



COLECCIÓN



GIGANTES

La Colección Gigantes presenta a sus lectores, de forma sencilla, concisa, rigurosa y fácil de leer y entender, cuáles han sido los personajes clave que, a lo largo de la historia de la humanidad, más han contribuido a desarrollar la ciencia, la tecnología, el pensamiento, etc. —el conocimiento científico, tecnológico y humanista, en general— y cómo de sus contribuciones y esfuerzo personal nos beneficiamos hoy en día las personas que poblamos el planeta Tierra.

El término «Gigantes» transmite en esta Colección la idea que en su día Isaac Newton —una de las personas que más han contribuido al avance científico de la humanidad— manifestó a su colega —que no amigo— Robert Hooke, al decir que si él había avanzado un poco más que los demás en su tiempo fue porque caminó «a hombros de gigantes», refiriéndose a Galileo, Descartes y, tal vez, al mismo Hooke.

En este primer libro de la colección, Jorge Alcalde repasa la contribución de los Gigantes del mundo de la energía y cómo han ido estableciendo los puntos de anclaje de algo tan vital y cotidiano para nuestro mundo actual como es la energía y su aprovechamiento.

JORGE ALCALDE  
Las luces de la Energía

JORGE ALCALDE  
**Las luces de la Energía**  
*Personajes que iluminaron al mundo con su ENERGÍA*



Serrano 26, 1.ª planta  
28001 Madrid  
[www.fundacioniberdrola.org](http://www.fundacioniberdrola.org)



# Las luces de la Energía

COLECCIÓN



GIGANTES

# Las luces de la Energía

*Personajes que iluminaron al mundo  
con su ENERGÍA*

JORGE ALCALDE

FUNDACIÓN IBERDROLA

•

2005

•

## **Patronato de la Fundación Iberdrola**

**Presidente:** D. IÑIGO DE ORIOL YBARRA

**Vicepresidente:** D. JAVIER HERRERO SORRIQUETA

**Patronos:** D. RICARDO ÁLVAREZ ISASI  
D. JOSÉ IGNACIO BERROETA ECHEVARRÍA  
D. JOSÉ ORBEGOZO ARROYO  
D. IGNACIO DE PINEDO CABEZUDO  
D. ANTONIO SÁEZ DE MIERA  
D. IGNACIO SÁNCHEZ GALÁN  
D. VÍCTOR URRUTIA VALLEJO

**Secretario:** D. FEDERICO SAN SEBASTIÁN FLECHOSO

© Fundación Iberdrola  
C/ Serrano, 26 - 1.ª 28001 Madrid

Director de la Colección:  
**José Luis de la Fuente O'Connor**

ISBN: 84-609-4455-7  
Depósito Legal: M-7.748-2005  
Impreso en España - Printed in Spain, Gráficas Arias Montano, S. A.

Reservados todos los derechos. Está prohibido reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente, salvo para fines de crítica o comentario, por cualquier medio digital o analógico, sin permiso por escrito de los autores.

Los análisis, opiniones, conclusiones y recomendaciones que se vierten en esta publicación son de los autores y no tienen por qué coincidir necesariamente con los de la Fundación Iberdrola.

# *Jorge Alcalde*

Jorge Alcalde (Madrid, 1968) es periodista científico y director de la revista *QUO*. Lleva más de una década dedicada a la divulgación científica en prensa, radio y televisión. Colabora habitualmente en la cadena COPE. Ha recibido algunos de los premios más importantes de divulgación: Prisma de la Casa de las Ciencias de La Coruña, premio FEDIT, finalista del premio Boheringer Ingelheim, entre otros. También trabaja habitualmente como asesor en proyectos museográficos en España y Portugal.

*A Marian, Pablo y Hugo,  
las verdaderas fuentes de MI ENERGÍA.*

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	13
<b>PRIMERA PARTE: LOS PIONEROS</b>	
ROBERT BOYLE: EL SEÑOR DE LOS EXPERIMENTOS.....	19
ANTOINE-LAURENTE DE LAVOISIER: LA REVOLUCIÓN DE LA MATERIA.....	29
GAY-LUSSAC: EN LOS ORÍGENES DE LA QUÍMICA.....	37
JAMES PRESCOTT JOULE: LA ENERGÍA ES TRABAJO.....	45
WILLIAM THOMSON O LORD KELVIN: EL PRIMER LADRILLO DE LA TERMODINÁMICA.....	53
<b>SEGUNDA PARTE: MOTORES Y MÁQUINAS</b>	
HERÓN DE ALEJANDRÍA: EL MOVIMIENTO COMO FUENTE DE CURIOSIDAD.....	63
LEONARDO DA VINCI: ENERGÍA EN ESTADO PURO.....	69
THOMAS NEWCOMEN: EL GRAN MECÁNICO.....	79
JAMES WATT: EL DOMADOR DE VAPOR.....	85
PAPIN, HUYGENS, LENOIR, OTTO, ROCHAS...: LA BIOGRAFÍA DEL MOTOR DE EXPLOSIÓN.....	95
HENRY FORD: UN COCHE PARA CADA SER HUMANO.....	105
<b>TERCERA PARTE: LA ENERGÍA ELÉCTRICA</b>	
BENJAMIN FLANKLIN: DE LA MAGIA DE LOS RAYOS, A LA CIENCIA DE LA ELECTRICIDAD.....	119

ALESSANDRO VOLTA: EMPAQUETANDO LA ENERGÍA.....	129
ANDRÉ MARIE AMPÈRE: EL VALOR DE SABER DE TODO .....	137
MICHAEL FARADAY: DE LA CHISPA AL IMPULSO CONTINUO .....	145
JAMES CLERK MAXWELL: OTRA FORMA DE VER EL MUNDO.....	153
THOMAS ALVA EDISON: EL ILUMINADOR DE LOS SUEÑOS .....	165
NICOLA TESLA: YO SOY EL FUTURO .....	173
<b>CUARTA PARTE: ENERGÍA NUCLEAR</b>	
ANTOINE HENRI BECQUEREL: LA RADIATIVIDAD EXISTE .....	187
MARIE CURIE: LA VIDA (Y LA MUERTE) POR LA CIENCIA .....	193
ALBERT EINSTEIN: EL COSMOS, REDUCIDO.....	209
ERNEST RUTHERFORD: EL PADRE DE LA ERA ATÓMICA .....	223
MAX PLANK: EL MUNDO MÁS PEQUEÑO .....	233
ENRICO FERMI: LAS COSAS ESTÁN CAMBIANDO, EN CADENA .....	243
<b>CRONOLOGÍA GENERAL.....</b>	<b>255</b>



# INTRODUCCIÓN

## LOS CIENTÍFICOS: UNAS MÁQUINAS MUY HUMANAS

LOS SERES humanos somos una auténtica calamidad energética. Nuestra eficiencia, como máquinas de generación y aprovechamiento de energía, es manifiestamente mejorable. De cada cien calorías que consumimos con la alimentación, sólo dieciocho se convierten en energía mecánica capaz de mover nuestros músculos, de lanzarnos a la carrera o de hacernos dar un salto. Esto quiere decir que, desde que tenemos conciencia de nuestra condición de vertebrados superiores, hemos viajado por este mundo sabedores de las grandes limitaciones a las que nos somete nuestro organismo.

Por eso, uno de los retos más primitivos de la humanidad ha sido aprovechar la energía emanada de otros fenómenos naturales o de otros animales y, más adelante, crear nuestras propias fuentes energéticas.

Y no nos faltan oportunidades para hacerlo. De hecho, según la ciencia física, la energía está por todas partes. La cantidad total de energía que hay en el universo es constante: no se crea ni se destruye. La energía emitida por el Sol en forma de radiación es equivalente a la que se dispersa por el espacio en forma de calor, parte de la

cual llegará a la Tierra y permitirá a las plantas realizar la fotosíntesis. A su vez, éstas servirán para alimentar al ganado, que obtendrá nutrientes suficientes en forma de calorías para realizar un trabajo determinado; por ejemplo, transportar un carro. En última instancia, ese mismo animal será parte del menú de un ser humano, que se aprovechará de su dotación energética para salir de caza. El círculo es inagotable.

De modo muy sencillo, podemos decir que parte de la evolución del ser humano ha consistido en una incansable carrera por «cultivar» cada vez más energía. Digo cultivar porque no hay nada más parecido al proceso de búsqueda de recursos energéticos que el propio cultivo. El *homo sapiens* empezó usufructuando la energía que le regalaba la naturaleza, apropiándose de la de otros congéneres utilizados como esclavos, o domesticando animales de carga para realizar tareas de altos requerimientos energéticos.

Paralelamente, comenzó a servirse de su ingenio para producir y controlar energía de manera artificial. Todo comenzó con el uso primero del fuego (hace unos 25.000 años), con el que no sólo se tenía dominio sobre la energía calorífica que impedía morir congelado, sino que se mejoraba considerablemente la capacidad de transferencia energética de los alimentos: cocinados sabían mejor, duraban más, aportaban más seguridad y eficacia.

La estrecha relación del hombre con la energía ha perdurado desde entonces y bañado nuestra historia de luces y de sombras. Hoy en día la energía mueve el mundo: si no supiéramos cómo producirla, almacenarla, transportarla y utilizarla de manera controlada, no habría modo de calentar nuestras casas en invierno, de iluminar las calles a media noche, de trasladarnos a confines lejanos del mundo, de comunicarnos a distancia, de cocinar, de divertirnos mediante el uso de la televisión, el cine, los videojuegos... Hoy no podemos vivir sin

realizar cada segundo un acto que requiere un consumo energético de manera directa o indirecta.

Conforme las sociedades avanzan, consumen más energía. Por eso, la energía es fuente y consecuencia del progreso. La eficiencia en el uso de la energía es la clave para el desarrollo. Renunciar a ella conduce a la miseria. En contra de lo que algunos quieren hacernos creer, el mundo no se empobrece, la naturaleza no se deteriora y el bienestar no se pone en peligro al incrementarse la producción y el uso de energía... Un empleo racional, científico y adecuado de cuantas fuentes energéticas conocemos, desde la hidroeléctrica a la nuclear, hasta las llamadas «energías alternativas», es garantía de crecimiento, desarrollo económico, ensanchamiento del bienestar y aumento de la libertad.

Pero este empleo no sería posible si el ser humano no hubiera contado con una herramienta fundamental nacida de la chispa de su propio ingenio, una habilidad que lo diferencia de otros animales y que lo convierte en el mejor de los exploradores que conoce la naturaleza: la curiosidad. La necesidad de saber, el deseo de conocer cómo funciona el mundo que nos rodea, el amor por la sabiduría sin pedir a cambio nada más que el simple placer de acostarse con un nuevo conocimiento es consustancial a todo hombre y mujer. Entre nuestra especie, sin embargo, hay un puñado de individuos que ha hecho de esta curiosidad su modo de vida, su pasión única, su obsesión, su proyecto personal. Se trata de los científicos, hombres y mujeres dedicados en cuerpo y alma a descifrar el sutil lenguaje con el que nos habla la naturaleza y que, casi siempre, está codificado en elegantes fórmulas matemáticas.

En este libro el lector encontrará la historia personal de un buen número de estos científicos que contribuyeron con su trabajo a un mejor conocimiento del fenómeno energético y, por ende, a un aumen-

to de la calidad de vida de sus congéneres. Muchos de ellos han dejado sus nombres en los anales de la historia bautizando elementos, ecuaciones, fenómenos o productos. A la mayoría se les conoce por la consecuencia de sus obras (los vatios de Watt, los julios de Joule, los amperios de Ampere...), otros nos sorprenden con increíbles aportaciones de las que no se suele hablar en los colegios e institutos. Todos comparten una misma pasión por la ciencia y todos son igualmente importantes en el desarrollo de la tecnología energética de la que hoy disfrutamos.

Con la lectura de estas reseñas vitales no se alcanzará un conocimiento completo de los fenómenos a cuyo estudio dedicaron sus vidas; no se podrá entender el fenómeno energético por sí solo... No es el objetivo de este libro servir de tratado de física, de química o de ingeniería. Lo que el lector tiene en sus manos es la crónica personal de hombres y mujeres que cambiaron el mundo, con sus miedos y sus deseos, sus tragedias y sus placeres, sus amores y sus luchas. La vida del científico tiende a ser peculiar: siempre obsesionado con sus estudios, ensimismado en sus conocimientos, persiguiendo sin pausa la respuesta más inteligente a la pregunta más inteligente. Conocer de cerca cómo vivían, qué sentían y por qué motivos padecían los sabios más eminentes de la historia en el terreno de la ciencia de la energía servirá también para dotar de humanidad a la trascendencia de sus hallazgos. Detrás de cada nueva ecuación, de cada nuevo invento, de cada nueva respuesta yace una peripecia humana que merece la pena conocer... Pasen, pues, y observen por el ojo de la cerradura que propician estas páginas cómo se cocieron los avances más importantes en la historia de la energía.

## *Primera Parte*

### *Los pioneros*

Muchos de sus avances no estaban dedicados específicamente al conocimiento de la energía. En realidad, sus mentes perseguían simplemente un mejor conocimiento del funcionamiento del mundo físico y químico. Su obsesión por reducir a leyes inteligibles la maquinaria de la naturaleza arrojó, sin embargo, ideas inauditas que sirvieron de ladrillos fundamentales para cualquier intento posterior de generar y distribuir energía.

## ROBERT BOYLE (1627-1691): EL SEÑOR DE LOS EXPERIMENTOS

*CUALQUIER amante de la ciencia puede imaginar lo que hubiera sentido si hubiera conocido, de primera mano, la muerte de un gigante como Galileo. Robert Boyle experimentó aquella sensación cuando era apenas un adolescente. Quizás por eso, su temperamento científico le llevó a poner sobre la mesa unos modos de investigar y de escrutar la naturaleza que hasta entonces parecían inauditos. Los filósofos de su época no experimentaban con la naturaleza, simplemente pensaban en ella. Pero Boyle se las ingenió para producir una interesantísima lista de pruebas de laboratorio, sobre todo en el estudio del aire. Puede que no fuera capaz de elevar a teoría buena parte de sus experimentos, pero no cabe duda de que sentó las bases de lo que hoy es la ciencia experimental: probar, comprobar y repetir una y otra vez en el laboratorio hasta lograr un resultado fiable: ese es el motor que ha movido el mundo del conocimiento desde entonces.*

*Si hubiera que glosar en una sola idea lo que supuso Robert Boyle para la historia de la ciencia, nos bastaría una sola frase: «una nueva mirada». El método científico tal y como hoy lo conocemos estaba lejos de cuajar aún, pero en aquellos años del siglo XVII que a Boyle le tocaron vivir amanecía ya un nuevo modo de pensar, una voluntad inimaginable de explicar el funcionamiento de la naturaleza utilizando como argumento la propia naturaleza. No es que Boyle y sus*

*contemporáneos abjuraran de su condición de profundos creyentes, ni que la idea de un Dios creador dejara de ser el motor último de toda fuente de pensamiento. Pero, al menos, aquellos hombres mitad filósofos mitad científicos se resistieron a creer que las cosas funcionan porque sí, por mera voluntad de su creador sobrenatural; dedicaron sus vidas a conocer qué mecanismos había utilizado tal creador para perfeccionar su prodigiosa obra; establecieron el primer diálogo directo entre ciencia y religión y convencieron a sus sucesores de que es posible preguntarse por las leyes de la naturaleza, reducirlas, cuantificarlas y describirlas desde las cuatro paredes de un laboratorio sin cometer un acto de herejía.*

Robert Boyle nació el 25 de enero de 1627 en el seno de una adinerada familia protestante en Lismore, Irlanda. Su padre era Richard Boyle, conde de Cork, quien había amasado parte de su fortuna, su título de nobleza y sus posesiones al servicio de la reina Isabel I. El conde tuvo catorce hijos (siete niñas y siete niños). Robert llegó a la familia en plena madurez de sus progenitores: cuando él nació, el padre tenía 60 años y la madre, Catherine Fenton, 40.

La avanzada edad de los padres, la solvencia económica de la familia y la creencia habitual entre los nobles de la época de que los niños se educaban mejor lejos del ambiente doméstico hicieron que el pequeño Robert fuera mandado a estudiar fuera de su casa a muy temprana edad. Apenas tuvo relación con su madre, que murió precisamente cuando el niño se encontraba estudiando en Dublín.

En 1635, Robert Boyle ingresó, junto con uno de sus hermanos, en una institución educativa que, por aquel entonces, empezaba a ponerse de moda entre los aristócratas y potentados británicos, y que

más tarde se convertiría en una de las escuelas privadas más prestigiosas del mundo: Eton.

No cabe ninguna duda de que la educación en aquella institución era estricta y exquisita. Incluso en el contexto histórico de la primera mitad del siglo XVII pasaba por ser un colegio «de mentalidad clásica y disciplinadas maneras», según dejó escrito el propio tutor de los hermanos Boyle, John Harrison, quien, en una de sus notas autobiográficas, explica que «los jovencitos siguen la educación en boga en esta época y, además, cuentan con maestros particulares de francés, danza y música que, por supuesto, se pagan aparte».

Robert se encontraba a gusto en ese ambiente y pronto se convirtió en una referencia entre los maestros y sus compañeros. Pero cuando el tutor tuvo que dejar el puesto, al joven Boyle le costó demasiado adaptarse a las exigencias del sustituto. Afortunadamente para él, su padre era uno de los británicos más poderosos y no iba a permitir que su hijo sufriera: sin más, lo sacó de Eton y lo llevó consigo a recorrer Europa: París, Ginebra, Lyon... Los viajes se sucedían salpicados de clases de latín, francés, retórica, religión, matemáticas y largas tardes de práctica de tenis y esgrima. Nada más alejado de una infancia difícil.

El periplo europeo continuó más tarde de la mano de un tutor particular que sustituyó a la figura de su padre. En 1642, Robert escribió desde Marsella a su progenitor con el fin de pedirle dinero para el viaje de vuelta, pero en la lejana Inglaterra las cosas habían cambiado: las últimas batallas entre católicos y protestantes habían dejado extenuado al conde de Cork y reducidas a la mínima expresión sus posesiones. Robert tuvo que regresar a Ginebra donde, en septiembre de 1643, recibió la noticia de la muerte de su padre. Para volver a casa, hubo de vender algunas de sus joyas.



Si hacemos caso a su propia autobiografía, y siempre con la precaución debida a este tipo de anécdotas rememoradas que suelen ir cargadas de ficción, fue un poco antes de partir de nuevo hacia Inglaterra cuando al joven Robert Boyle le ocurrió algo que iba a marcar buena parte de su vida futura. Una tarde, mientras paseaba por Ginebra, le sorprendió una tremenda tormenta con profusión de aparato eléctrico. Los rayos centelleaban por doquier y él se quedó parado, observando, mientras se preguntaba por qué ninguna de aquellas descargas mortales le golpeaba. Su profunda fe religiosa, el apego a la visión teísta del cosmos, su buena dosis de petulancia adquirida en Eton y la convicción de que pertenecía a una estirpe especial (no en vano era el hijo del conde de Cork) se unieron con la lluvia para formar en la mente de Robert una idea que no le iba a abandonar. El chico se convenció a sí mismo de que era un ser elegido por Dios para llevar a cabo una misión: conocer de cerca los engranajes de la voluntad divina, descifrar para el mundo el lenguaje oculto que el creador depositó en el interior de todo lo creado: las leyes sobrenaturales por las que funciona la naturaleza.

No es de extrañar, pues, que, tras su retorno a la tierra donde nació, Robert Boyle se dedicara a escribir varias obras de corte pío. Compuso un tratado sobre ética y varios discursos morales, y mandó realizar una traducción irlandesa de la Biblia. Una de sus obras más destacadas de este período es *Algunos motivos e incentivos del amor de Dios* (1659), más conocida como *Amor seráfico*.

