

Renovables, sí, pero ¿cómo?

Germà Garcia Belmonte

Resumen—El cambio climático ya está aquí. Las emisiones de gases de efecto invernadero no decrecen al ritmo necesario. Nuestro reto actual es revertir la situación y reducir las concentraciones de dichos gases atmosféricos. Por si esto fuera poco, la producción de combustibles fósiles hace tiempo que da signos de agotamiento. Se impone un cambio de modelo energético que descansa sobre tecnologías verdes. Pero conviene ser cautos a este respecto: la dependencia que el modo de vida imperante tiene del petróleo y el gas natural es tan grande que la transición energética no estará exenta de aspectos controvertidos: los efectos perversos de la adopción de tecnologías más eficientes y las limitaciones estrictamente materiales. Solo una visión global podrá orientar una ciudadanía informada de las decisiones que sin duda habrá que tomar.

Palabras clave: crisis climática, crisis energética, energías renovables, eficiencia, materias primas

I. INTRODUCCIÓN

Suprimir las emisiones de gases de efecto invernadero, este es sin duda el objetivo ineludible que se debe abordar de manera global. Y se debe abordar ahora. El tiempo de descuento se nos acaba. La crisis climática es demasiado evidente. Podemos discutir en qué grado o dónde repercutirán en mayor o menor medida las inundaciones torrenciales, las olas de calor o las subidas en el nivel de las aguas marinas, pero el cambio ya está aquí. Solo por poner un ejemplo de la envergadura del problema, vemos en la Fig. 1 cómo la concentración de dióxido de carbono atmosférico ha superado con creces los niveles que en los últimos 800 mil años habían sido habituales. Incluso hemos duplicado los valores de las épocas interglaciares, las más cálidas. Como es también evidente, el incremento repentino a la derecha de la gráfica se corresponde con el advenimiento de la Revolución Industrial. Revertir el proceso es, por lo tanto, una tarea imperiosa.

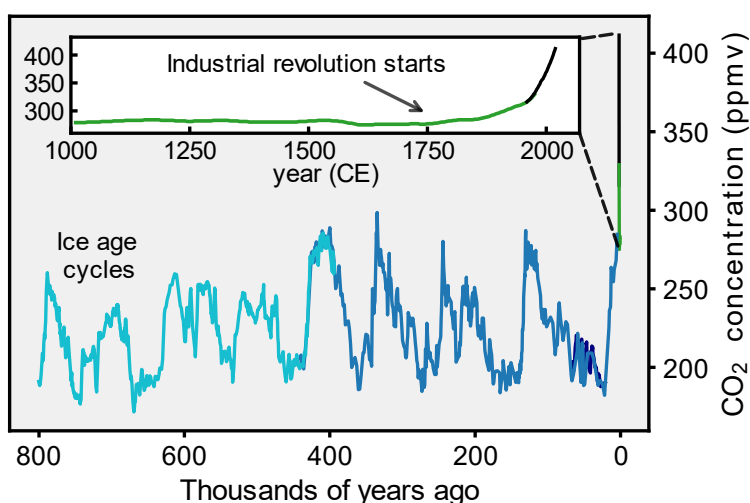


Fig. 1 Evolución de la concentración de CO₂ atmosférico. Detalle del incremento producido en los últimos siglos. Fuente: Femke Nijse - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=69480542>

