
Energía Sostenible - **sin palabrería**

David J.C. MacKay

Este notable libro señala, con enorme claridad y objetividad, los distintos caminos alternativos que se abren ante nosotros para llegar a las bajas emisiones.

Sir David King, FRS

Principal asesor científico del Gobierno británico, 2000–08

Para cualquiera con influencia en la política energética, ya sea en el Gobierno, en los negocios o en otra organización, este libro debería ser de lectura obligatoria.

Tony Juniper

ex director ejecutivo de Friends of the Earth (Amigos de la Tierra)

Al fin un libro que desvela completamente los hechos reales sobre energía sostenible, de una forma al mismo tiempo muy legible y entretenida.

Robert Sansom

Director de Estrategia y Desarrollo sostenible de EDF Energy

Un resumen en diez páginas

Somos adictos a los combustibles fósiles, y eso no es sostenible. El mundo desarrollado extrae el 80% de su energía de los combustibles fósiles, y Gran Bretaña el 90%. Y eso es insostenible por tres razones. La primera, que los combustibles fósiles más fácilmente accesibles se agotarán en algún momento, así que posiblemente tendremos que obtener nuestra energía de otra fuente. Segunda, que quemar combustibles fósiles tiene un efecto medible y, muy probablemente, peligroso sobre el clima. Evitar el peligro del cambio climático supone un cambio inmediato en el uso de los combustibles fósiles. Y tercera, que aunque no nos preocupara el cambio climático, una reducción drástica del consumo de combustibles fósiles en Gran Bretaña sería una medida prudente si nos preocupa la seguridad energética: si no, el consumo rápido de las reservas de petróleo y gas del Mar del Norte llevaría muy pronto a los adictos británicos a depender de las importaciones de países poco de fiar (espero que comprendan mi escepticismo).

Y ¿cómo podemos librarnos de nuestra adicción a los combustibles fósiles?

No faltan consejos sobre cómo “marcar la diferencia”, pero la gente está confusa e indecisa acerca de si esos planes son seguros o son quimeras. La gente sospecha con razón cuando una empresa nos dice que comprar sus productos “verdes” significa que ya hemos “puesto nuestro granito de arena”. Tampoco está a gusto con la estrategia energética nacional. Por ejemplo, ¿son suficientemente ecológicas la “descentralización” y las “centrales de ciclo combinado”?

El Gobierno piensa que deberíamos creer que sí. Pero ¿con esas tecnologías cumpliría realmente Gran Bretaña sus deberes sobre el cambio climático? ¿Son los parques eólicos “un mero gesto que demuestra las credenciales ecológicas de nuestros líderes”? ¿Es esencial la energía nuclear?

Necesitamos planes que funcionen. La buena noticia es que esos planes pueden existir. La mala es que hacer que funcionen no va a ser fácil.

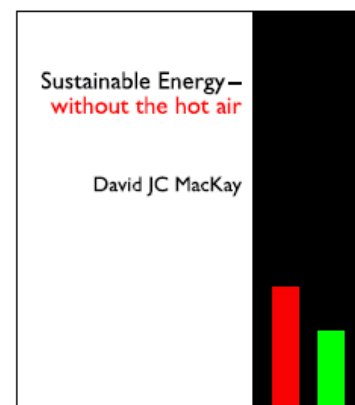


Foto: Terry Caver

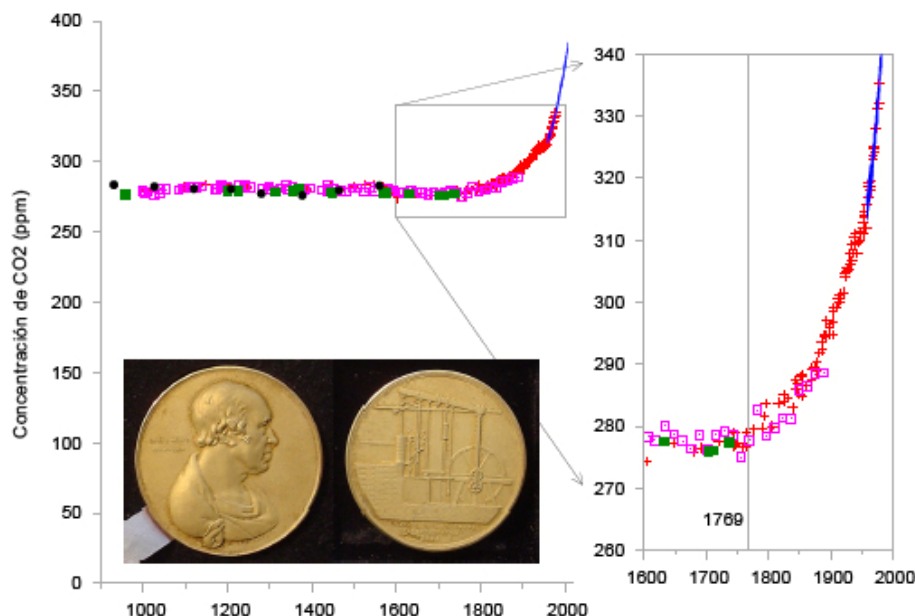


Figura 1. Concentración de dióxido de carbono (CO_2) en partes por millón en los últimos 1.100 años, medida en el aire contenido en bloques de hielo (hasta 1977) y directamente en Hawái (de 1958 en adelante).

