

## PRÓLOGO

Cuando estaba terminando de corregir las segundas pruebas de imprenta de este libro, la pandemia del coronavirus nos alcanzó y nos obligó a encerrarnos en nuestras casas. De común acuerdo con mi editor y por razones obvias, decidimos posponer la publicación para cuando el tsunami hubiera pasado. Esto ocurría en los primeros días del mes de marzo de 2020. Apenas seis meses después, aunque parecen una eternidad, el virus sigue entre nosotros, aunque hemos recuperado al menos en parte nuestra vida cotidiana.

Los asuntos de los que trata este libro, la historia, la ciencia, la tecnología, la economía, el presente y el posible futuro de la energía solar fotovoltaica quedaron, como todo el país, en cuarentena, pero la cuestión de la energía sigue ahí, presente como uno más de los problemas a los que se enfrenta nuestra sociedad. De manera que, con permiso del virus, Guillermo y yo hemos decidido que es el momento de que este libro salga a la luz, porque los asuntos que aborda siguen siendo de rabiosa actualidad. Ambos esperamos que los contenidos interesen y permitan acercar esta rama del conocimiento al público preocupado por esta cuestión. Ojalá que en el mundo en el que nace seamos más conscientes de uno de los grandes retos a los que nuestro planeta se enfrenta: el calentamiento global y cómo enfrentarnos a él.

Se dice que toda crisis es una amenaza, pero también una oportunidad; espero que esta sea, por fin, la oportunidad para otra forma de producir y de consumir energía. Una de las diversas conclusiones que pueden extraerse de la epidemia es que el virus ha tenido una incidencia mucho mayor en los grandes núcleos urbanos con atmósferas contaminadas, lo que nos ayuda a pensar que, sin duda, necesitamos cambiar cuanto antes nuestro modelo energético. Hasta marzo parecía que era un mantra de cuatro chalados (entre los que me encuentro) con las energías limpias; ahora parece que además es una cuestión de supervivencia.

Multitud de políticos y de científicos reclaman la puesta en marcha de un *Green New Deal* como una herramienta más a la que recurrir para

salir de esta situación, emulando el célebre *New Deal* que Franklin D. Roosevelt, Presidente de EEUU, impulsó en la década de 1930 para sacar a su país de la Gran Depresión. Si esta iniciativa se materializa, la energía solar va a jugar, sin duda, un papel clave para lograr, no ya solo impulsar políticas que permitan mitigar el terrible impacto del virus sobre la economía, sino también encauzar la solución de otro de nuestros grandes problemas pendientes: la transición energética. El reciente plan multimillonario aprobado en julio por la Unión Europea va clarísimamente en esta dirección, ya que sus actuaciones se concentrarán en dos grandes programas: digitalización de la economía y transición energética hacia una economía descarbonizada. Cualquier proyecto que vaya en cualquiera de estas direcciones se verá con buenos ojos y, lo que es más importante, recibirá financiación.

Si antes este libro era necesario ahora lo considero imprescindible, porque parece que el tiempo se nos está terminando. Nada de lo detallado en los capítulos y apéndices que lo componen ha cambiado tras el paréntesis de la pandemia; si acaso, las previsiones de evolución de esta tecnología para los próximos años, descritas en el último capítulo, que he reescrito parcialmente respecto a la versión inicial. Es pronto para saber cómo afectará la crisis del virus a tales previsiones, pero de hacerlo sin duda será al alza. Los demás contenidos son plenamente vigentes, por lo que el lector podrá leerlos sin que el virus también los contamine.

El título del libro *Energía solar: de la utopía a la esperanza* lo acordé con mi editor antes del estallido de la crisis. Parece que tuvimos una buena intuición al elegirlo, porque resulta evidente que la energía solar se ha convertido, todavía más, en una esperanza de cara a resolver algunos de los grandes problemas con los que nos vamos a enfrentar en los próximos años. En ese sentido, me parece que tanto el título como el contenido son más adecuados y necesarios que nunca.

### ***Energía, energía y más energía***

El consumo de energía en nuestro planeta no deja de crecer año tras año. Asistimos a un incremento sin precedentes de su demanda debido al aumento de la población mundial y al alza del nivel de vida de una parte muy significativa de la misma. Hay que insistir una y otra vez en que la energía barata y abundante sigue siendo crucial para el desarrollo

económico de cualquier país. La relación entre el consumo de energía per cápita y el Índice de Desarrollo Humano (IDH) de las Naciones Unidas<sup>1</sup> es indiscutible y parece poco probable que disminuya el consumo de energía a nivel global en este siglo, especialmente por el vertiginoso desarrollo de países como India y China, que concentran cerca del 40% de la población del planeta.