Resulta evidente que en aquella época aún no había sido cautivado por el pensamiento científico. Pero pronto las cosas iban a cambiar. Preocupado en un principio por la alquimia y, más tarde, por la medicina, Boyle mandó construir en su casa de Stalbridge un laboratorio que, si bien al principio iba a procurarle sólo algunas horas

de diversión, pronto se convirtió en el cuarto donde se cocinaron algunas de sus obsesiones vitales. Entró en contacto con un nuevo círculo de amistades a las que llamaba «la universidad invisible» y que iba a ser el embrión de la futura Real Sociedad de Londres. Sus colegas le introdujeron poco a poco en el estudio de las matemáticas, en las obras de Copérnico y en el uso de los microscopios.

Sin embargo, sus estudios seguían perteneciendo más al mundo de la filosofía que al de la ciencia propiamente dicha: se convirtió en un auténtico experto en filosofía natural, se dejó arrastrar por la lectura de Descartes y terminó de configurar así una mente donde la razón y la fe se daban la mano de manera magistral.

Los filósofos no solían experimentar con la naturaleza, simplemente pensaban sobre ella; se preguntaban acerca de sus mecanismos íntimos e ideaban teorías sobre su funcionamiento que no tenían soporte empírico, sino que se sustentaban en el bien hacer retórico. Uno de los temas que pronto empezó a despertar el interés de Robert Boyle fue la naturaleza del aire. En el siglo XVII, el estudio de las propiedades del aire estaba íntimamente vinculado a la reflexión sobre la existencia del vacío. La ortodoxia negaba la posibilidad de que existiese el vacío y postulaba que la naturaleza sencillamente aborrecía el concepto de «nada». Sin embargo, algunos pioneros de la física, como Torricelli, ya habían demostrado que, si se llena un tubo de mercurio y se vuelca dicho recipiente sobre un plato, en la parte superior del tubo invertido se genera un espacio vacío. Era evidente que el vacío podía «fabricarse». ¿Por qué, entonces, no se encontraba en la naturaleza, donde todo parece que sigue una misteriosa tendencia a ocupar los espacios desocupados?

Robert Boyle llegó a obsesionarse con dar respuesta a esta pregunta, más por afán de explicar cómo había querido diseñar Dios el

mundo, que por pura curiosidad científica. Estaba convencido de que parte de la clave residía en la capacidad de expansión del aire y, en el empeño por demostrarlo, concibió algunos de los experimentos más bellos de la historia de la ciencia.

A través de los trabajos de Otto von Guericke, tuvo conocimiento de los primeros esbozos de una máquina de vapor y de las virtudes del aire a presión. Gracias a ello pudo dedicarse a un objeto concreto de estudio: la «elasticidad» del aire. Y fue a partir de ese momento cuando desarrolló una rara habilidad para poner en práctica experimentos ingeniosos y sencillos que, en muchas ocasiones, no le condujeron a ninguna idea brillante pero que, en otras, le sirvieron de soporte para definir algunas leyes físicas fundamentales.

Uno de esos experimentos consistía en situar un tubo de cristal lleno de mercurio dentro de otro mayor vacío. El mercurio ejerce una presión sobre el aire que queda en su tubo, y dicha presión se ve compensada con la que ejerce el aire que hay dentro del otro recipiente vacío. Pero, si se extrae el aire del tubo mayor, la compensación desaparece y el mercurio del tubo menor sale a borbotones. Boyle se propuso cuantificar las presiones y establecer una tabla de características físicas del aire comprimido.

Para ello utilizó un tubo en forma de J que llenó de mercurio atrapando una cantidad de aire en el extremo inferior del mismo. Después pegó unas tiras de papel donde realizó marcas para medir pulgadas y fue llenando de más mercurio el tubo, es decir, aumentando la presión a la que sometía al aire del extremo. Su intención era conocer hasta qué punto el aire es elástico, es decir, puede resistir al empuje de la presión con otra fuerza compensatoria.

Mediante sucesivas medidas de la distancia entre los dos niveles alcanzados por el mercurio en ambas ramas del tubo, observó que la disminución del volumen del gas guardaba cierta relación con el aumento de presión. Si doblaba el peso de mercurio, el volumen se reducía a la mitad; si lo triplicaba, se reducía a la tercera parte, y así sucesivamente. Por primera vez, de manera experimental, se había demostrado que el volumen de un gas es inversamente proporcional a la presión que se ejerce sobre él, al menos si se mantiene una temperatura constante.

Este sencillo experimento, junto con la aportación paralela del francés Mariotte, permitió establecer una de las leyes físicas más conocidas y más usadas, la Ley de Boyle-Mariotte.

Pero la mente de Robert Boyle era demasiado activa como para quedarse ahí. De hecho, sus aportaciones a la química son tanto o más trascendentales. Boyle fue el primer químico que aisló un gas; observó que el aire se consume en el proceso de combustión y que los metales ganan peso cuando se oxidan; reconoció la diferencia entre un compuesto y una mezcla, y formuló su teoría atómica de la materia basándose en sus experimentos de laboratorio.

Una de sus obras en esta disciplina, *El químico escéptico* (1661), supone toda una refutación de la idea aristotélica de que la naturaleza se compone de cuatro elementos: aire, fuego, tierra y agua. Boyle llegó a proponer la existencia de corpúsculos cuyo movimiento y estructura producen todos los fenómenos observables, y lo hizo mucho antes de que surgiera la física atómica. Boyle fue también el primero en verificar las diferencias entre ácidos, bases y sales. La acidez y la basicidad son dos formas contrapuestas de comportamiento de las sustancias químicas, cuyo estudio atrajo siempre la atención de los químicos. Boyle analizó sistemáticamente muchas sustancias para agruparlas bajo los términos de ácido y base, según su comporta-

miento. Un ácido es un compuesto que, al disolverse en agua, aumenta la concentración de los iones de hidrógeno y que es capaz de formar sales por reacción con algunos metales; las bases son compuestos que, al disolverse en agua, aumentan la concentración de los iones de hidroxilo. Las relaciones de los ácidos con las bases forman parte de los fundamentos de la química y tienen abundantes aplicaciones en el mundo de la energía. Sin ir más lejos, de ellas depende el funcionamiento de las pilas. Por supuesto, todo eso lo sabemos hoy, después de muchas redefiniciones de la formulación pionera, aunque incompleta, de Boyle.

Pero, sobre todo, aquel millonario despreocupado y curioso, que habría pasado por un «niño pijo» del siglo XXI, aportó una mirada fresca y novedosa al devenir de las ciencias en el mundo; supo anteponer su ingenio y su necesidad de conocimiento a la tentación de dejar toda explicación en manos de la inspiración divina. Aun siendo profundamente religioso, propuso una vía de conocimiento que no se basaba en la fe, sino en la constatación mediante hechos. Quizás no fue capaz de elevar a teoría la mayoría de sus intuiciones empíricas. Quizás tampoco fue consciente del poder de ese método experimental que estaba esbozando y que luego se convertiría en motor del pensamiento científico. Pero no cabe duda de que abrió el camino para que se creara una nueva forma de interpretar las leyes de la naturaleza. Después de él, la palabra ciencia ya siempre estuvo asociada con la palabra «experimento».

Robert Boyle murió el 30 de diciembre de 1691, después de haber rechazado una invitación para presidir la Real Sociedad Británica, porque consideraba una herejía realizar un juramento profano como el que se exigía a los nuevos miembros de la institución.

## LA CIENCIA ES COSA DE REBELDES

Cuando Robert Boyle aún no tenía 15 años, el destino quiso que viajara a Florencia justo en las mismas fechas en las que moría en su villa de Acetri (muy cerca de la capital florentina) el genial Galileo Galilei. La noticia impactó en la mente despierta de aquel joven de familia millonaria y educación protestante. Galileo había entablado una lucha desigual para defender su cosmovisión, maldita para la Iglesia de Roma. Cualquier joven amante de la ciencia y dispuesto a poner en solfa las ideas instituidas por sus mayores sentiría la tentación de convertir a Galileo en un héroe. ¿Le ocurrió eso al joven Boyle? Lo cierto es que en aquel año de 1642 decidió que debía dedicarse a estudiar la naturaleza de idéntica manera a como lo hizo el malogrado Galileo. Su desahogo económico, su espíritu osado y la rigurosa educación que le había dado su padre (el hombre más rico de Gran Bretaña en aquella época) pusieron el resto de los ingredientes de la receta para crear a un gran científico.

## ANTOINE-LAURENTE DE LAVOISIER (1743-1794): LA REVOLUCIÓN DE LA MATERIA

*LOS QUÍMICOS de hoy en día basan su trabajo en la materia conocida. Toman pesos y medidas, calculan volúmenes, tienen en cuenta las valencias y los valores atómicos. Su arsenal argumental consiste en un puñado de nombres que indican, desde su primera pronunciación, el valor de la sustancia que definen, que determinan si es un elemento o un compuesto y, en este caso, de qué cantidades de otros elementos está confeccionado. Pero hace sólo tres siglos todo ese entramado era sencillamente imposible. La química se basaba en grandes dosis de especulación, en cantidades indescriptibles de desconocimiento sobre la materia. La química era más parecida a una «mancia» que a una ciencia moderna. Si hoy las cosas han cambiado es gracias, entre otros, al gran revolucionario que fue Lavoisier.*

*El mundo estaba a punto de cambiar definitivamente en lo político. Ya nada volvería a ser como antes. Aquel 14 de julio de 1749, mientras las multitudes parisinas tomaban La Bastilla, se engendraba una transformación social e ideológica sin precedentes de la que iba a depender buena parte de la historia política venidera. Pero, al mismo tiempo, al principio de manera inadvertida, y poco a poco con mayor repercusión, se estaba gestando otro tipo de revolución igualmente universal, otro modo de subvertir el orden establecido, que iba a cambiar la forma de hacer ciencia para siempre; otro ataque a las normas de la tradición y al*

*poder oscurantista de los sabios, en este caso con el lápiz y el papel como única arma y con las luces de la razón científica por toda constitución. En marzo de 1789, cuatro meses antes del derrocamiento del Antiguo Régimen francés a manos de los revolucionarios, Antoine-Laurent de Lavoisier presenta su Tratado elemental de química, en París. El libro, ilustrado por su esposa, Marie-Anne Pierrette Paulze es considerado hoy el manifiesto fundador de la química moderna, la obra que, por primera vez, sienta las bases de una concepción racional de los cambios químicos de la materia, ajena a la superchería, al desconocimiento, la especulación y la magia que habían rodeado durante siglos el conocimiento alquímico de las cosas.*

*Hasta esa fecha, la química era una ciencia (quizás sería más acertado llamarla «semi-ciencia») errática y poco fiable. Consistía principalmente en aislar elementos nuevos, conocer diferentes estados de «aire», realizar mezclas aleatorias... Tenía mucho de intuición y muy poco de método. Es cierto que se habían logrado grandes avances en el conocimiento de los componentes de la materia conocida, pero más bien se trataba de «palos de ciego», de teorías logradas a base de grandes dosis de ingenio. Por poner un ejemplo gráfico (y sin que se enfaden los queridos químicos que pudieran estar leyendo este libro), la química antes del siglo XVIII se parecía al conocimiento astronómico de los antiguos egipcios. Aquellos sabios de la época de los faraones habían logrado un dominio relativo de las leyes del movimiento de las estrellas y los planetas por medio de la observación sagaz. Posiblemente, un agricultor del Alto Nilo bajo el reinado de Ramsés II sabía más del cielo que un estudiante de astronomía de primeros cursos de hoy. Lo hacía porque de él dependía su sustento: tenía que conocer el momento exacto del cambio de las estaciones, la mejor temporada para la siembra, los movimientos de las corrientes de aire, las pistas que los astros otorgan sobre el cambio del calendario. Su única herramienta de trabajo era la observación y la cultura oral legada por sus abuelos. Pero aquello no era ciencia: era un digno oficio*



*preñado de bellos conocimientos. Algo parecido le ocurría a la química antes de Lavoisier. Y todo iba a cambiar para siempre tras la lectura de su Tratado elemental de química.*

Antoine-Laurent nació el 26 de agosto de 1743 en París. Su padre era un prestigioso abogado, Jean-Antoine Lavoisier, y su madre, Emilie Punctis, pertenecía a una rica e influyente familia. Ella no pudo ver crecer a su hijo: murió cuando Antoine tenía cinco años. En realidad, la educación del pequeño corrió a cargo de una tía, Constance, que se preocupó de inculcarle los valores tradicionales y religiosos propios de la clase social a la que pertenecían.

Precisamente su desahogo económico permitió a la familia dotar de todo tipo de oportunidades educativas al pequeño. Fue inscrito en el colegio Mazarin, una institución famosa por su dedicación a las ciencias. De hecho, en ella existía un impresionante observatorio astronómico, construido por el Abad de la Caille, que hizo las delicias de Lavoisier. El joven picoteó prácticamente todas las disciplinas del saber científico que se enseñaban en el Mazarin. Probó con la astronomía, asistió a clases de geología y se interesó por la botánica, por la mineralogía y por la química. Pero la impronta del padre era demasiado fuerte como para ser obviada. Así que, tras completar una educación pluridisciplinal como pocas, Lavoisier se matriculó en la Universidad para estudiar derecho y obtuvo su título de abogado en 1764.

La aventura de las leyes le duró poco. Era muy poderosa la llamada de la ciencia y muy vasta la extensión de conocimientos que le quedaban por aprender. Empezó con la geología, a la que se dedicó vivamente hasta 1767 de la mano del geólogo Jean Etienne Guettard, pero el abanico de sus intereses no se detuvo allí. La mineralo-

gía le atrapó durante un tiempo; Lavoisier incluso publicó algunos trabajos interesantes sobre la composición del yeso y el estuco utilizados en los edificios parisinos. También se preocupó por asuntos de ordenación urbanística; uno de sus estudios sobre cómo mejorar la iluminación de las calles de la capital francesa le sirvió para entrar en la Academia de las Ciencias de Francia.

Aquello ocurrió en 1768, dos años después de que la muerte de su abuelo le reportara los beneficios de una suculenta herencia. Comenzó entonces la doble vida que ya no dejaría Lavoisier. Con parte de la herencia creó una empresa, la Ferme Générale, que tenía adjudicada la labor de recaudación de impuestos; se convirtió en un economista de profesión. La ciencia era para él un hobby, una pasión personal, un elemento de satisfacción al que había dedicado su vida. Pero su sustento profesional correspondía a la empresa recaudadora que, paradójicamente, iba a convertirse en la causa de su fatal destino... como veremos más adelante. El objeto de sus estudios se fue reduciendo poco a poco; la materia mineral le conducía inexorablemente a la química y a los procesos, por entonces misteriosos, que tienen lugar cuando los cuerpos cambian de estado, se queman, se evaporan o son consumidos.

En medio de su camino hacia la química, Lavoisier tuvo la suerte de conocer a una mujer que, además de su compañera vital, iba a ser un apoyo fundamental para su carrera científica. Marie-Anne Pierrette Paulze era una joven de 14 años, hija de uno de los directivos de la Ferme Générale, cuando se casó con Antoine. Desde el mismo día de su matrimonio, ambos iban a compartir la pasión del marido por la química, hasta el punto de que ella aprendió inglés con el fin de traducir textos científicos a su marido, que le doblaba en edad y que desconocía el idioma de las islas. Los recursos familiares (que no eran pocos, por cierto) fueron derivándose hacia el estudio de la ma-

teria: levantaron un laboratorio de experimentación, compararon cuantos manuales y tratados caían en sus manos y viajaron siempre con la idea de aprender un poco más de química.

Así, Lavoisier pudo impregnarse de las teorías científicas al uso y dedicarse al estudio de un fenómeno que, por aquel entonces, era todo un misterio: la combustión y la oxidación. Los más eminentes filósofos naturales de la época estaban convencidos de que la capacidad de combustión de los materiales estaba conferida por la presencia de un elemento nunca detectado que se perdía con la propia combustión. Aquella sustancia misteriosa debería carecer de peso. Los metales, la madera y el fuego mismo se consideraban entidades ricas en dicho elemento. La tierra carecía de él. Durante décadas, buena parte del estudio de la química primitiva, a veces hermanada con la pseudo-científica alquimia, se dedicó a la detección de ese elemento que el alemán Georg Stahl (1660-1734) denominó «flogisto». Las elucubraciones acerca de dicha sustancia fueron tremendamente prolíficas. Dado que algunos elementos, como el mercurio, aumentan de peso durante la combustión, se pensó que el flogisto debía de tener peso negativo y que, al desaparecer en el proceso combustivo, algunos cuerpos ganaban gravidez. Incluso se decía que materiales como el azufre y el carbón estaban compuestos exclusivamente de flogisto. Lavoisier estudió junto a eminentes defensores de esta teoría flogística, pero nunca obtuvo satisfacción con sus enseñanzas. Se había convertido en un experto en la experimentación física y en las leyes de la neumática, e intuía que la del flogisto no era una respuesta concluyente para explicar los fenómenos de combustión.

Entusiasmado por las noticias que le llegaban de dos grandísimos descubrimientos, Lavoisier comenzó a diseñar una nueva teoría. Aquellos descubrimientos no fueron otros que la separación del oxígeno realizada por Joseph Priestley en 1774 y la definición de la na-

turaliza compuesta del agua, que hizo Cavendish en 1781. Priestley había descubierto un nuevo elemento, que luego conoceríamos como oxígeno, pero no había sido capaz de entender la importancia de su hallazgo. De hecho, era un firme defensor de la teoría del flogisto, hasta el punto de llamar a su nueva sustancia «aire desflogistizado». Por su parte, Henry Cavendish (1731-1810) también se dejó convencer por el poder atractivo del flogisto, lo que no impidió comprender que el agua es un compuesto de dos elementos: el aire desflogistizado de Priestley y el flogisto. Es decir, el oxígeno y el hidrógeno. La química, infantil e ingenua, iba organizando sus conocimientos, acercándolos a la realidad natural y componiendo el puzle de la materia... pero no dejaba atrás los vicios míticos del pasado.

Lavoisier iba a subvertir aquel estado de las cosas mediante una teoría tan simple, pero tan trascendental que es difícil comprender cómo nadie pudo reparar antes en ella. El genio de Lavoisier consistió en ser capaz de entender mejor que nadie el significado de los conocimientos adquiridos por su coetáneos, sus virtudes y sus limitaciones, además de ser un magnífico experimentador, poseedor de una fe ciega en la fuerza de la experiencia, incansable tomador de medidas, pesos y temperaturas, perspicaz observador de las sutiles diferencias detectadas en el laboratorio y sagaz extractor de ideas generales. Gracias a ello, y a la solvencia económica que le permitió dedicarse de lleno a sus investigaciones mientras se despreocupaba de la manutención familiar, logró establecer su teoría sobre la combustión de los cuerpos. Sencillamente, el flogisto ni existía. La combustión y la calcinación son procesos en los que una parte del aire que rodea a la materia quemada se combina con los metales de ésta, dando lugar a óxidos. Esa parte del aire es el oxígeno. De ese modo, el aumento de peso de algunas materias al producirse la combustión era equivalente al descenso del peso del aire circundante.

A partir de estas ideas, que durante muchos años se conocieron como «teoría antiflogista», Lavoisier compuso el grueso de su obra que, con mucha justicia, ha sido considerada el tratado fundacional de la química. Fue el primero en explicar de manera aceptable la formación de sales y de ácidos, el primero en convertir la ciencia química en una ciencia cuantitativa mediante el análisis sistemático de pesos, medidas y temperaturas. Abrió las puertas de la calorimetría, del análisis de gases y del uso de ecuaciones para explicar lo que antes se «esclarecía» con largos y retóricos argumentos especulativos. En definitiva, convirtió la química en una ciencia a la altura de la física y asestó el golpe definitivo a la esotérica alquimia.

Mediante la formulación de la primera ley de la conservación de la materia, según la cual en una reacción química la masa de los elementos reactivos permanece constante y es igual a la del producto de la reacción, desterró cualquier tipo de creencia en elementos invisibles, volátiles o de masa negativa, como era el flogisto, y permitió que, a partir de ese momento, cualquier trabajo con sustancias químicas pudiese estar sometido al escrutinio infalible de la matemática.

