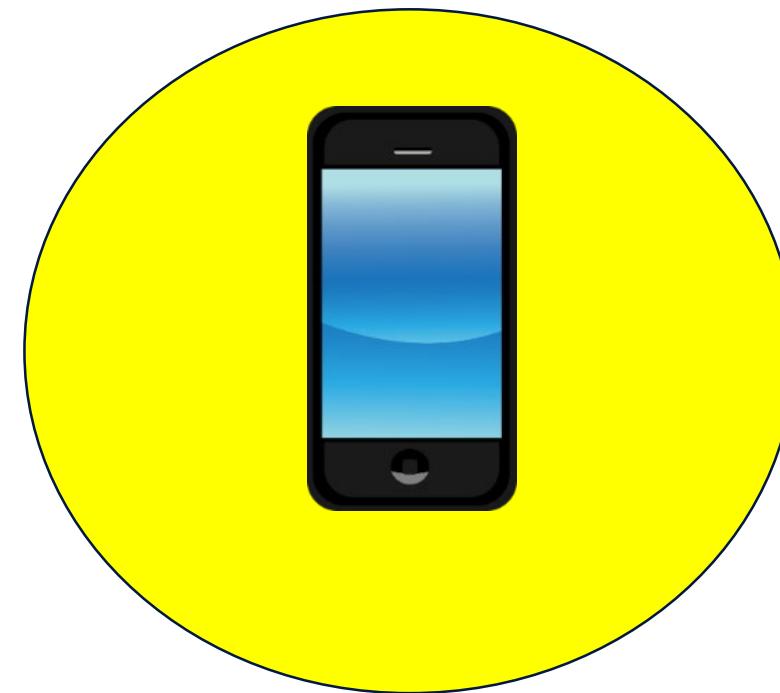


31 Elementos químicos en un teléfono móvil

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**



Teléfonos móviles viejos

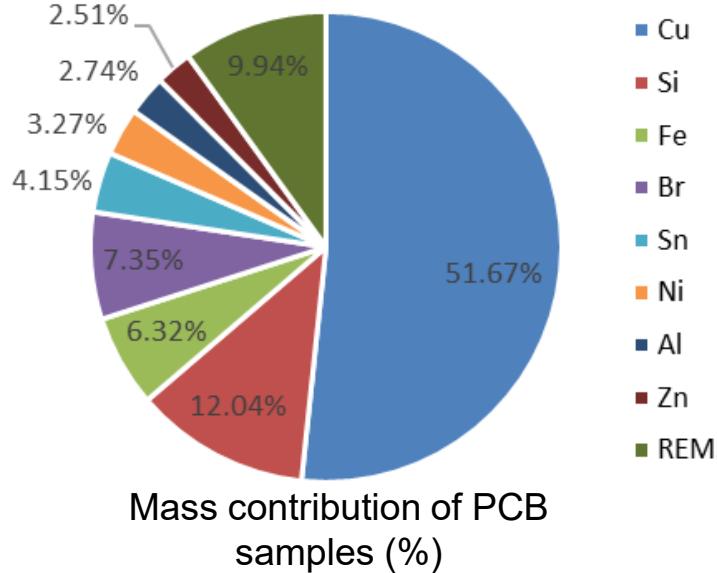


Agbogbloshie, Ghana

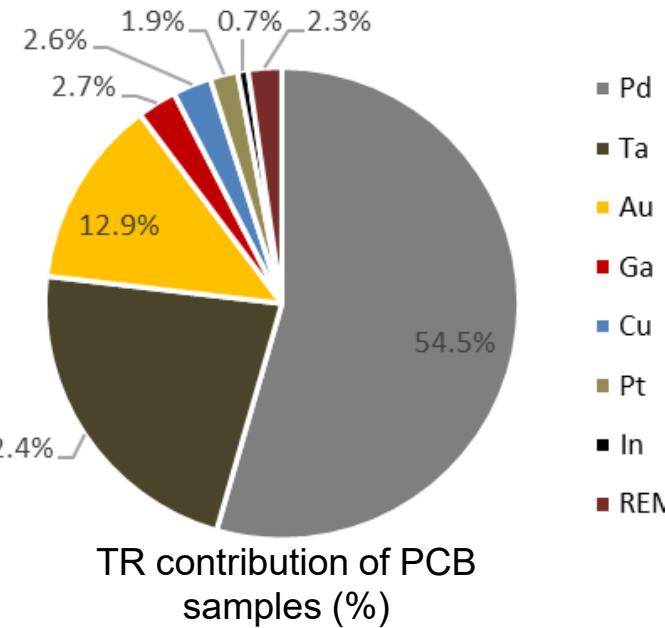


Thermodynamic rarity results (per element)

Av. Composition of All Samples (70)



Rarity of all samples (70)



Element	TR contribution	Target element for recovery (nº of papers) [19]
Pd	54.5%	3
Ta	22.4%	0
Au	12.9%	19
Ga	2.7%	1
Cu	2.6%	20
Pt	1.9%	1
In	0.7%	1

Pd and Ta 76.9% of rarity and under-researched!!

Most papers studies recovery of **Au** and **Cu**:

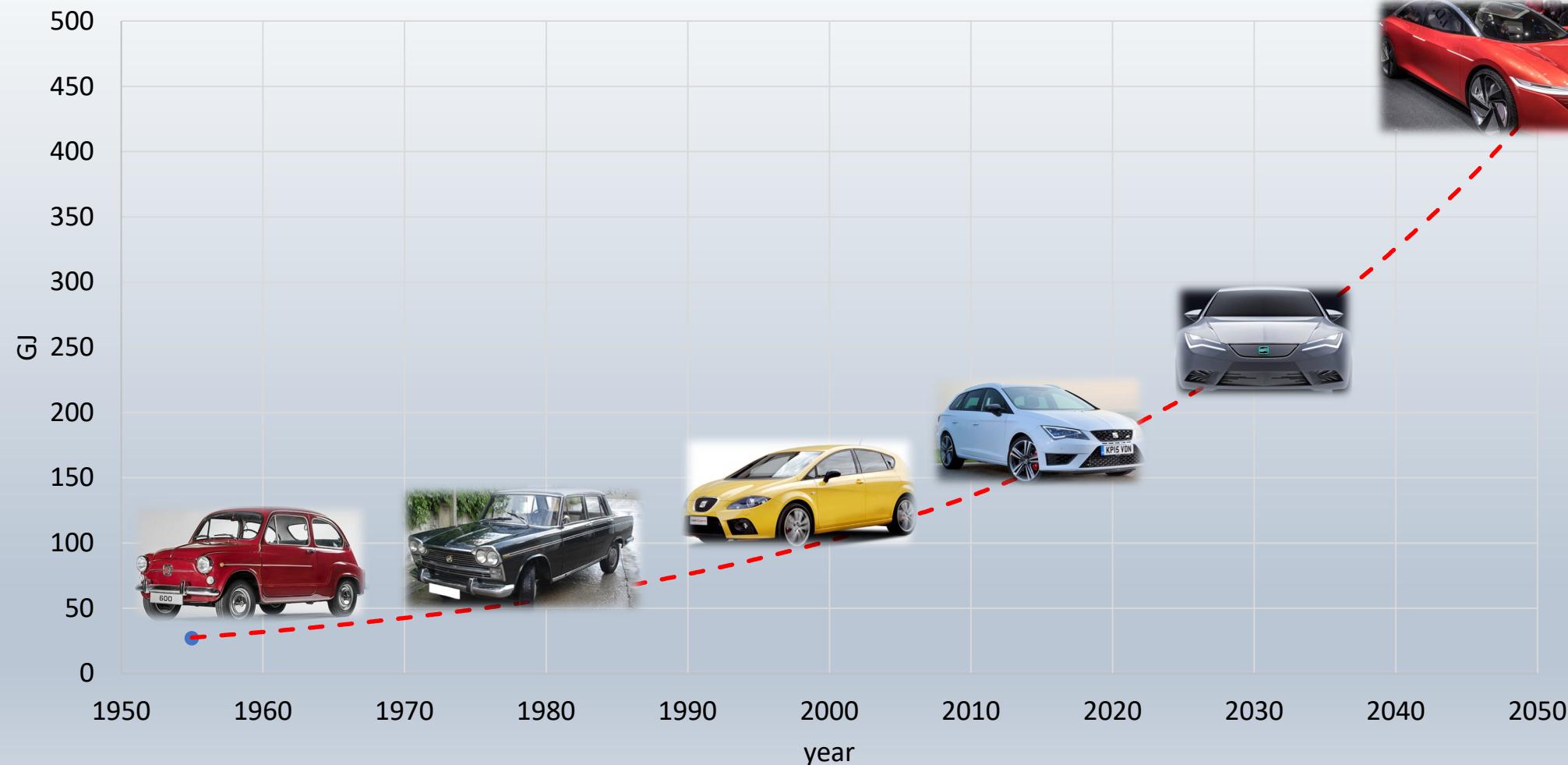
- **Cu**: most abundant in PCB and easy to recover
- **Au**: most profitable (high value historically)
- **Together** they contribute only 15% of the **TR**
- **None** are considered **critical** by the **EC**

Vehículos

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

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

“The Achilles heel” of automobile sector

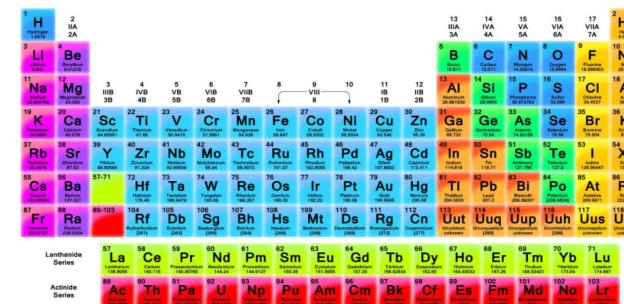
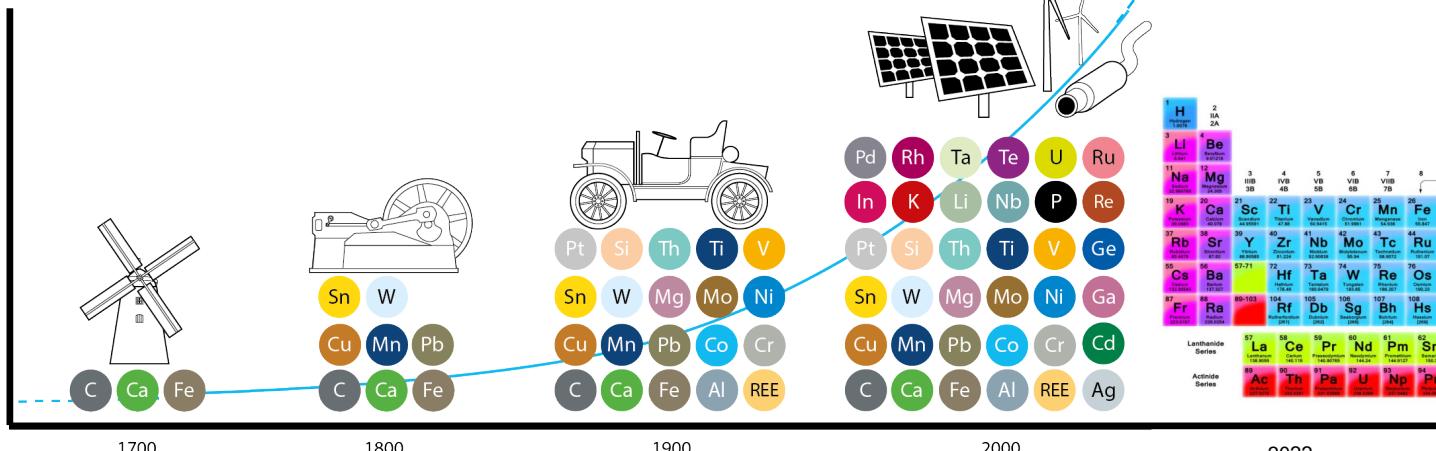


Un vehículo convencional de pasajeros necesita hoy 52 tipos diferentes de metales.