Creo que algo nuevo debió suceder entre los años 1800 y 2000. He señalado el año 1769, cuando James Watt patentó su máquina de vapor (la primera máquina de vapor que funcionaba fue inventada 70 años antes, en 1698, pero la de Watt era mucho más eficiente).

Parte I – Cifras, no adjetivos

En la primera mitad de este libro se discute si un país como el Reino Unido, notablemente bien dotado de recursos como viento, olas y mareas, podría vivir sólo de estas renovables. A menudo oímos que los recursos renovables de Gran Bretaña son “enormes”. Pero saber que una fuente de energía es “enorme” no es suficiente. Tenemos que compararla con otras cosas “enormes”, concretamente con nuestro enorme consumo. Y para hacer esas comparaciones necesitamos cifras, no adjetivos.

Cuando usamos las cifras, su significado queda a menudo distorsionado por su enormidad. Las cifras se eligen para impresionar, para apuntarse puntos en una discusión, más que para informar. Por el contrario, mi objetivo ahora es presentar cifras reales, honradas, de modo que sean comprensibles, comparables y recordables. Las cifras son accesibles si se expresan en unidades *personales* de la vida diaria. Las energías se expresan en cantidades por persona, en kilowatios-hora (kWh), las mismas unidades que aparecen en nuestros recibos de la luz; y la energía se mide en kilowatios-hora por día (kWh/d) y persona. La Figura 2 presenta algunas magnitudes comparadas en esas unidades. En rojo, por ejemplo, vemos que conducir un coche normal una distancia de 50 km al día gasta **40 kWh/día**. En verde, a la derecha, vemos algunos recursos renovables: cubrir el 10% del país de parques eólicos produciría **20 kWh/día** por persona.

Una razón para utilizar estas unidades personales es que es mucho más fácil pasar de hablar del Reino Unido a hacerlo de otros países o regiones. Por ejemplo, imaginen que estamos hablando de la incineración de residuos y que sabemos que dicha actividad produce en el Reino Unido 7 TWh/año de electricidad y que en Dinamarca se producen 10 TWh/año (terawatios-hora/año: 1 TW son mil millones de kW). ¿Nos ayuda eso a saber si Dinamarca incinera “más” residuos que Reino Unido? Mientras que la electricidad total producida en cada país a partir de los residuos puede ser interesante, creo que lo que normalmente queremos saber es la cantidad de residuos incinerados por persona (por cierto, Dinamarca **5 kWh/día** por persona, Reino Unido **0,3 kWh/día**, de manera que los daneses incineran 13 veces más residuos cada día que los británicos).

CONSUMO	PRODUCCIÓN
Vuelos en avión 30 kWh/d	Olas: 4 kWh/d
Coche 40 kWh/d	Calefacción solar: 13 kWh/d
	Viento: 20 kWh/d

Figura 2. Comparación del consumo de energía de dos actividades con la posible producción de tres fuentes de energías renovables en el Reino Unido. A la izquierda, conducir 50 km al día en coche consume 40 kWh al día y tomar un avión para un vuelo largo consume 30 kWh al día (media diaria del consumo de un año). A la derecha, cubrir el 10% de la superficie más ventosa de Gran Bretaña de parques solares produciría 20 kWh/d por persona; cubrir con paneles solares térmicos todos los tejados británicos orientados al sur captaría 12 kWh/d por persona, y las máquinas que producen energía con el movimiento de las olas a lo largo de 500 km de la costa del Atlántico producirían 4 kWh/d por persona.

Si hablamos siempre, desde el principio, de cantidades por persona, terminaremos teniendo un libro más útil, que seguramente nos será de más ayuda para discutir de energía sostenible en cualquier parte del mundo.

Con cifras sencillas y sinceras, podemos responder a preguntas como éstas:

1. ¿Es imaginable que un país como Reino Unido pueda vivir de sus propias fuentes de energías renovables?
2. ¿Si nos pasamos a las “tecnologías avanzadas” podríamos eliminar la contaminación por CO₂ sin cambiar nuestro modo de vida?

La Parte I de *Energía sostenible - sin palabrería* construye una columna roja de consumo muy ilustrativa, que enumera los costes de energía de una serie de actividades, y otra columna verde que reúne todas las posibles fuentes de energías renovables de que dispone Gran Bretaña.

