

Manuel Lozano Leyva



# Nucleares, ¿por qué no?

Cómo afrontar el futuro  
de la energía

DEBOLSILLO

MANUEL LOZANO LEYVA

**Nucleares,  
¿por qué no?**

Cómo afrontar el futuro de la energía

SÍGUENOS EN  
**megustaleer**



@megustaleerebooks



@megustaleer



@megustaleer

| Penguin  
Random House  
Grupo Editorial |

*A Martina Requena Lozano,  
fruto tan bello de la naturaleza que,  
agradecida, siempre habrá de amarla*

## Introducción

Éste es un libro de divulgación científica. Esto quiere decir que está escrito por un científico profesional que trata de explicar a las personas curiosas y no especialistas una serie de conceptos sin la ayuda de supuestos conocimientos previos ni de las matemáticas. Trata de la energía nuclear; más concreta, pero no exclusivamente, del uso que se le puede dar tanto en provecho como para desgracia de la humanidad.

Infinidad de conocimientos científicos y técnicos de los diversos campos del saber, quizá todos, tienen esa doble posibilidad de beneficiar y perjudicar, pero ninguno tiene tanta resonancia mediática y política como el uso de la energía nuclear para producir electricidad. Tan controvertido es el asunto que la pasión desatada por la división de opiniones es inaudita. La máxima expresión de ese marasmo es que hay países cuya fuente principal de energía eléctrica es la nuclear y otros que la tienen prohibida, siendo ambos vecinos y totalmente democráticos. Sirvan como ejemplo Francia e Italia o Suecia y Dinamarca. Para colmo, la disparidad de criterios llega al seno de los propios protagonistas de las políticas nacionales. Un hecho que constituye un misterio para este autor es que, tradicionalmente, los partidos conservadores han sido «pronucleares» y los progresistas, entre ellos los grupos y partidos ecologistas, «antinucleares». Pero, paradójicamente, los intereses de la industria de la energía pasan hoy día más por las llamadas renovables (subvencionadas) que por las nucleares, y tanto en los partidos socialdemócratas

como en el ámbito ecologista se encuentran firmes partidarios de la energía nuclear.

El autor parte del supuesto de que lo que falta es información y por eso ha escrito este libro. Naturalmente, el lector tratará de averiguar dónde encasillar al autor, si en el grupo nuclear o en el antinuclear. Quizá la mayoría de los lectores lo tildarán de abanderado de la energía eléctrica de origen nuclear, por más que desde el título hasta las conclusiones el libro se mantendrá (tratará de mantenerse) tercamente en su postura: informar y dar datos. El título aprovecha un emblema ecologista que se convirtió en el símbolo antinuclear. Borra una respuesta contundente, el «No, gracias», y lo sustituye por una pregunta: «¿Por qué no?», que lo mismo se puede interpretar como una afirmación a favor que como un anuncio de las razones para estar en contra. Si al final el lector queda decepcionado porque esperaba que el libro le «iluminara» sobre el asunto, éste habrá cumplido su misión, porque lo que pretendía era darle los elementos para que pueda decidir. Ésta es la aportación que el autor, funcionario del Estado que no tiene interés ni partido, considera que debe hacer al debate nuclear desencadenado en Europa y prácticamente en todo el mundo. Una vez leído el libro, el lector tendrá que esforzarse en adoptar una postura. Ése es el objetivo: que el ejercicio de la democracia se sustente en opiniones basadas en la información y el conocimiento y no en los prejuicios e intereses de unos y otros.

Por supuesto, el autor no es ni neutral ni desapasionado, por algo lleva toda una vida estudiando el núcleo atómico habiendo llegado a considerarlo, poco a poco, lo más fascinante e íntimo de la naturaleza. Si el lector aprecia «tendenciosidad» en algún que otro pasaje, seguramente lleve razón,

pero se ruega la disculpa, pues estará más motivada por el cariño a una rama científica que por otras cosas.

No hay en el libro muchas ilustraciones bonitas, ni una inmensidad de datos tabulados, ni gráficas exhaustivas, ni más referencias que las imprescindibles, todo lo cual el lector puede encontrar en internet con todo detalle y colores. En Wikipedia y en las páginas de asociaciones y foros que se definen tanto a favor como en contra de las nucleares se pueden consultar y ver infinidad de gráficas. Lo que busca el autor es motivar al lector para que haga sus exploraciones en este sentido. Si lo hace sirviéndose del libro como guía, no sólo supondrá un orgullo para quien escribe esto sino que tendrá la esperanza de que el lector se percate del afán de objetividad, ilusión y mesura que le ha guiado. Lo que sí encontrará el lector en el libro serán aspectos humanos y sencillas (y espero que originales) biografías de las principales figuras que estuvieron detrás de la energía en general y de la nuclear en particular. Creo que no se debe desgajar esta vertiente de la ciencia y la técnica.