Pero la revolución de Lavoisier fue más allá. Consciente de que una nueva ciencia necesitaba deshacerse también de la nomenclatura antigua y de que la química del viejo orden utilizaba nombres larguísimos y nada sistemáticos para las sustancias que iba conociendo, no hacía distinción entre elementos y compuestos, y se conformaba con poner una denominación estable que sirviera para escribir sobre la etiqueta de un frasco. Lavoisier, junto con Berthollet, fue, pues, responsable de la creación de una nueva nomenclatura química que constituyó el inicio del glosario de términos con el que hoy nos referimos a las sustancias de la materia. Mientras antes se hablaba de aceite de vitriolo, ahora se dice ácido sulfúrico; lo que antes era co-

nocido por azafrán de Marte pasó a llamarse óxido de hierro. Cada término no sólo servía para denominar una sustancia, sino que daba información de si se trataba de un elemento indivisible o de un compuesto de varios elementos. En el caso del compuesto, el propio nombre indicaba los elementos que lo componen y el grado en el que se encuentran implicados en la composición. Tal y como hoy hacemos en química.

La Revolución Francesa había cambiado el orden social y, también, el modo de nombrar a las cosas (por ejemplo, los meses del calendario). La revolución química de Lavoisier hizo exactamente lo mismo. No resulta extraño, pues, que ambas revoluciones hubieran de encontrarse en algún lugar del camino... Y no fue, por cierto, para bien de nuestro químico valiente. Al principio de esta historia, hemos contado que Antoine-Laurent vivía cómodamente gracias a los beneficios económicos que le reportaba su participación en la Ferme Générale, la compañía recaudadora de impuestos. Aquel puesto, como es lógico, le había servido para ganarse la enemistad de buena parte de los trabajadores y agricultores, agobiados por el sistema impositivo de la Corona. Durante los terribles primeros años de la revolución, la mala imagen se transformó en odio, sobre todo cuando el nombre de Lavoisier se convirtió en objetivo político de Marat. Finalmente, en 1794, fue apresado con otros 27 miembros del estamento recaudador. Entre ellos, estaba su suegro, a quien vio guillotinar unos días antes que a él, el 19 de floreal del año 2 de la Revolución, es decir, el 8 de mayo de 1794.

Marat, el hombre que más esfuerzos hizo por lograr la condena, había visto denegada su intención de ingresar en la Academia de las Ciencias por la oposición, entre otros, de Lavoisier. Menuda casualidad.

## GAY-LUSSAC (1778-1850): EN LOS ORÍGENES DE LA QUÍMICA

*C*UANDO EL mundo se disponía a verse conmovido por la Revolución Francesa, algunos sabios tenían que compaginar la emoción y el vértigo por la velocidad de los acontecimientos políticos con su pasión por el conocimiento científico. Uno de ellos fue Gay-Lussac, uno de los padres de la química moderna. Su mayor aportación fue concedernos una serie de leyes fundamentales para conocer el modo en el que los gases se expanden y las propiedades óptimas para su combinación. El gas, como fuente de energía, empezaba a ser un compañero fiable de viaje.

*En 1789, Francia se disponía a cambiar la historia por medio de una revolución interna que acabaría convirtiéndose en un tumulto global. La caída de la monarquía, la invocación pionera a los derechos civiles y el tránsito desde el entusiasmo inicial al régimen del terror iban a provocar transformaciones asombrosas en los cimientos de la sociedad francesa y en la concepción política del orbe posterior al siglo XVIII. Por supuesto, el mundo de la ciencia no iba a ser menos. La investigación y la educación en Francia sufrieron una convulsión sin precedentes. A partir de 1793 se sucedieron uno tras otro acontecimientos tan dramáticos como la prohibición de la red universitaria establecida y el cierre de la Academia de las Ciencias. Sólo permaneció intacta la Comisión de Pesos y Medidas.*

*Las reformas y contrarreformas del sistema educativo se producían con tal rapidez que era difícil que ningún programa llegara a ponerse en marcha. Pero Francia no era un país que pudiera paralizar su producción científica de sopetón. Constantemente amenazada por las monarquías circundantes y preocupada por el desarrollo del Estado, la nueva República inició los trámites para constituir una institución de ciencia seria y universalmente reconocida. La revolución necesitaba científicos y técnicos que alimentaran su propia maquinaria. Así, en 1794, el Comité de Salud Pública nombró una comisión encargada de buscar un edificio que debía ser sede de un centro de docencia para nuevos científicos e ingenieros. El resultado fue la creación de la Escuela Central de Trabajos Públicos, que al poco tiempo se convertiría en la Escuela Politécnica de París.*

*La Escuela contaba con un impresionante elenco de maestros seleccionados entre lo más granado de la intelectualidad francesa. Por sólo citar algunos nombres, allí se reunieron cerebros como los de Lagrange, Pierre Simon de Laplace, Claude Luis Berthollet o De Prony, entre otros. Los estudiantes del centro estaban destinados a ser la élite intelectual de la nueva República. El régimen de estudios, por supuesto, respondía al ideario revolucionario: los exámenes de admisión estaban abiertos a cualquier ciudadano y no se tenía en cuenta su procedencia o rango social. Los únicos parámetros para seleccionar a un aspirante a científico eran sus conocimientos y aptitudes para el estudio. Sólo existía un factor de discriminación: las mujeres no podían ser admitidas, un sesgo que persistió nada más y nada menos que hasta 1970.*

*En aquel ambiente político y científico se desarrolló la carrera de un estudiante despierto y precoz, procedente de una familia burguesa y de costumbres refinadas: Joseph-Louis Gay-Lussac, un hombre que iba a ser testigo de la revolución política, pero, además, iba a protagonizar toda una revolución en el mundo de la química.*



Gay-Lussac, primogénito de una familia de cinco hermanos, nació en Saint Leonard de Noblat en 1778. Su padre, Antoine Gay, era un reputado abogado que se preocupó cuanto pudo por la educación y la buena fama de sus hijos. Hasta tal punto fue celoso de su imagen que decidió dar a su prole un apellido menos vulgar que el sencillo Gay (muy común en la región francesa donde vivían), y añadió el nombre de una propiedad familiar que poseía cerca de Saint Leonard: Lussac.

Le educación de Joseph-Louis fue la habitual entre las familias burguesas de la época: se realizó en casa, a cargo de un preceptor particular que introdujo al crío en las enseñanzas clásicas y humanísticas básicas. Pero la vida relajada en el hogar no tardaría en interrumpirse bruscamente. Cuando acababa de cumplir los 11 años, la Revolución irrumpió en los destinos de cada francés. Y también, por supuesto, en el suyo. Su preceptor huyó de las turbas y su padre fue apresado tres años después, lo que obligó al joven a viajar a París para continuar su formación. Allí logró acceder a la Escuela Politécnica y conoció a dos de sus mentores incondicionales: Laplace y Berthollet. El segundo era seguidor de Lavoisier en el estudio de las propiedades de los gases, sobre todo del oxígeno, y trasladó esta pasión al joven Gay-Lussac.

La Revolución seguía haciendo de las suyas. En 1794, Antoine-Laurent Lavoisier tuvo que rendir cuentas ante ella por su pasado como recaudador de impuestos, y fue guillotinado. El terror había acabado con una de las mentes más brillantes de Francia, pero no pudo apagar la chispa ya encendida entre sus discípulos que iban a producir sustanciales avances en la historia de la química. Berthollet era un profesor temido por los alumnos de la Escuela Politécnica, que le acusaban de dos terribles defectos: tener un carácter endemoniadamente arisco y complicar las lecciones utilizando una nomen-

clatura química errática y desconocida, pues mezclaba términos clásicos con palabras nuevas que él mismo inventaba junto a Lavoisier. En lugar del clásico «aceite de vitriolo», hablaba de ácido sulfúrico y decía óxido de hierro para referirse a lo que todos conocían como «azafrán de Marte». En realidad, los estudiantes parisinos estaban asistiendo, sin saberlo, al nacimiento de la nueva nomenclatura química que iba a servir de base al modo actual de conocer los elementos y compuestos. Gracias a esa novedosa forma de bautizar los compuestos, el propio nombre ofrecía información sobre los elementos que lo formaban. La palabra «sulfato» o la palabra «cloruro» empezaban a ser empleadas en foros académicos, con lo que la química se deshacía definitivamente de los altisonantes y míticos nombres que heredó de la alquimia.

Gay-Lussac no se dejó impresionar por la fama de Berthollet y se apuntó a sus clases. En cuatro años, el joven pasó a ser asistente del maestro. Pero está claro que los turbios acontecimientos políticos no iban a permitir que la educación científica gozase de la tranquilidad y la estabilidad necesarias. Pronto, un joven Napoleón comenzaría a dar los primeros aldabonazos en su meteórica carrera militar, arrastrando a la guerra a buena parte de la población joven francesa, entre ellos, por supuesto, los estudiantes. Las clases de la Escuela Politécnica se quedaron literalmente vacías, y el propio Berthollet terminó alistándose como «químico de guerra», aunque sólo fuera para «probar el agua que beben las tropas», como a él mismo le gustaba decir. A su regreso de la campaña de Egipto, a Berthollet no le quedaron ganas de volver a las aulas, así que decidió crear su propio laboratorio privado, en la localidad de Arcueil, cercana a París, y retirarse a investigar. Para tal empeño, invitó al joven alumno aventajado Gay-Lussac, que por aquel entonces tenía ya 25 años. De ese modo, Joseph-Louis entró a formar parte de la prestigiosa Sociedad de Arcueil, un círculo de amigos que, en apenas diez años, reunió a

algunos de los nombres más importantes de la ciencia francesa del siglo XVIII y XIX. Además de Berthollet y Gay-Lussac, por la finca pasaron Pierre-Simon Laplace, François Arago, Alexandre von Humboldt, Jean Antoine Chaptal y Jean-Baptiste Biot. La sociedad fue el epicentro de un movimiento intelectual en que se iba a fundar la química moderna.

Gay-Lussac comenzó a trabajar en el estudio de la expansión de los gases. Entre 1801 y 1802, elaboró su primera teoría, según la cual a volúmenes idénticos todos los gases se expanden del mismo modo si se les aplica idénticos incrementos de temperatura. En realidad, la relación entre volumen y temperatura de los gases ya había sido descubierta por su compatriota Jacques Alexander Charles quince años antes. Pero éste no la había publicado jamás. El interés de Joseph-Louis por la expansión de los gases no era meramente teórico. El osado científico intuía que era posible utilizar sus conocimientos como método eficaz de transporte. Aunque él no fue, ni mucho menos, pionero en tales lides, sus investigaciones sobre globos aerostáticos le llevaron a realizar en 1804 una ascensión a 7.000 metros sobre el mar en un globo de hidrógeno, lo que supuso todo un *récord*, imbatido en los siguientes cincuenta años, y pasó a la historia como la primera expedición científica a tal altura.

La aventura aérea no lo privó de seguir estudiando. Más bien, al contrario, le permitió ofrecer nuevas perspectivas al trabajo de químico: realizaba mediciones magnéticas a distintas altitudes, tomaba la presión, la temperatura y la humedad del aire y recogía muestras que luego analizaba en el laboratorio.

En 1808, anunció la que probablemente iba a ser su aportación más importante: la ley de los volúmenes de combinación o Ley de Gay-Lussac. El propio enunciado nos informa de que, en cualquier reacción química, los volúmenes de todas las sustancias gaseosas que

intervienen están en una relación de números enteros sencilla. Por ejemplo, un litro de nitrógeno se puede combinar con tres litros de hidrógeno para obtener dos litros de amoníaco.

El estudio de estas posibles combinaciones de gases le llevó buena parte del tiempo que le quedaba en Arcueil antes de regresar a París y seguir su carrera como profesor de la Escuela Politécnica. La química le había capturado las neuronas para siempre y estaba a punto también de hacerle cautivo el corazón. Incapaz de olvidar su exquisita educación burguesa prerrevolucionaria, frecuentaba las tiendas de tejidos en busca de algunas de sus piezas de armario más preciadas. Una tarde de aquel mismo 1808 tan importante para su carrera, mientras compraba un pañuelo de lino, se topó con una joven de diecisiete años que leía un tratado de química. Evidentemente, Joseph-Louis entabló conversación con ella, la ayudó a interpretar algunos párrafos que no entendía bien y la invitó a tomar algunas clases en su aula. Al poco tiempo él y Josephine (como se llamaba la chica) se habían casado.

Nuestro personaje no dejaría de ver cómo aumentaba su fama de buen profesor y creador de nuevos valores para la química. A los 31 años empezó a dar lecciones en la Sorbona, y combinaba sus conocimientos teóricos con aplicaciones prácticas. Llegó a la conclusión de que el cloro, entonces llamado ácido muriático oxigenado, era un elemento simple, e intuyó que lo mismo podría ocurrir con el yodo. En 1815, descubrió el cianógeno y el ácido cianhídrico. También colaboró en el hallazgo del boro. Incluso realizó incursiones en el mundo de la industria, terreno en el que demostró la importancia de la química para algunos procedimientos industriales. Por ejemplo, mejoró los métodos de afino de los metales preciosos y diseñó un método de alambiques mejorado para la obtención de ácido sulfúrico.

Gay-Lussac murió en 1850, después de haber contribuido con su presencia a la política nacional de una Francia protagonista de la his-

toria. Su método de trabajo, su tenacidad y la prominencia de sus hallazgos iban a sentar las bases de la química moderna. Su conocimiento de los gases sería fundamental para el desarrollo de la ingeniería. Cualquier ser humano que trabaje con el elemento gaseoso, ya sea para respirar el oxígeno de una bombona de inmersión submarina o para diseñar un nuevo motor para el automóvil, ha de conocer bien las leyes que publicó por primera vez este francés amante del lino.

## JAMES PRESCOTT JOULE (1818-1889): LA ENERGÍA ES TRABAJO

*PARA APROVECHAR la energía, sea cual sea su origen, es necesario establecer relaciones directas, sostenibles y contrastadas entre su valor potencial y el trabajo que es capaz de generar. La energía es calor, movimiento, trabajo, potencia... Hoy esta relación nos parece evidente, pero en los albores de la ciencia, cuando todavía muchos ciudadanos de este mundo atribuían al fenómeno energético capacidades casi mágicas, las cosas no estaban tan claras. James Prescott Joule fue uno de los pioneros en el trabajo de desentrañar dicha relación. Y si pudo hacerlo fue gracias a la extraordinaria sabiduría que arrojó sobre él su maestro John Dalton.*

*La energía, por sí sola, no es de gran utilidad para el ser humano. La energía está en todas partes, en todo lo que se mueve, en todo lo que se calienta. Somos conscientes de su existencia cuando nos quemamos un dedo, cuando saltamos para coger un libro que nos espera en la última estantería o cuando engordamos después de darnos un atracón de comida. Pero aislada, inconexa, sin poder ser generada, transportada y almacenada, no supone ningún beneficio considerable para nosotros. Precisamente a lo largo de las páginas de este libro estamos conociendo la labor de insignes personajes que han ayudado, con sus aportaciones científicas y tecnológicas, a que sea posible aprovecharse de la energía; es decir, a que dicho fenómeno energético pueda convertirse de manera eficaz, estable y relativamente barata en movimiento o en calor.*

*En este proceso de aprovechamiento, sin el cual ninguno de nosotros estaríamos aquí, aparece un concepto que solemos usar a menudo sin reparar en su importancia: potencia. En términos puramente teóricos, la potencia es la velocidad a la que consumimos energía, el tiempo que tardamos en gastar una cantidad determinada de poder energético. Como se sabrá, si se repasa cualquier libro de física básica, la potencia se mide en julios por segundo. El julio es una unidad de trabajo, de energía y de cantidad de calor desprendido, y equivale al trabajo producido por una fuerza de un newton cuando el objeto al que se aplica dicha fuerza se desplaza un metro.*

*En la práctica, este tipo de formulaciones encierra un complejo entramado de relaciones entre la energía, el trabajo producido, el movimiento y el calor. Hoy, cuando expresamos estas relaciones en una ecuación para resolver un problema de física o, más sencillo aún, cuando tocamos una bombilla que ha estado un largo rato encendida y notamos con desagrado que quema, consideramos muy evidente el nexo entre estos fenómenos energéticos, motrices y caloríficos. Pero en los albores de la ciencia de la energía, cuando el ser humano no hacía más que empezar a intuir los mecanismos por los cuales las cosas funcionan de manera natural, hubo que realizar un trabajo intelectual de gran calado para poder establecer ideas que ahora nos parecen evidentes.*

*Una de las personas que más participó en ello, que más colaboró con sus teorías al esclarecimiento de las leyes que regulan los procesos energéticos y, por tanto, a la posibilidad de controlarlo y aplicarlos para nuestro propio beneficio fue precisamente el personaje que dio nombre a la unidad de medida del julio: James Prescott Joule.*

Joule nació el día de Navidad de 1818 en la localidad británica de Salford, en el seno de una familia potentada formada por Benjamin

Joule y su esposa Alice. Durante sus primeros tres lustros de vida, Joule fue educado en casa, pero a los 16 años se trasladó a Manchester para ser adoptado como alumno por John Dalton, uno de los científicos más eminentes de la Inglaterra de la época. Quizás merezca la pena detenerse en la personalidad de aquel maestro de cara aguileña e inconfundibles quevedos, que hoy es considerado uno de los padres de la física moderna, para entender la influencia que ejerció sobre el joven Joule.

Aunque Dalton nació en Cumberland, dentro de una familia de cuáqueros, pasó la mayor parte de su vida en una recatada casa de Manchester, ciudad en la que se instaló para atender sus obligaciones como profesor de matemáticas y de filosofía natural en el New College. Aquella institución era, probablemente, la más prestigiosa de todo el Reino Unido, después de Oxford y Cambridge. En ella, se daba educación de alto nivel a hijos de reputadas familias. Aunque entre sus alumnos se encontraban candidatos al sacerdocio, lo cierto es que el New College se convirtió en la alternativa ideal para los estudiantes laicos, ya que en aquella época Oxford y Cambridge eran universidades exclusivas para miembros de la Iglesia de Inglaterra.

En 1800, Dalton dimitió de su puesto en la institución y se dedicó, además de a investigar y liderar la Sociedad Literaria y Filosófica de Manchester, a dar clases particulares de química y matemáticas en su casa. De ese modo, tuvo la oportunidad de conocer a innumerables aspirantes a científicos, de mayor o menor éxito, entre los que se encontraba el joven James Joule.

Dalton era uno de los hombres más metódicos que uno puede encontrarse en la vida. Entre sus aficiones se encontraba la de anotar en un diario todas las observaciones meteorológicas que realizaba sobre el tiempo cambiante en Manchester. Al final de su vida,



aquel almanaque tenía cerca de 200.000 anotaciones, todas ellas de gran exactitud y pertinencia, y se había convertido en una pieza de incalculable valor para los estudios atmosféricos locales. Sin duda, era un hombre aficionado a mirar el cielo. No sólo publicó varios ensayos sobre meteorología, sino que, impresionado por el espectáculo de una aurora que contempló en 1788, se dedicó al estudio de este fenómeno causado por las perturbaciones eléctricas de la atmósfera.

El modo de trabajo de Dalton era extremadamente individualista. No le confería ningún valor a los trabajos de otros científicos si no podía comprobar su certeza él mismo. De hecho, se jactaba de escribir cada vez menos: «sólo pongo en el papel ideas que sean exclusivamente mías». Eso no le impedía, más bien al contrario, gozar de un ingenio y una sagacidad increíbles. Por ejemplo, llegó a intuir que para que se produjeran las auroras debía existir alguna relación entre la atmósfera y el campo magnético terrestre. Asimismo, fue también el primero en describir el modo en el que el descenso de las temperaturas —a medida que aumenta la altura— provoca la condensación de las gotas de agua y produce lluvia. Pero Dalton también se preocupó por otros fenómenos más cercanos al suelo que pisamos. Por ejemplo, se dejó enganchar por el estudio de un curioso defecto de visión que impide a quienes lo padecen contemplar los colores correctamente. En su obra *Hechos extraordinarios sobre la visión de los colores* (1794), postuló que tal defecto se debía a la decoloración de los fluidos que hay dentro del globo ocular. Evidentemente, la causa de aquel mal no tenía nada que ver con lo que Dalton proponía. En vida, él mismo vio cómo perdía crédito su teoría a favor de otras explicaciones que se basan en la degeneración de algunas células fotosensibles. Pero la meticulosidad de su trabajo y, sobre todo, la riqueza de sus definiciones del problema fueron suficientes para que esa enfermedad lleve hoy el nombre de daltonismo.