Trabajando con las cifras de la columna roja de consumo de la izquierda, desmontamos varios mitos. Por ejemplo, dejar enchufado el cargador del teléfono móvil se considera a menudo como una conducta delictiva económicamente, mientras que a los que desenchufan el cargador se les considera que “aportan su granito de arena”. La realidad es que un cargador normal de teléfono móvil consume sólo **0,01 kWh al día**. La cantidad de energía que se ahorra desenchufando el cargador del móvil, **0,01 kWh**, es exactamente igual que la energía que se consume al conducir **un coche normal durante un segundo**. Con esto no quiero decir que no haya que desenchufar el cargador, sino que no hay que dejarse engañar por el mantra de que “los pequeños gestos hacen mucho”. Obsesionarse con desenchufar el cargador es como baldear el Titanic con una cucharilla. Desenchufen el cargador, pero por favor, dense cuenta de que es un gesto banal.

Toda la energía que se ahorra desenchufando el cargador todo un día se consume conduciendo un coche *un segundo*.

La energía que se ahorra desenchufando el cargador *toda un año* es igual a la que consume un solo baño de agua caliente.

El cargador es solo una mínima fracción de su consumo diario de energía. *Si cada uno hace un poco, conseguiremos sólo un poco*.

Otra cifra digna de atención es lo que contribuyen los vuelos a larga distancia al “impacto energético” de una persona. Si usted vuela a Ciudad del cabo ida y vuelta una vez al año, la energía que consume en ese viaje es casi tanta como la que consumiría conduciendo un coche 50 km diarios 365 días.

Un elemento importante en el consumo británico de energía son las mercancías. Las importaciones de productos manufacturados se suelen omitir en el impacto energético nacional, puesto que de su energía consumida se responsabiliza otro país; pero el **coste de la energía importada** (en cosas como vehículos, maquinaria, electrodomésticos, equipos eléctricos y electrónicos, hierro, acero y productos a granel) es como mínimo de 40 kWh/día por persona.

La primera mitad de la tabla ofrece dos conclusiones claras. Primera: para que una instalación renovable tenga una contribución apreciable (es decir, comparable con nuestro consumo), debe tomarse a nivel del país. Por ejemplo, para obtener un cuarto de nuestro actual consumo de energía cultivando plantas para biomasa,

**FLUJOS DE MERCANCÍAS EN
GRAN BRETAÑA**
(en kg por persona y día)

INSUMOS	
Combustibles fósiles	16
carbón	4
petróleo	4
gas	8
Todas las importaciones	12,5
de alimentos	1,6
productos manufacturados	3,5
Agua	160
RESULTADOS	
Dióxido de carbono y otros “gases invernadero”	30
Residuos urbanos	1,6
reciclados	0,27
incinerados	0,13
arrojados en vertederos	1,0
peligrosos	0,2
alimentos a la basura	0,3

Tabla 3. Fuentes: DEFRA, Eurostat, Instituto Nacional de Estadística Británica, Ministerio Británico de Transportes

habría que sembrar el 75% de toda la superficie de Gran Bretaña.. Para obtener el 4% de nuestro actual consumo de energía a partir de las olas, necesitaríamos cubrir totalmente con generadores 500 kilómetros de las costas del Atlántico. Cualquiera que piense vivir de energías renovables y espere que las infraestructuras necesarias para ello no sean grandes o intrusivas, se engaña a sí mismo.

Segunda: *dejando aparte las limitaciones económicas y las objeciones del público, para el consumo europeo medio de 125 kWh /día por persona, sería posible surtir de estas fuentes renovables a nivel del país.* Las dos fuentes principales serían los paneles fotovoltaicos, que cubriendo del 5% al 10% de la superficie proporcionarían 50 kWh /día por persona, y los parques eólicos marinos, que cubriendo una superficie del mar el doble de la de todo Gales, proporcionarían por término medio otros 50 kWh /día por persona.

Este inmenso panelado de nuestro campo y parques eólicos en nuestros mares (con una capacidad cinco veces superior a todas las turbinas eólicas que hay hoy en el mundo) sería posible según las leyes de la física, pero ¿aceptaría y pagaría el público tales barbaridades? Si la respuesta es no, nos vemos obligados a concluir que el *actual consumo de energía nunca se va a cubrir sólo con renovables británicos*. Necesitaríamos o una radical disminución del consumo u otras importantes fuentes de energía, o las dos cosas, naturalmente.

Parte II – Planes energéticos con sentido

La segunda parte de *Energía sostenible - sin palabrería* explora seis estrategias para eliminar la diferencia entre consumo y producción de energía renovable que hemos visto en la primera parte. Después esboza algunos planes energéticos para Gran Bretaña, todos ellos con sentido.

Las tres primeras estrategias para eliminar esa diferencia reducen la demanda de energía:

- reducir la población;
- cambiar de modo de vida;
- cambiar a tecnologías más eficientes.

Las otras tres estrategias para eliminar la diferencia aumentan la oferta energética:

- “Combustibles fósiles sostenibles” y “carbón limpio” son los nombres que se dan a la acción de seguir quemando carbón pero de distinta manera, esto es capturando y almacenando el CO₂ producido. ¿“Qué electricidad “sostenible” podemos extraer del carbón?
- Otra opción controvertida es la energía nuclear. ¿Es solo una solución provisional?
- Un tercer camino de contar con más electricidad sin carbono sería vivir con energías renovables procedentes de otros países (en particular, los que gozan de mucho sol, gran superficie y baja densidad de población). ¿Cuál es, siendo realistas, el potencial energético del desierto del Sáhara?