A Adela Muñoz Páez le agradezco muchas correcciones y sugerencias al texto. Aunque es una excelente científica profesional, su ayuda ha sido esencial como mujer de vasta cultura y gran divulgadora de la ciencia. Ella, entre otras mejoras, ha hecho comprensibles muchos pasajes oscuros del manuscrito.

También agradezco el pulido que le ha hecho al texto inicial José Manuel Quesada Molina, compañero, vecino de oficina y, contra mucho hábito extendido, buen amigo. Es un profesor de física nuclear que trabajó como funcionario de la Unión Europea en su organismo EURATOM controlando el combustible de las centrales nucleares europeas. Pero lo que

deseo resaltar de él es algo que quizá se pueda considerar fútil o inadecuado. Su «cultura» proviene del anarquismo antinuclear. La del autor tiene sus raíces más bien en el paleocomunismo pronuclear. O algo así. Quizá esta información sirva para que el lector, además de esbozar una sonrisa, nos dé cierta credibilidad, porque estando José Manuel y yo en desacuerdo prácticamente en todo análisis político que entablemos, o sea, en charlas de café y de cervezas, no hemos tenido apenas discusiones sobre el contenido «ideológico» del libro.

Como todos los libros de divulgación científica del autor, éste puede leerse de manera no lineal, es decir, el lector se puede saltar lo que desee y concentrarse en lo que le interese sin perder por ello necesariamente ningún hilo ni dejar aparte los argumentos básicos que se sostendrán en él.



## 1

## La energía

La energía es, simplemente, nuestro universo, o sea lo que se generó con el big bang. Desde entonces, hace 13.700 millones de años, lo único que ha hecho la energía surgida espontáneamente ha sido transformarse, porque en cuanto a su cantidad ha permanecido inalterable. La metamorfosis más inmediata de la energía fue de radiación a materia. Un pequeña porción (1 en 1.000 millones) del inmenso océano electromagnético o, si se quiere, la luz del «¡Hágase la luz!», fue cuajando en partículas, ya veremos cómo. Algunas de esas partículas llamadas quarks se fundieron dando protones y neutrones, que se agruparon a su vez en núcleos atómicos muy ligeros. Éstos se envolvieron de otro tipo de partículas, los electrones, y formaron así átomos que poco a poco se unirían para formar moléculas. A la vez, el digámosle polvo material se fue agrupando hasta que la fuerza de la gravedad le dio forma de estrellas. Éstas sufrieron el proceso inverso: parte de la masa de sus núcleos atómicos la convirtieron de nuevo en energía. También los núcleos de su interior se fueron haciendo más complejos. Los planetas, que se desgajaron de las estrellas, se calentaban e iluminaban de esa manera, y en algunos de esos mundos surgió la vida. Hubo alguno donde incluso esa vida evolucionó hasta llegar a generar seres que basaron su bienestar en domeñar la energía nuclear que recibían de su estrella más cercana.

Imagine el lector a uno de estos seres leyendo un libro iluminado por una bombilla y refrescado por un ventilador. Puesto que el libro trata de la energía, piensa en los vatios que está consumiendo: 60 de la bombilla y 100 del ventilador. Por lo pronto, ¿qué es un vatio? De entrada, el vatio no es una unidad de energía, sino de potencia, así que antes de confundir al lector, aclaremos unos conceptos muy familiares, muy básicos y muy incomprendidos.

La energía se puede definir de muchas maneras, y entre los físicos la más natural es la tradicional: la energía es la capacidad de producir un trabajo. Ahora hay que definir «capacidad» y «trabajo». Empecemos por esto último: trabajo es el proceso en el cual un objeto pesado se puede desplazar o deformar al aplicársele una fuerza. La capacidad de llevar a cabo este trabajo es lo que define la energía. El lector, sentado tranquilamente mientras lee, no realiza un trabajo en este sentido, pero puede mover el libro. Supongamos que el libro pesa 250 gramos, un cuarto de kilo. El lector lo levanta verticalmente 40 centímetros. Se dice que ha realizado un trabajo de un julio (J).