Resulta significativo que el mayor avance que realizó Dalton en el mundo de la ciencia perteneciera a una disciplina como la química, en la que no había recibido ninguna preparación previa. Se introdujo en el mundo de la constitución de la materia (como hacía con tantas otras cosas) de manera puramente intuitiva, haciendo uso de su increíble capacidad para extraer teorías coherentes de la experiencia empírica y de los datos recogidos por la observación. Sus primeros estudios sobre gases dieron origen a las leyes de presiones parciales, hoy conocidas como Ley de Dalton, según la cual la presión ejercida por una mezcla de gases es igual a la suma de las presiones parciales que ejercería cada uno de los gases si él solo ocupara el volumen total de la mezcla. Además realizó experimentos que demostraron la solubilidad de los gases en agua y el grado de difusión de los mismos.

Sus análisis de la atmósfera le llevaron a concluir que la composición de ésta es estable a partir de los 15.000 pies de altura. Realizó algunas intentonas de nomenclatura química y tuvo la idea de organizar los elementos en una tabla ordenada según sus pesos atómicos. Fue precisamente este último interés el que le llevó a su aportación más importante, la teoría según la cual todos los elementos están formados por esas partículas indestructibles (entonces eran, todavía, indestructibles) llamadas átomos; los átomos de un mismo elemento son iguales y la combinación de átomos de diferentes elementos produce compuestos. A simple vista, parece algo muy sencillo. De hecho, Dalton no hizo más que sistematizar la vieja idea atómica de Demócrito. Pero su aportación consistió en que, por primera vez en la historia, la intuición de que el mundo más pequeño, el de las partículas constitutivas de la materia, respondía a ciertas leyes físicas y químicas, se convirtiera en teoría estable. Con Dalton nace el germen de la era de los átomos, que más adelante ocupará buena parte de este libro.

Como profesor, Dalton no debía de ser precisamente una hermanita de la caridad. Estaba soltero, no tenía amigos y no salía de los laboratorios prácticamente para nada. Estaba íntegramente dedicado a su trabajo. Las herramientas que utilizaba para trabajar eran anticuadas y modestas, pero su intuición genial suplía todos esos inconvenientes. Iba vestido del modo austero que reclamaba su origen cuáquero. Solía revisar sus discursos justo cuando empezaba a subir la escalinata hacia el estrado. Los datos reales de sus investigaciones a menudo estaban equivocados o eran poco específicos, pero las conclusiones no solían parecer erróneas. Era un hombre sobrio y dedicado de pleno a sus papeles. Con su imagen de sexagenario malhumorado, esperándolo al otro lado del pasillo de madera de su casa en Manchester, a la que había que entrar por un portal con forma de iglesia, impecablemente enalada, se encontraba día a día el joven James Prescott Joule cuando había de enfrentarse a una nueva jornada de lecciones de matemáticas. No cabe duda de que aquella experiencia no lo desanimó en absoluto. Más bien al contrario, Joule se dejó encantar por la ciencia y pidió a su padre que le construyera un laboratorio en casa, en el que realizó sus primeros experimentos sobre electricidad y magnetismo. Su objetivo era iniciar una carrera en el conocimiento de estas fuentes de energía que él creía que podrían ser útiles para el movimiento de maquinaria industrial. Allí, mientras observaba las transformaciones que se producían con los electroimanes del laboratorio, empezó a relacionar la electricidad con el calor y con el movimiento.

En 1840, Joule presentó ante la Royal Society la primera de las leyes que iban a hacerle famoso, según la cual el paso de electricidad a través de un conductor produce calor. Para llegar a tal conclusión, simplemente introdujo bobinas de tipos variados en unas jarras con agua y midió los cambios de temperatura en el líquido. No fue hasta 1843 cuando el sagaz experimentador pudo realizar una medición sistemática de este fenómeno. En su obra *Sobre los efectos caloríficos*

*de la magneto-electricidad* calculó el valor constante de ese fenómeno energético, que hoy conocemos como julio, y postuló que el calor era una fuente de energía.

El padre de James se trasladó al poco tiempo a Whalley Range, donde el investigador pudo contar con mayor espacio aún para realizar sus experimentos. Su gran obsesión fue conocer con exactitud el valor de esa unidad energética que acababa de definir. El problema que debía resolver era el de las fluctuaciones de temperatura que se experimentaban en el agua. Para evitar que sus mediciones fuesen perturbadas por tales inestabilidades, utilizó los termómetros más precisos que podían encontrarse en la época y, no contento con eso, empleó microscopios para observar hasta la más pequeña variación del nivel de mercurio.

En 1847, presentó sus primeros resultados prometedores sobre la producción de calor mediante fricción ante la British Association en Oxford. Allí conoció a William Thomson, conocido como Lord Kelvin, con el que mantuvo una fértil amistad. Fue precisamente después de trabajar con Lord Kelvin, entre 1852 y 1859, cuando logró establecer el llamado efecto Joule-Thomson, con el que se expresa la reducción de la presión en los estrechamientos de la sección de corrientes. Gracias al hallazgo de este fenómeno más tarde fue posible licuar gases.

Su gran aportación al mundo de la ciencia, el establecimiento del equivalente térmico del trabajo mecánico, no fue realmente original. En 1790, el conde de Rumford había expresado un valor aproximado, pero el trabajo de Joule fue mucho más ajustado; su resultado final había sido precedido de una minuciosa labor de recogida de datos y había sido llevado a cabo después de haber desechado todo posible sesgo en las mediciones.

Otra de las grandes virtudes de este hombre fue la de haber sido capaz de convencer a la comunidad científica de su época de estar en

lo cierto. A pesar de su predicamento entre los colegas, Joule siempre prefirió trabajar en casa. No aceptó ninguna de las ofertas para incorporarse a ningún estamento científico: tenía su despacho y su laboratorio entre las cuatro paredes de su hogar. Pero como hoy sabe todo científico moderno, los avances no son nada si su autor no es capaz de comunicarlos con solvencia. Joule fue metódico en sus estudios y expansivo en la información sobre los mismos. No sólo vislumbró una nueva senda para la ciencia, sino que lo hizo con tanta autoridad que todos sus colegas quedaron convencidos de que ese era el camino a seguir. Quizás no sea «carisma» la palabra más adecuada para definir la personalidad de este hombre, poco amigo de las relaciones en sociedad. Puede que sea más acertado utilizar el término «prestigio», esa fama difícil y esforzada que sólo unas cuantas mentes son capaces de conseguir a base de sacrificio, pero que otorga el reconocimiento universal y permite que un trabajo realizado en un modesto despacho doméstico dé la vuelta al mundo. Joule gozó de dicho prestigio hasta el último día de sus vidas, cuando la muerte fue a visitarle en 1889.

## WILLIAM THOMSON O LORD KELVIN (1824-1907): EL PRIMER LADRILLO DE LA TERMODINÁMICA

*P*OCOS científicos han tenido una preparación tan pluridisciplinal y un abanico de curiosidades tan amplios como William Thomson, más conocido como Lord Kelvin. Amante de casi todas las áreas del saber, su gran aportación a la historia de la energía fue enseñar a sus congéneres a mirar al fenómeno energético a los ojos. La electricidad, después de Kelvin, es una especie de fluido controlable y amigo en lugar de la cascada de fenómenos imponderables que era antes del siglo XIX. Thomson, al convertirse en uno de los padres de la termodinámica, añadió su nombre a la lista de sabios imprescindibles en los estudios sobre física de cualquier generación venidera.

*La ciencia, hoy en día, es un trabajo duro. No es que no lo fuera en otros períodos de la historia del pensamiento, por supuesto, pero no cabe duda de que hacerse un hueco en el circuito científico de hoy en día exige unas dosis de especialización que antes no eran habituales. El investigador de hoy ha de conocer su parcela de trabajo hasta el milímetro, ser un experto en el uso de las herramientas utilizadas en su especialidad, codearse con los colegas que trabajan en su campo... igual que siempre. El problema es que hoy el área de trabajo de estos expertos es cada vez más reducida. Un fenómeno creciente, del que no se sabe si es una virtud o un defecto, es el de la superespecialización. El biólogo ya no es tal; es un experto en entomología, o un especialista en biología molecular o*

*en etología de los primates superiores... Las ramas de la ciencia se diversifican mientras el científico dedica cada vez más tiempo a prepararse para menos tareas.*

*No cabe duda de que, gracias a ello, el avance de cada disciplina es exponencial. Pero algunos románticos echan de menos las épocas en las que un buen científico sabía prácticamente de todo. Hoy, el mejor de los neurocirujanos ha de invertir tanto tiempo en prepararse para su labor que apenas puede entrar en contacto con la ciencia de la traumatología, ni qué decir tiene con el maravilloso saber de los astrónomos o los matemáticos. Pero hace un par de siglos, no era extraño encontrarse con una personalidad capaz de desarrollar una ley que explicase la termodinámica, conocer de cerca la naturaleza electromagnética de la luz, estudiar los fluidos, determinar geológicamente la edad de la Tierra, trabajar en el desarrollo de telégrafos submarinos o en las mejoras de los tendidos de cable bajo el mar y diseñar una escala de temperaturas universalmente reconocida. Todo ello lo hizo una sola persona: William Thomson, caballero de su majestad británica desde 1866 y noble, conocido como Barón Kelvin de Largs y Lord Kelvin desde 1892.*

*Su increíblemente amplio abanico de intereses científicos no hace más que reflejar la personalidad de la que hacía gala: era activo, inquieto y nunca satisfecho de sí mismo. Baste como muestra, por si no fuera suficiente lo ya dicho, que, no contento con ser uno de los más destacados alumnos de Cambridge, se entretuvo en ganar varios campeonatos de remo para su Universidad. Para colmo, era un viajero impenitente que recorrió Europa y Estados Unidos de cabo a rabo. Cuando ya era un profesional reconocido, tenía una doble residencia compartida entre localidades tan lejanas como Glasgow y Londres, e incluso llegó a participar personalmente en las tareas de tendido de los cables submarinos que él mismo había diseñado, arriesgando su vida en ello.*

*Todo su genio científico, incluso cuando elaboró teorías más tarde reificadas por sus sucesores, se basó en un profundo sentimiento de seguri-*

*dad en sí mismo y en una visión generalista de la ciencia. Su desenfado teórico le permitía extraer ideas de casi cualquier área (termodinámica, magnetismo, hidrodinámica, electricidad...) y conjuntarlas en sus propios postulados. Aquello condujo a una labor de síntesis fundamental para el desarrollo de la física posterior, que crece al calor de la idea de que todos los cambios físicos son fenómenos relacionados con la energía. Además, fue capaz de intuir que debía de haber un modo de elaborar ecuaciones matemáticas que sirvieran para dar explicación por igual a todos los fenómenos energéticos.*

*Este tipo de personalidades suele estar a medio camino entre el genio inspirado que revoluciona la ciencia con su descubrimiento fugaz y el erudito que cataloga todos los conocimientos y los pone en orden. Son individuos cuya labor de síntesis tiene, como principal virtud, la de establecer los cauces, los límites, los cimientos para la ciencia que ha de hacerse después de ellos. Antes de sus aportaciones, la disciplina es una algarabía de caminos recorridos y por recorrer, un puzle de piezas desperdigadas que alguien ha de recoger para componer la figura. Después de ellos, las cosas son más fáciles porque ya se ha diseñado el mapa, el código de circulación, que ha de servir para que la ciencia progrese. En realidad, en la historia del pensamiento científico hay muy pocos personajes así. Isaac Newton y Albert Einstein son dos claros ejemplos. Otro es, ni más ni menos, que el Lord Kelvin del que ahora nos vamos a ocupar.*

William Thomson nació el 26 de junio de 1824 en Belfast, Irlanda, como cuarto hijo de una familia de siete hermanos. Su padre, escritor de libros de texto, tuvo que compaginar su labor editorial con las clases de matemáticas que impartió, primero, en Belfast y, luego, en la Universidad de Glasgow y con el cuidado de la prole, ya que su esposa murió en 1830. Así que optó por imprimir a las criaturas



una férrea disciplina. Los chicos tomaron nota. La mayoría de ellos fueron buenos estudiantes, pero, entre todos, destacaron William y su hermano inmediatamente mayor, James. Baste decir que ambos ingresaron en la Universidad de Glasgow a la edad de diez y once años respectivamente.

Allí, William tomó un primer contacto con las ideas del físico francés Fourier, quien en su obra *Teoría analítica del calor* realizó toda una exposición de principios sobre la posibilidad de explicar, mediante matemáticas abstractas, la forma en la que el calor es conducido a través de los cuerpos sólidos. Thomson quedó fascinado por la lectura de este trabajo y comenzó a idear la posibilidad de que la matemática pudiera aplicarse también al estudio de cualquier otro tipo de energía. De hecho, sus primeros y precocísimos artículos científicos de peso (publicados cuando tenía entre 16 y 17 años) eran un resumen de sus ideas sobre el potencial universal de las matemáticas y una defensa del tratado de Fourier, que empezaba a ser muy criticado en el Reino Unido.

Aquel jovencito debía de ser poseedor de no pocas dosis de petulancia. En el fondo, eran razonables. No sólo publicaba a edades tempranísimas, ganaba medallas de remo y triunfaba en concursos científicos, sino que su capacidad para el cálculo se había desarrollado a niveles impropios, incluso en un adulto. Se cuenta que a la edad de 15 años ganó un premio en Glasgow gracias a un pequeño ensayo en el que daba cuenta de cuál debía de ser la forma real de la Tierra a partir de ecuaciones. Era tal la exactitud de los términos que en él se expusieron, que el propio Thomson acudía a su propia obra cada vez que tenía que consultar alguna duda de naturaleza matemática. De hecho, se cree que era uno de los últimos tratados que leyó antes de morir a los 83 años. El anciano seguía confiando en la obra que produjo el adolescente.

Thomson se matriculó en Cambridge en 1841, y en ese mismo año llegó a sus manos un ejemplar del *Ensayo sobre la aplicación de las matemáticas al análisis de la electricidad y el magnetismo* de Green. Al igual que Fourier, George Green era un defensor a ultranza del poder de las matemáticas para explicar el mundo. Y Thomson quedó cautivado por dicho poder.

La precocidad de nuestro hombre iba a seguir dando sus frutos. Tras una temporada en París, regresó a Glasgow, donde en 1846, con sólo 22 años, obtuvo la cátedra de filosofía natural de la Universidad, si bien es cierto que en este caso, además de sus méritos, obró la mano de su padre, que contaba con innumerables influencias en el orbe académico. En dicha cátedra pasó el resto de su carrera y sólo la abandonó a los 75 años de edad.

Todo su trabajo teórico se basaba en la idea de unificar en una sola teoría todos los conocimientos que en aquella época se tenían sobre la materia y la energía. A mediados del siglo XIX ya se sabía que el electromagnetismo, la electricidad y la luz tenían puntos de similitud en su comportamiento, pero era necesaria una formulación matemática de dicho hermanamiento. Además, Thomson intuyó que las corrientes eléctricas debían de comportarse de modo análogo a los fluidos.

En su empeño tuvo una gran importancia el contacto con los trabajos de Joule que demostraban que existía una relación evidente entre el movimiento mecánico y el calor. Las ideas de Joule eran una especie de sacrilegio para la ciencia de la época, que creía que el calor era el producto de una sustancia invisible (el calórico), y no el producto del movimiento, como proponía el británico. Aquel sacrilegio llamó la atención de Thomson, aunque, en un principio, se mostró reacio a compartir las teorías de Joule. El reconocimiento oficial de su acuerdo con Joule se produjo en 1851, cuando Thom-

son publicó su obra *Sobre la Teoría Dinámica del Calor*, en la que formulaba su propia versión de la segunda ley de la termodinámica.

Thomson fue inspirado por Joule pero él, a su vez, inspiró a otros científicos. Tal es el caso de James Clerk Maxwell, padre del electromagnetismo moderno, que recibió buena parte de sus ideas tras leer a Lord Kelvin.

En el terreno de la termodinámica, sin duda el más fértil, destaca la escala de temperaturas que diseñó, cuyo cero fue situado en  $-273$  grados centígrados, el cero absoluto. Esa escala fue posteriormente mejorada, pero mantuvo el nombre de Escala Kelvin por el título de su autor.

En 1852, Thomson estudiaba cómo pasaban los gases a través de los poros de un material sólido y se percató de que la temperatura disminuía a medida que el gas se expandía por los poros. A dicho efecto se le conoce como efecto Joule-Thomson y hoy es uno de los fundamentos de la refrigeración.

Dos años después, Thomson se vio envuelto en una aventura que iba a cambiar su vida. Participó activamente en una controversia tecnológica de moda en aquella época sobre las probabilidades de tender un cable eléctrico que uniera Europa y América por debajo del océano. Todo comenzó cuando un especialista en temas de ciencia le preguntó sobre las razones por las que se produce un ligero retraso en el flujo de electricidad cuando ésta tiene que atravesar un cable muy largo. Para dar una explicación, Thomson se remitió a las ecuaciones que había realizado en relación al flujo de calor por los cuerpos sólidos. Pensaba que las mismas matemáticas podrían aplicarse al flujo de electricidad por un cable.

Pero dichas explicaciones llegaron a oídos del jefe de electricistas de la Atlantic Telegraph Company, E.O.W Whitehouse, quien advirtió que la experiencia con grandes longitudes de cable demostra-

ba que Thomson no tenía razón. El único modo de saber quién se encontraba más cerca de la realidad era que ambos participaran en el primer proyecto de cable transatlántico. De hecho, Thomson patentó un receptor de telégrafo específico para la emisión entre los dos continentes. Aquel aparato fue la base de toda la tecnología posterior de la red de comunicaciones submarina. El trabajo no sólo le sirvió para demostrar lo acertado de sus teorías, sino que le valió el título de caballero, otorgado por la Reina Victoria en 1866.

Si bien es cierto que estuvo a punto de morir en el empeño, al fin se tendió el cable tal y como Thomson había previsto, y el científico pudo dedicarse a labores de consultoría para varias empresas de ingeniería implicadas en la puesta en marcha de la red telegráfica mundial. Así, Lord Kelvin se convirtió no sólo en un hombre famoso, sino en uno de los mayores millonarios de su país.

No obstante, su interés por la ciencia no decayó. No contento con sus estudios sobre electricidad, magnetismo y termodinámica, se dedicó a ampliar sus conocimientos sobre geología y astronomía. Incluso llegó a estudiar las teorías de la evolución de Darwin para oponerse a ellas. Quizás su obstinación le llevara a cometer algunos errores de bulto. Por ejemplo, obsesionado como estaba por unificar todas las leyes de la naturaleza, llegó a realizar unos cálculos basados en la termodinámica según los cuales el Sol había experimentado un millón de años atrás cambios terribles de temperatura, modificando la faz de la Tierra y las formas de vida en ella. Su desatino mereció varios repudios públicos por parte de seguidores de Darwin. Sin embargo, hoy sabemos que las leyes de la biología también están sometidas, en parte, a las leyes de la física. Sin duda, el primero en soñar tal unificación trascendental para la ciencia fue Thomson.

La afición de Lord Kelvin al mar le sirvió como inspiración para la invención de varios aparatos. Por ejemplo, una brújula que fue

adoptada por la Marina Británica y que ha pasado a la historia de este artilugio. Hasta la llegada de Lord Kelvin, la medición de muchos instrumentos de navegación estaba supeditada a los movimientos del barco y a las oscilaciones magnéticas del entorno. Pero los increíbles conocimientos que nuestro personaje poseía sobre el electromagnetismo le sirvieron para dotar a este invento de su proverbial estabilidad actual. Gracias a él muchos marineros de todo el mundo han podido salvar sus vidas en las noches de tempestad o de niebla.

