

Una aproximación pedagógica a la energía desde una perspectiva histórica

Juan José Galán-Díaz

Resumen: La energía y sus aplicaciones son profusamente abordadas en todos los estudios de tipo científico y técnico, además de constituir un lugar común en muchas otras áreas de conocimiento. En el presente artículo se muestra el devenir histórico de la noción de energía hasta cristalizar en los dos primeros principios de la termodinámica. El objetivo, por tanto, es acercar a los alumnos, tanto de Escuelas Técnicas, como de Facultades de Ciencias (sobre todo de primeros cursos en ambos casos) un ejemplo de elaboración y construcción real de un concepto, que hoy se ha hecho imprescindible.

Palabras clave: Didáctica, trabajo, energía, termodinámica, historia.

Abstract: The energy and its applications are widely addressed in all studies of a scientific and technical as well as being commonplace in many other fields of knowledge. This article shows the historical development of the notion of energy ending in the first two principles of thermodynamics. The aim, therefore, is to bring students, both Technical Schools, and Science Faculties (especially in the first courses in both cases) an example of construction of a concept, which today has become essential.

Keywords: Teaching, work, energy, thermodynamics, history.

Introducción

El conocimiento de la historia de una disciplina suele ser un buen método para la comprensión de esta. Desempeña el mismo papel que Coleridge atribuía a la etimología para la adquisición del conocimiento de nuevos vocablos.¹

Desde que en 1962, Thomas S. Kuhn asignara a la historia un papel destacado en la comprensión del progreso científico,² pocos son los que no acuden a ella para explicar o ahondar en algún concepto específico de la ciencia. Además, puede ser un recurso didáctico de gran importancia, ya que a la vez que alimenta el interés del alumno por la materia que estudia, también contribuye al conocimiento del contexto social en el que los descubrimientos tuvieron lugar.

Kuhn señalaba que los historiadores de la ciencia habían descubierto que los conocimientos nacidos de ella, no seguían un desarrollo lineal, y que por tanto, preguntas tales como: *¿Cuándo se descubrió el oxígeno?* o *¿Quién concibió por primera vez la conservación de la energía?* posiblemente, careciesen de sentido.²

Es posible que la historia de la ciencia no sea lineal en sentido estricto; sin embargo, quien esto escribe, piensa, sin

caer en la soberbia de contradecir a tan egregio autor, que posee la suficiente continuidad para ser seguida de un modo coherente y utilizada para el propósito que se indica en el primer párrafo. Además, es conocido que los escritos de Kuhn fueron erróneamente interpretados por algunos filósofos postmodernos, tal como señala Sokal en su obra *Imposturas Intelectuales*.³ Asimismo, el propio Kuhn señalaba poco antes de fallecer: *“Yo no soy Kuhnista”*.⁴

El propósito del presente artículo es mostrar las líneas maestras que condujeron al que probablemente es el enunciado científico más importante: **la conservación de la energía**. Con ellas no se pretende en modo alguno sustituir ni la lectura de libros especializados en Historia de la Ciencia, ni lógicamente, disminuir la carga técnica de las asignaturas que aborden este concepto en las distintas disciplinas académicas. Por el contrario, lo que se desea es espolear la curiosidad –antesala de la creatividad– del alumno, de tal forma que las ecuaciones que aparezcan ante él sean vistas como un producto de todo un colectivo a través del tiempo y no como áridas sucesiones de grafías sin alma.

En el origen estuvo el trabajo

En el Génesis se afirma que *“con trabajo comerás de ella [de la tierra] todo el tiempo de tu vida”*, y por si fuera poco, el versículo 19 sentencia que *“con el sudor de tu frente comerás el pan”*.⁵ Por otra parte, Herodoto⁶ cuenta que el faraón Keops mandó cerrar los templos y ordenó a todos los egipcios que trabajasen para él. El objetivo era la construcción de una gran pirámide de unos 150 m de altura. Según el de Halicarnaso, se tardó unos diez años en la construcción de la carretera que serviría para transportar el material y veinte en la propia construcción. Total treinta años. Troncos de árboles fueron utilizados a modo de ruedas para transportar bloques desde la cantera, en la ribera del Nilo, hasta el valle de Guiza.