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

Ages of Energy



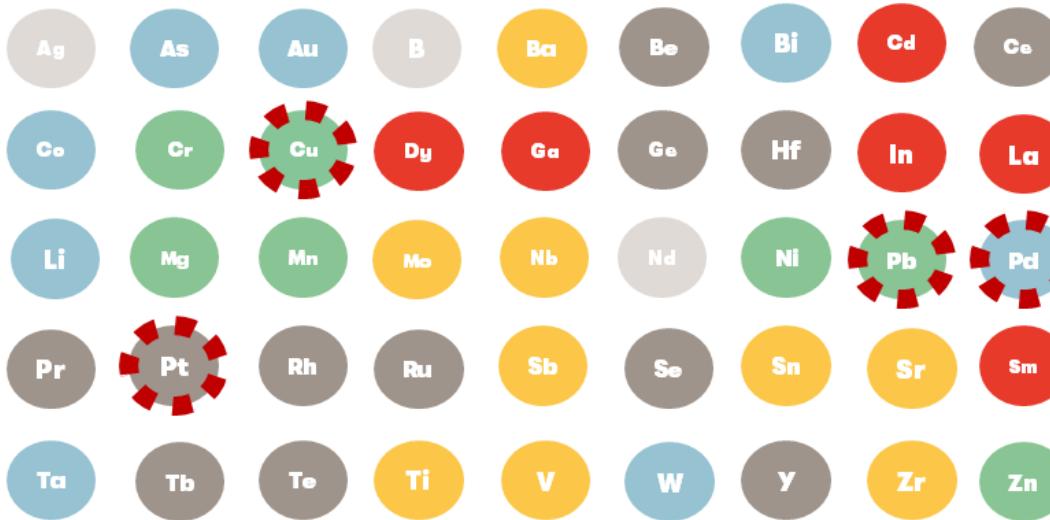
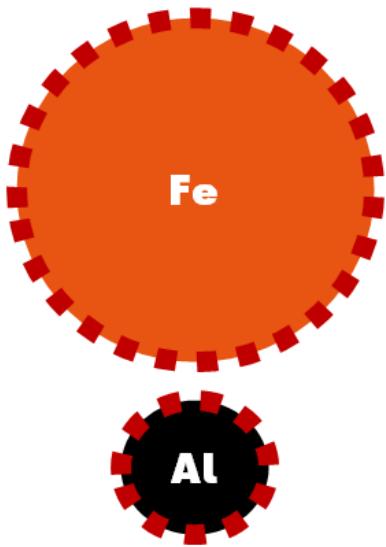
Source: Adapted from Achzet et al (2011)

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

EXCITE: EXergy approach to encourage Circular economy practices in vehicles

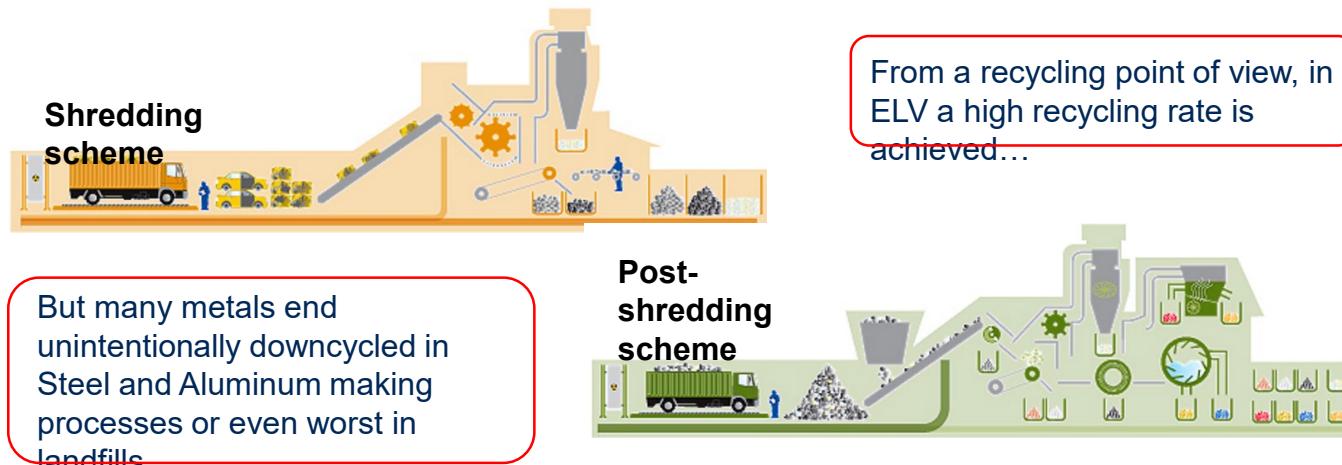


Car metal content, recycling, sales, demand...



Assessment of downcyclability degree in automobiles

There are no specific recycling operations to recover scarce and valuable metals from ELV



Different material fractions

Input:
Pressed ELV



Output: Ferrous metals



Output: Non ferrous metals



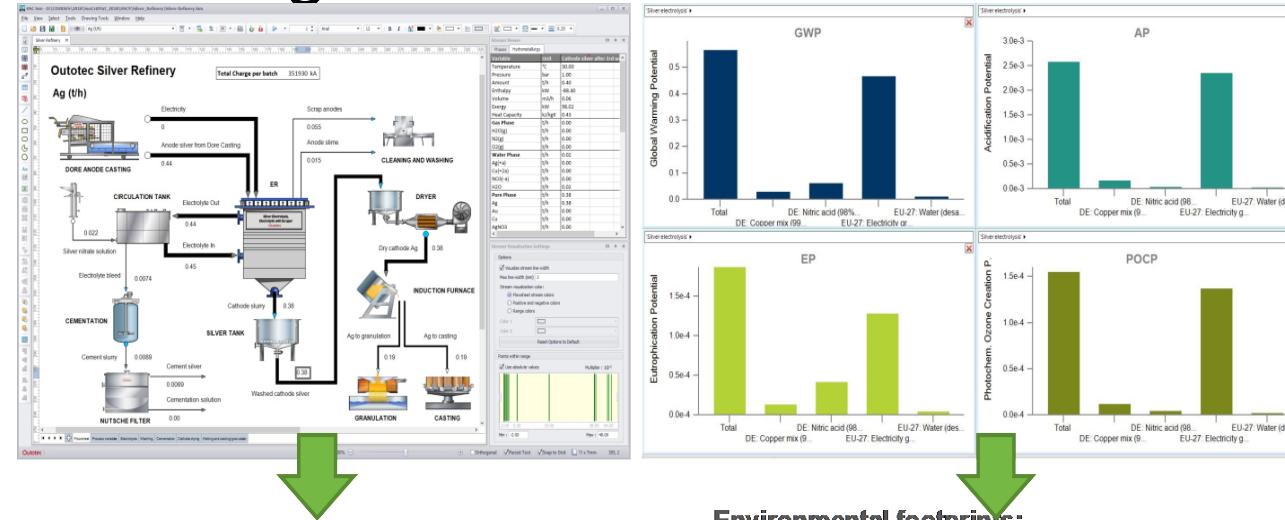
Waste:
ASR



Thermoeconomics meets Metallurgy

HSC Software

- Implementation of thermoeconomics in a metallurgical software



Initial data for:

- Proposals, engineering, OPEX, CAPEX, energy efficiencies, performance guarantees, etc.
- Energy, exergy, thermoeconomics, CO₂, SO_x, NO_x, water, emissions, etc.