POTENCIA POR UNIDAD DE SUPERFICIE DE TIERRA O AGUA

Eólica	2 W/m ²
Eólica marina	3 W/m ²
Estanques de mareas	3 W/m ²
Mareas abiertas	6 W/m ²
Paneles solares FV	5–20 W/m ²
Plantas	0,5 W/m ²
Agua de lluvia	
(highlands)	0,24 W/m ²
Central hidroeléctrica	11 W/m ²
Geotérmica	0,017 W/m ²
Chimenea solar	0,1 W/m ²
Oceanotérmica	5 W/m ²
Solar concentrada (desierto)	15 W/m²

Tabla 4. Las instalaciones de renovables deben tomarse a nivel del país, porque están muy dispersas. Esta tabla recoge la potencia por unidad de superficie de tierra o agua que producen algunas de esas instalaciones.



Figura 5. Espejos solares Stirling. Estos bonitos concentradores producen una potencia por unidad de superficie ocupada de 14 W/m². Foto por cortesía de Stirling Energy Systems. www.stirlingenergy.com

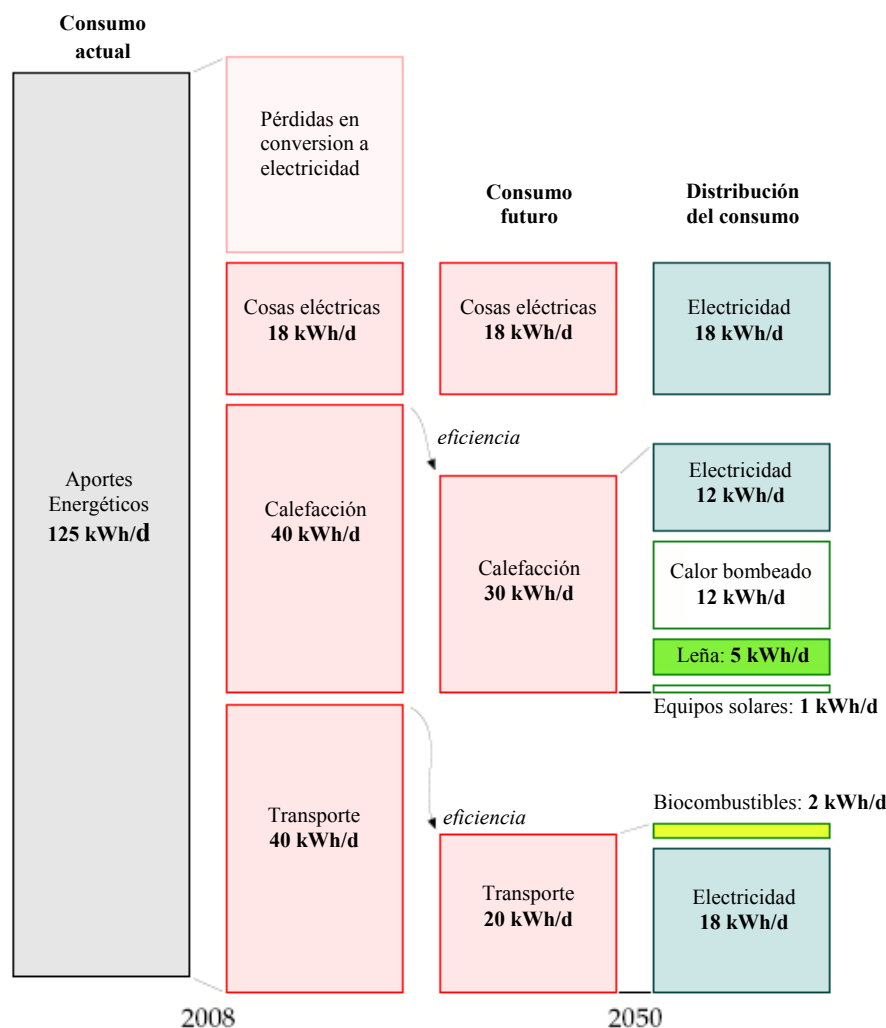


Figura 6. Consumo actual por persona en una Gran Bretaña “simplificada” en 2008 (dos primeras columnas) y en un futuro teórico, junto con la posible distribución de los combustibles (dos últimas columnas). Este plan requiere aumentar la oferta eléctrica de 18 a 48 kWh/d por persona.

Para facilitar la explicación, en esta parte del libro hemos simplificado y supuesto que Gran Bretaña consume su energía sólo en tres actividades: transporte, calefacción y electricidad. En la Figura 7 se presentan cinco planes de consumo, todos los cuales reducen la demanda de energía electrificando el transporte y la calefacción (mediante bomba de calor). Los vehículos eléctricos tiene una segunda función de conveniencia: que la carga de las baterías es una gran demanda de electricidad fácilmente conectable y desconectable, de modo que la carga inteligente ayudaría a igualar la oferta y la demanda en una red eléctrica dominada por las renovables o la nuclear.