II. DE LA CRISIS CLIMÁTICA A LA CRISIS ENERGÉTICA

Por si la crisis climática no fuera suficiente para empezar a movilizarnos, es bien sabido que la producción de combustibles fósiles hace tiempo que da signos de agotamiento. Como es lógico, la escasez de suministros tendría efectos muy negativos sobre el modo de vida actual. Conviene recordar aquí que la civilización tal como la conocemos y, consustancial a ella, el crecimiento económico se ha sustentado durante los últimos 150 años en un consumo cada vez mayor de combustibles fósiles *relativamente baratos* (Fig. 2). Y es precisamente la disponibilidad de este tipo de energías la que se pone en entredicho. Existe una gran controversia sobre los volúmenes de reservas actuales de crudo y gas natural. Las estimaciones de lo que queda por explotar difieren entre unos análisis y otros. Sea como sea, parece claro que tarde o temprano la extracción de combustibles fósiles dejará de ser viable (los recursos siempre son finitos en un planeta limitado). Con todo, y según la mayoría de los estudios, el pico de producción, al menos de petróleo, ya ha sido superado, lo que nos sitúa en un escenario de declive y escasez de suministro, con el consiguiente aumento de precios y desajustes económicos, tal como predijo M. King Hubbert en su famoso análisis de los años cincuenta del siglo XX (Fig. 3). Otra razón que nos impulsa a cambiar el modelo energético sin más demora [1].

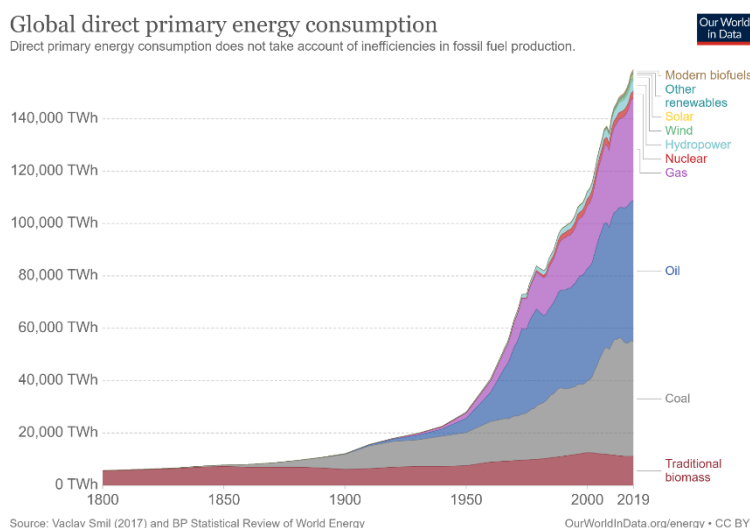


Fig. 2 Evolución del consumo mundial de energía donde se observa la supremacía de los combustibles fósiles sobre fuentes renovables.

Fuente: By Our World in Data - <https://ourworldindata.org/grapher/global-primary-energy?time=earliest..latest>, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=95911729>

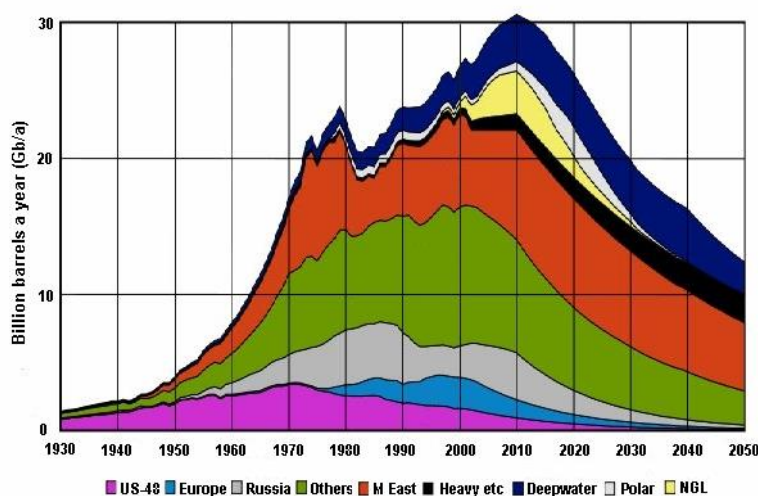


Fig. 3 Volúmenes de extracción de crudo y estimación de las reservas de petróleo.