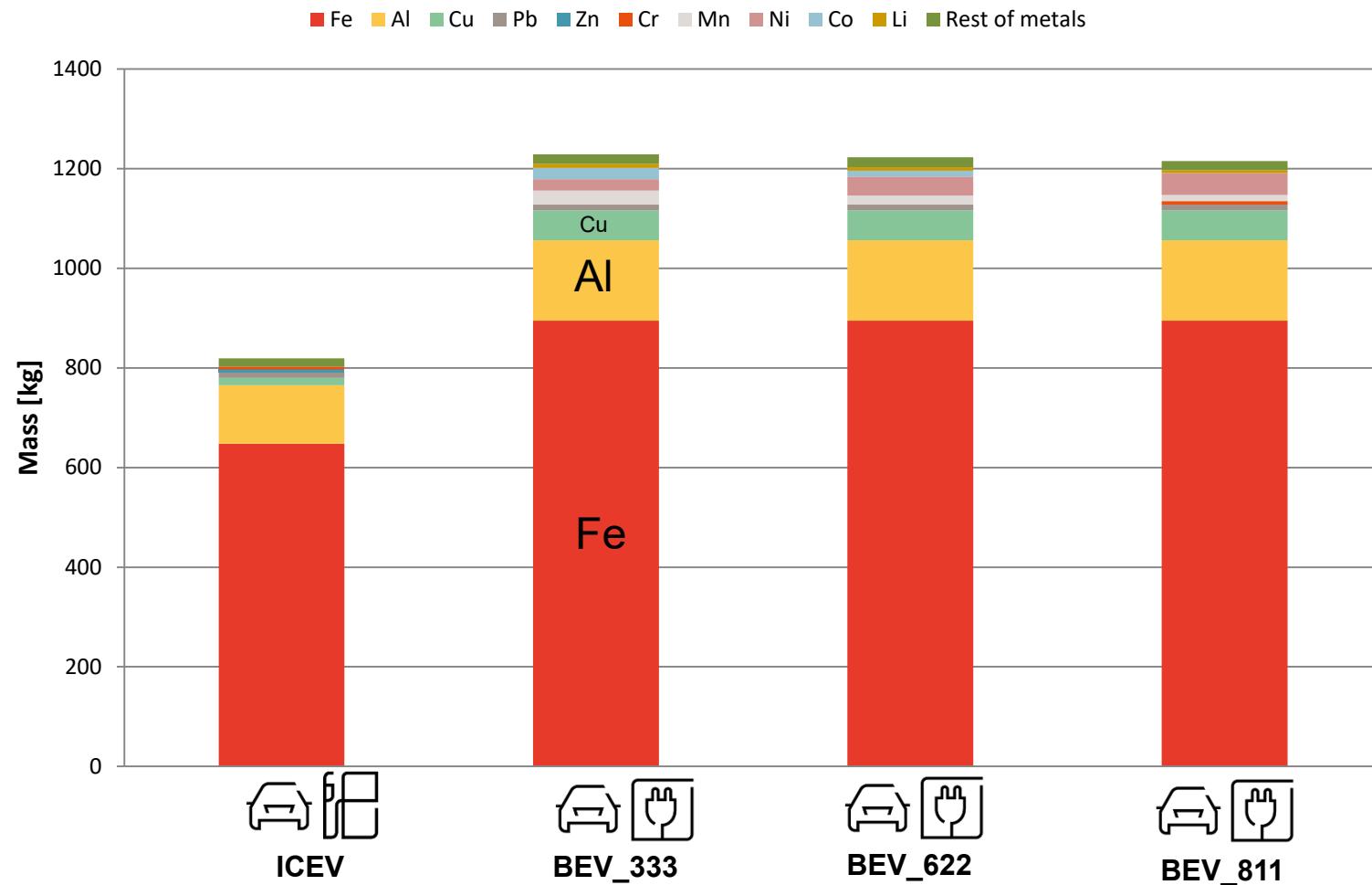
Calculation engine for:

- Virtual Experience training (VeX), Process Advisor, ACT, intelligent process monitoring, and automation.