Por supuesto, la electrificación del transporte y la calefacción exigiría un aumento importante de la producción de electricidad. Los cinco planes proporcionan esa electricidad necesaria con otras tantas opciones distintas sin emisiones. Las cinco combinaciones representan distintas opciones políticas: el plan G (Greenplan), que utiliza tanto el “carbón limpio” como la energía nuclear; el plan N (NIMBY), que se basa sobre todo en energías renovables de otros países, y el plan E (Economist) que se centra en las opciones más económicas sin emisiones: parques eólicos terrestres, energía nuclear y estanques de mareas.

Figura 7. Cinco planes energéticos para Gran Bretaña. Todos estos planes de oferta suponen que la demanda se ha reducido sustancialmente mediante ahorro energético en calefacción y transporte gracias a una mayor eficiencia.

plan D	plan N	plan L	plan G	plan E
Carbón limpio: 16kWh/d	Solar en desiertos: 20kWh/d	Solar en desiertos: 16kWh/d	Solar en desiertos: 7kWh/d	Nuclear: 44kWh/d
Nuclear: 16kWh/d	Carbón limpio: 16kWh/d	Carbón limpio: 16kWh/d	Mareas: 3.7kWh/d	
Mareas: 3.7kWh/d	Nuclear: 10kWh/d	Mareas: 3.7kWh/d	Olas: 3kWh/d	
Olas: 2kWh/d	Mareas: 1kWh/d	Olas: 2kWh/d	Hidraúl.: 0.2kWh/d	
Hidraúl.: 0.2kWh/d	Hidraúl.: 0.2kWh/d	Hidraúl.: 0.2kWh/d	Residuos: 1.1kWh/d	
Residuos: 1.1kWh/d	Residuos: 1.1kWh/d	Residuos: 1.1kWh/d	Calor bombeado: 12kWh/d	Mareas: 0.7kWh/d
Calor bombeado: 12kWh/d	Calor bombeado: 12kWh/d	Calor bombeado: 12kWh/d	Leña: 5kWh/d	Hidraúl.: 0.2kWh/d
Leña: 5kWh/d	Leña: 5kWh/d	Leña: 5kWh/d	Solar: 1kWh/d	Residuos: 1.1kWh/d
Solar: 1kWh/d	Solar: 1kWh/d	Solar: 1kWh/d	Biocomb.: 1kWh/d	Calor bombeado: 12kWh/d
Biocomb.: 2kWh/d	Biocomb.: 1kWh/d	Biocomb.: 2kWh/d	FV: 3kWh/d	Leña: 5kWh/d
FV: 3kWh/d	Eólica: 2kWh/d	FV: 3kWh/d	Eólica: 32kWh/d	Solar: 1kWh/d
Eólica: 8kWh/d		Eólica: 8kWh/d		Biocomb.: 2kWh/d
				Eólica: 4kWh/d

Estos planes se basan en los elementos fundamentales a partir de los cuales debemos crear un futuro de bajas emisiones. Cualquier plan británico que no haga un uso intenso de la energía nuclear o del “carbón limpio” tiene que cubrir su balance energético con energías renovables compradas a otros países. La energía renovable más prometedora para planes a gran escala es concentrar la energía solar en los desiertos. Esta técnica utiliza diversas combinaciones de espejos móviles, sales fundidas, vapor y máquinas térmicas para generar electricidad.



Figura 8. Andasol, una central solar de 100 MW en construcción en España. El exceso de energía térmica producida durante el día se almacena en tanques de sales líquidas hasta siete horas, lo que permite seguir produciendo electricidad por la noche. La potencia por unidad de superficie ocupada será de 10 W/m². Foto: IEA SolarPACES.

Para hacerse una idea del significado de los posibles planes energéticos, en la Figura 9 presentamos un mapa de Gran Bretaña con un sexto plan que representa todas las posibles fuentes de energía de bajas emisiones, en una especie de media de los otros cinco planes, por lo que lo hemos llamado plan M.