No hace falta recurrir a estos ejemplos tan antiguos para advertir que el trabajo es algo agotador (en algunos países,



J. J. Galán-Díaz

ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
Departamento de Energía y Propulsión Marina
Universidade da Coruña, Campus de Elviña s/n. CP 15071
C-e: jgalan@udc.es

Recibido: 30/05/2013. Aceptado: 09/08/2013.

aún es utilizado como forma de castigo) y que el ser humano utiliza su ingenio para vencer los esfuerzos que él supone. Ruedas con ejes, palancas, tornillos, poleas o planos inclinados; no son sino máquinas inventadas para derrotar a dos poderosos enemigos: rozamiento y gravedad. El tipo de trabajo que estos artilugios permiten realizar es solo de un tipo: mecánico (palabra que deriva de máquina).

El trabajo, pues, está relacionado con fuerza y con distancia, el buey no lo realiza si está atado a un poste aunque haga fuerza sobre él; en cambio, la cosa cambia cuando se lo unce a un carro. El trabajo no tiene por qué ser realizado por tracción animal o humana. Un gas al expandirse dentro de un recipiente puede mover un émbolo, que unido otro engranaje puede poner en funcionamiento una máquina más sofisticada. Este sencillo artilugio dio lugar a la primera revolución industrial (entre los siglos XVIII y XIX).

El mito cuenta que Sísifo fue castigado a subir una enorme piedra por una empujada ladera; a medida que hombre y carga subían el esfuerzo era mayor hasta que la piedra rodando volvía al inicio y el desdichado Sísifo tenía que volver a comenzar su tortuoso recorrido. Este mito pone de manifiesto que un objeto situado a una determinada altura puede realizar trabajo por sus propios medios sin necesidad de ayuda adicional; pero si está en la parte más baja, no. De alguna, forma es como si la piedra tuviese dentro de sí *trabajo almacenado* (potencial) que va siendo consumido por su avance inexorable hasta la base (cinético).

La energía es invocada

En el Crátilo,⁷ Platón sostiene que todo objeto tiene el nombre que le es propio, mientras que Hermógenes opina que los nombres son meras convenciones. Sea como fuere, la esencia necesita de nombre para ser requerida. La capacidad para realizar trabajo fue llamada de muchas formas: *vis viva*, *vis mortua*, *esfuerzo*, etc. Sin embargo, solo un nombre refleja adecuadamente esa capacidad: energía. El hombre que la nominó fue un médico y científico integral: Thomas Young (1773-1829, Figura 1).⁸



Figura 1. Thomas Young (Fuente: Wikipedia).

En 1807 escribió una obra en dos volúmenes titulada “*Un Curso de Lecciones de Filosofía Natural y de las Artes Mecánicas*”. En él no sólo bautizaba a la energía, sino que fue el primer científico que clasificó organizadamente la bibliografía (cerca de veinte mil referencias).⁸ Young era hombre de múltiples intereses, llegó a traducir *El Quijote* y *Orlando el Furioso*, al inglés. Asimismo, fue el descifrador (junto con el francés Champollion) de los jeroglíficos egipcios a partir de la piedra de Rosetta. La palabra energía proviene del griego *energeia* (trabajo latente) o de *energos* (a trabajar). Dicho vocablo ya era utilizado por los griegos en el sentido de vigor. Resulta algo descorazonador que un mundo que honra casi todos los conceptos y situaciones, haya pasado por alto el bicentenario, en 2007, de la palabra *energía*.⁸ Sobre todo, teniendo en cuenta que la energía constituye el puntal básico que sostiene la vida y el desarrollo en nuestro planeta.

La energía tiene muchas caras

Un contemporáneo de Young, el químico Humphrey Davy⁹ (1778-1829) realizó una ingeniosa experiencia. Dispuso de tres recipientes: uno con sulfato de sodio, otro con nitrato de bario y el tercero con agua; conectó el polo positivo de una batería eléctrica al recipiente que contenía el nitrato de bario y el negativo al de sulfato de sodio, previamente los tres vasos fueron unidos mediante algunas fibras humedecidas. El resultado fue un precipitado de sulfato de bario en agua. La explicación no resulta difícil: los aniones de sulfato migraban hacia el polo positivo y los cationes de bario hacia el negativo encontrándose ambos en el recipiente del medio que era el del agua. Davy realizó una segunda experiencia utilizando corriente eléctrica y agua doblemente destilada. Mediante esta experiencia Davy encontró que las únicas sustancias liberadas del agua eran oxígeno e hidrógeno.