Hoy también sabemos que el incremento en el consumo de energía va indisolublemente unido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (en lo que sigue, GEI) provocadas por la quema de combustibles fósiles, lo que provoca efectos muy nocivos sobre la temperatura del planeta. Debemos recordar que los combustibles fósiles son absolutamente dominantes en la producción de energía en el mundo, tal y como muestra la figura P1, que desglosa el reparto por tecnologías de las principales fuentes energéticas:

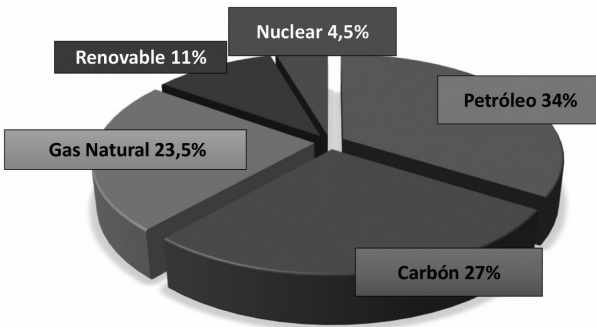


Figura P1. Reparto por tecnologías de la producción de energía en el mundo a finales de 2018<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> El IDH es un indicador que cuantifica los logros obtenidos por un determinado país en tres factores fundamentales para el desarrollo humano: tener una vida larga y saludable (lo cuantifica la esperanza de vida media), tener acceso a la educación (determinado mediante el índice de escolarización en la población mayor de 25 años) y disfrutar de un nivel de vida digno (valorado a partir del Producto Interior Bruto per cápita). Se obtiene un valor entre 0 y 1. Es una metodología que permite clasificar la riqueza de los países a partir de otras variables distintas de las usadas tradicionalmente (producto interior bruto, balanza comercial, consumo energético, desempleo, etc.). España ocupó en 2018 la posición 26 (IDH = 0.891), siendo el primer país Noruega (IDH= 0.953).

<sup>2</sup> Los datos están obtenidos de *BP Statistical Review of World Energy 2019*, 68th edition (<https://on.bp.com/2Bt7Nzz>).

Como puede observarse, las tecnologías vinculadas a los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) representaron cerca del 85% del total a finales de 2018.

Nos enfrentamos, por tanto, a dos problemas estrechamente entrelazados, que dan lugar a una verdadera *tormenta perfecta*: el aumento creciente de la demanda de energía y sus efectos sobre el clima de nuestro planeta. Una acción eficaz que dé respuesta a este doble reto exige planes creíbles para que los sistemas de producción de energía eviten casi por completo, a escala nacional y regional, la explotación de fuentes de combustibles fósiles. Además, estos sistemas tienen que ser escalables para satisfacer una demanda creciente de energía. A mediados de siglo la población mundial será de aproximadamente 9.000-10.000 millones de personas, y quizá de más de 12.000 millones cuando termine. Este incremento va asociado a un aumento en el nivel de vida de una proporción muy importante de la misma, como es el caso de la población de China y de la India.

Aunque a un ritmo mucho más lento del que sería deseable, el proceso de transición energética ya ha comenzado con la reducción paulatina de las tecnologías basadas en combustibles fósiles para la producción de electricidad. Sin embargo, es esencial que esta reducción se extienda a sectores tales como el de obtención de calor industrial y residencial, el de los medios de transporte individual y comercial y, en general, el de la mayoría de los servicios relacionados con la energía. El objetivo final sería eliminarlos totalmente en un plazo no superior a 20-30 años. Alcanzar este objetivo es cada vez más perentorio, dados los problemas de calentamiento global a los que nos enfrentamos. Volveré sobre esta cuestión en el primer capítulo de este libro.

Hasta el momento, gran parte de los esfuerzos de los gobiernos de numerosos países se han centrado en el desarrollo –muy tímido e insuficiente en la gran mayoría de los casos– de escenarios basados en la implantación en sus *mix* energéticos de las tecnologías renovables: hidroeléctrica, biomasa, eólica, solar fotovoltaica, termoeléctrica, mareomotriz y geotérmica. Cuatro son las principales limitaciones que presentan estas fuentes de energía para su expansión generalizada a escala global:

La **primera** es la gran cantidad de energía que en la actualidad proporcionan las fuentes no renovables (véase de nuevo al figura P1) y

el tamaño de las infraestructuras energéticas existentes, construidas durante décadas. Debido a su inmensa escala (por encima de los TW de potencia instalada), cualquier transición es y será necesariamente lenta, dada la enorme cantidad de potencia a sustituir.