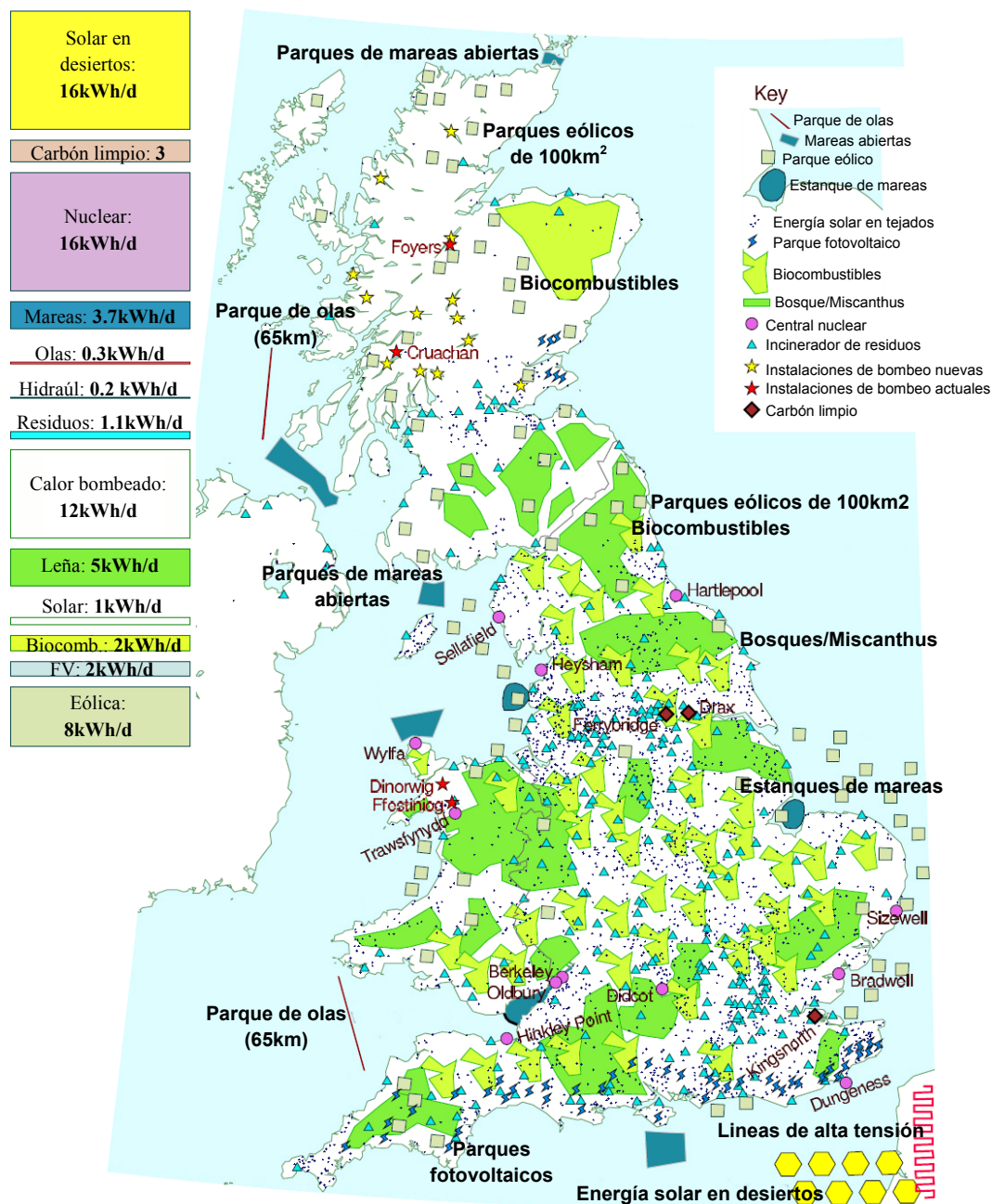


Figura 9. Plan M. Un plan posible para Inglaterra, Escocia y Gales. Los cuadros verde claro representan parques eólicos de 100 km² cada uno (representados a escala). Las líneas rojas en el mar son parques de olas representados a escala. Los rayos azules son parques solares fotovoltaicos (FV) de 20 km² cada uno, a escala. Los polígonos azules en el mar son parques de mareas, mientras que los círculos azules son estanques de mareas (en Blackpool y el Wash). Las zonas de verde brillante en tierra son bosques y plantaciones de árboles de ciclo corto para combustible (leña), a escala. Las zonas de color verde amarillento son de biocombustibles (a escala). Los triangulitos azules son plantas de incineración de residuos (no a escala). Los rombos marrones son centrales de carbón limpio que además queman biomasa y tienen instalaciones de captura y almacenamiento del carbono (no a escala). Los círculos morados, centrales nucleares (no a escala). 12 centrales de 3,3 GW de media cada una. Los hexágonos amarillos en el Canal de la Mancha, centrales solares de concentración en desiertos remotos de 335 km² cada una (a escala). La línea ondulada rosa en Francia representa nuevas líneas de alta tensión de 2.000 km de longitud, que traen al Reino Unido 40 GW de electricidad producida en desiertos remotos. Las estrellas amarillas sobre Escocia, nuevas instalaciones de bombeo de calor. Las rojas, instalaciones actuales de bombeo. Los puntos azules, paneles solares para agua caliente en los tejados de las casas

Mi objetivo no es decidirme por una u otra solución, sino presentar honradamente datos cuantitativos de todas las opciones. Dicho esto, voy a señalar algunos mitos que no resisten demasiado bien la luz de los datos cuantitativos, y unos pocos que sí.