Estas dos experiencias mostraban que la electricidad tenía influencia sobre la materia, de alguna manera Davy ya intuía la relación entre la energía eléctrica y la afinidad química. Algo que tendría que esperar hasta el siglo XX para poder ser confirmado. Estos hallazgos le valieron en 1807 (el mismo año del bautismo de la energía) el premio a la mejor experiencia realizada sobre el flujo galvánico, instituido por Napoleón.⁹ Como dato curioso, debe señalarse que en aquella época Francia e Inglaterra (Davy era inglés) estaban en guerra. De alguna manera, en ese momento, la ciencia se impuso a la política.

Davy era un conferenciante ameno y didáctico, sus conferencias eran todo un acontecimiento social. En cierta ocasión, uno de los asistentes decidió conocer en persona al gran químico. No solo lo consiguió, sino que además logró entrar a su servicio como aprendiz de laboratorio. Davy le asignó un salario de 25 chelines a la semana y alojamiento.⁸ Ese aprendiz superaría en fama y descubrimientos al maestro. Su nombre: Michael Faraday (1791-1867).

El nombre de Faraday es asociado hoy día a dos conceptos clave de la física: el de campo y el de inducción magnética. Sin embargo, también contribuyó al avance de la química ya que fue pionero en la fotoquímica y en la química coloidal, aparte de ser un avezado experimentador con bajas temperaturas, lo que le permitió licuar gases como el cloro, sulfuro de hidrógeno y óxido de azufre; descubrió el benceno y el nafaleno; y se percató del fenómeno de la isomería. Pero sobre

todo, la química le debe las leyes de la electrolisis. A partir de ellas se ha forjado la importante rama de la electroquímica.

A pesar de la simpatía inicial, Faraday y Davy rompieron prácticamente su relación. Parece ser que el motivo fue el desarrollo por parte de Faraday del motor eléctrico homopolar, Davy lo había intentado mucho antes, pero sin fortuna. No siempre el éxito del pupilo es bien asimilado por su mentor. Por supuesto no estamos ante el caso (que tan bien describe polígrafo G. Steiner¹⁰) de destrucción del maestro por parte del discípulo. Solo de envidia indisimulada del primero, tanta que Davy se opuso al nombramiento de Faraday como socio en la Royal Society.

Once años más tarde, William Sturgeon introdujo un conmutador al prototipo de Faraday y construyó el primer motor de corriente continua en 1832. Faraday, también obtuvo, a partir del movimiento de un disco de cobre girando entre los polos de un imán en forma de herradura una corriente eléctrica. Hippolyte Pixii, un fabricante de instrumentos de París, construyó,¹¹ basándose en esta experiencia, la primera dinamo. Estos dispositivos pusieron de manifiesto la capacidad de la energía eléctrica para generar trabajo. Este descubrimiento procuró la tecnología necesaria que daría lugar a la segunda revolución industrial (siglo XIX).

Tanto la bomba de calor como el motor eléctrico pueden producir trabajo; asimismo, el trabajo se transforma en calor y a su vez la corriente eléctrica disipa calor. Joule hacia 1840 pensó que si el calor era el nexo común de todos los procesos energéticos, tal vez el propio calor sería una nueva forma de energía. James Prescott Joule (1818-1889, Figura 2) había nacido en la localidad inglesa de Salford, debido a su precario estado de salud y a la buena posición económica de su padre (industrial cervecero) recibió clases en su domicilio a cargo del prestigioso químico John Dalton (1766-1844), por lo cual, adquirió una sólida formación científica sin necesidad de acudir a universidad alguna.