Supongamos que el lector quiere hacer un poco de ejercicio físico y usa el libro a modo de pesa. No es lo mismo que levante el libro cien veces en un minuto a que lo haga en un cuarto de hora. Ha empleado la misma energía porque ha hecho idéntico trabajo, pero el proceso ha sido diferente. Lo distingue otra magnitud llamada potencia, que es la energía o el trabajo realizado por unidad de tiempo. Concretamente, a un julio por segundo se le llama vatio (W de Watts, el físico que lo definió por primera vez) ( $1\text{J/s} = 1\text{W}$ ). Así pues, ya sabemos lo que son los 60 vatios de la bombilla y los 100 del ventilador: la potencia que pueden desarrollar. Obsérvese

que en el caso del ventilador sí que hay desplazamientos, pero en el de la bombilla... pues también, ya que los electrones que fluyen por el filamento son los que lo calientan y hacen brillar. En cualquier caso, la energía liberada por ambos aparatos dependerá, obviamente, del tiempo que los tengamos funcionando. O sea, que hemos de pasar de nuevo de potencia a energía multiplicando por el tiempo. A escala doméstica, lo más fácil es acudir a las horas, y como el vatio es muy pequeño para lo derrochadores que somos, empleamos el kilovatio, es decir, 1.000 vatios. Resumen: el kilovatio hora, kWh (así, multiplicando, y no como el lector puede leer en infinidad de ocasiones kW/h, que es una barbaridad, porque está dividiendo la energía, los julios, dos veces por el tiempo) es la energía consumida (o producida) en una hora por un artefacto que realiza un trabajo de 1.000 julios por segundo. Si el lector quiere hacer un par de cuentas, concluirá que un kWh equivale a unos 3,6 millones de julios; también observará que si lleva leyendo dos horas y media refrescado por su ventilador, ha consumido... 0,4 kWh.

El viento, el agua, los animales pueden realizar trabajos desplazando objetos, o sea, que tienen energía. Pero la tienen en una cantidad limitada que se consume conforme se lleva a cabo el trabajo. Hay una diferencia entre los tres elementos que he puesto de ejemplo. El viento y el agua necesitan una máquina para producir trabajo; los animales son máquinas en ese sentido. El hombre, sin ir más lejos, como una máquina más, no puede crear energía, sino que la obtiene de los alimentos que toma y transforma mediante un proceso complejo que es el metabolismo. Esa energía es la que permite que lleve a cabo sus funciones vitales o incluso que la emplee en hacer trabajo.

El hombre como máquina no es muy potente, ya que apenas puede desarrollar unos 100 vatios, lo que significa que en una dura jornada produce una energía de un kWh. En cuanto la humanidad quiso hacer grandes obras o fatigarse menos, no hubo más remedio que emplear animales domésticos (un caballo o un buey llegan fácilmente al kW), gran número de hombres, inventar máquinas que multiplicasen esa potencia o todo a la vez.

Seguramente, Arquímedes fue el mayor inventor de máquinas de la Antigüedad, pues a él se deben muchas de las que todavía hoy se usan: la palanca, la polea simple, el polipasto, el torno, el tornillo, etc. La potencia empezó a incrementarse de manera muy paulatina pero inexorablemente. Una rueda horizontal de palas movida por la corriente de un río de la época de antes de Cristo desarrollaba unos 300 W. Cuando varios siglos después se colocaba verticalmente, la noria alcanzaba los 2 kW de potencia. Esto siguió aumentando hasta el récord de las norias que regaban los jardines de Versalles, ya en el siglo XVII, que se dice que llegaron a desarrollar una potencia de 50 kW.

A lo largo de la Edad Media, seguramente el molino fue el rey de los artilugios destinados a multiplicar la potencia del hombre. Dependiendo de su tamaño y la fuerza del viento, los molinos empleados en la molienda del grano, la minería y el bombeo de agua podían variar entre 1 y 10 kW. El mayor inconveniente de los molinos, que con toda lógica sigue siendo el mismo hoy día para los aerogeneradores eléctricos, era su variabilidad al depender su potencia del azar del viento.

El cambio cualitativo que se produjo en el siglo XVIII consistió precisamente en ayudar a las máquinas antedichas que

necesitaban animales, corriente fluvial o viento para funcionar. Se usó con provecho un principio descubierto en la época nada menos que de Arquímedes: la fuerza del vapor de agua. La esfera de Aeolus era un juguete empleado tanto en Siracusa como en Alejandría y seguramente en muchos sitios más. Una bola metálica con dos tubos en ángulo recto dirigidos en direcciones opuestas giraba enloquecida cuando se calentaba hasta hacer hervir el agua de su interior.