Su relación con el mar no quedó ahí. De su imaginación también surgió una especie de ordenador analógico, es decir, una máquina de calcular mecánica que servía para predecir el devenir de las mareas. De hecho, Lord Kelvin demostró siempre ser presa de una increíble fascinación por las mareas, «por ese algo que tiene que ver con el movimiento del mar y que es tan difícil de calibrar», como él mismo dejó escrito. No en vano, en 1882 pronunció una memorable conferencia titulada «Las mareas», que inició reconociendo a la audiencia el gran desasosiego intelectual que le producía no ser capaz de comprender plenamente este fenómeno natural. Su desazón no pudo ser más productiva, pues cinco años después se presentaba ante el mundo el sistema de cálculo de mareas de Lord Kelvin, un método práctico de análisis que no sólo tenía en cuenta las mediciones de pleamar y bajamar, sino que introducía datos del período intermareal. A ello se debe que el nombre de Thomson también ocupe un lugar privilegiado en la historia de las ciencias del mar.

Su vida no dejó de granjearle amigos, anécdotas, áreas de interés y conocimientos. Se dice que era el británico que más títulos habría podido añadir tras su nombre en una tarjeta de visita. Y no dejó de sentir curiosidad por el mundo que lo rodeaba hasta que falleció, el 17 de diciembre de 1907, en la villa de Netherhall. Con todos los honores, fue enterrado en la abadía de Westminster.

## *Segunda Parte*

### *Motores y máquinas*

El movimiento se demuestra andando.  
La principal consecuencia y la causa misma de la existencia de la energía es, precisamente, que las cosas se mueven; se trasladan físicamente de un lugar a otro y se mueve el corazón de sus partículas fundamentales. El empeño de muchas generaciones ha sido entender mejor este proceso para confeccionar máquinas que generen fuerza motriz y desplazarse sobre ellas a velocidades cada vez mayores.

## HERÓN DE ALEJANDRÍA (FECHAS INCIERTAS): EL MOVIMIENTO COMO FUENTE DE CURIOSIDAD

*EN OCASIONES resulta sorprendente constatar el grado de desarrollo al que llegaron nuestros antepasados en algunas áreas de la ciencia. Culturas milenarias, de las que hoy nos maravilla su esplendor arqueológico o su legado escrito, fueron en su tiempo un hervidero de saber capaz de lograr hitos muy cercanos a los que obtuvieron pueblos mucho más modernos. La Alejandría de los albores era una capital de ciencia y tecnología, un punto de reunión de mentes inquietas que habían engendrado su cosmovisión peculiar siempre basada en el respeto a la razón humana y en la confianza en el poder del estudio y de la curiosidad. Herón de Alejandría es el pionero de todos cuantos en la historia de la humanidad han querido construir una máquina para su propio divertimento o para la mejora de las condiciones de vida de sus congéneres.*

*Alejandría fue fundada por Alejandro Magno en el año 332 antes de Cristo. Todas sus casas fueron levantadas totalmente en piedra y no tardó en poblarse. En el siglo II antes de Cristo la ciudad ya contaba con 300.000 habitantes y es posible que en los momentos previos a su conquista por las legiones romanas ya anduviera rondando el millón. Fue el empeño personal de uno de los reyes más poderosos que ha conocido la humanidad, una bellísima obra de urbanismo moderno sobre los cimientos de una pequeña aldea de pescadores, en la desembocadura del Nilo. Si en aquel entonces hubieran existido los aviones, los ciudadanos*

*de aquella nueva urbe habrían podido maravillarse con el prodigioso equilibrio de las calles, dispuestas para formar un mosaico cuadrangular, en cuatro barrios simétricos, atravesados por dos grandes arterias.*

*Una de las mayores virtudes del emplazamiento, ideado por el arquitecto Dinócrates de Rodas, era la instalación de su puerto en medio de las más importantes rutas por tierra y mar entre Asia, Europa y África. Aquello convirtió la ciudad en un hervidero de actividades comerciales, en una auténtica capital cosmopolita del mundo anterior al nacimiento de Cristo. Pero, junto a los comerciantes y aventureros que se dejaron atraer por el frenesí de Alejandría, llegaron a sus tierras centenares de artistas, pensadores y filósofos, pertenecientes a lo más granado, abierto de mente y osado de la cultura del momento. Alejandría fue, también, capital cultural de la civilización helénica. Bajo mandato de los ptolomeos, la ciudad se convirtió en centro de reunión de los saberes más brillantes de Grecia; de una Grecia que distaba de ser una civilización centralizada en Atenas, sobre todo, en lo que se refiere a la producción científica. De Asia Menor (en la actual Turquía), en concreto de la localidad de Mileto, fue Thales, autor de algunos de los teoremas fundacionales de la geometría. En el Este del Mar Egeo, en Samos, nació Pitágoras, y en la localidad italiana de Tarento vio la luz el pitagórico Arquitas.*

*La cultura griega se extendía por tres continentes y las conquistas de Alejandro, su empeño viajero y su visión universal no hicieron sino favorecer el diálogo entre los científicos separados por miles de kilómetros. Las nuevas rutas alejandrinas fueron para la ciencia de la época algo así como Internet para la ciencia del siglo XXI y, sin duda, su «nodo central» terminó siendo Alejandría.*

Fue en ese entorno de prosperidad y estímulo en el que desarrolló su trabajo Herón de Alejandría, un hombre tan importante para



las ciencias aplicadas como pudo serlo otro conciudadano suyo, Euclides, para la geometría. No es posible saber, a ciencia cierta, en qué año nació Herón. Ni siquiera dónde. Puede que viniera al mundo en la misma Alejandría o puede que, como sostienen otros historiadores, fuera hijo de la villa de Ascra (en la Grecia continental). En cuanto a la fecha de tal acontecimiento, las fuentes apuntan posibilidades tan dispares como que pudo vivir a finales del siglo II y ser contemporáneo de Ptolomeo VII (145 - 116 a. C.), o bien en torno al año 250 después de Cristo. Incluso cabe la posibilidad de que las obras que nos han llegado hasta hoy bajo la firma de Herón de Alejandría sean, en realidad, productos de varios autores.

Una de las ciencias más apasionantes que pueden estudiarse hoy en día, la arque-astronomía, arroja una pista para definir el período en el que vivió nuestro personaje. Los astrónomos saben que algunos acontecimientos del cosmos pueden suceder de modo cíclico con exacta cadencia, propia de un relojero suizo. Los movimientos de los astros son predecibles gracias a ello: podemos conocer, por ejemplo, cuándo va a tener lugar el próximo eclipse total de Sol. Habrá que esperar hasta el año 2026 para contemplar uno en España, y sólo será visto desde el norte.

Del mismo modo, los expertos pueden indagar hacia atrás en el tiempo y establecer la fecha exacta de fenómenos que tuvieron lugar en el pasado. En uno de sus textos, Herón hace referencia a un eclipse total de Sol que dejó maravillada a la ciudad de Alejandría. Dicho eclipse fue datado por el astrónomo Otto Neugebauer en el día 13 de marzo del año 62 a las 23:00 horas. Si hacemos caso a esta teoría, lo más probable es que Herón de Alejandría viviera entre el año 10 y el 75 de nuestra era... más o menos.

Lo que sí parece evidente es que era un hombre de origen humilde, que había trabajado como zapatero, pero cuyo interés por la

ciencia, carácter juguetón y habilidad técnica le iban a permitir desarrollar algunos de los inventos más ingeniosos de la época, incluida la primera versión conocida de una máquina impulsada por vapor. En realidad, era una turbina mecánica que transformaba energía térmica en mecánica por medio de vapor y a la que su autor dio el nombre de Aelópilo.

Cuando se ven con los ojos de un ciudadano occidental del siglo XXI los instrumentos diseñados por los ingenieros griegos del siglo I, no es fácil evitar la tentación de observarlos con cierta ternura complaciente y pensar que se trataba de simples juegos, de divertimentos para pasar el rato. Pero el Aelópilo y cualquiera de los ingenios de Herón, que luego veremos, era, en realidad, el resultado de un esfuerzo y una capacidad intelectual impropios para la época. Al fin y al cabo, con sus mentes florecientes los hombres de la Alejandría más esplendorosa no hicieron otra cosa que añadir pequeños ladrillos en el pavimento de la carretera hacia la sabiduría.

El Aelópilo consistía en un recipiente lleno de agua que contenía una esfera. Al calentar el agua y producirse vapor, éste era canalizado por un sistema de tubos que hacía girar la esfera. Algunos modelos eran pequeños altares adornados con figuritas religiosas pegadas a la esfera. Una vez encendido, las figuritas se ponían a dar vueltas. Es muy probable que Herón y sus compañeros en la Escuela de Alejandría tuvieran otras aplicaciones más elevadas en la mente para su Aelópilo, además de la simple ornamentación religiosa. Pero todos sus intentos por darle un uso más universal fueron infructuosos. La fuerza aprovechable del vapor bastaba para hacer girar las figuritas, pero para mover un aparato habría sido necesario conseguir varios miles de revoluciones por minuto más de las logradas.

Quizás sea exagerado proponer el Aelópilo como primer antecedente de la máquina de vapor, entre otras cosas porque la ingeniería

alejandrina se basaba, principalmente, en experiencias empíricas, en una gran capacidad de deducción técnica, y presentaba grandes carencias a nivel teórico. Pero es remarkable que el propio James Watt, en el siglo XVIII, se interesara por el invento de Herón, aunque sólo fuera para confirmar su opinión de que era imposible construir una turbina a reacción según los principios del Aelópilo.

Otras ideas de Herón tuvieron aplicaciones más sonadas: diseñó una máquina tragaperras que expendía agua bendita mediante un sistema de poleas y válvulas; creó una «caja divina» con engranajes y ruedas dentadas que permitía hacer cantar y girar a pajaritos de bronce; un cántaro que podía verter agua, vino o una mezcla de los dos, según el orificio que se tapase con un dedo; varios engranajes de tornillos para amplificar fuerzas, y una «caja tronadora» en la que, si se depositaba una piedra, ésta bajaba por diferentes placas de cobre de grosor y rigidez variables causando un gigantesco y lúdico estruendo.

Una de las ideas más espectaculares de Herón de Alejandría fue su mecanismo automático para abrir las puertas del templo. El ingenio consistía en unir el fuego del altar con el sistema de apertura de las puertas. Al encender el fuego, el aire caliente se expandía dentro de una esfera parcialmente llena de agua, lo que hacía aumentar la presión. Como resultado del aumento de la presión, parte del agua escapaba por un sifón y llenaba otro recipiente. Éste, al llenarse, aumentaba de peso y caía, tirando de una cuerda que, a su vez, había sido atada a dos rodillos que abrían la puerta. Cuando el fuego se apagaba, todo volvía a su estado original, y las puertas se cerraban de nuevo.

La misteriosa vida de Herón de Alejandría se presta a ser dibujada, a la luz de sus inventos, como la de un sabio loco, amigo de los engranajes y las poleas, una especie de personaje de cómic siempre

con ideas en la cabeza. Pero, más bien, habría que pensar en él como en un docto ingeniero que compartió escenario con los pensadores más brillantes de la época más gloriosa del saber helénico. Él solo no podía competir con las limitaciones teóricas de su época. Sus ingenios no eran más que versiones y mejoras de aparatos que otros predecesores suyos habían diseñado. Pero así es como funcionaba la ciencia en los albores de nuestra cultura.

Dieciséis siglos después, en la Europa renacentista, hubo otros mecenas amantes del saber, y con dinero suficiente como para reunir a las mejores mentes de la época en torno a sus palacios en Italia, Francia o España. Igual que hicieron los ptolomeos en Alejandría, los nuevos mecenas europeos pondrían sus recursos al servicio del avance de la humanidad. Y los sabios de esta nueva época, el Renacimiento, echarían en más de una ocasión un vistazo a los manuales legados por la vieja capital de Alejandro, en versiones traducidas una y otra vez que habían escapado al paso de los tiempos. La semilla de Herón de Alejandría y sus coetáneos ya había prendido definitivamente en la carrera humana por diseñar máquinas cada vez más eficientes.

## LEONARDO DA VINCI (1452-1519): ENERGÍA EN ESTADO PURO

*EL GENIO por excelencia, el hombre que sabía de todo, la mente más creativa, la culminación del proyecto biológico que dio origen a la inteligencia humana... Leonardo da Vinci lo es todo: apasionado, moderno, provocador, pionero, curioso, trabajador, alegre... Pero, quizás, uno de los aspectos menos conocidos de su vida es su pasión por las máquinas, a las que siempre quiso dedicarse. Más que un pintor, un artista, un pensador o un científico, Leonardo se consideraba a sí mismo un inventor obsesionado por aprovechar al máximo el empuje de la energía natural.*

*Es muy probable que no sea más sabio el que posee las mejores respuestas, sino el que se hace las mejores preguntas. De ser así, no cabe duda de que uno de los mayores genios con los que ha contado la historia de la humanidad ha sido Leonardo Da Vinci, a pesar de que sus ideas no tuvieran gran influencia en el desarrollo de las ciencias. Quizás porque se adelantó demasiado a su tiempo, quizás porque buena parte de sus manuscritos estuvo oculta al mundo durante 250 años, o quizás porque era la suya una mente tan hiperactiva que apenas tenía tiempo de adaptarse a su propio estado de perplejidad ante la naturaleza que le rodeaba. Lo cierto es que Leonardo se preguntó prácticamente de todo, esbozó tantas teorías como acontecimientos inexplicables encontraba en su vida cotidiana, se embarcó en una increíble variedad de disciplinas científicas, antes incluso de que éstas existieran, y diseccionó con el bisturí de su*

*insaciable curiosidad todo lo animado e inanimado que hallaba a su paso por la Florencia del Renacimiento. Pero a él no le debemos ninguna nueva teoría, ningún invento trascendental, ningún hallazgo que modificase sustancialmente el conocimiento de las leyes que regulan la naturaleza. Su genialidad consistió en haberse convertido en el renacentista total, el ser que mejor había encarnado la sentencia aristotélica según la cual «el hombre tiende por naturaleza a conocer». Fue un científico en el más puro sentido de la palabra, utilizó el método de observar y experimentar porque, como él mismo dejó escrito, era consciente de que «el ojo abarca toda la belleza del mundo».*

*A Leonardo se le puede encontrar en libros de casi cualquier disciplina, pues fue pintor, arquitecto y escultor; pero también se dedicó a la música, a la poesía, a la filosofía, a la matemática, a la física, a la óptica, a la biología, a la cocina... ¿Puede merecer su espacio en un libro dedicado a la energía? Sin lugar a dudas, sí. De entre todos los fenómenos de la naturaleza que capturaron su atención, uno le llevó a un punto de obsesión del que no pudo escapar en toda su vida: el movimiento. Leonardo deseaba saber cómo se mueven los animales y los seres humanos, de dónde procede la energía que los impulsa, y a ello dedicó buena parte de sus estudios de anatomía. Pero también se propuso desarrollar artefactos móviles que sirvieran para transportar mercancías y personas, para elevar, bombear, lanzar y extraer. Conoció los trabajos de Arquímedes y de Herón de Alejandría, se dejó fascinar por el vapor y coleccionó toda suerte de prototipos de cadenas, poleas y engranajes. En su empeño, fue capaz de anticipar el funcionamiento de piezas de prácticamente todos los vehículos de tracción mecánica que hoy conocemos, desde la cadena de la bicicleta hasta el cigüeñal de un coche. Y, como además contaba con un don especial para la expresión plástica, pudo plasmar en planos y bocetos todas sus ideas con exactitud asombrosa. De hecho, es el primer ingeniero que utiliza en sus planos el sistema de desmembrar y presentar por separado cada pieza de*

*sus ingenios. Por desgracia, de los más de 15.000 documentos que escribió en vida, sólo se conservan 7.000, y los conservados permanecieron ocultos durante dos siglos y medio. Para sorpresa de muchos científicos e ingenieros, cuando el legado de Leonardo salió a la luz, un buen puñado de inventos que parecían pioneros en los siglos XVIII y XIX resultaron haber sido ya imaginados por la mente curiosa y visionaria del genial pintor.*

Leonardo da Vinci nació en la localidad italiana de Vinci, el «sábado 15 de abril de 1452 a las tres en punto de la noche». Al menos así queda anotado en el registro por puño y letra de su abuelo paterno. En aquel entonces, en Florencia se utilizaba un sistema de medición del tiempo distinto al nuestro, de modo que, si hiciéramos la traducción a los relojes actuales, el pequeño Leonardo habría venido al mundo a las diez y media de la noche. Su padre era el escribano Ser Piero d'Antonio, y su madre, una campesina, de nombre Catalina, de cuyos antecedentes se conoce poco más allá de su procedencia (la villa de Anchiano) y que, durante algún tiempo, fue tabernera. Ser Piero y Catalina tuvieron al bebé fuera del matrimonio. De hecho, el padre se casó con otra mujer de familia noble mientras Catalina acabó uniéndose a un vaquero. Leonardo fue criado en el seno de su familia paterna. Allí recibió una educación rica, pero dispersa. El niño picoteaba de este o de aquel conocimiento. Destacó en la música. No en vano, antes de cumplir los 15 años sabía tocar perfectamente la *lira da braccio* (una especie de viola) y gozaba de una bella voz para el canto. Tuvo la posibilidad de introducirse en el mundo de las matemáticas de la mano de su tío Francesco, y se divertía durante largos ratos realizando dibujos de plantas y animales. Pero su principal virtud fue la curiosidad: husmeaba todo lo que podía, no dejaba de preguntar, se acercaba a cualquiera que pudiera darle

una explicación satisfactoria como respuesta a sus dudas, haciendo gala de una hiperactividad irredenta.

Cuando cumplió los 17 años, su padre paterno falleció y la familia de Leonardo se trasladó a Florencia, donde el joven encontró el mejor de los ambientes posibles para desarrollar una de sus muchas cualidades: la habilidad artística. Quizás, de haberse trasladado a cualquier otra ciudad de Italia, Leonardo se habría convertido en el mejor de los economistas, en un gran músico o en un botánico fundamental para la historia de la ciencia. Pero fue la Florencia de los Medici la que lo acogió, la capital de las artes renacentistas, el pedazo de tierra que más escultores, pintores y arquitectos sustentaba por metro cuadrado. Leonardo había de ser artista.

Su padre, conocedor de las dotes del joven, no dudó en enviarlo a estudiar al taller de Andrea Verocchio, donde compartió pupitre con artistas de la talla de Boticelli y Perugino. Como no podía ser de otro modo, el aspirante demostró con prontitud su talento. Muchas de las obras de Verocchio de entre 1470 y 1475 llevan las magistrales pinceladas de Da Vinci en su lienzo. Pero el joven no era un estudiante común. No sólo destacó por la calidad de sus trabajos, sino por la excentricidad de su comportamiento. Sus ropas y perfumes llamaban la atención poderosamente. Son famosos, por ejemplo, sus conjuntos de pantalón corto de terciopelo azul y granate. Y en el aula, su actitud no era tampoco convencional. Aunque ha pasado a la historia como uno de los mejores pintores, su auténtica pasión era el dibujo. De hecho, existen catalogados más de 10.000 dibujos y bocetos que, a buen seguro, son sólo una parte de los que llegó a realizar. Dibujaba rostros, partes del cuerpo, plantas, objetos, calles, instrumentos... casi cualquier cosa que le pasara por la imaginación era susceptible de acabar en un trozo de lienzo. Para terminar de hacer las cosas aún más extrañas, casi todos sus dibujos iban profusa-



mente anotados con indicaciones, textos alusivos y glosas escritas en lenguaje codificado o, directamente, al revés.