Mal: los vehículos propulsados por hidrógeno son un desastre. La mayoría de los prototipos de coches de hidrógeno consumen más energía que los combustibles fósiles que gastan los coches a los que pretenden sustituir. El BMW Hydrogen 7

consume 254 kWh a los 100 km (mientras que un turismo medio en Gran Bretaña consume 80 kWh a los 100 km). **Bien:** por el contrario, los prototipos de coches eléctricos consumen menos energía, 20 kWh a los 100 km, y algunos 6 kWh a los 100 km. Los vehículos eléctricos son en este aspecto mucho mejores que los híbridos. Los actuales coches híbridos, que en el mejor de los casos consumen casi un 30% menos que los de gasolina o gasóleo, se deben considerar como un paso intermedio útil hacia los coches eléctricos.



Figura 10. Mal: el BMW Hydrogen 7 consume 254 kWh a los 100 km.
Foto: BMW.



Figura 11. **Bien:** El coche eléctrico Tesla Roadster consume 15 kWh a los 100 km.
Foto: www.teslamotors.com



Figura 12. **Bien:** el APTERA, 6 kWh a los 100 km.
Foto: www.aptera.com

Mal: otro error recurrente es el de las centrales de ciclo combinado descentralizadas. Sí, las centrales de ciclo combinado (es decir, las que se instalan en cada edificio y producen electricidad para uso local y calor para calefacción de esos edificios) pueden ser un medio algo más eficiente de usar los combustibles fósiles que las convencionales (es decir, centrales eléctricas centralizadas y calderas de condensación locales), pero sólo alrededor del 7% más eficaces. ¡Y queman combustibles fósiles! ¿No se trataba de eliminar los combustibles fósiles? El hecho es que hay un medio mucho mejor de producir calor local: las bombas de calor.

Bien: las bombas de calor son frigoríficos al revés. Movidas por electricidad, bombean el calor desde fuera (el aire o la tierra) a los edificios. Las mejores bombas de calor, desarrolladas hace poco en Japón, tienen un coeficiente de conversión del 4,9, es decir, que por cada kWh de electricidad que consumen producen 4,9 kWh de calor en forma de aire o agua caliente. Éste es un medio mucho más eficiente de usar una energía de alto nivel para producir calor que simplemente quemar productos químicos caros, con los que se obtiene un coeficiente de conversión de sólo 0,9.



Figura 13. **Bien:** aparato interior y exterior de una bomba de calor por aire, con un coeficiente de conversión de 4. Junto al aparato interior vemos un bolígrafo para comparar el tamaño. Una de estas unidades de Fujitsu puede producir 3,6 kW de calor consumiendo sólo 0,845 kW de electricidad, y además puede funcionar en modo inverso y producir 2,6 kW de frío consumiendo 0,655 kW de electricidad.



Figura 14. Mal: microturbina eólica Ampair de 600 W. La potencia media producida por esta microturbina instalada en Leamington Spa es de 0,037 kWh/día (1,5W).

Mal: Las microturbinas eólicas montadas en el tejado son un despilfarro de recursos. Nunca se amortizan. **Bien:** por el contrario, los **paneles solares térmicos montados en el tejado** son la cosa más sencilla. Y funcionan incluso en Gran Bretaña, donde la radiación solar es de sólo el 30%. Un pequeño panel de 3 m² puede calentar la mitad del agua que consume normalmente una familia de tipo medio.

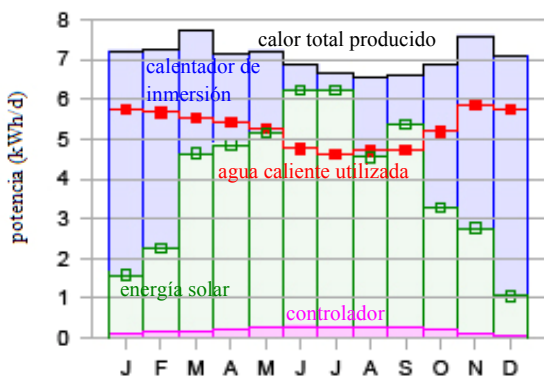


Figura 15. **Bien:** potencia solar producida por un panel solar térmico de 3 m² (en verde) y calor suplementario necesario (en azul) para producir el agua caliente que consume la casa de pruebas de Viridian Solar. (En la foto vemos una casa con el mismo modelo de panel solar instalado en el tejado). La potencia media que produce este panel de 3 m² es de 3,8 kWh/d. En el experimento se simuló el consumo de agua caliente de una familia europea media: 100 litros de agua a 60° C al día. La diferencia de 1,5–2 kWh/d entre el calor total producido (línea negra superior) y el consumido (línea roja) se debe a las pérdidas de calor. La línea magenta es la electricidad necesaria para que funcione el sistema solar. La potencia media por unidad de superficie de estos paneles solares es de 53 W/m².

Mal: desenchufar el cargador del teléfono móvil es un gesto banal, como baldear el Titanic con una cucharilla. La inclusión generalizada de “desenchufar el cargador del teléfono” en la lista de “las diez cosas que puede usted hacer para salvar el planeta” es negativo, porque distrae la atención de medidas más eficaces que uno mismo podría hacer.