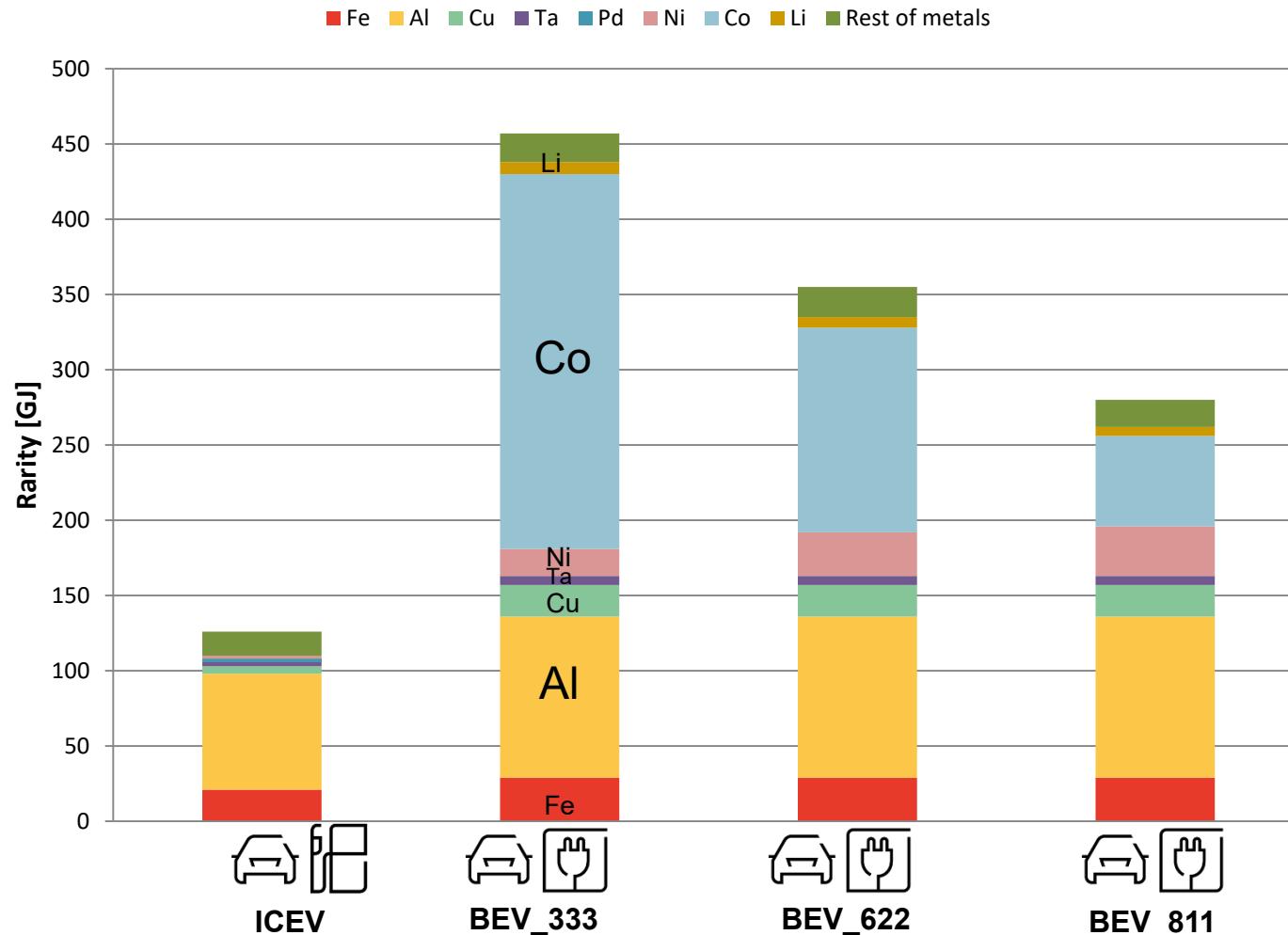
Source: Abadias et al. (2018). Resource efficiency evaluation of industrial and circular economy systems using simulation based thermoeconomics. CPOTE 2018. Gliwice, September 18-21

HSC Chemistry

Metals in terms of...Mass

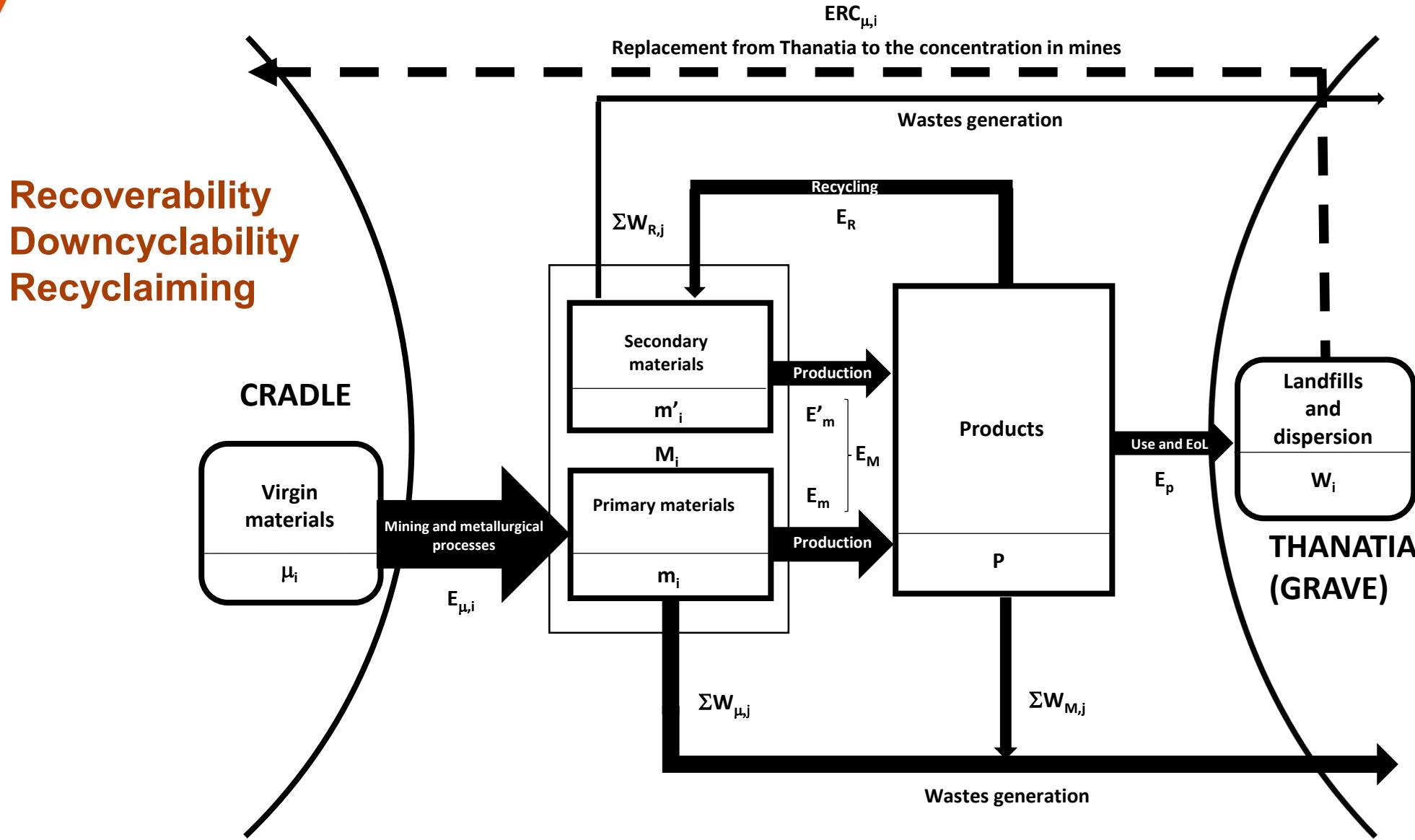


Metals in terms of... Rarity



- With electrification this will become worse!