Fuente: Association for the Study of Peak Oil and Gas (ASPO). <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GlobalPeakOilForecast.jpg?uselang=ca>

III. ENERGÍAS RENOVABLES

Se ha venido a llamar ‘transición energética’ al cambio tecnológico que nos ha de llevar del consumo en masa actual de combustibles fósiles a un modelo de producción basado en instalaciones de energía renovable. Conviene ser cautos a este respecto: la dependencia que el modo de vida imperante tiene del petróleo y el gas natural es tan grande que la transición no estará exenta de problemas. Existen candidatos con los que iniciar la sustitución tecnológica. De las placas solares a los molinos de viento pasando por los coches eléctricos, las llamadas tecnologías verdes comparten un rasgo distintivo: cumplir el propósito por el que han sido diseñadas. Así, son capaces de producir electricidad, almacenar energía y desplazar pasajeros sin utilizar combustibles fósiles. Pero tras esta denominación de renovable se esconde una realidad incómoda y a menudo obviada: la enorme huella de carbono que deja el proceso de producción de muchas de estas tecnologías, que a menudo requieren tantos recursos minerales o más que otras tecnologías mucho menos sostenibles. Por todo ello, el control sobre los procesos de producción, para reducir emisiones, y la reutilización de materias primas se ve más necesaria que nunca. Todo un reto tecnológico y de reconversión industrial el que se nos presenta en los próximos años.

Veamos con más detalle dos aspectos controvertidos de la necesaria introducción de las tecnologías verdes: los efectos perversos del aumento de la eficiencia y las limitaciones estrictamente materiales.