Bien: bajar el termostato es la medida más eficaz de ahorro de energía que puede tomar cada persona. Por cada grado que baje el termostato reducirá el consumo de calefacción en un 10%, y es posible que la calefacción sea la principal forma de consumo de energía de la mayoría de los hogares británicos. La Figura 16 muestra los datos de mi casa.

Este libro no pretende ser un dossier definitivo de cifras super-exactas. Más bien trata de ilustrar cómo utilizar una cifras aproximadas dentro de una conversación amigable y constructiva. Este libro no defiende ningún plan o tecnología energéticos en concreto, sino que dice cuántas piezas hay en el juego del Lego y el tamaño de cada una, de modo que el lector pueda imaginar por sí mismo cómo trazar un plan que funcione.

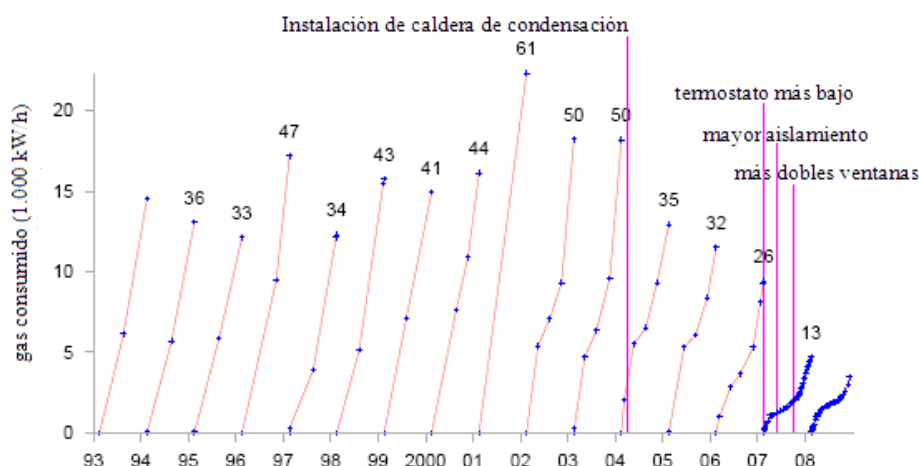


Figura 16. Mi consumo doméstico de gas año a año, de 1993 a 2007. Cada línea muestra el consumo acumulado durante un año en kWh. La cifra al final de cada año indica la media de consumo durante ese año en kWh/día. Los puntos azules indican las lecturas del contador. ¡Evidentemente, cuanto más frecuentemente leo el contador, menos gas consumo!

Parte III – Capítulos técnicos

La tercera parte de este libro se interna en los fundamentos físicos de la producción y el consumo de energía. Ocho apéndices muestran los principios de los que proceden las cifras utilizadas en las dos primeras partes del libro. Esos apéndices explican, por ejemplo, cómo se pueden fabricar coches mucho más eficientes energéticamente y por qué aviones no; y explican cómo se puede calcular en una servilleta la potencia que producen los parques eólicos, los de olas y los de mareas. Aunque el grueso del libro pretende ser accesible para cualquier persona que sepa simplemente sumar, restar, multiplicar y dividir, estos apéndices técnicos están más dirigidos a personas que se sientan cómodas utilizando fórmulas como “ $\frac{1}{2}mv^2$ ”.

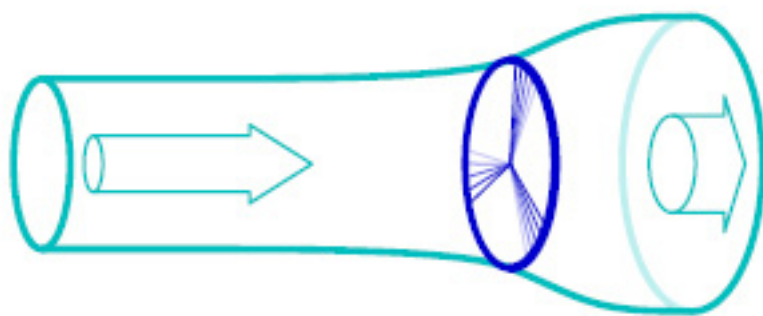


Figura 17. Corriente de aire que atraviesa una turbina eólica. La turbina reduce la velocidad del aire y lo difunde.

Parte IV – Datos útiles

Las últimas 16 páginas del libro contienen más datos de referencia y factores de conversión, útiles para aplicar las ideas expuestas a otros países y para traducir las unidades que utilizan otros organismos.

2 de diciembre de 2008.

Más información:

Este libro se puede conseguir gratis *on line* en www.withouthotair.com
El libro está publicado por UIT Cambridge el 2 diciembre de 2008 en el Reino Unido, y el 1 de abril de 2009 en Norteamérica.

David MacKay es profesor de Filosofía Natural del departamento de Física de la Universidad de Cambridge (Reino Unido).