Recyclability indicators of the spiral economy



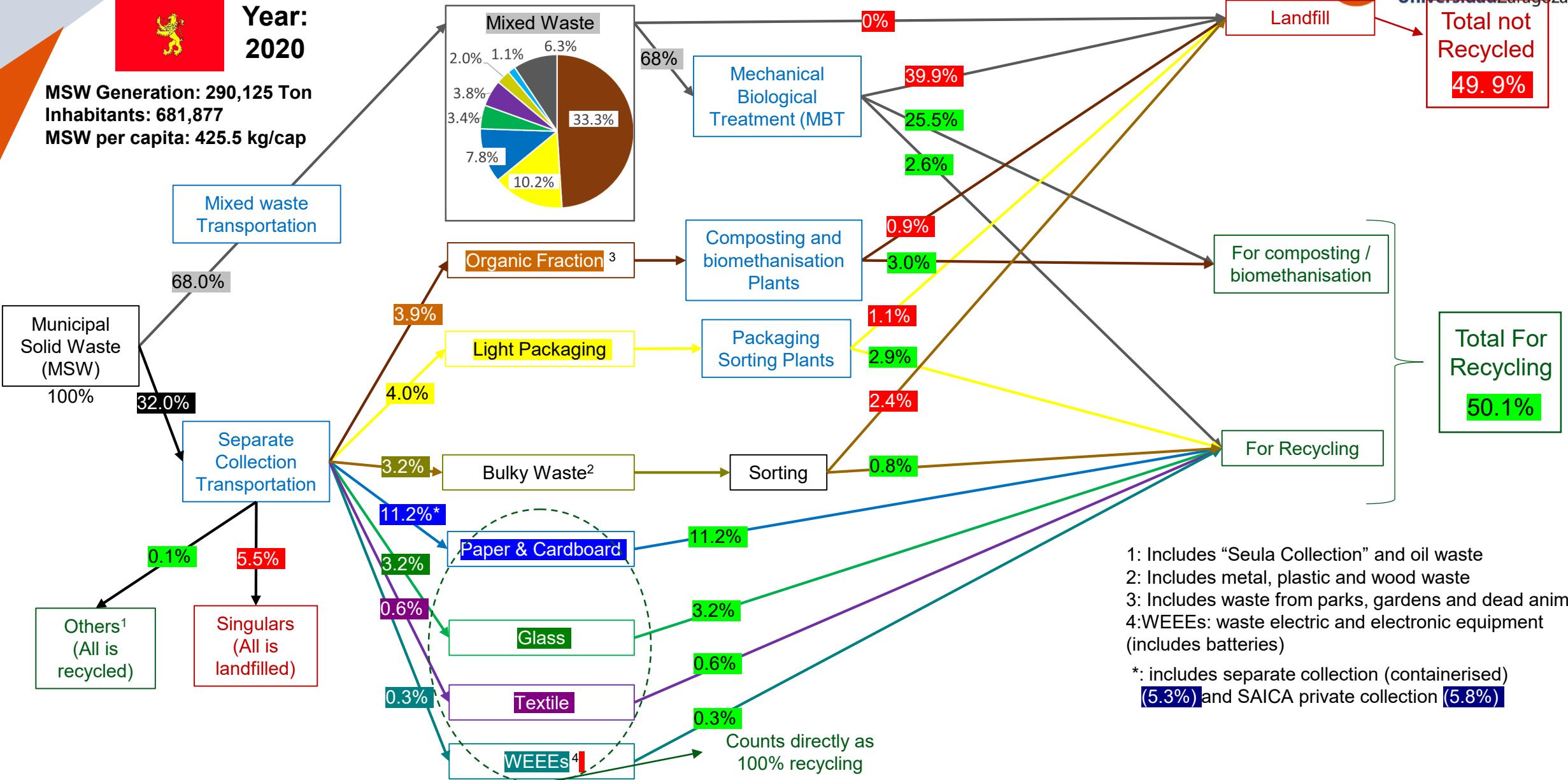
Simbiosis Municipal- Industrial

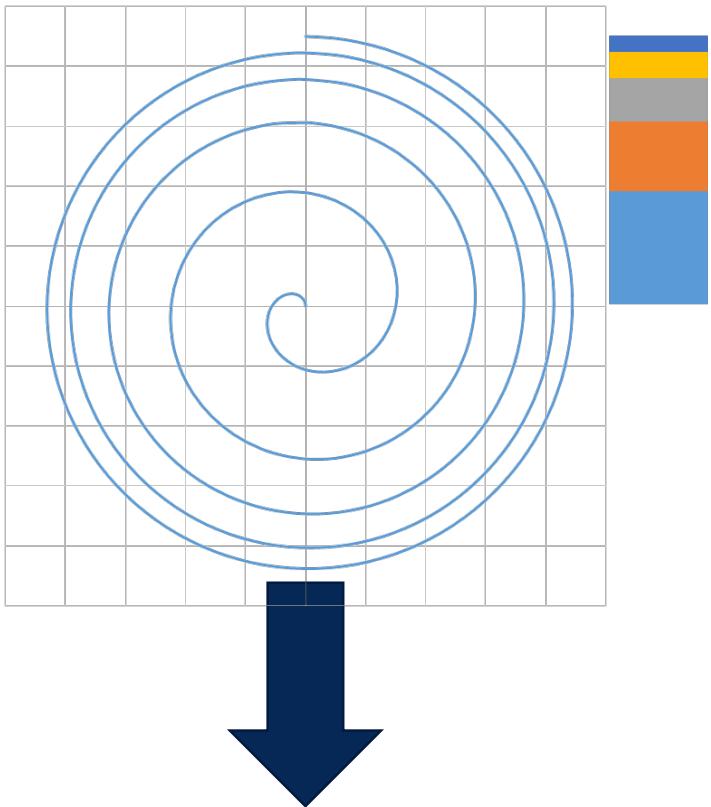
Edificio CIRCE / Campus Río Ebro / Mariano Esquillor Gómez, 15 / 50018 ZARAGOZA