Mucho se ha dicho sobre la manía de Leonardo de utilizar la escritura especular. ¿Era un intento de mantener en secreto sus ideas? ¿Padecía el autor algún trastorno similar a la dislexia? ¿Trataba de evitar mancharse la mano con la tinta, ya que era zurdo?... Quizás sólo fuera un divertimento más de una mente que, sin lugar a dudas, debía aburrirse con la vulgaridad de sus coetáneos. Sí, es cierto que le tocó vivir uno de los momentos más apasionantes de la historia (el Renacimiento) en el mejor lugar del mundo para hacerlo (Florencia), pero las neuronas de Leonardo da Vinci habían sido diseñadas para algo más; se comportaba como un niño superdotado que necesita satisfacer su hiperactividad a cada segundo.

En 1482, Leonardo se dirigió por carta al duque de Milán, Ludovico Sforza, para prestarle sus servicios. La misiva que le envió es un documento imprescindible para conocer mejor la mentalidad de aquel hombre apasionado:

Habiendo visto, Ilustrísimo señor, y considerando a suficiencia las pruebas presentadas por todos aquellos que se reputan por maestros y componedores de ingenios bélicos; y que las invenciones y operación de dichos ingenios no difieren en nada de las del común uso, me esforzaré, sin perjuicio de otros, en hacerme entender de V. Excelencia, descubriéndole mis secretos y ofreciéndole, como y cuando mejor le plazca, llevar a efecto todas aquellas cosas de las que aquí abajo brevemente se dará noticia:

Tengo tipos de puentes ligerísimos y fuertes —facilísimos de transportar— con los que perseguir, y en algún caso huir de los enemigos; y otros que son seguros e indestructibles en el fuego o la batalla, fáciles y cómodos de quitar y de poner. Y tengo procedimientos para prender fuego y destruir los del enemigo. Sé, en caso de asedio, vaciar

el agua de los fosos, y hacer infinidad de puentes, pasadizos y escalas y otros artilugios pertinentes a tal empresa.

Si por la altura de las márgenes, o por la fortaleza de la plaza y de su emplazamiento, no se pudiese en el asedio utilizar el concurso de cañones, tengo modo de derruir cualquier torre, así estuviesen sus fundamentos en la roca. Tengo, además, tipos de morteros muy convenientes y fáciles de transportar, con los que lanzar lluvia de piedras menudas como pedrisco en tormenta; el humo infundirá grande espanto en el enemigo, con grave daño y confusión para él. Y en caso de hallarse en el mar, tengo máquinas eficacísimas para atacar y defender; y navíos que resistirán al tiro de las más gruesas bombardas, pólvora y humos. Haré carros cubiertos, seguros e inatacables, los cuales cuando avancen por entre el enemigo con su artillería, no habrá muchedumbre de gente de armas, por grande que sea, en que no abran brecha. Y tras ellos podrán avanzar las tropas de a pie, a salvo y sin impedimento.

De presentarse la necesidad, haré cañones, morteros y pasavolantes de bellísimas y útiles formas, fuera de lo común. Donde fallen los cañones, compondré brígoles, maganeles y trabucos y otros ingenios de maravillosa eficacia y fuera de los que se usa y, en suma, según los casos compondré los más varios e infinitos artificios de ataque y defensa.

En tiempo de paz, puedo desempeñar a satisfacción, tan bien como cualquier otro, el menester de arquitecto, en edificios públicos y privados, y en llevar las aguas de un lugar a otro. También puedo realizar esculturas en mármol, bronce o barro, así como pinturas, en parangón con cualquier otro, sea quien sea. Y se podrá trabajar de nuevo en el caballo de bronce, para gloria inmortal y honor eterno del Príncipe, vuestro padre de feliz memoria.

Y si alguna de las cosas que arriba se dicen le pareciesen a alguno imposibles e infactibles, me hallaréis muy dispuesto a hacer el experimento en vuestro parque o en cualquier lugar que plazca a V. Excelencia, a la que humilde y encarecidamente me recomiendo<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Extraído de la *Biografía Ilustrada de Leonardo Da Vinci*. Richard Friedenthal, 1961.

De la lectura de esta carta, además de las grandes dosis de osadía y la inmensa autoestima de la que hace gala su autor, se desprende que, para Leonardo, sus habilidades como ingeniero e inventor eran muy superiores a su calidad como pintor. Él mismo se dedica a glorificar sus excelencias técnicas y apenas menciona fugazmente su capacidad artística. Leonardo da Vinci se consideraba a sí mismo un científico moderno, un hombre dotado de sapiencia tecnológica con la que quería ganarse la vida.

Aunque los duques y príncipes no contestaban nunca a las cartas, salvo que fueran enviadas por otro duque o príncipe, Leonardo no tardó en recibir un mensaje indirecto de la oficina de Ludovico Sforza y, en 1482, pasó a trabajar para el príncipe. En Milán, además de preparar algunas de las fiestas más sonadas de la localidad, el inventor ejerció como director científico de una academia. Durante los siguientes 18 años tuvo tiempo para diseñar todo tipo de artilugios, componer su *Tratado de pintura* y confeccionar prototipos increíbles de máquinas voladoras que él mismo probaba sin demasiado éxito.

En el año 1500, Leonardo da Vinci regresó a Florencia, donde ya se había granjeado una buena fama de genio. Conoció a Miguel Ángel, con el que, según cuenta la leyenda, sostuvo una fuerte rivalidad, y pudo participar en la composición de los murales inconclusos del Palazzo Vecchio. Sin embargo, su gran pasión continuó siendo la ciencia, bien por medio de los artilugios ingeniosos que diseñaba y construía, bien a través de sus anotaciones de anatomía, que sirvieron para mejorar el conocimiento científico del cuerpo humano, muy precario entre los médicos de la época.

La siguiente parada en la vida del artista/inventor fue Roma, a la que se desplazó en 1513 para ponerse al servicio de Giuliano de Medici. Empezaba el último período de la vida de un sexagenario que caía repetidamente enfermo, lo cual no le obstaculizaba para seguir

inventando. Leonardo murió el 2 de mayo de 1519 en la localidad francesa de Amboise, donde el rey Francisco I le había donado una villa para descansar: el castillo de Cloux.

Poco después de su muerte, todos sus trabajos fueron empaquetados y enviados a su amigo Francesco Melzi. Él cuidó con mimo cada uno de los 15.000 documentos que le fueron legados. Pero, por desgracia, cuando Melzi falleció en 1568, sus descendientes no mantuvieron el compromiso y, con el paso de los años, se perdió más de la mitad de la documentación. Gracias a los tesoros conservados, hoy podemos conocer cuán vastos eran los conocimientos de Leonardo sobre el mundo de la mecánica, la física y la energía. Este genio desarrolló un modelo de cambio de marchas mucho antes de que el ser humano pudiera llegar siquiera a soñar con la existencia de automóviles. Ideó construcciones mecánicas con engranajes, correas y poleas. Él fue quien se dio cuenta de que las ruedas delanteras de un carro giran a velocidades distintas cuando se traza una curva y que, por eso, no pueden estar unidas con un mismo eje sin riesgo de que salten por los aires, como de hecho ocurría. Diseñó un sistema para compensar dicha diferencia, que es una versión primitiva de los actuales engranajes diferenciales de los coches. Con su aguda visión fue capaz de percibir la importancia del rozamiento y la inercia en los movimientos, anticipándose así a las leyes de la mecánica de Newton. Trabajó valientemente con los conceptos de «centro de gravedad» y «centro de empuje» para diseñar aparatos voladores y paracaídas, que no terminaron de funcionar como él quería. Ideó un aparato para medir distancias con una rueda que hacía caer un número determinado de bolas en una caja, dependiente de la cantidad de espacio que recorría. Se preocupó por mejorar las condiciones de trabajo diseñando una máquina para afilar agujas capaz de sacar punta a 480.000 unidades cada doce horas y un artificio para fabricar limas automáticamente. Intuyó la posibilidad de injertar en el

cuerpo humano mecanismos de movimiento mucho antes de que se pensara en el concepto de robot y fue gran conocedor de las leyes de la hidrodinámica. Incluso planteó una teoría muy similar al principio hidrostático de Pascal, pero casi 200 años antes que éste: «Toda presión ejercida sobre un líquido se transmite íntegramente en todas las direcciones».

Resulta imposible relatar en un solo capítulo todos los productos del ingenio de Leonardo. Como también es imposible definir cuáles fueron auténticas ideas de visionario anticipado a su tiempo y cuáles, meros divertimentos que servían de válvula de escape para una mente activa como pocas y dotada, para colmo, de un inmenso sentido del humor. La mayoría de los artefactos leonardinos no podrían haberse construido con solvencia, dadas las limitaciones tecnológicas de la época, y su creador carecía de los rudimentos científicos necesarios para hacerlos posibles: le tocó vivir en un mundo en el que Newton, Pascal, Coulomb, Gay-Lussac, Volta, Tesla... aún no habían nacido. Quizás Leonardo da Vinci nació demasiado pronto o quizás al mundo le costó demasiado alcanzar la madurez suficiente para aprovechar el frenético flujo de las neuronas de un hombre que, literalmente, sabía de todo.

## THOMAS NEWCOMEN (1663-1729): EL GRAN MECÁNICO

*EL DESARROLLO del conocimiento de la energía por parte del ser humano ha requerido dosis idénticas de hombres y mujeres de excelente capacidad teórica y de técnicos dedicados a la puesta en práctica de las ideas; de sabios pensadores capaces de encontrar leyes aplicables al funcionamiento del mundo y de mecánicos con habilidad suficiente para diseñar máquinas útiles. Thomas Newcomen es uno de estos últimos. Legó en física y química, pero increíblemente testarudo, logró convertir en realidad el sueño motriz de sus contemporáneos. Si la ciencia no fuera tan injusta y la historia tan olvidadiza, es posible que hoy nadie dudara que Newcomen es el auténtico padre de la máquina de vapor. Al menos, sabemos que fue uno de los grandes pioneros en el intento de mover el mundo con una fuerza generada artificialmente por el ingenio humano.*

*Sucede muy a menudo en el mundo de la ciencia: la paternidad de los inventos es difícil de asignar porque, en la mayoría de las ocasiones, los avances para la humanidad no se producen de súbito, sino que son una acumulación de nuevos detalles, ajustes, ideas y propuestas realizadas por muchas mentes inquietas. En el caso de la máquina de vapor, la cosa se complica. Su genealogía puede llevarnos hasta los mismos orígenes de la cultura occidental, cuando Herón de Alejandría (en el siglo I después de Cristo) comenzó a interesarse por la potencia-*

*lidad del vapor para mover objetos. Pero, por dispersa que esté la autoría de una invención, siempre es posible encontrar genios individuales, aventuras personales y esfuerzos épicos que sirven de hito en la historia del logro. Y, si tenemos que hablar de la máquina de vapor, no cabe duda de que uno de estos hitos es la figura del británico Thomas Newcomen.*

Este comerciante de Dartmouth, Inglaterra, regente de una herrería y experto en la fabricación de instrumentos para las minas, no era un científico. Nacido en la localidad de Devon en 1663, vivió toda su vida inmerso en uno de los quehaceres más típicos de su tiempo y de su lugar de nacimiento. La Inglaterra del XVII era un hervidero de factorías, minas, fundiciones y herrerías. El mineral, el metal, el fuego y las máquinas empezaban a conformar el paisaje preindustrial de la que iba a ser la potencia europea en nueva ingeniería. Su tierra olía a carbón, a hierro y a vapor. Los rostros de sus ciudadanos se tiznaban con el producto de la roca, las manos encallecían a golpe de fragua y yunque, los pulmones enfermaban a fuerza de aspirar el polvo del mineral y el calor de la fundición. Sin embargo, la labor del ingeniero, la del fabricante de máquinas, no puede decirse que gozara de prestigio y *glamour*. Todavía estaba lejos el tiempo en el que la tecnología podía convertir en oro todo lo que tocaba y en millonario a cualquiera que fuera capaz de mejorar un artefacto. Los pioneros del maquinismo, de la termodinámica o de los motores tenían entre sus conciudadanos la consideración de «bichos raros», excéntricos y afanosos trabajadores que se obstinaban en mancharse las manos con grasa y herramientas y en convencer a sus clientes de la necesidad de sustituir el milenarismo esfuerzo de la musculatura animal por una incomprensible composición de bielas, émbolos, engranajes y pistones.

Newcomen, sin embargo, disfrutaba en ese ambiente. Nunca se conformó con mantener a flote su negocio de suministro para las minas. No tenía preparación científica, pero poseía uno de los tesoros más apreciados en una mente racional: inmensas dosis de curiosidad. Por eso, cada vez que tenía que visitar una mina, quedaba impresionado por la precariedad de la tecnología de su época. El agua procedente del drenaje de la instalación tenía que recogerse del subsuelo y transportarse en carros de caballos. Era penoso ver a los animales sufrir acarreado pesos incalculables hasta la muerte. Pero, para la mentalidad de aquel ingeniero autodidacta e inquieto, más penoso aún era contemplar el derroche de medios y de energía que aquello suponía.

Siempre tuvo en la cabeza la idea de buscar algún método para mecanizar el proceso, para ahorrar tiempo y recursos y para aliviar el trabajo de las bestias. Al principio, trabajó en la soledad del hombre que se cree poseedor de una idea única. Pero, desde 1690, empezó a tener conocimiento del trabajo de otros individuos ocupados en su mismo menester. Nombres como Worcester, Papin, Savery o Desaguliers habían trabajado en sendos prototipos de bombas extractoras que utilizaban vapor y presión para ayudar a los mineros en su tarea de bombear agua. Thomas Newcomen se interesó por aquellos proyectos y, en 1702, contactó con Robert Hooke, un miembro de la Royal Society que podría ofrecerle lo que a él le faltaba: conocimientos científicos.

Hasta esa fecha, Thomas no estuvo precisamente quieto. Aunque su personalidad no está muy bien perfilada por sus biógrafos, parece evidente que pudo visitar a Savery, ya que el taller de éste se hallaba a menos de 30 kilómetros de Dartmouth. Incluso hay quien dice que el propio Savery utilizó algunas ideas cedidas por Newcomen para mejorar su aparato, conocido como el «amigo de los mineros». En el



*Lexicon Technicum* de John Harris, un diccionario fundamental de términos científicos que pasa por ser la primera gran enciclopedia de ciencia, escrita en 1736, se afirma que Newcomen llegó a tener en sus manos los planos de la máquina de Savery, construir un modelo de ella en el jardín de su casa y trabajar durante meses en su mejora. Otras fuentes, sin embargo, insisten en que los trabajos de ambos ingenieros surgieron de manera espontánea sin contacto mutuo. A veces, el sentido común es la mejor herramienta del buen biógrafo. En este caso, es difícil imaginar que un inquieto experto en maquinaria, preocupado por las deficiencias del sistema animal de extracción de agua y a cargo de un negocio cuyos principales clientes eran los mineros, no tuviera la curiosidad de conocer a un colega alojado a 30 kilómetros de su casa y conocido por sus ideas sobre el vapor.

Sea como fuere, lo cierto es que el eminente Hooke trató de convencer a Newcomen de que su idea de desarrollar una máquina de vapor para extraer agua en las minas era una soberana estupidez y de que, francamente, no funcionaría. Por fortuna, el tozudo herrero de Dartmouth no le hizo ni caso: se asoció con un mecánico llamado John Calley, tan ignorante en temas de física como él, y ambos siguieron adelante con un empeño que, en teoría, no debía llevarles a buen puerto. Después de muchos años de experimentación, de fracasos continuados, de jornadas inacabables llenando la casa de piezas, herramientas y planos, por fin, en 1712, Newcomen y Calley vieron construida la primera máquina de vapor atmosférica de la historia en un hangar de Dudley Castle, en Staffordshire. Los planos de aquel aparato tenían un valor doble: no sólo eran la clave para montar un mecanismo nunca antes conocido, sino que, en ellos, aparecían por primera vez de manera impresa las palabras «máquina de vapor». Hasta entonces, para referirse a estos artefactos, los diseñadores solían utilizar los términos «máquina de fuego» o «máquina de aire y fuego».

El motor de Newcomen funcionaba de la siguiente manera: el vapor se introducía por un cilindro con el fin de que su presión empujara hacia arriba un pistón. Para ayudar a este movimiento, el extremo del pistón estaba unido a un sistema de contrapesos. Al mismo tiempo, se abría un grifo que rociaba de agua fría el exterior del cilindro, provocaba la condensación del vapor en una pequeña cantidad de agua y favorecía que la presión externa del aire devolviera el pistón a su lugar de origen. El continuo movimiento del pistón servía para bombear el agua y drenar una mina. La primera máquina de Newcomen fue capaz de realizar entre 6 y 8 ciclos por minuto.

A partir de aquí, la historia no dista mucho de repetir el destino que la vida le había deparado a un Newcomen parco en conocimientos teóricos, pero rico en habilidad práctica. Su máquina se popularizó aun careciendo de un soporte científico que explicara por qué funcionaba. Marten Triewald, un físico sueco de gran talento, dedicó parte de su tiempo a escribir un modelo de funcionamiento teórico de la máquina de vapor atmosférico de Newcomen y a promocionar el invento entre los ingenieros de minas de su país. Los dueños de las minas de Dannemora le compraron una. Incluso pudo incluir algunas modificaciones que mejoraron su funcionamiento. En 1728, Triewald terminó por fin su trabajo teórico titulado *Descripción de la máquina de fuego y aire en las minas de Dannemora*. Por desgracia, el idioma que utilizó fue el sueco y hasta 1928 no se publicó una versión en alguna lengua más internacional.

El pobre Thomas Newcomen murió en 1729 sin poder leer el documento que, a buen seguro, más feliz le hubiera hecho: la disertación que dotaba de entidad científica a su invento. Él, taciturno y modesto mecánico, había contribuido al avance definitivo de una ciencia de la que, sin ser científico, supo más que los propios científicos de su época.

## JAMES WATT (1736-1819): EL DOMADOR DE VAPOR

*ESTÁ en todas las quinielas, en todos los listados de personalidades célebres de la historia de la ciencia, en todas las recopilaciones de eminencias que han cambiado el mundo. James Watt no fue el primero en imaginar que las máquinas podrían moverse por la acción del vapor, ni el mejor constructor de motores, ni siquiera el más hábil comercializando sus ideas. Pero no cabe duda de que el mundo hoy se mueve a la velocidad a la que lo hace gracias a que él pudo sacarle partido, por primera vez de forma fiable, a la energía que desprende el agua hirviente.*

*Cuando viajamos a 120 kilómetros por hora por una autopista, con la confianza de que llegaremos descansados y felices a nuestro destino, nos parece que este acto cotidiano forma parte de nuestra misma esencia de especie viajera. No solemos caer en la cuenta de que la velocidad es un fenómeno verdaderamente nuevo y extraño para el hombre. Desde que el antecesor de lo actuales homosapiens iniciara su primer viaje desde la África natal para colonizar el resto del planeta, los desplazamientos a larga distancia fueron una penosa y larga tarea. Durante milenios, la velocidad máxima a la que el ser humano podía desplazarse era aquella que le suministraban los caballos, el viento o la propia energía motriz de su musculatura. Hoy, sin embargo, las naves espaciales se desplazan a miles de kilómetros por hora y nuestros automóviles unen en un suspiro distancias que, hace apenas dos siglos, requerían varias jornadas de viaje.*

*Puede que buena parte de la culpa de este gran salto para la humanidad la tuviera un niño escocés, juguetón y curioso, pero de salud delicadísima, que vio por primera vez la luz en la localidad de Greenock en 1736, recibió el nombre de James Watt y terminó pasando a la historia como el hombre que inventó la máquina de vapor moderna.*

La llegada del niño al seno de la familia Watt fue una bendición. Su madre, Agnes Muirhead, era conocida por poseer todas las virtudes que se apreciaban en la tradicional y machista sociedad escocesa del siglo XVIII. Era inteligente y guapa, pero, sobre todo, se valoraba su capacidad para administrar el hogar y su exquisita discreción. Las mujeres no tenían fácil destacar entonces en otros menesteres, por lo que no es extraño que Agnes se dedicara, como se dedicó, en cuerpo y alma al cuidado de sus hijos. Sin embargo, el destino no quiso ayudarla en tal empeño. Junto con su marido, comerciante de material naval y carpintero, concibió cuatro hijos antes que al pequeño James. Tres de ellos murieron.