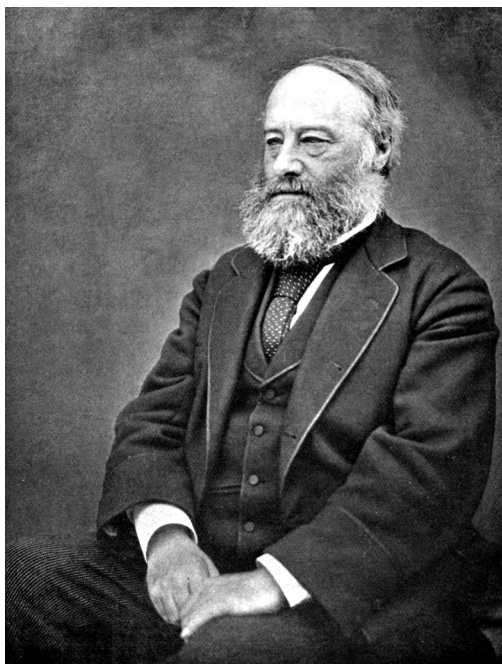


Figura 2. James Prescott Joule (Fuente: Wikipedia).

Joule realizó varios experimentos a fin de poder hallar alguna relación entre el calor liberado en ellos y la energía empleada para realizar algún tipo de trabajo. En uno, comprimí el aire y midió la energía invertida en el proceso y también el calor generado en el aire; otro, consistió en la inyección de agua en tubos delgados. También realizó experimentos eléctricos con cables y resistencias. Aunque todos ellos mostraban una cierta concordancia, existía una pequeña disparidad que no permitía una afirmación definitiva. En la mayoría de sus experimentos obtenía que la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura 1 °F “es igual al trabajo mecánico de una fuerza capaz de levantar 838 lb a la altura de un pie”. Pero para la experiencia de los tubos capilares la fuerza necesaria era de 770 lb. Aunque ambos valores son del mismo orden de magnitud, la diferencia era obvia. Para tratar de zanjar la situación, Joule, ideó el que sin duda es su experimento más famoso (Figura 3):¹² la medida del aumento de temperatura de un líquido (agua o mercurio) en un recipiente aislado usando un sistema rotatorio de palas accionado por un peso al caer a través de una polea. El resultado de este experimento arrojó un valor de 782 libra-pie. El valor aceptado actualmente es de 778 libra-pie o en el sistema internacional de 4,185 J y que se conoce como equivalente mecánico del calor.

Probablemente, Joule pueda ser considerado como uno de los primeros químico-físicos modernos; sin embargo sus conclusiones, recogidas en “Sobre los efectos calóricos de la magneto electricidad y el valor mecánico del trabajo”, no despertaron demasiado interés en el Congreso de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia en 1843, celebrado en la localidad irlandesa de Cork. Debe señalarse que el experimento de las aspas rotativas no fue incluido en el congreso de 1843, sino en 1847 en Oxford. Al comienzo de la ponencia, un joven profesor de la Universidad de Glasgow se sintió interesado en el contenido de la misma y se acercó a realizarle algunas preguntas y sugerencias. William Thompson (1824-1907) –ese era su nombre– y James Joule mantendrían una fecunda amistad a lo largo de sus vidas. Se dice que William Thompson, mientras realizaba el *Grand*

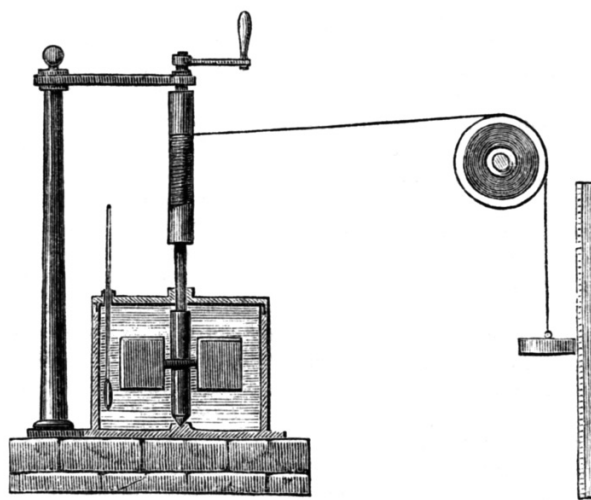


Figura 3. Dispositivo usado por Joule para obtener el equivalente mecánico del calor (Fuente: Wikipedia)

Tour (una suerte de viaje iniciático que realizaban los jóvenes ingleses de clase alta por el continente europeo) encontró a Joule en plena luna de miel con un termómetro en la mano midiendo la temperatura de las cataratas en las montañas de los Alpes. El encuentro fue cierto, pero la anécdota del termómetro probablemente falsa, ya que fue contada por el propio Thompson unos treinta y cinco años después.⁸