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

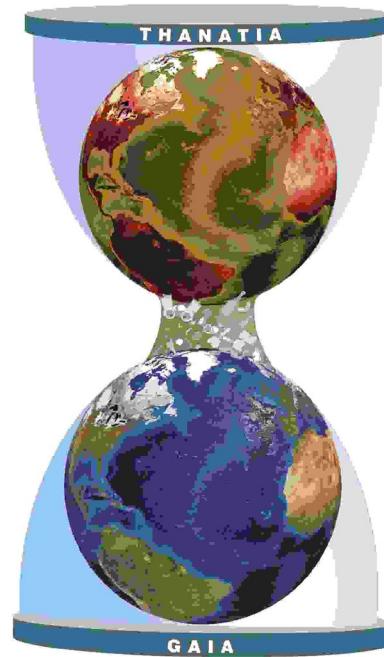
**Year:
2020**

MSW Generation: 290,125 Ton
 Inhabitants: 681,877
 MSW per capita: 425.5 kg/cap





ECONOMÍA ESPIRAL



Resultados en Ecología Industrial

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

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

1999



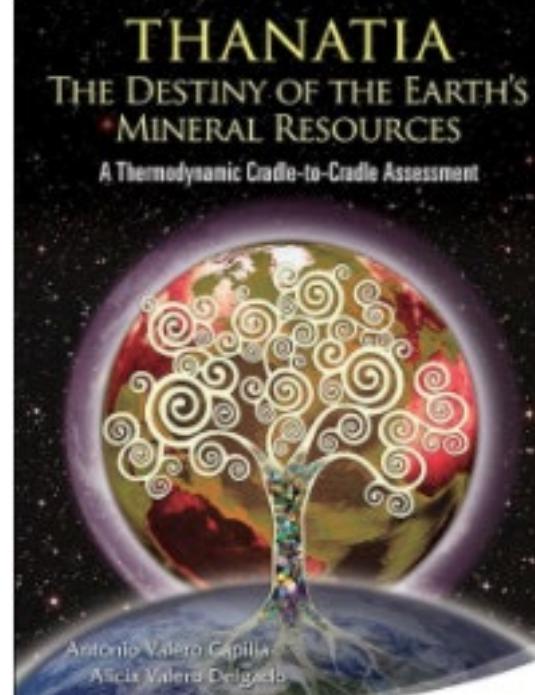
Desarrollo Económico
y Deterioro Ecológico

J.M. Naredo y A. Valero

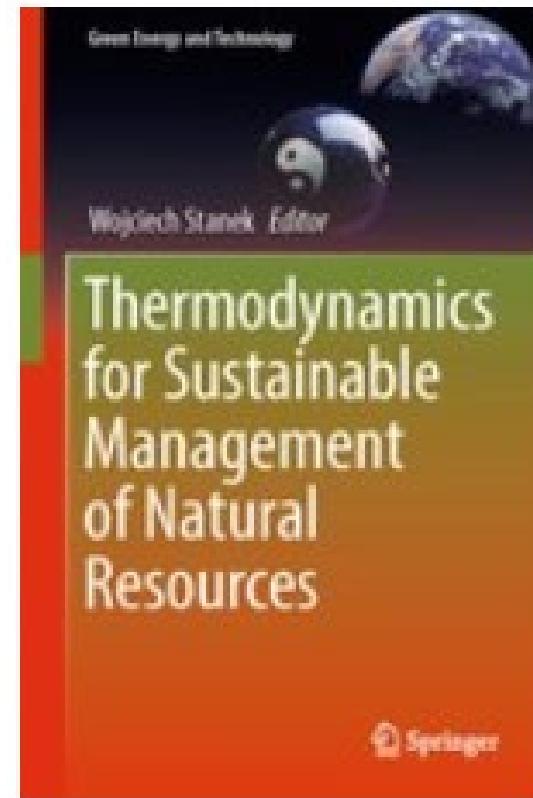
FUNDACIÓN
ARGENTARIA

VISOR
Internacional

2014



2017



2019

**ECONOMÍA
CIRCULAR-ESPIRAL**

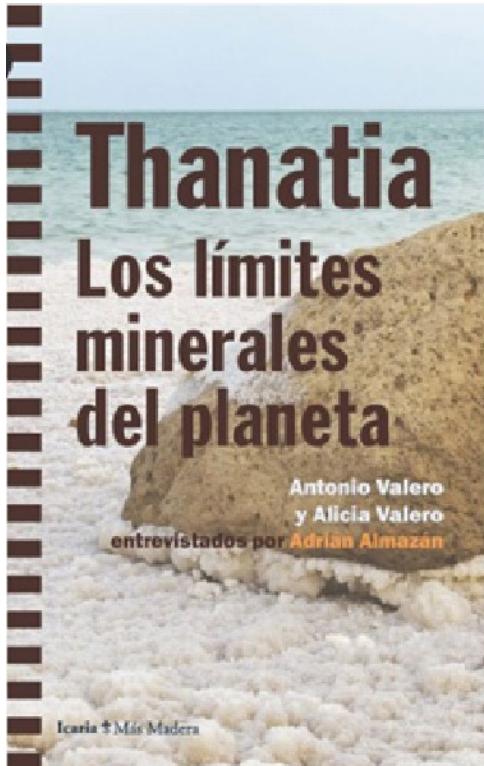
Transición hacia un metabolismo
económico cerrado

COORDINADORES
Luis M. Jiménez Herrero
Elena Pérez Lagüela

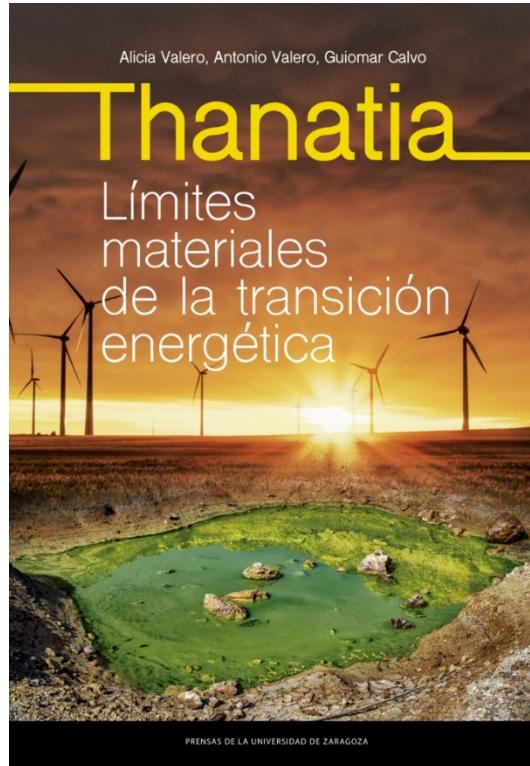
COORDINADORES
Luis M. Jiménez Herrero y Elena Pérez Lagüela