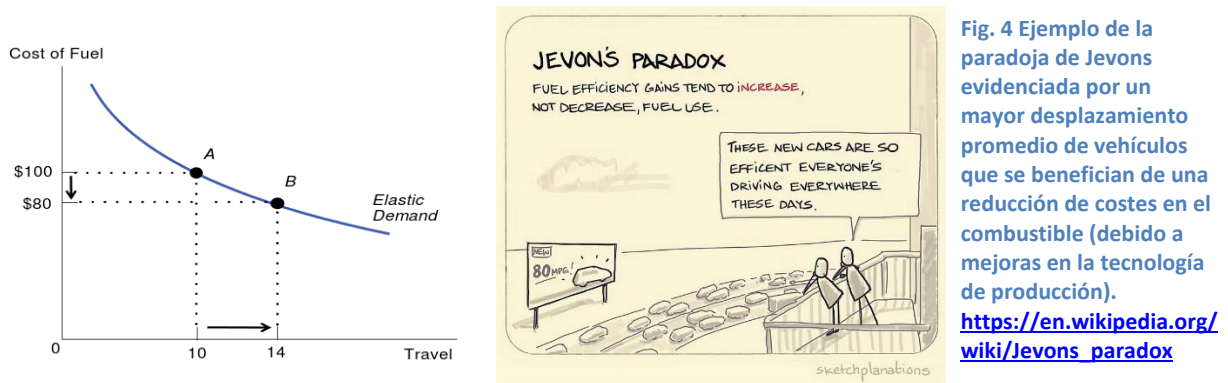
IV. LA PARADOJA DE LA EFICIENCIA

El ideal de eficiencia que, desde la termodinámica, hemos difundido en todos los ámbitos: tecnologías, cerebros, organizaciones, instituciones... se ha convertido en uno de los signos distintivos de las sociedades responsables. Paradójicamente, los motores de la modernidad –es decir, el motor de combustión interna y el motor eléctrico– nunca han sido máquinas eficientes. Eso sí, han sido unos artefactos muy eficaces, capaces de concentrar cantidades impresionantes de energía. Aquí radica su éxito. Los rendimientos son bajos, ¿y qué? Es la eficacia de las tecnologías lo que, en última instancia, ha construido el mundo moderno. ¿Por qué la insistencia, la obsesión actual de incrementar la eficiencia? Y todo esto, sabiendo desde hace tiempo que la introducción de tecnologías más eficientes no implica *per se* la reducción de los consumos (que, en última instancia, debería ser el objetivo). Es lo que se conoce como paradoja de Jevons: un economista británico que observó entre 1830 y 1860 cómo los incrementos de eficiencia de las máquinas de vapor no producían ningún efecto sobre la reducción del consumo de carbón, que siguió creciendo, de forma global, al mismo ritmo que el aumento de eficiencia. Postulado más modernamente por Khazzoom y Brookes establece radicalmente que los incrementos en la eficiencia energética de cualquier tecnología implican el aumento del consumo global, en lugar de promover su ahorro. Multitud de estudios económicos avalan su postulado. Sencillamente, mejorar la eficiencia tecnológica, una de las estrategias actuales de control de los consumos promovidas por gobiernos de medio mundo, no es la forma más efectiva de hacer frente a nuestro problema.

La paradoja de Jevons es particularmente evidente en contextos en los que una demanda creciente predomina y compensa e incluso supera el efecto del aumento de la eficiencia. Uno de ellos se ilustra en la Fig. 4. En las pasadas décadas, las inversiones en el desarrollo de mejoras tecnológicas, tanto en la producción de combustibles como en el funcionamiento de los motores y vehículos, han logrado un aumento significativo de la eficiencia en este sector. ¿Ha supuesto esto una reducción neta del consumo? La respuesta es no. Los coches son ahora más grandes y potentes, y más población ha tenido acceso a su uso. Sin límites en la demanda, de poco vale el cambio tecnológico [2], [3].

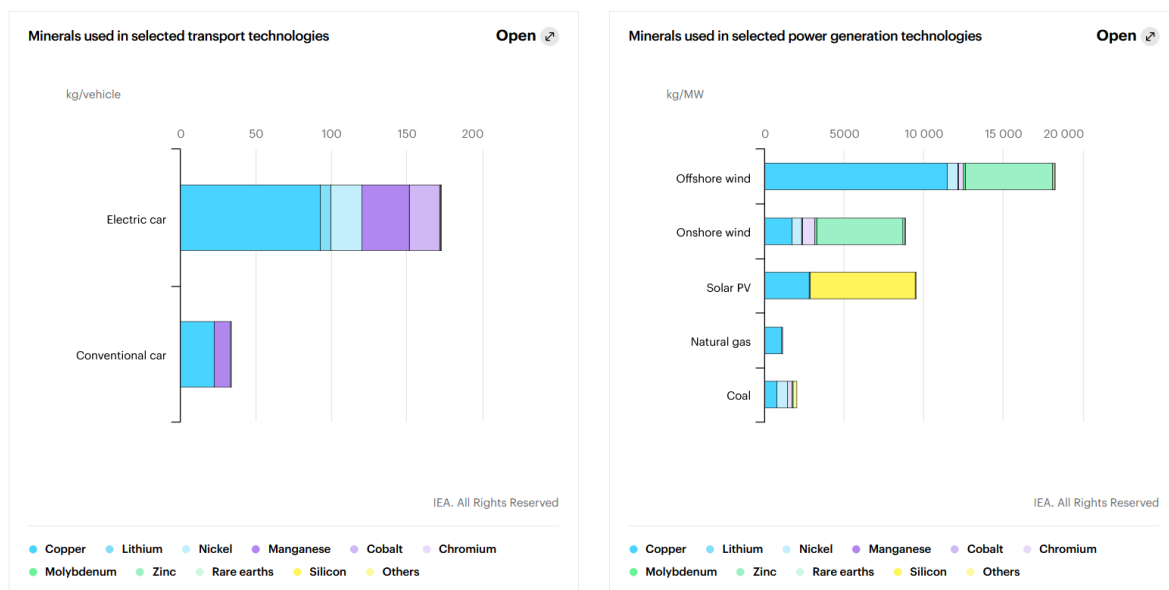
Otro ejemplo más actual se refiere a la introducción de tecnologías energéticas verdes. La inversión en energías renovables es necesaria, pero no suficiente, para reducir la emisión de gases de efecto invernadero. De hecho, las renovables no están haciendo disminuir las emisiones globales porque no sustituyen, sino que complementan, las instalaciones tradicionales ya existente, que no se