La energía no se crea ni se destruye

En la introducción de este artículo, se señalaba que Kuhn ponía como ejemplo la conservación de la energía como un hallazgo al que es difícil asignarle un descubridor. La idea de utilizar la energía para explicar los fenómenos físicos surgió simultáneamente en muchos países: Inglaterra, Francia, Prusia, Dinamarca, entre otros. Sin embargo, dos nombres sobresalen por encima del resto: Robert Mayer y Hermann Helmholtz, aunque Kuhn incluye también a un ingeniero civil danés llamado August Colding.² El concepto de conservación de la energía se convertirá en un caso clásico de revolución científica estableciendo un nuevo marco teórico (paradigma en la terminología de Kuhn).

Robert Mayer (1814-1878) desconocía completamente los trabajos de Joule,¹³ su profesión como médico de a bordo le había llevado a observar en 1840, que las sangrías efectuadas a un marinero en la isla de Java, en el archipiélago indonesio, mostraban que la sangre venosa eran tan roja como la arterial. Mayer supuso que tal situación, después de comprobar en otros marinos y en él mismo que se producía idéntico comportamiento, era debida al calor tropical. En un ambiente caliente el cuerpo necesita utilizar menos combustible para mantener los 37 °C de temperatura corporal. Mayer desconocía que el color rojo de la sangre arterial se debe al paso de desoxihemoglobina a oxihemoglobina, moléculas complejas cuyo centro activo es un átomo de hierro.

Sin embargo, el razonamiento era correcto. Ya Lavoisier (1743-1794) había demostrado que los animales mantienen la temperatura elevada con respecto al ambiente mediante un proceso de combustión lenta de los alimentos utilizando el oxígeno de la sangre. Según la observación de Mayer, el cuerpo necesita menos oxígeno en un ambiente de temperatura alta. Estos resultados fueron publicados en 1842 en la revista *Annalen der Chemie* bajo el título: “Observaciones sobre las fuerzas de la naturaleza inanimada” (*Bemerkungen über die krafte der unbelebten natur*).¹⁴ Desgraciadamente para Mayer, estos resultados pasaron prácticamente desapercibidos.

Helmholtz (1821-1894, Figura 4), también médico y autodidacta en matemáticas, conocía los escritos de Joule y creía que era imposible la realización de trabajo a partir de la nada. Utilizando la terminología de Leibniz, Helmholtz suponía que cuando había una disminución de *vis viva* en una zona, la diferencia aparecía en otra bajo un aspecto distinto, por ejemplo en forma de calor generado por fricción. Sus observaciones fueron publicadas en el artículo “*De la conservación de la energía*” (1847).¹⁵ Dada la poca relevancia que en la época tuvieron los hallazgos de Mayer, se consideró durante mucho tiempo a von (distinción debida a sus méritos científicos) Helmholtz como el descubridor del principio de conservación de la energía, ya que propuso la palabra alemana *Erhaltung* que significa preservación o conservación.

Este resultado se conoce con el nombre de primer principio de la termodinámica. Von Helmholtz fue convidado a ocupar la cátedra Cavendish de la Universidad de Cambridge; pero siendo poco amigo de cambios, prefirió permanecer en la que ostentaba en Heidelberg. Su rechazo benefició el acceso a ella del joven físico de origen escocés, James Clark Maxwell (1831-1879).



Figura 4. Hermann von Helmholtz (Fuente: Wikipedia).

William Thompson, quien quince años antes de morir sería honrado con el título de primer barón de Kelvin de Largs (Lord Kelvin), tuvo conocimiento, a través de Emile Clapeyron (1799-1864), de los trabajos realizados en 1824 por un ingeniero militar francés llamado Sadi Carnot (1796-1832) muerto prematuramente por el cólera. Clapeyron, en 1834, adaptó y resumió el formidable trabajo de Carnot “*Reflexiones sobre la potencia motriz del calor y sobre las máquinas capaces de desarrollar esta potencia*” escrita diez años antes.