La **segunda**, directamente relacionada con la anterior, es económica. Las plantas de energía suponen inversiones multimillonarias y su tiempo de vida útil es de entre cuatro y seis décadas, por lo que el *mix* energético de 2030-2040 estará fuertemente condicionado por las decisiones que se tomen hoy. Más allá de 2050, el impacto de la innovación, la investigación y el desarrollo, así como las políticas gubernamentales, podrían –y deberían– tener cada vez mayor influencia en la modificación del *mix* energético actual.

La **tercera** es de carácter científico. La densidad de energía de las fuentes no renovables es elevada, mientras que los cauces de los ríos, el movimiento del viento y la energía del Sol transportan densidades de energía muy bajas. Son datos fácilmente cuantificables. La Tabla P.1 muestra las cantidades necesarias de diversos combustibles fósiles y de uranio para producir 1 kWh de energía eléctrica:

Petróleo (l)	Carbón (kg)	Gas natural (m <sup>3</sup> )	Uranio natural (gr.)	Uranio enriquecido (gr.)
0.86	1.23	0.1	0.03	0.01

Tabla P.1. Cantidades de diversos combustibles y de uranio necesarias para producir 1 kWh de energía eléctrica.

En el caso de la energía solar fotovoltaica, la densidad energética es la siguiente: como veremos en el capítulo 2, una célula solar de silicio de tamaño estándar ( $15.6 \times 15.6 = 243 \text{ cm}^2$ ) genera en condiciones óptimas de iluminación cerca de 4 W. Por lo tanto, la densidad de potencia que produce es  $160 \text{ W/m}^2$ . Para obtener 1 kWh, en condiciones óptimas de iluminación, se necesitarían  $6.25 \text{ m}^2$ , es decir, 4 paneles estándar de 60 células.

De manera que sustituir fuentes no renovables por renovables implica sustituir fuentes de alta densidad de energía y de bajo coste (al menos hasta ahora) por otras de baja densidad y precio elevado. No

obstante, la inercia en el pensamiento relativo a los costes de las renovables es muy alta. Los precios de las renovables han bajado significativamente, pero se sigue invocando su alto coste como un freno para su instalación a gran escala. En el capítulo 5 analizaremos con detalle esos costes.

Finalmente, la **cuarta** limitación es intrínseca a estas fuentes de energía: su carácter intermitente las hace poco previsibles. Esto implica que sea necesario desarrollar sistemas de almacenamiento adecuados y de gran escala, imprescindibles para aumentar el valor de la electricidad generada por las fuentes renovables de energía. Este es uno de los factores que más limita el desarrollo de las energías renovables en la actualidad.

Como consecuencia de todo lo anterior, la participación de las energías renovables en la producción mundial de energía eléctrica fue claramente minoritaria. Así lo muestra la figura P2:

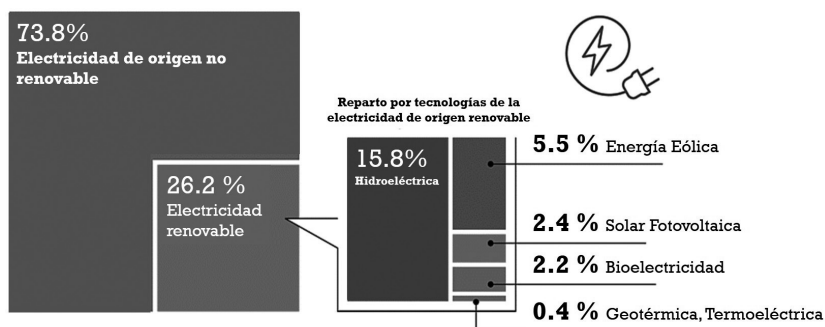


Figura P2. Reparto por tecnologías renovables de la producción de energía eléctrica en el mundo a finales de 2018<sup>3</sup>.

Como se ve en la figura, la energía eólica representó el 5.5% del total de energía eléctrica producida, y la solar fotovoltaica el 2.4%. Estas cifras dan idea del enorme potencial de crecimiento que tienen las energías renovables, pero al mismo tiempo indican que el camino que queda por recorrer es muy largo.

<sup>3</sup> Un análisis muy detallado y completo de la situación de la energías renovables a finales de 2018 puede encontrarse en el siguiente documento: «Renewables 2018 Global Status Report», Ren21 (<http://bit.ly/2qMoynm>).