

# Transición a energías “renovables”

Rafael Malmagro Címbora

**Resumen:** En este documento se exponen de manera breve las dificultades que se plantean en la transición energética (TE) a escala global. Tras un análisis del contexto, se introducen conceptos relevantes: mix energético-eléctrico, combustibles fósiles (CF) y energías renovables (ER)... Además de exponer el estudio de la TE mediante modelos. Posteriormente se describen los problemas en su conjunto como interrelaciones. El fin es el de ofrecer conocimientos básicos y visiones críticas en un debate que trasciende de la ingeniería y la física a lo ambiental, económico, político e ideológico, para tener una idea de la magnitud de tal cambio, y que sin duda va a tener grandes impactos en nuestro día a día.

**Palabras Claves**— Descarbonización, Escenarios futuros, Limitaciones, Planificación, Transición energética

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha ido reconociendo la importancia reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el desenganche de los CF y alcanzar un modelo de desarrollo que permita mantener unos índices de bienestar intergeneracionales estables. No obstante, resulta vital conocer la capacidad límite de energía que podemos generar sin CF, no solo como un término puntual cuantitativo, sino como un trayecto cualitativo. Todo ello bajo una visión integradora que considere los factores sociales, económicos, físicos y ambientales con el fin de desarrollar hojas de ruta para redirigirnos a una forma de usar mejor la energía [1].

## 2. CONTEXTO

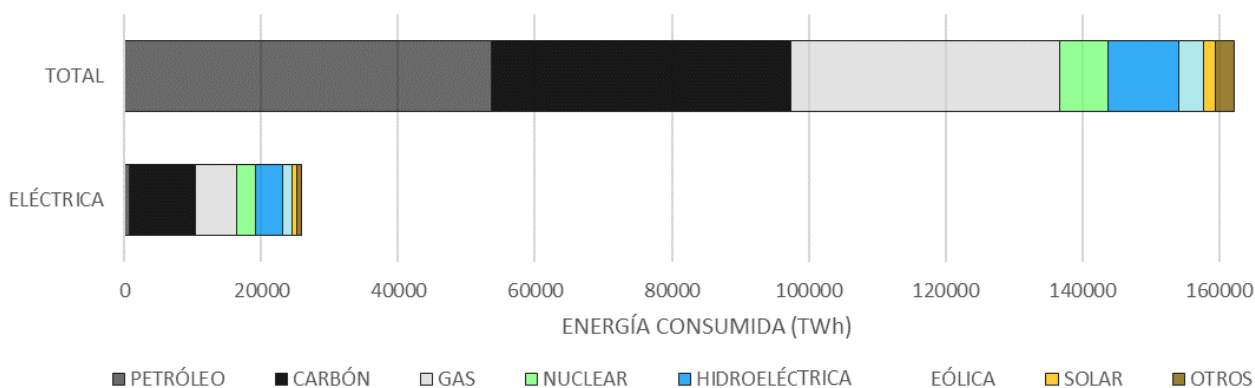
### 2.1. Mix Energético

La energía que consumimos se divide en tres bloques fundamentales: La relativa al transporte, la que usamos en forma de calor directamente (p.e. en algunas industrias) y la que utilizamos como electricidad (p.e. en los hogares). Esta distinción es importante ya que, uno de los pasos que hay que tomar para descarbonizar la economía es la

electrificación de los distintos sectores. Así se puede hablar de mix energético, refiriéndose al conjunto de fuentes de obtención de la energía total que se consume, o del mix eléctrico, que sería similar pero aplicado únicamente a la energía que se ha utilizado para generar electricidad. En la Figura 1 se puede visualizar el peso que tiene la energía eléctrica respecto al total, destacándose la fuerte dependencia de los CF: (84,3% en la energía total, y un 63,3% en el consumo eléctrico)

### 2.2. Combustibles fósiles

Dentro de los combustibles fósiles distinguimos carbón, gas y petróleo, este último cobra más importancia porque es clave para manteneren el transporte, y a su vez una economía globalizada [2]. Para comprender mejor su evolución en el futuro no basta únicamente con conocer cuantas reservas probadas hay, y el ritmo al que se están explotando, sino es necesario conocer su evolución, las inversiones en sus búsquedas, y el coste de extracción, así como su calidad, la demanda y otros factores sociales, económicos y ambientales [1] [3].