Carnot había demostrado que el rendimiento de una máquina ideal era independiente del fluido y que sólo dependía de las temperaturas del foco caliente y el frío. Es menester señalar que el trabajo de Carnot estaba realizado sobre la base del calórico, ese fluido misterioso al que se asociaba el calor. Thompson, adaptó los resultados de Carnot a los de Joule llegando a concluir que el rendimiento de una máquina ideal viene dada por la expresión $(T_1 - T_2)/T_1$; donde T_1 y T_2 son las temperaturas de los focos caliente y frío, respectivamente.

Una fórmula sencilla, que sin embargo, trae un demonio dentro: para que el rendimiento sea igual a la unidad (rendimiento del 100%) T_2 ha de ser igual al cero absoluto (-273,15 °C fue establecido por Kelvin previamente). En otras palabras, es imposible la conversión total de calor en trabajo. Y esto, básicamente, constituye el segundo principio de la termodinámica.¹⁶ La formulación matemática se le debe al físico prusiano Rudolf Julius Emmanuel Clausius (1822-1888), quien se percató que al dividir la energía total de un sistema entre la temperatura absoluta se obtenía una cantidad que aumentaba en cualquier proceso natural, ya fuere en la combustión del carbón o en la conversión del hidrógeno en helio en el sol. A esta cantidad, Clausius la denominó, en 1865, entropía. Palabra griega que significa “dar dirección”. Los dos principios de la termodinámica –la energía del Universo es constante y la entropía del

Universo aumenta— permanecen incólumes ante las sucesivas revoluciones científicas que se han producido en el siglo XX.

La termodinámica es la ciencia de la energía en todas sus caras, de las conocidas y de las que puedan quedar por descubrir. En el año 1864, Lord Kelvin había estimado mediante un balance energético que la tierra tenía una edad de cien millones de años; lo que estaba en franca contradicción con el tiempo que necesitaban las especies para evolucionar y con la estimación geológica hecha por Lyell a partir del tiempo necesario para la formación de las montañas. Esta discusión se zanjó en 1896 gracias al descubrimiento, por parte de Becquerel y de los esposos Curie, de la radiactividad. En efecto, esa energía estaba presente en la naturaleza, pero como era desconocida no estaba contabilizada. El primer principio funcionaba correctamente.

En 1905, el genial Albert Einstein (1879-1955), estableció la equivalencia entre masa y energía, esta equivalencia viene plasmada en la que probablemente es la más famosa ecuación de la física: $E = mc^2$. Esta ecuación explica por qué el átomo alberga tanta energía en su interior, en su núcleo. La comprensión del núcleo, de la estructura íntima del átomo daría lugar a una de las revoluciones científicas más fecundas y a la vez de mayor aplicación, tanto en el campo civil como en el militar.

Léon Walras (1834-1910) concibió la economía matemática imitando las bases de la termodinámica, para ello, postuló el principio de equilibrio de la competencia perfecta: “*cada actor económico trata de maximizar su satisfacción y minimizar su gasto*”.¹⁷ Desgraciadamente, la economía no alcanzó la perfección predictiva de la termodinámica.

Aplicaciones de la energía

La energía necesaria para originar y mantener la vida en la Tierra proviene del Sol. Nuestro planeta está bañado por un flujo anual de unos $5,4 \times 10^{24}$ Joules. Una parte de él se refleja al espacio (aproximadamente un 30%); otra parte, sobre el 20%, es absorbido por la atmósfera y el resto llega a la superficie.

Sin embargo, de ese 50% tan sólo el 1% se emplea en agitar la vida, ya que el 99% restante se absorbe en forma de calor, siendo por tanto, el responsable de la evaporación del agua, formación de nubes, movimiento del aire y en definitiva el causante de los diferentes climas en el planeta.

La vida sin energía es imposible; de hecho, una forma de definir la evolución biológica es a partir de la competencia de los organismos para mejorar sus recursos energéticos.¹⁸ La propia célula es una especie de central energética a escala microscópica y toda la biosfera (conjunto de todos los seres vivos) no es, sino, un intercambio de energía entre organismos.