desmantelan al mismo ritmo que se instalan los parques solares o eólicos. De nuevo, es la demanda sin freno la que en última instancia está dirigiendo la política de desarrollo energético renovable, con el consiguiente aumento del consumo, en la línea de la paradoja de Jevons.



V. DE NUEVO, LAS MATERIAS PRIMAS

En muchas ocasiones se nos olvida que nuestra civilización descansa sobre pilares estrictamente materiales. Así, los minerales han desempeñado un papel fundamental en el auge de muchas de las tecnologías de energía limpia que se utilizan ampliamente en la actualidad, desde turbinas eólicas y paneles solares hasta vehículos eléctricos. Pero garantizar que estas y otras tecnologías clave puedan aprovechar suficientes suministros minerales para apoyar la aceleración de las transiciones energéticas en todo el mundo es un desafío global importante y poco analizado, además de suponer un reajuste geopolítico en un futuro inmediato. El litio, el cobalto y el níquel permiten un mayor rendimiento de carga y una mayor densidad de energía a las baterías. El cobre es esencial para el uso cada vez mayor de electricidad en todos los sistemas energéticos gracias a su incomparable capacidad para conducir corrientes eléctricas. Y algunos elementos de tierras raras, como el neodimio, producen potentes imanes que son vitales para las turbinas eólicas y los vehículos eléctricos. Como se aprecia en la Fig. 5, las tecnologías verdes requieren de estos materiales en mayor medida que las tecnologías tradicionales. Si la transición energética ha de prosperar deberá huir de prácticas meramente extractivas (altamente emisoras) y dedicar mayores esfuerzos a la reutilización y reciclado de materiales esenciales [4].



VI. AMPLIAR EL FOCO

Vemos por lo tanto que la transición energética no resultará fácil. Aquellas visiones que confían en exceso en nuestra capacidad tecnológica, presente o futura, deberían poner los pies en el suelo y empezar a comprender la envergadura de lo que se nos viene encima. Lo que ocurra en los años venideros no pasará por imperativo tecnológico, sino debido a nuestras acciones (o inacciones). Ahora más que nunca es necesaria una visión general que aborde el problema en todas sus dimensiones. Un eslogan que últimamente circula en las redes sociales, acuñado por Jan Konietzko, es conocido como ‘visión de túnel de carbono’ (Fig. 6). Se trata de un inteligente juego de palabras, sí, pero más allá de eso es una observación muy pertinente. Si logramos emisiones netas cero, pero pasamos por alto los derechos humanos o no salvaguardamos la biodiversidad, ¿qué significará esto para el bienestar de las personas y el planeta? Con la excusa de la reducción de emisiones, se implantarán con urgencia tecnologías verdes, pero podemos llegar a perder valores importantísimos. Como ejemplo cabría citar aquí los proyectos de instalación de parques fotovoltaicos que afectan grandes superficies de suelo agrícola en plena explotación. La afectación sobre el terreno es tal que difícilmente podrán revertirse los daños causados. Las visiones holísticas son más necesarias que nunca para orientar la toma de decisiones sobre la adopción de tecnologías. Para ello, una ciudadanía informada es una salvaguarda contra modelos especulativos o colonizadores del territorio.