**Figura 1.** Comparación del mix energético (TOTAL) y mix eléctrico (ELÉCTRICA) en términos absolutos, a nivel global en 2019. En "OTROS" se incluye geotérmica, biomasa. Fuente: Elaboración propia sobre datos de BP Statistical Review of World Energy. (<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>)

### 2.3. Energías renovables

La situación de las renovables en la actualidad está en auge, el precio de sus tecnologías ha disminuido notablemente en las últimas décadas hasta ser competitivo en los mercados [4]. Entre estas, la solar, hidroeléctrica y eólica (wind-water-solar: WWS) son las más empleadas. Sin embargo, es imprescindible conocer sus limitaciones e impactos antes de asumir que son la panacea.

Si bien existen estudios que aseguran que es posible que el 100% de la energía en 2050 sea renovable [5], son aproximaciones optimistas que no tienen en cuenta la disponibilidad de materias primas ni su ritmo de extracción, entre otras. Además, hay que recordar que, aunque la energía que se aprovecha es renovable, los materiales de los que están hechas las tecnologías, no lo son.

### 2.3. Energía nuclear

Otra fuente de energía que puede tener un fuerte peso en el mix durante la TE es la energía nuclear, debido a su casi nula huella de carbono y gran estabilidad. Incluso a pesar de su alto coste de instalación y puesta en marcha.

### 2.4. Modelos de estudio y simulación

En este contexto de una compleja realidad nacen diversos proyectos, entre ellos *pymedeas*, una herramienta abierta al público que permite modelar la TE. Este software libre (se puede descargar en [https://gitlab.com/MEDEAS/pymedeas\\_models](https://gitlab.com/MEDEAS/pymedeas_models)) consta de 7 submódulos: economía, energía, infraestructuras, materiales, uso del terreno, cambio climático, y los impactos socioambientales, y contempla 2 escenarios BAU (business as usual) en el que no se consideran políticas de transición y OLT (optimal level transition) en el cual se incrementa significativamente el desarrollo de ER [6].

Tiene como objetivos identificar las variables físicas clave en la transición, cuantificar las implicaciones de los desafíos emergentes, y sugerir políticas y estrategias para afrontarla. Si bien proporciona una base sólida a escala europea y global, sus resultados son orientativos y están en continua actualización.

A partir de este, se desarrolla LOCOMOTION, otro proyecto cuya finalidad es la de mejorar las funciones de MEDEAS para obtener información más pormenorizada; así como otros tantos en este marco: REEEM, SET-Nav, Reflex... que forman parte del grupo LCE21-2015, financiados por la Unión Europea. Y modelos concretos para el caso español como MODESLOW.

## 3. TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Una de las características que tienen las ER es la *intermitencia* y la *impredecibilidad*. Dependemos de que haya unas condiciones favorables (sol, viento y que no haya sequías) para producir electricidad. Momentos que no tienen por qué coincidir con la demanda. Para dar solución a esto, se pueden crear *interconexiones* para transportar la energía a otras regiones donde sea demandada, o se puede recurrir al *almacenamiento de la energía*. De los distintos métodos (químicos, electroquímicos, eléctricos, mecánicos y térmicos), es el bombeo de las hidroeléctricas el más extendido y sostenible. Aunque su uso se restringe a determinadas zonas y solo hay alrededor de 90GW de almacenamiento en el mundo (que representa en torno al 3% de la potencia global de generación) [7].

Asimismo, para abordar la electrificación del parque automovilístico son las baterías de litio las que más potencial tienen, (el H<sub>2</sub> lleva muchos años desarrollándose y todavía plantea serias cuestiones) [8]. A este hecho se plantea si habrá suficientes *materias primas* (no solo para las baterías, sino también para los aerogeneradores y placas solares), para cuántos años tendremos, si estamos preparados para soportar dicho *ritmo de extracción* y el almacenamiento de todos los *residuos* cuando acabe su vida útil. Ante las incertidumbres que plantea la transición se dan a conocer muchas contradicciones del modelo socioeconómico actual, y surge una visión decrecentista [9][10][11]. Si bien autores concluyen que hay suficientes materias primas para la TE [12] (y otros que no [13]), aunque fuera cierto, no se podrían alcanzar los objetivos de reducción de GEI [10]. De hecho, en sectores como la