Como se ha visto, el primer principio de la termodinámica permite la transformación de un tipo a otro de energía asegurando su conservación. Se trata de un juego suma cero: lo que aparece bajo una apariencia es igual a lo que ha desaparecido bajo otra. Una suerte de economía que rige el devenir del Universo de la cual no somos ajenos los seres vivos; por ejemplo, el paso clave de la primera parte de la fotosíntesis se lleva a cabo mediante la transformación de la energía luminosa en eléctrica, como consecuencia de la acción de la radiación solar sobre los electrones de la clorofila (*clorofila a*) que son enviados a niveles energéticos superiores.

La luz capturada por los organismos fotosintéticos es utilizada para formar moléculas complejas (glúcidos) almacenando la energía en los enlaces químicos de la molécula. Todas las células son —fotosintéticas o no— capaces de convertir esa energía química en movimiento, electricidad en las sinapsis neuronales, luz, o en otras moléculas. En cada transacción interviene una moneda energética celular: el trifosfato de adenosina (ATP, según sus siglas en inglés). En cada una de las transformaciones se pierde energía en forma de calor, que el segundo principio impide utilizar nuevamente en su totalidad.

La lucha del ser humano por aprovechar las ventajas que ofrece el primer principio alcanza su punto máximo en nuestros días. Enormes centrales proveen a las ciudades y pueblos de la electricidad necesaria para alimentar los, cada vez, más sofisticados artilugios, dispositivos domésticos o robots industriales. Se dice que Gladstone (*premier* británico) preguntó a Faraday por la utilidad de sus investigaciones y que aquel respondió que eso no debía preocuparle al primer ministro dado que pronto obtendría impuestos de todo ello.¹⁷ Certera profecía. Ya en 1895 (tres años antes del fallecimiento de Gladstone), la compañía Westinghouse construyó las primeras centrales hidroeléctricas en las cataratas del Niágara. Utilizó como fuerza motriz la energía cinética del agua de las cascadas de los ríos para mover los álabes de una turbina conectada, a su vez, a unos generadores de corriente alterna.

Estos generadores fueron ideados por Nikola Tesla (1856-1943) y presentaban menos pérdidas de energía eléctrica durante transporte que los de corriente continua de Edison. La electricidad es generada en un punto y es normalmente utilizada en otro muy alejado. Su transporte se realiza por medio de cables conductores. Para disminuir las pérdidas originadas por efecto Joule (disipación de calor) es preciso que la intensidad de corriente sea baja (se debe recordar que el calor disipado es proporcional al cuadrado de la intensidad), algo imposible para la corriente continua.

En la corriente alterna el problema se resuelve gracias al transformador, dispositivo cuyo funcionamiento se basa en la ley de inducción de Faraday. Dos bobinas de un material conductor se conectan a través de un marco de hierro dulce. La relación entre los voltajes de un lado y otro (primario y secundario) del dispositivo depende del cociente del número de vueltas (espiras) del conductor en uno y otro lado.

De este modo, la tensión puede ser aumentada por medio de transformadores a la salida de la central y conducida con una intensidad baja y una tensión alta (por ello se denominan líneas de alta tensión) para que antes de llegar al destino, otro transformador baja nuevamente la tensión hasta los niveles requeridos por el usuario.

Las centrales también pueden funcionar mediante el calor obtenido en un ciclo termodinámico y que es obtenido quemando carbón, gasóleo o incluso por el que produce la fisión de los núcleos atómicos de los isótopos de algunos elementos (radioisótopos), como por ejemplo el Uranio-235.¹⁹

La primera electricidad generada a partir de energía nuclear fue en la central de Arco (Idaho, EEUU) (Figura 5), el 20 de diciembre de 1951.²⁰ En España, alrededor de un 20% de la electricidad generada tiene un origen nuclear,²¹ contando en la actualidad con ocho reactores y seis centrales (Almaraz y Ascó tienen dos unidades gemelas) de las cuales cuatro de



Figura 5. Primeras bombillas que lucen mediante la electricidad que fue generada por un reactor nuclear en Arco (Fuente: Wikipedia).

ellas son del tipo de agua ligera a presión (PWR): Almaraz, Ascó, Vandellós II, Trillo; y dos son del de agua ligera a ebullición (BWR): Santa María de Garoña y Cofrentes.

Asimismo, otras fuentes primarias como el viento o el Sol son usadas también. Este grupo de centrales se denominan de energías renovables, por provenir de fuentes que son en la práctica inagotables.