Como consecuencia de ello, la mañana del 19 de enero de 1736, cuando nació el que iba a revolucionar el mundo de los transportes a vapor, su madre decidió cuidarle hasta el extremo, temerosa de tener que sufrir otra tragedia similar a las ya vividas. James Watt, para colmo, tenía una salud de cristal. Las migrañas le asediaban y las sucesivas recaídas le mantenían confinado en casa. Durante los primeros once años de su vida, el pequeño Jamie no pudo asistir regularmente a la escuela. A cambio, sus padres decidieron hacerse cargo de la educación del crío. Agnes, con grandes dosis de paciencia, ternura y sensibilidad, y muchas lecciones de literatura, poesía y humanidades. James, el padre, aportó lo que él mejor podía donar: sus conocimientos matemáticos (heredados del abuelo de los Watt) y, sobre todo, la colección de manuales, herramientas y utensilios de

carpintería con la que realizaba su trabajo diario. De esta guisa, James Junior recibió una preparación bastante sesgada, evidentemente orientada a los conocimientos técnicos, ducha en el manejo de las herramientas y con amplios saberes matemáticos. Era el caldo de cultivo perfecto para un inventor, aunque el resto de sus aptitudes fueron consideradas insuficientes por cuantos maestros acudían a evaluarlo a casa.

De haber hecho caso de las apreciaciones de sus profesores eventuales, podría haberse llegado a la conclusión de que el pequeño Watt era un crío más bien torpe. Pero su mente bullía en doble dirección, sorprendiendo a propios y a extraños. En público se mostraba tímido y huidizo, pero en casa desarrollaba todo el ingenio que era capaz de atesorar, era alegre y amenizaba las reuniones familiares con toda clase de ocurrencias hasta bien entrada la noche. No cabe duda de que debió de ser un niño consentido; se le permitía destrozar los juguetes, aunque en contrapartida él siempre sorprendía fabricando nuevos divertimentos con las piezas que había arrancado. A todas horas tenía algo en las manos, aunque no siempre sabía qué hacer con ello.

Una de las historias más conocidas de la infancia de Watt es su relación con una tetera. No es posible confirmar la veracidad de tal acontecimiento. Si bien algunos biógrafos la consideran un apócrifo, otros historiadores han podido documentar que la historia es verdadera. De hecho, en marzo de 2003 se subastó en Londres un documento escrito en 1798 por una de las sobrinas del inventor, Marion Campbell, en el que se daba cuenta del suceso. El texto tuvo un precio de salida de 6.000 libras. Puede que sea cierto o que se trate de una mera invención de Miss Campbell, aunque lo más probable es que se trate de una historia a medio camino entre la anécdota real y el adorno histórico. Pero merece la pena conocer, de primera mano, las propias palabras de la sobrina:

Una vez, mientras pasaba la tarde con su tía, la señora Muirhead, ella se levantó ofuscada y le dijo: «Muchachito James Watt, nunca he visto un niño tan gandul como tú. Ve a coger un libro y emplear tu tiempo en algo útil. Llevas una hora sin decir una sola palabra, poniendo y quitando una y otra vez la tapa de la tetera; cogiendo una copa y luego una cuchara para ponerla sobre el chorro de vapor y observar las gotitas de agua que corren por la plata... ¿No te avergüenza perder de ese modo el tiempo?».

Según Marion Campbell, a la edad de 15 años, Watt se dejaba fascinar por los misterios del vapor de agua, jugaba a condensarlo, a observar sus efectos sobre los instrumentos de la casa. Quizás ya se hubiera forjado una admiración por aquella fuente de energía que se le revelaría definitivamente cuando, en 1759, siendo él encargado del taller de Instrumentos de la Universidad de Glasgow, uno de los alumnos le preguntó si las mismas máquinas a vapor que usaban en las minas para bombear agua podrían servir para mover un carricoche.

Cuando, por fin, Jamie pudo asistir a la escuela de manera regular, no tardó en destacar en matemáticas, pero mantuvo su pasión por los trabajos manuales. Dedicaba todo su tiempo libre a curvar la espalda sobre la mesa de trabajo de su padre y realizar figuras de madera, engranajes y artilugios móviles. A los 18 años comenzó su primera aventura lejos del calor del hogar. Primero, viajó a Glasgow para aprender el oficio de fabricante de instrumentos matemáticos (cuadrantes, escuadras, brújulas...). En poco tiempo, destacó en su labor y pudo marcharse a Londres para trabajar en el mismo negocio. Pero, una vez más, la salud le jugó una mala pasada: cayó seriamente enfermo y se vio obligado a regresar a su pueblo natal.

Su nueva estancia en el hogar no duró mucho, pero le sirvió para estudiar un poco de música y armonía. Fue suficiente para que, una

vez recuperado, retornara a Glasgow con la idea de un nuevo negocio en la mente: Watt no iba a ser un simple fabricante de escuadras, sino que ampliaría su labor a la construcción de instrumentos musicales, de juguetes y de moscas para pescar si fuera necesario. Poco a poco, su actividad se fue alejando de la del carpintero, que fue la de su padre, para acercarse a la del filósofo matemático. Watt no construía objetos normales. Estaba obsesionado con la mecánica, con el movimiento, con la explicación matemática de los artefactos que le rodeaban. El taller de instrumentos se había convertido en un laboratorio de ideas. Enfrascado en sus pensamientos visionarios, lo encontró una tarde de 1758 James Robinson, estudiante aplicado y vanidoso que se jactaba de ser un experto en matemáticas y mecánica. La afinidad no tardó en convertirse en una fructífera amistad que, sin duda, sirvió a Watt como inspiración para algunos de los avances que estaba a punto de parir.

A Robinson siempre le rondaba en la cabeza la idea de que el vapor de agua pudiera utilizarse para mover las ruedas de los carruajes. Watt desconocía mucho sobre la física del vapor, pero tenía todo lo necesario para empezar a hacer experimentos: herramientas, experiencia y osadía. Así que diseñó un modelo de carro con dos cilindros de latón que debían desplazarse impulsados por un chorro de agua hirviendo. El aparato resultó ser un desastre: el vapor se escapaba por todas partes y el carrito no se desplazó ni un centímetro. Primer intento fallido. Robinson tuvo que abandonar Glasgow; de las genialidades de aquella pareja de veinteañeros nunca más se supo, pero a Watt ya se le había contagiado una pasión por el vapor que no podría abandonar fácilmente. El agua caliente en estado gaseoso se iba a convertir en su nueva obsesión.

Por aquella época, las máquinas de vapor más avanzadas eran las diseñadas por Thomas Newcomen; se empleaban fundamentalmen-

te para extraer agua del subsuelo. El mecanismo era relativamente sencillo y a Watt no le costó aprenderlo: la máquina funcionaba por «el poder de la nada». En aquel artilugio, el vapor no era más que un intermediario. El agua se calentaba para convertirla en gas, éste se introducía en un cilindro y luego se volvía a enfriar para condensarlo. Con la condensación se producía un vacío que era el que generaba el movimiento de un émbolo. El émbolo se encargaba de bombear el agua. Aquello era auténticamente revolucionario para la época... Pero, a veces, dejaba de funcionar.

Así le ocurrió, por ejemplo, a un modelo a escala de la máquina de Newcomen que contaba entre las pertenencias del departamento de Física de la Universidad de Glasgow. Cuando Watt supo de su existencia, el aparato había sido trasladado a Londres para su reparación. James era un joven impulsivo e impaciente y, como no podía esperar más para conocer el prodigio, movió todos los hilos que pudo hasta conseguir que le concedieran el honor de intentar ajustarlo a él en su taller. Mientras se realizaban los trámites para el envío, Watt estudió todo lo que cayó en sus manos sobre el invento de Newcomen.

Una vez pudo ponerle las manos encima, el escocés descubrió que aquella máquina era imposible de reparar. No se trataba de calibrarla mejor, de hacer unos cuantos ajustes. El problema era estructural: Newcomen había cometido un error. Watt se percató de que, cuando se inyectaba agua fría para condensar el vapor, se producía también un enfriamiento del cilindro. El calor potencial del vapor se malgastaba, era necesario consumir grandes cantidades de energía y se perdía eficiencia. ¿Sería posible separar el vapor del cilindro caliente y condensarlo en otro diferente?

Con esa idea en la cabeza, el constructor de herramientas probó, uno tras otro, diferentes modelos a escala. Pero tuvo que esperar aún



varios años hasta dar con la clave que buscaba: condensar el vapor en un cilindro separado (un condensador) y rodear el otro cilindro (impulsor) con una cubierta de vapor para mantenerlo tan caliente como el gas del interior. En 1769, consiguió la patente de su invento, que quedó registrado como *Nuevo método para reducir el consumo de vapor y combustible en las máquinas térmicas*. Hoy en día sabemos que aquella fue una de las patentes más importantes de la historia de la humanidad. Con ella se inauguró de pleno la revolución industrial, se dio el pistoletazo de salida al siglo del vapor, a la centuria en la que las máquinas iban a ser impulsadas por una nueva fuente de energía a una velocidad nunca antes soñada.

La personalidad del hombre que había detrás de aquel genial inventor resulta difícil de descifrar. Probablemente sufriera por carecer de tiempo para aprender todo lo necesario. Cada una de las disciplinas de la ciencia, desde la astronomía a la botánica, pasando por las matemáticas, mereció su atención. Pero también fue un buen aficionado a la música y un impenitente amante de la jardinería. Se casó en dos ocasiones y tuvo seis hijos, pero lamentablemente vio morir a cuatro de ellos. Su comportamiento no dejaba de ser extraño: era trabajador, práctico y lleno de ingenio; y, además, muy tímido e inseguro. Su obsesión por el trabajo lo llevaba a los bordes de la celotipia. No le gustaba ver que los empleados de su empresa de maquinaria a vapor investigasen nuevos métodos para mejorar el producto. Experimentó la tristeza de fracasar empresarialmente en su primera aventura como fabricante de máquinas de vapor con John Roebuck; pero pudo recuperarse y montar una segunda compañía, en este caso con capital de Matthew Boulton.

La nueva empresa fue todo un éxito; consiguió extender la patente de la máquina de Watt como líder durante todo el siglo XVIII. Los artefactos a vapor empezaron a usarse en todas las minas, fábricas de tejidos, telares y cualquier empresa que necesitase un motor para producir movi-

mientos de rotación mecánicos. Fue precisamente la introducción de estos cambios en los sistemas de producción lo que marcó el inicio de la Revolución Industrial, y la paulatina mejora de la máquina de vapor lo que permitió dar el salto desde la industria al mundo de los transportes.

En 1788, un pequeño catamarán se convirtió en el primer barco impulsado por vapor. El invento de Watt ya no era sólo un artilugio productivo: se había convertido en motor del mundo. Su autor falleció el 25 de agosto de 1819, pero aún tuvo tiempo de recibir la noticia, algunos meses antes, de que el barco Savannah había logrado cruzar el Atlántico, por primera vez en la historia, gracias a su motor de vapor.

### EL CALOR LATENTE LO HIZO POSIBLE

El médico, físico y químico escocés Joseph Black (1728-1790) no sólo ayudó a convencer a Watt de que creara una empresa en la que pudiera poner en práctica sus ideas fabricando máquinas reales, sino que, con su descubrimiento del «calor latente», dotó al invento de su compatriota de la suficiente base teórica. Black fue el primer científico que propuso un modelo de explicación al fenómeno de la evaporación del agua, según el cual buena parte del calor que se necesita para llevar el líquido a la ebullición no calienta el entorno o los cuerpos que están en contacto, sino que se emplea en el propio tránsito de estado líquido a gaseoso. Del mismo modo que buena parte del calor necesario para derretir el hielo no calienta el agua que se genera y que, justo en el momento de la licuefacción, presenta una temperatura muy similar a la del hielo.

## CABALLOS DE VAPOR Y VATIOS

La potencia de los motores se mide en caballos de vapor. El término se debe al propio James Watt, que, para explicar las virtudes de su máquina, realizó una equivalencia entre su poder de trabajo y el de los caballos de carga. Así, propuso que un caballo de vapor es la potencia necesaria para levantar, cada 60 segundos, un peso de cinco toneladas a un metro de altura.

Otra medida famosa también lleva el nombre del inventor escocés. En 1882 se inventó una medida de potencia relacionada con la electricidad con el nombre de vatio: un kilovatio equivale a 1,36 caballos de vapor.

## PAPIN, HUYGENS, LENOIR, OTTO, ROCHAS...: LA BIOGRAFÍA DEL MOTOR DE EXPLOSIÓN

*QUÉ SERÍA de nuestras vidas sin motores de explosión; sin cilindros y pistones, sin chispas que inician la combustión, sin el traqueteo metálico de ires y venires de la máquina motriz autónoma. Buena parte del desarrollo de la humanidad se debe a que la ciencia y la tecnología se las han ingeniado para crear, mejorar y desarrollar este aparato milagroso que nos transporta, empuja nuestras mercancías, acciona nuestras máquinas. Por eso, el motor de explosión se merece una entrada propia en este libro de biografías. El nacimiento, crecimiento y auge de este aparato esencial puede ser explicado como si se tratara de la mismísima evolución de una criatura mimada por algunos de los sabios más grandes que ha tenido nuestra especie.*

*En la ciencia hay muchos valores humanos en juego. Cada avance, cada nueva tecnología, cada hallazgo, responde a la puesta en escena de alguna cualidad: el ingenio, la osadía, el esfuerzo, el azar, la habilidad, la capacidad de relación social, el valor... Quizás una de las virtudes más repetidas a lo largo de la historia del desarrollo tecnológico sea la perseverancia. Un inventor repite una y otra vez sus prototipos, un investigador reitera hasta la extenuación las condiciones de sus experimentos, revisa sin descanso las muestras y las estadísticas en busca del resultado esperado. En ocasiones, la perseverancia es intergeneracional: de padres a hijos, de generación en generación, de una cultura a otra, se*

*transmite el empeño por lograr un objetivo. Y los intentos fallidos se suceden año tras año (a veces, siglo tras siglo) hasta que llega el primer resultado positivo.*

*La historia de la tecnología registra intentos casi inmemoriales, repetidos con constancia, por lograr la realización de un trabajo útil (generalmente movimiento) mediante la combustión de alta energía en un cilindro. Desde que el ser humano sospecha que los gases, al calentarse, se expanden, ha intentado aprovechar este conocimiento para producir movimiento utilizable.*

*La búsqueda del motor de combustión interna, por sí sola, merece un estudio biográfico. Es cierto que se trata del empeño de docenas de ingenieros, científicos y técnicos que, en cuestión de 400 años, sirvió para desarrollar hasta límites insospechados la capacidad motriz del ser humano. Es cierto que, en esta búsqueda, algunos nombres destacaron por encima del resto y son merecedores de un capítulo aparte de este libro. Pero no cabe duda de que el empeño humano por aprovechar la energía generada por la combustión para la realización de una actividad que mejore la calidad de vida de sus congéneres puede contarse como una apasionante historia hilada a base de éxitos y fracasos, de incomprensiones y sorpresas, de espíritus aventureros y mentes prodigiosamente prácticas que se pusieron al servicio del desarrollo.*

*Puede que el comienzo de esta historia nos obligase a remontarnos a los principios de la humanidad, cuando el hombre aprende a manejar con soltura la energía calorífica del fuego. Pero, en un repaso biográfico del mundo de la energía como el que el lector tiene en sus manos, merece la pena ser tan concreto como sea posible y acotar los términos cronológicos de nuestra aventura.*

*Por ello, un punto de arranque ideal para esta especial biografía de los motores de combustión interna parece ser la Versalles del siglo XVII,*

*iluminada por la omnipresencia de Luis XIV (que reinó de 1643 a 1715) y aderezada por el trabajo sutil, elegante y pionero de algunos científicos de la corte del Rey Sol. Los primeros veinte años del reinado de este monarca fueron los más brillantes. Junto a Colbert, su práctico ministro de finanzas llevó a cabo la reorganización administrativa y financiera del reino y desarrolló el comercio y la industria. Es la época del teatro de Molière y de Racine, de la música de Lully y del gusto por la arquitectura. Y es la época, también, de un permanente cuidado de las artes y de las ciencias, apoyadas desde la Corte con mimo y dedicación, aunque, en ocasiones, con poco tiento.*

En aquel entorno hizo carrera el gran científico holandés Christiaan Huygens, nacido en 1629. En la década de 1680 a 1690, Huygens viajó a París para realizar una serie de valiosos experimentos sobre altas y bajas presiones junto al francés Denis Papin (1647-1714). Papin era un científico reconocido por sus investigaciones sobre la olla a presión. En 1681, sacó a relucir el invento con el que pasaría a la historia: la olla con válvula de seguridad. Pero, tras contactar con Huygens, sus empeños se dirigieron hacia la posibilidad de evacuar el aire de un cilindro quemando pólvora en su interior, para aprovechar la fuerza motriz del aire evacuado. En su intento, llegaron a introducir un pistón dentro del cilindro (idea tomada de las investigaciones anteriores de Otto von Guericke) y aprovechar el aumento de la presión interna. Con ese prototipo crearon el que pasa por ser el primer motor de combustión interna de la historia, cuya aplicación ideal, según sus creadores, era ser utilizado para elevar agua en las fuentes versallescas. Precisamente con ese fin se lo presentaron al sagaz ministro del Rey Sol, Colbert, pero este dio muestras de escasa sagacidad en aquella ocasión: no entendió que el producto pudiera ser útil y rechazó su financiación. Huygens y Papin habrían de pasar a los anales

por otros muchos hallazgos relacionados, unos, con el vapor y, otros, con la energía motriz. Pero el desarrollo del motor de combustión interna tendría que esperar un poco.

Durante un tiempo, la arrogancia de la máquina de vapor, los éxitos continuados de los ingenieros que practicaban con sus sucesivos modelos y la espectacularidad de los hallazgos en el terreno mantuvieron a un margen el estudio de los motores de explosión. Sencillamente, aquel invento de combustibles, gases y pistones no estaba de moda. El vapor y sus ruedas giratorias, calderas, condensadores y cilindros eran mucho más glamourosos. Sólo en los albores del siglo XIX volvieron a florecer los intentos de componer uno de estos novedosos motores. Por ejemplo, el de Robert Street, británico que en 1794 propuso el uso de alquitrán o aceite de trementina como combustible para hacer subir y bajar un pistón por un cilindro. O el empeño de Sir George Cayley que, en 1809, llegó a planear la construcción de un motor compacto de gas que hiciera volar una máquina planeadora; aunque nunca puso en práctica sus revolucionarias ideas.

Poco a poco, los nombres se fueron desgranando. Las aportaciones llegaban una de aquí y otra de allá, casi todas desde el viejo continente europeo. En 1833, el inglés Lemuel Wellman Wriarth fabricó un curioso motor de gas. Se trataba de una máquina en cuyo interior se producía la explosión de una mezcla de gases combustibles y aire inflamados por la llama del gas procedente de la destilación del carbón de hulla. El motor Wriarth, de doble acción, tenía un sistema para refrigerar el cilindro con agua. El gas seguía siendo un gran aliado de los ingenieros noveles que pretendían diseñar algo novedoso. Quizás no sabían qué, pero perseguían una idea común: lograr trabajo útil a partir de las idas y venidas de un pistón a lomos de los gases combustibles introducidos en un cilindro. Es muy pro-

bable que sus mentes tecnológicamente púberes no llegaran a imaginar para sus ingenios aplicaciones más que industriales. Seguro que no podían ni imaginar siquiera las inmensas posibilidades que en el futuro iban a donar los motores de combustión interna, pero, aun así, siguieron esforzándose en una carrera sin parangón hacia el motor más ajustado, más definido y más eficaz.