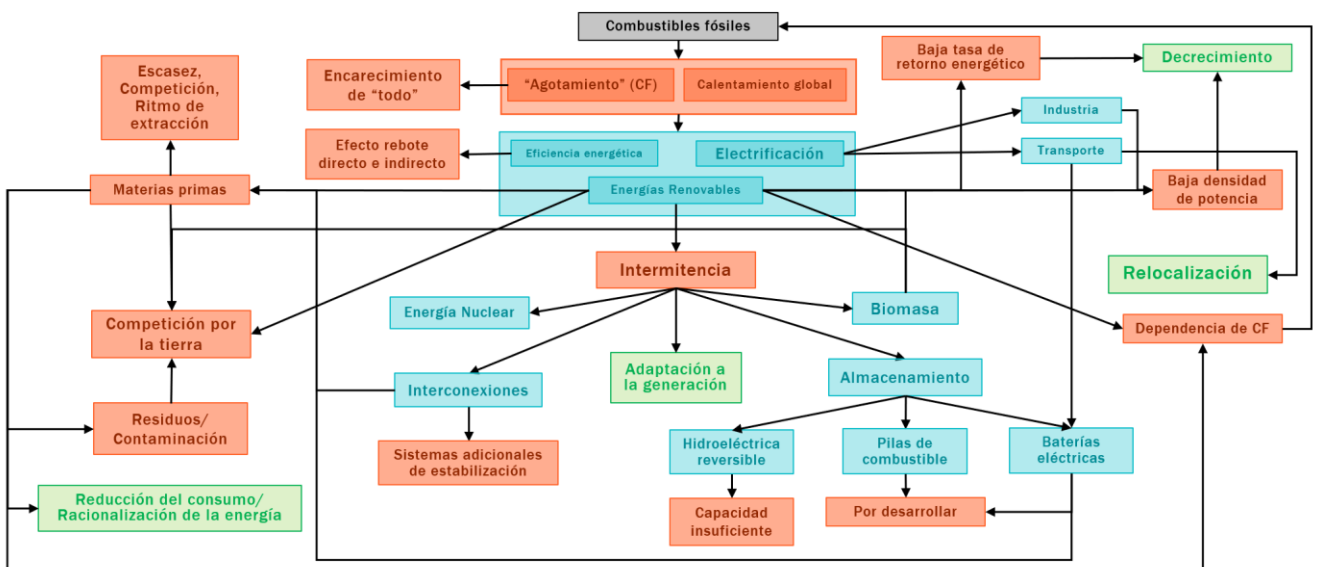


Figura 2: Esquema simplificado de los desafíos de la transición energética. En azul las soluciones, en rojo las limitaciones, en verde quedan las soluciones "no técnicas" alternativas. Elaboración propia.

aviación o para la maquinaria industrial ni siquiera hay alternativas que no tengan huella de carbono [8].

Otro factor que no hay que despreciar es el impacto que el despliegue de las renovables va a tener sobre los *usos del suelo*. No obstante, la mayoría de autores concluyen que la disponibilidad de superficie no es limitante [14].

Por otra parte, se reconoce que una de las claves de la TE es la *baja densidad energética y de potencia* de biocombustibles y ER, respectivamente, frente a los CF. Y es que esta diferencia es crítica y constituye uno de los mayores desafíos de la TE [15].

Además, hay investigaciones que apuntan a que la *tasa de retorno energética*: la relación entre la energía invertida y obtenida (EROI) disminuiría por debajo de los niveles necesarios para mantener la complejidad de las sociedades, si se sigue bajo el paradigma del *crecimiento verde* [16].

Si considerásemos el continuar en un crecimiento económico, los esfuerzos se deberían centrar en reducir la *intensidad energética* para amortiguar las emisiones de CO<sub>2</sub> [17]. Tampoco hay que menospreciar el *ritmo de las transiciones*, ya que para cumplir objetivos del acuerdo de París, será necesario acelerar la transición, algo que podría ser incluso contraproducente. Solo cambiar un sistema de empuje por animales por uno de combustión interna necesitó más de medio siglo. El tiempo necesario de incorporación al mercado de una tecnología de suministro de energía, es una función de la financiación, desarrollo, y perfeccionamiento de caras y colosales infraestructuras [18].

## 5. CONCLUSIONES

La complejidad y magnitud de la transición hacen que su estudio sea realmente enredado y dificultoso, en esta situación surgen distintas posturas. *Grosso modo*, dos opciones: seguir invirtiendo en nuevas plantas de energías renovables, coches eléctricos, hidrógeno, y en el resto de soluciones tecnológicas, o en desarrollar la planificación del cambio de paradigma de una economía insostenible. Si bien se debe invertir en el desarrollo de tecnologías, también es sabido que la ciencia avanza con paulatinos pero firmes pasos, a lo que, en un momento de urgencia, es necesaria la acción de políticas coherentes. De forma análoga, las vacunas han sido posibles gracias a décadas de investigación anteriores, pero mientras no hemos tenido vacunas, hemos necesitado de políticas restrictivas para hacer frente a un problema. Volviendo al tema, es de considerar que se debería centrar la atención en desarrollar un plan B, para el caso de no encontrar una solución técnica a tiempo. Por tanto, estudiar cómo simplificar nuestro estilo de vida, como relocalizar actividades, reducir el consumo para despegarnos del despilfarre, y crear sociedades más resilientes.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a mi familia, y en especial a mi padre, porque fue quien hizo despertar mi interés por este tema.