Muchos siglos después, concretamente en 1700, un ingeniero inglés, Thomas Savery, utilizó la primera máquina térmica basada en el mismo principio que el juguete antiguo. Era un artefacto sin pistones que aprovechaba el vacío generado al condensarse vapor para bombear agua. Aquello no llegaba ni al kW, pero unos veinte años después, el también inglés y tocayo del anterior, Thomas Newcomen, la perfeccionó con la introducción de un pistón accionado por la presión generada en la expansión del vapor producido por el calor de una caldera de carbón. Aquel tremendo artefacto de varios metros de altura y muchos kilos de peso causó la maravilla de todo el mundo, porque su potencia del orden de los kilovatios se empleaba para mover norias, bombear agua de las minas, y trabajos por el estilo que hasta entonces se hacían a mano, con la ayuda de esforzadas caballerías o a la buena ventura del viento y el agua.

Muy pronto se desencadenó en Europa todo un derroche de ingenio científico y técnico con el fin de utilizar la expansión (y consiguiente enfriamiento) del vapor de agua para accionar un pistón cuyo movimiento alternativo podría usarse con potencia creciente para realizar infinidad de trabajos.

La primera revolución industrial estaba servida y mucho se podría escribir de ella. El cambio desde los armatostes del si-

glo XVIII hasta la bombilla y el ventilador que he citado antes ha sido, esencialmente o al menos así se puede considerar, la multiplicación de las máquinas. En doscientos años se ha pasado de unos pocos cientos de máquinas en todo el mundo a muchos miles de millones. No tenemos a nuestra disposición sólo la bombilla y el ventilador, sino un montón de máquinas más que van desde los pocos vatios de su maquinilla de afeitar hasta el centenar largo de kilovatios de su coche.

[1]

Esta multiplicación de las máquinas es la que ha conformado el mundo moderno y sus problemas anejos. El principal de éstos es el siguiente. Las máquinas de vapor de fábricas, locomotoras, etc., sacaban la energía útil para el hombre del carbón. Al arder éste en una caldera, el calor desprendido se usaba para hervir agua cuyo vapor accionaba el pistón. Este carbón no sólo había que extraerlo de las entrañas de la tierra y transportarlo hasta la fábrica, sino que ésta debía tener un buen almacén. Y si se trataba de un tren o un barco, había que dedicar un vagón o una bodega de buen porte a depósito de carbón. No suponía un gran problema. Conforme se fueron optimizando los rendimientos y encontrando nuevos combustibles de mayor potencia calorífica que el carbón, como el gas natural, el fuel oil, las gasolinas, etc., los depósitos disminuyeron de tamaño pero continuaron siendo necesarios. Sin embargo, esto suponía una limitación extraordinaria para hacer trabajar pequeñas máquinas. No se podía soñar con ellas, hasta que llegó el más astuto soñador de todos los tiempos: Thomas Alva Edison. Su intuición más formidable fue que la energía capaz de alimentar las pequeñas máquinas que conllevarían el bienestar de la población sería la electricidad.

## THOMAS ALVA EDISON

Sobre Edison se han escrito infinidad de biografías y establecido otros tantos tópicos y leyendas. Por ejemplo, se le ha tomado siempre como el típico ejemplo de americano (del norte) que fundó un imperio a partir de la nada, o sea, voceando y vendiendo periódicos desde niño. Se le ha menospreciado diciendo que nada aportó a la ciencia y que sólo buscaba hacer negocio. En sentido opuesto, se pueden encontrar por escrito las más excelsas alabanzas llegando a tildar del hombre que definió el siglo xx. Todo son exageraciones e inexactitudes y, probablemente, Edison fue un gran soñador a la vez que un trabajador incansable que nació en el momento y el lugar oportunos. Él acuñó la famosa frase atribuida a un sinnúmero de personajes: «El genio consiste en segundos de inspiración y años de transpiración». Lo de vender periódicos cuando era pequeño es cierto, pero el asunto tenía poco que ver con la pobreza y la desestructuración familiar como se dice hoy día. El caso es que su padre era un revolucionario ilustrado que tuvo que salir por piernas de Canadá al implicarse en una revuelta fallida contra los ingleses. La madre de Thomas, el menor de cuatro hermanos, había sido maestra antes de casarse con su enardecido y valiente marido. Una vez a salvo en Estados Unidos, empleó todo su oficio en educar al pequeño, que en la escuela apenas aguantó tres meses y fue expulsado. El maestro simplemente adujo que no le interesaba lo más mínimo cuanto allí se hacía. Y la madre educó muy bien a su hijo. Además, lo orientó sabiamente hacia las ciencias, que era lo que al parecer suscitaba más interés en el joven. No sólo devoraba los libros de física y química, sino que trataba de repetir todos los ex-