La utilización masiva del primer principio de la termodinámica nos ha llevado a un desarrollo industrial y a la postre social, sin precedentes en etapa histórica alguna. Todo esto ha permitido el vertiginoso desarrollo mundial; desde los complejos montajes de una siderurgia hasta la instalación eléctrica de un hogar o el quirófano de un hospital, han sido posibles gracias a esa evanescencia conceptual que conocemos con el nombre de energía. Tal y como señala el distinguido físico Richard Feynman: “Es importante darse cuenta que en la física actual no sabemos lo que la energía es. No tenemos un modelo de energía formada por pequeñas gotas de un tamaño definido. No es así [...] Es algo abstracto en el sentido que no nos informa el mecanismo o las razones para las diversas fórmulas”²² (cursiva en el original).

Conclusiones

Teniendo en cuenta el papel crucial que la energía juega en la vida cotidiana de los ciudadanos de cualquier país o región; en el presente artículo, se han resumido los hitos históricos que marcaron el desarrollo de este concepto y que llevaron a la posterior formulación de los dos primeros principios de la termodinámica.

Desde un punto de vista pedagógico, el docente puede incluir de manera intermitente, los aspectos históricos relacionados con los conceptos que se estén tratando en el aula

o en su caso en el laboratorio. De esta forma los contenidos procedimentales se ven enriquecidos por los conocimientos que aporta la Historia de la Ciencia.

Asimismo, la idea de interdisciplinaridad surgirá de manera natural al apreciar, el alumno o la alumna, que las definiciones y leyes que se describen en una asignatura concreta fueron desarrolladas a través del tiempo por hombres y mujeres desde distintos ámbitos del saber científico. Además, al seguir el hilo de un devenir histórico, se aprecia mejor la coherencia y necesidad de algunas concepciones que desembocarán, después de un preceptivo y a veces largo proceso, en las ecuaciones matemáticas que aparecen en un texto técnico.

Bibliografía

1. J. Casado Linarejos, *Química y creatividad: Del helio a la fotoquímica*, Universidad de Salamanca, **2007**.
2. T. S. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, **1971**.
3. A. Sokal, J. Bricmot, *Imposturas intelectuales*, Editorial Paidós, **1999**.
4. F. J. Dyson, *El Sol, el Genoma e Internet*, Debate, **2007**.
5. *Sagrada Biblia*, Versión de E. Nacar y A. Colunga, Biblioteca de Autores Cristianos, **1985**.
6. Herodoto, *Los nueve libros de la historia*, Océano, **1999**.
7. Platón, *Diálogos*, Gredos, **1987**.
8. J. Calado, *Haja Luz! Una Historia da Química Através de tudo*, IST Press, **2011**.
9. R. Lamont-Brown, *Humphry Davy. Life Beyond the lamp*, Sutton Publishing, **2004**.
10. G Steiner, *Lecciones de los maestros*, Siruela, **2004**.
11. R. Kargon, *Science in Victorian Manchester: Enterprise and Expertise*, John Hopkins University Press, **1977**.
12. D. S. L. Cardwell, *James Joule: A Biography*, Manchester University Press, **1989**.
13. K. L. Caneva, *Robert Mayer and the conservation of Energy*, Princeton, Princeton University Press, **1993**.
14. R. Mayer, *Ann. Chem. Pharm.* **1842**, 43, 233–40.
15. D. Cahan, *Herman Von Helmholtz and the Foundations of Nineteenth-Century Science*, University of California Press, **1993**.
16. P. Atkins, *La segunda Ley*, Prensa Científica, **1992**.
17. C. Allègre, *Un poco de ciencia para todo el mundo*, Paidós, **2005**.
18. H. Curtis, N. S. Barnes, *Invitación a la biología*, Editorial Médica Panamericana, Quinta edición, **2001**.
19. V. González, *Anales Quím.* **2013**, 109, 53–58.
20. I. Asimov, *Historia de la energía nuclear*, Alianza Editorial, **1988**.
21. *La Energía en España en 2011*. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Secretaria General Técnica: <http://bit.ly/16sjPmk>, visitada el 20/08/2013.
22. R. P. Feynman, *Física*, Volumen 1, Pearson Educación, **1998**.