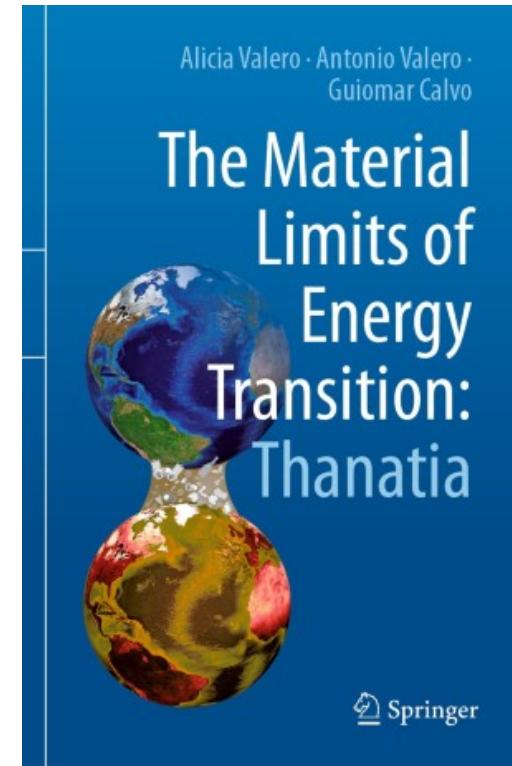
2021



2021



2021



Algunos resultados académicos

- 8 Tesis Doctorales y 3 en desarrollo
- 6 Libros científicos y 2 de divulgación
- Mas de 50 artículos JRC
- Contratos con SEAT, Fertinagro Biotech, Ayto Zaragoza, CENIM
- Keynote speeches en al menos 10 Congresos Internacionales
- Mas de 20 Conferencias en universidades extranjeras
- Presentaciones en el Parlamento Europeo y en medios de comunicación nacionales e internacionales. Lección Inaugural UZ, 2012
- 15 años de proyectos concedidos por el Plan Nacional y 5 proyectos europeos en colaboración con centros de investigación de Alemania, Italia, Polonia, Finlandia...

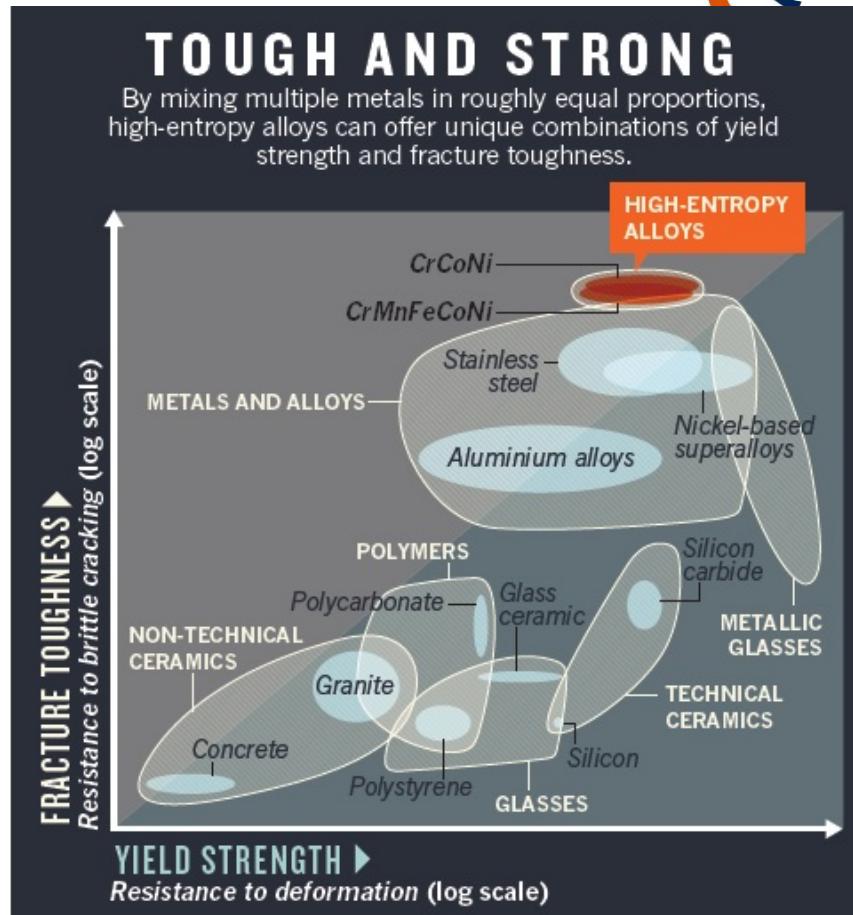
Gracias por vuestra atención

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

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

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

1. Almost 313,560 different alloys can be produced by combining equal proportions of 3, 4, 5 or 6 metallic elements of a group of 26.
2. Huge possibilities and applications open up.
3. The tendency is towards disorder or high entropy.



Assessment of downcyclability degree in automobiles

- Each year in Europe, end-of-life vehicles (ELV) generate between 7 and 9 million tonnes of wastes.
- In order to reduce waste originating from ELVs and increase their recyclability, in 2000, the EU enforced the ELV Directive (2000/53/EC).
- According to the ELV Directive, from January 1, 2015, recovery requirements should achieve the **target of at least 95% and a minimum of 85%** of the total material weight has to be **reusable and recyclable**.
- These targets are based on a mass approach.
- **The future compliance with these recycling targets is challenged by two main factors: i) the changing material composition of cars and ii) the thermodynamic limits of material production and recycling.**



Thermoeconomic module in HSC Sim

- Design, diagnosis and environmental and thermoeconomic cost analysis of **conventional thermal systems**
- Design, diagnosis and environmental and thermoeconomic cost analysis of **metallurgical systems**
- Design, diagnosis and environmental and thermoeconomic cost analysis of **recycling systems to assess circularity degree**

4. FINAL REFLECTIONS

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

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