## REFERENCIAS

- [1] I. Capellán-Pérez *et al.*, "MEDEAS: A new modeling framework integrating global biophysical and socioeconomic constraints," *Energy and Environmental Science*, vol. 13, no. 3. Royal Society of Chemistry, pp. 986–1017, Mar. 01, 2020, doi: 10.1039/c9ee02627d.
- [2] J. Solé, A. García-Olivares, A. Turiel, and J. Ballabrera-Poy, "Renewable transitions and the net energy from oil liquids: A scenarios study," *Renew. Energy*, vol. 116, pp. 258–271, 2018, doi: 10.1016/j.renene.2017.09.035.
- [3] C. Kerschner, C. Prell, K. Feng, and K. Hubacek, "Economic vulnerability to Peak Oil," *Glob. Environ. Chang.*, vol. 23, no. 6, pp. 1424–1433, Dec. 2013, doi: 10.1016/J.GLOENVCHA.2013.08.015.
- [4] IRENA, "RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2018," 2019. [www.irena.org](http://www.irena.org).
- [5] M. Z. Jacobson *et al.*, "100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight All-Sector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World," *Joule*, vol. 1, no. 1, pp. 108–121, Sep. 2017, doi: 10.1016/j.joule.2017.07.005.
- [6] J. Solé *et al.*, "Modelling the renewable transition: Scenarios and pathways for a decarbonized future using pymedeas, a new open-source energy systems model," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 132, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.rser.2020.110105.
- [7] Leonard Wagner, "Overview of energy storage methods," 2007. [Online]. Available: [https://www.moraassociates.com/reports/0712\\_Energy\\_storage.pdf](https://www.moraassociates.com/reports/0712_Energy_storage.pdf).
- [8] T. M. Letcher, "Future Energy: Improved, Sustainable and Clean Options for Our Planet," Oxford, UNITED KINGDOM: Elsevier Science & Technology, 2013, pp. 495–498.
- [9] D. Gómez Cañete, "Decrecimiento y energía en Europa," *Ecol. Política*, vol. 35, no. Decrecimiento sostenible, pp. 85–87, 2008.
- [10] I. de Blas, M. Mediavilla, I. Capellán-Pérez, and C. Duce, "The limits of transport decarbonization under the current growth paradigm," *Energy Strateg. Rev.*, vol. 32, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.esr.2020.100543.
- [11] J. Nieto, Ó. Carpintero, L. J. Miguel, and I. de Blas, "Macroeconomic modelling under energy constraints: Global low carbon transition scenarios," *Energy Policy*, vol. 137, p. 111090, Feb. 2020, doi: 10.1016/J.ENPOL.2019.111090.
- [12] F.-W. Wellmer *et al.*, "Raw Materials for Future Energy Supply," 2019.
- [13] A. Valero, A. Valero, G. Calvo, and A. Ortego, "Material bottlenecks in the future development of green technologies," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 93, no. March 2017, pp. 178–200, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2018.05.041.
- [14] I. Capellán-Pérez, C. de Castro, and I. Arto, "Assessing vulnerabilities and limits in the transition to renewable energies: Land requirements under 100% solar energy scenarios," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 77. Elsevier Ltd, pp. 760–782, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.03.137.

- [15] V. Smil, "Energy transition: History, Requirements, Prospects," ABC-CLIO, Ed. 2010, pp. 106–119.
- [16] I. Capellán-Pérez, C. de Castro, and L. J. Miguel González, "Dynamic Energy Return on Energy Investment (EROI) and material requirements in scenarios of global transition to renewable energies," *Energy Strateg. Rev.*, vol. 26, p. 100399, Nov. 2019, doi: 10.1016/J.ESR.2019.100399.
- [17] U. Deichmann, A. Reuter, S. Vollmer, and F. Zhang, "The relationship between energy intensity and economic growth: New evidence from a multi-country multi-sectorial dataset," *World Dev.*, vol. 124, p. 104664, Dec. 2019, doi: 10.1016/J.WORLDDEV.2019.104664.
- [18] V. Smil, "Energy myths and realities: bringing science to the energy policy debate," Washington, D.C. : Lanham, Md: AEI Press ; Distributed by Rowman & Littlefield, 2010, pp. 139–140.



Rafael Malmagro Címbora, Grado en Ciencias Ambientales, 3<sup>er</sup> curso.