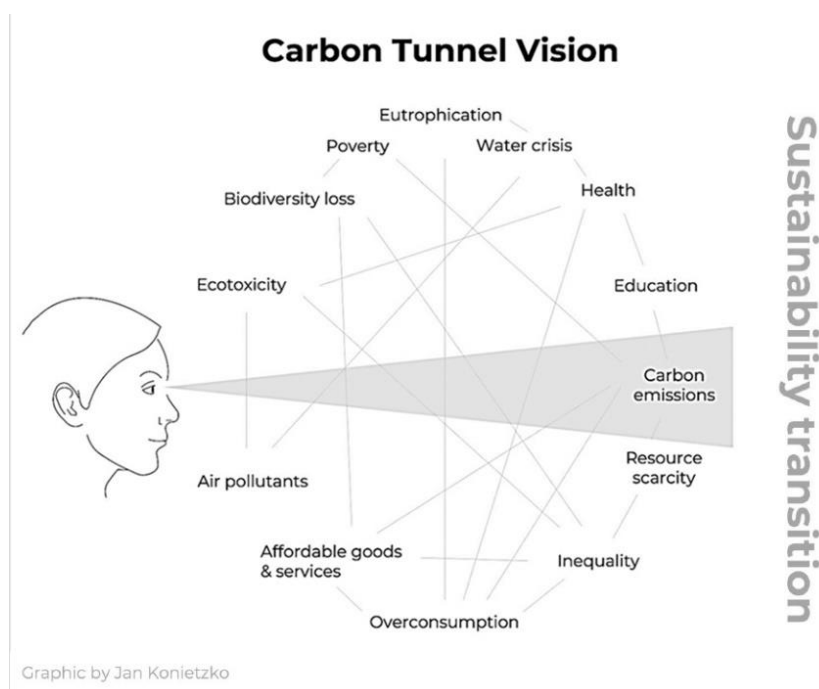


Fig. 6 La visión de túnel de carbono solo considera la reducción de emisiones sin tener en cuenta las múltiples interrelaciones de una visión global.

<https://digitally.cognizant.com/moving-beyond-carbon-tunnel-vision-with-a-sustainability-data-strategy-codex7121>

VII. CONCLUSIONES

La absolutamente necesaria y urgente transición energética debe estar basada en modelos que consideren el problema de la sustitución tecnológica desde una perspectiva amplia. La guía de actuación no puede consistir únicamente en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (visión de túnel de carbono) si aspectos cruciales de nuestra cohesión social o de la vida del planeta se ven afectados (desigualdad, pérdida de biodiversidad...).

VIII. AGRADECIMIENTOS

Al programa de divulgación de ciencia y tecnología *ciènciaprop*[®]

IX. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Escrivà, A. *Contra la sostenibilidad*, Arpa, 2023
- [2] Franquesa i Bartolomé, J. *Molinos y gigantes: la lucha por la dignidad, la soberanía energética y la transición ecológica*, Errata Naturae, 2023
- [3] Süsser, D. et al. *Why energy models should integrate social and environmental factors: Assessing user needs, omission impacts, and real-world accuracy in the European Union*, Energy Research & Social Science, 92: 102775, 2022.
- [4] IEA, *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions* (2021). Disponible en <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>

X. AUTOR



GERMÀ GARCIA BELMONTE nació, en Sagunt en 1964. Es catedrático de física aplicada (Universitat Jaume I) y científico dedicado al estudio de dispositivos energéticos. Doctorado por la UNED, 1996, trabajó (1988-1992) en el CIEMAT, Madrid, en investigación experimental y teórica en el área del procesamiento digital de señales nucleares. Se incorporó a la Universitat Jaume I de Castelló (UJI), en 1992 y ahora trabaja en el Instituto de Materiales Avanzados-UJI. Los intereses actuales son la cinética electroquímica de electrodos para baterías y las células solares y los detectores de radiación de rayos X basados en perovskita. Su tema principal es la física de dispositivos con espectroscopia de impedancia. Está catalogado como *Highly Cited Researcher* en 2018 (Clarivate Analytics) y *2%-top researcher* (Universidad de Stanford) de 2018 a 2021.