Uno de los hitos en esa competición fue la aportación del francés Etienne Lenoir (1822-1900). Este estudioso de origen belga había estado en contacto con los tratados en los que se mencionaban todas las experiencias previas de lograr un motor de gas eficaz, y siempre tuvo in mente la posibilidad de utilizar uno de esos artilugios para mover un carro. En realidad, aunque muchas aplicaciones industriales de los motores se limitaban al bombeo de agua o a la producción de movimientos de transporte de materiales y rotación de engranajes, no resulta extraño que en la imaginación de los creadores de aquellos diseños de simplicidad, en algunos casos, infantil, rondara la posibilidad de competir con el caballo en el trasiego de personas de un lado a otro.

Lenoir es el creador del «sistema de motor de aire expandido por la combustión de gases encendidos por la electricidad», como él mismo denominó a lo que hoy llamaríamos motor de explosión con encendido eléctrico. Su patente es de 1860. Consistía en un cilindro horizontal refrigerado con agua en el que se introducían gases procedentes de la combustión de carbón y se mezclaban con aire. Una vez cerrado el cilindro mediante un sistema de válvulas, la mezcla se incendiaba con una chispa eléctrica. La combustión de los gases y su consiguiente expansión hacía mover un pistón dentro del cilindro.

Básicamente, se trata del mismo mecanismo que el de los automóviles actuales, pero aquel primitivo motor de Lenoir apenas era capaz de desarrollar una potencia superior a cuatro caballos de va-



por. Su aportación fue todo un éxito en aquella época y, por primera vez, comenzó a hablarse de la posibilidad de desterrar la máquina de vapor. Estaba naciendo una nueva era para el uso de la energía, una era que fácilmente podía simbolizarse sobre la imagen de un coche equipado con motor de Etienne Lenoir que viajó desde París hasta Joinville-Le-Port (a unos 20 kilómetros de distancia) y alcanzó una velocidad de tres kilómetros por hora.

Lenoir es, además, protagonista de un fenómeno que se ha repetido en innumerables ocasiones en la historia de la tecnología: la resistencia al cambio tecnológico. Desde el punto de vista térmico, su motor era indudablemente más eficiente que las máquinas de vapor, aunque era difícil lograr más de 12 caballos con él. Sin embargo, la cultura del vapor estaba ya demasiado enraizada en la sociedad occidental. A pesar de que el propio ingeniero, a través de la Societè Lenoir creada para la producción de sus motores, se esforzó en promocionar publicitariamente su artefacto, la poderosa industria del vapor se opuso ferozmente a la comercialización de este producto. Aquello retrasó, sin duda, los planes del franco-belga, y pudo suponer un obstáculo para el desarrollo de la tecnología del motor de combustión interna. Lenoir sufrió sobre sus carnes las mismas disputas que luego tendrían que padecer los inventores del cine, de la radio, de la televisión, de la informática... En fin, los diseñadores de nuevos avances que han de enfrentarse a la conservadora mentalidad tecnológica del ser humano, siempre temeroso de los inventos.

El esfuerzo divulgativo de Lenoir tuvo, sin embargo, una vía de éxito silente que quizás pasó inadvertida para él. En todo el mundo, docenas de aficionados y expertos se dejaron impresionar por el motor de gas con autoencendido y se lanzaron a mejorarlo. Uno de esos aventureros de la tecnología fue Nicolaus Otto, nacido el 14 de ju-

nio de 1832 en Holshausen, Alemania. El primer trabajo de este hombre de curiosidad insaciable fue el de comerciante de té, café y azúcar, lo que le permitió viajar por multitud de tierras y abrir bien los ojos a las innovaciones tecnológicas que glosaban las crónicas. Poco a poco se fue familiarizando con la técnica de los motores y llegó a hacerse la proposición de dedicarse a ellos, lo cual da cuenta de su acertado olfato comercial.

Uno de los avances que más llamó su atención, quizás porque era un hombre acostumbrado a recibir informaciones publicitarias de todo tipo, fue el motor de Lenoir. Ni corto ni perezoso, recogió toda la información disponible sobre el aparato, estudió los conceptos básicos de física necesarios y se puso a experimentar en su propia casa con prototipos propios. Incluso solicitó licencia para construir dos réplicas del ingenio de Lenoir en Colonia. Aquello le sirvió para conocer algunas de las debilidades del prototipo pionero, sobre todo en cuanto a potencia; pero no le desanimó en absoluto. En 1863, Otto estaba convencido de las posibilidades de los motores de gas y se encontraba dispuesto a abandonar su negocio de azúcares y cafés para dedicarse de lleno a la ingeniería automotriz. Con ese fin, se asoció con un brillantísimo ingeniero llamado Eugene Langen y creó en Colonia la empresa NA Otto and Company, la primera compañía del mundo especializada en la fabricación de motores de explosión, que hoy sigue existiendo bajo el nombre de Deutz AG.

Los motores de Otto y Langen tenían algunas ventajas indiscutibles sobre los de Lenoir. Por ejemplo, su pistón de vuelo libre ascendía sin trabas a toda velocidad. Pero su estructura era compleja, aunque aprovechaba muy eficazmente la energía. Su principal defecto era el estruendo que producía al funcionar. Sigvard Strandh, antiguo director del Museo de Ciencias de Estocolmo, cuenta en su maravilloso libro *Historia de la máquina*, (1979):

...el motor Otto-Langen, situado en un rincón oscuro de una compañía embotelladora de agua mineral en Godesberg, producía un horrible crujido al subir el pistón. Un chasquido espantoso indicaba su conexión con el volante y luego descendía con un angustioso gemido... Las explosiones parecían bastante arbitrarias, y entre una y otra no había más que un silencio siniestro. Las convulsiones del motor inspiraban auténtico miedo.

[Traducción de Juan Manuel Ibeas, 1982]

Aun así, el motor Otto-Langen fue merecedor de una medalla de oro en la Exposición Internacional de París de 1867. Su eficacia era mucho mayor a la de los 12 motores Lenoir que competían con él en el certamen, y el estruendo fue considerado un mal menor.

Afortunadamente, Otto y Langen no se durmieron en los laureles y siguieron investigando para desarrollar un motor mejorado. Su nuevo producto salió a la luz en 1876 bajo el nombre de Otto Silencioso. Se trataba del primer motor de cuatro tiempos de la historia. Funcionaba siguiendo el cuádruple paso de admitir la carga, comprimirla, producir la combustión y realizar la expansión. Todo ello, junto con el escape de los gases, se realizaba en cuatro tiempos sincronizados. El logro fue ampliamente publicitado en Europa y la industria alemana se apuntó un tanto internacional con la nueva herramienta tecnológica nacida de una empresa de Colonia que empezaba su andadura triunfal en el mundo de la locomoción.

Otto siguió trabajando en mejoras efectivas para su motor e incluso llegó a proponer un sistema de inducción magnética. Antes de morir, el 26 de enero de 1891, vio cómo sus prototipos gozaban de las mieles del éxito. Pero también tuvo que luchar para que le fuera reconocida la paternidad del motor de cuatro tiempos, disputada por un ingeniero francés, Alfonse Eugène Beau, más conocido como Beau de Rochas.

Beau nació en Digné-les Bains el 9 de abril de 1815. Fue un joven de familia noble que, en lugar de heredar la pasión por la poesía y los viajes de su padre, desarrolló un gran espíritu práctico y una habilidad especial para los estudios técnicos. Durante su carrera, desarrolló varios modelos teóricos de motores de combustión interna, pero uno de ellos fue de especial interés. En 1862, cinco años antes de que Otto enseñase su primer modelo, presentó en la Sociedad de Protección Industrial de Francia su patente número 52-593 bajo el nombre de «Nuevas investigaciones y perfeccionamientos de las condiciones prácticas de la mayor utilización del calor y, en general, de la fuerza motriz, con aplicación en los altos hornos y la navegación». Tras tan rimbombante nombre se escondía un voluminoso trabajo de 50 páginas lleno de conocimientos científicos que iban a modificar el rumbo de la ingeniería. Después de explicar los mecanismos de combustión interna de los motores de la época y de analizar cómo mejorarlos, en la página 31 realiza, por primera vez en la historia, una descripción teórica de un motor de cuatro tiempos y menciona los procesos de aspiración de gas en un cilindro con un pistón, compresión del gas, combustión y explosión.

Es la primera vez que se mencionan los principios básicos de los motores modernos. Pero Beau de Rochas no llegó nunca a llevar a la práctica sus ideas. Murió en Vincennes el 27 de marzo de 1893, y su mayor gloria y reconocimiento los logró de manera póstuma. Hoy es una de las figuras clave que, sin duda, ha de mencionarse cuando se rememora la historia de la automoción. Pero su brillo quedó eclipsado por quienes, como Otto y Lange, lograron ver funcionar sus propios motores, vieron cómo los prototipos de sus máquinas empezaban a mover el mundo en una dirección cuyo destino final todavía era inimaginable.

## HENRY FORD (1863-1947): UN COCHE PARA CADA SER HUMANO

*SU APELLIDO recuerda una forma única de hacer negocios, una presencia de ánimo incommensurable, una educación exclusivista en busca del mayor premio para el mayor esfuerzo. La sola mención de su nombre se ha convertido en sinónimo de una de las industrias más florecientes y tecnologizadas de la actualidad. Henry Ford es el rey de los automóviles, el hombre que convirtió el oficio de hacer coches en un negocio universal, el empresario al que le debemos que hoy el mundo no pueda vivir sin el frenesí de los vehículos de cuatro ruedas.*

*La peripecia científica, empresarial y humana de Henry Ford es el máximo exponente del espíritu del siglo XX, el siglo en el que el ser humano puso definitivamente a la energía al servicio del desarrollo.*

No debe de haber muchas madres en el mundo que, desde la más tierna infancia de sus hijos, los eduquen en la competitividad, el esfuerzo y la responsabilidad personal con tanto empeño como Mary Litogot O'Hern, la mujer que el 30 de julio de 1863 dio a luz a Henry Ford. Aquella mujer práctica dejó la impronta de su educación en el crío encarnada en múltiples cualidades; por ejemplo, en su amor temprano hacia el conocimiento de cómo funcionan las cosas. Pero, sobre todo, el influjo materno quedó plasmado en multi-

tud de frases, pensamientos y dichos populares que a Ford le gustó repetir durante toda su vida y que, sin lugar a dudas, marcaron su carácter. Una de ellas, representativa como ninguna del tipo de educación que Mary deseaba para su hijo, fue frontispicio de la actividad del que iba a convertirse en el primer magnate de la historia del automóvil:

*Debes ganarte el derecho a jugar.*

*El juego del que más se disfruta es el que sigue a un deber cumplido.*

Los libros de citas y píldoras de sabiduría están plagados de frases pronunciadas o atribuidas a Henry Ford. No podemos saber cuántas de estas frases proceden de esas tardes de invierno que Mary pasó con los suyos charlando e impregnando a la familia de su agudo sentido práctico de la vida. Lo que sí sabemos a ciencia cierta es que el ambiente vivido durante la infancia fue fundamental en el desarrollo de una personalidad a medio camino entre el gigante de las finanzas y el ingenioso inventor. Todos los comentarios que él mismo dejó sobre su niñez esbozan un recuerdo amable de una familia de granjeros, bien avenidos, amantes de la naturaleza y buenos administradores de los bienes del hogar, en el seno de la cual vino a nacer un niño capaz de trascender los límites que marcaban las propias empalizadas de la finca y la limitada visión del mundo que regalaba a sus ciudadanos la localidad estadounidense de Dearborn (Michigan) en la segunda mitad del siglo XIX.

Es evidente que aquel grupo familiar debía de tener algo especial para que en él creciera un niño de las características del personaje que nos ocupa. En aquella época, en Estados Unidos un 50 % de la población trabajaba en el campo prácticamente sólo para su propio sustento y el otro 50 % vivía en la ciudades sentando las bases de una incipiente sociedad industrial y de servicios. La familia Ford

pertenecía a la primera mitad. Las tareas de labranza y ganadería eran duras y ocupaban prácticamente todo el tiempo de los hombres y mujeres de la boscosa Michigan. Henry disfrutaba colaborando en ellas desde muy pequeño y, en la distancia, todo parecía indicar que el niño terminaría convirtiéndose en un próspero granjero. Sin embargo, los que conocían al pequeño (su padre y su madre, sobre todo) pronto detectaron en él una actitud que no correspondía a la tradicional forma de actual de un granjero *junior*. Henry observaba las cosas con un plus de curiosidad que confería un brillo especial a sus ojos. Era un niño inquieto, como tantos, pero increíblemente observador. Le gustaba fijarse en el movimiento de las hojas de los árboles arrulladas por la brisa, en el comportamiento de los animales del establo durante una tormenta o en el modo en que su padre afilaba el instrumental para cortar leña. Pero, sobre todas las cosas, llamaban poderosamente su atención los artilugios mecánicos. Cada juguete, cada herramienta, cada polea, cada aparato de la cocina era susceptible de ser secuestrado, desarmado, violado en la intimidad de sus componentes básicos y vuelto a montar por Henry. Su padre empezó a sospechar que tenía en casa «más que a un granjero, a un chapucero. Su madre, como todas, más amable en las opiniones sobre sus hijos, declaró que siempre supo que el crío era «un mecánico nato».

No resulta extraño que, con esa disposición natural para la técnica, el pequeño Henry aprovechara cada contacto con las máquinas que el destino le iba deparando. En 1873, pudo ver de cerca por primera vez una máquina de vapor. La visión le impactó de tal manera que el crío no cesó en su empeño hasta que pudo reconstruir con sus propias manos una turbina accionada con vapor que, además de valerle para ganar popularidad en el colegio, le hizo pasar un mal trago cuando el cachivache salió despedido y estuvo a punto de herir a algunos de sus compañeros.

A la edad de 16 años, sufrió el tremendo mazazo de ver morir a su madre. Aquel acontecimiento le llevó a huir de la monótona vida en el campo. Como resultado de su decisión, se instaló en Detroit, donde, además de entrar en contacto con un nuevo estilo de vida (el de la ciudad moderna llena de oportunidades), consiguió trabajo como aprendiz en una fábrica de tranvías. Si es cierto que llevamos marcado nuestro temperamento desde la infancia, que los rasgos que afloran de manera espontánea en la juventud son la huella de la forja en la que nuestro carácter se funde, entonces no cabe duda de que el acontecimiento que tuvo lugar en aquella fábrica de Detroit fue el exponente de una personalidad destinada a cambiar el mundo. Y es que Henry Ford, adolescente recién llegado de un ambiente de granjeros a la ciudad, joven aprendiz que apenas acaba de instalarse en su nueva vida, tuvo la feliz idea de corregir al capataz de su sección y sugerir algunas mejoras en el sistema de fabricación de los vagones. El arrojo y la osadía del joven, que ya daba muestras de tener las ideas muy claras en el mundo de la fabricación de métodos de transporte, tuvo su premio inmediato: Henry fue despedido a los seis días de haber logrado su primer trabajo en la ciudad.

La verdad es que sus primeros contactos con el mundo laboral no fueron precisamente estables. Ford pasó a trabajar en una empresa de reparación de herramientas, pero, apenas transcurridos unos meses, dejó el trabajo por considerarlo muy mal pagado. Estuvo un tiempo prestando sus servicios en una fundición. Y tampoco le duró mucho aquella aventura. Finalmente, mientras empleaba sus horas libres para complementar su salario reparando relojes, se enroló en las listas de empleados de la empresa Detroit Dry Dack de motores. Ese fue su primer contacto con el mundo de la tecnología de los motores y, probablemente, la actividad que más le gustaba de cuantas había realizado en su nueva ciudad. Pero tampoco tuvo mucha paciencia esta vez. Insatisfecho, en 1882 decidió volver a su Dearborn



natal y retomar las actividades en la granja paterna. Había pasado tres años en Detroit, tres años que pudieron haber sido una relativa pérdida de tiempo en la vida de un joven que, para aquellos años de fin de siglo, debería haber aprovechado mejor las oportunidades de dar un giro a su vida. Pero, más bien, fueron tres años de contacto con una realidad a la que nunca podría haber mirado a los ojos desde la granja de Michigan. El espíritu del nuevo siglo: de las máquinas, las grandes ciudades, la automoción y la actividad fabril ya había impregnado la biografía de Henry Ford.

Detroit iba a volver a ser destino de sus expectativas vitales muy pronto. Pero antes, Henry tuvo la oportunidad de apuntalar su historia personal en la granja de su padre. En una de las fiestas locales, conoció a Clara Bryant, una joven del lugar que pronto acaparó su corazón. Henry Ford, sin embargo, no era de los que se contentaban con un largo noviazgo a la espera de que las circunstancias permitieran pensar en una vida en común. Recibió en donación una parte de la granja de su progenitor y trabajó en ella con toda la inteligencia e intensidad que pudo con el único fin de ahorrar suficiente dinero para casarse. En 11 de abril de 1888, Clara y Henry contrajeron matrimonio y prepararon sus vidas para un nuevo cambio de dirección.

Y es que no iba a tardar en llegar una oferta de trabajo de la Compañía Detroit Edison Illuminating, la empresa de iluminación eléctrica comandada nada menos que por Thomas Alva Edison. Ford trabajó primero como peón por un salario de unos 40 dólares a la semana y pronto llegó a ocupar el puesto de Jefe de Ingenieros. Durante las primeras etapas de su carrera en la empresa de Edison, pudo compaginar su empleo con una creciente pasión por la experimentación en el patio de su casa. Es reseñable que la línea de investigación que a él más le interesaba parecía ser, precisamente, la menos conveniente para los intereses de la empresa para la que trabaja-

ba. Henry Ford había quedado fascinado en Michigan con las primeras máquinas a vapor que conoció. Incluso pudo desarrollar cierta maña en su puesta en marcha y reparación. Por supuesto, cuando tuvo noticia por primera vez de la existencia de rudimentarios motores de gas, hizo todo lo posible por conocerlos y llegó también a ser un experto en su manejo.

Durante años, Ford trabajó por puro instinto. Añadió al arrojo y el esfuerzo, a los que se acostumbró en los años de granjero, ciertas dosis de ingenuidad conservadas desde la infancia. No tenía conocimientos de física y matemática, pero intuía que los motores más eficaces debían ser los impulsados por fuentes de energía como el gas de hulla o la gasolina. No conocía los avances de Daimler, Boutton o Benz, pero sospechaba que el mundo habría de cambiar a lomos de nuevos aparatos rodadores impulsados por motores autónomos.

Pero, como antes apuntábamos, aquellas disquisiciones eran más bien contradictorias con su tarea en la empresa de iluminación. El gas era competencia directa de la electricidad como impulsor de maquinaria en los estertores del siglo XIX. En 1896, Henry fue invitado a la Convención Anual de la Asociación de Empresas Edison de Iluminación. La reunión iba a ser presidida por el mismísimo Thomas Alva Edison. El gran gurú de la electricidad tuvo conocimiento, por azar, de que uno de sus empleados (Henry Ford) estaba trabajando en la creación de motores de gas y en la posibilidad de introducir otros combustibles, como la gasolina. Es imaginable el estupor con el que Henry debió de recibir la invitación de Edison para que le enseñara alguno de esos prototipos. ¿Iba a ofenderse el padre de la luz eléctrica? ¿Consideraría un oprobio que se trabajara en una fórmula de utilización de la energía que no contaba con la electricidad como fuente fundamental?

La historia cuenta todo lo contrario. En realidad, Edison entabló una fértil relación con Ford a partir de una primera conversación que quedó para los anales: «Joven, su idea es magnífica. Siga defendiéndola: estos motores son un gran avance frente a los motores eléctricos, porque no necesitan una fuente de energía externa». Quizás ese era el apoyo que Ford necesitaba para poner en marcha sus ideas. Desde luego, ese fue el principio de una amistad no exenta de pequeñas turbulencias. Las familias Ford y Edison pasarían juntas las vacaciones durante años y el propio Edison propuso a Ford levantar una sucursal de su compañía en Dearborn. Aquellas charlas interminables entre los dos hombres, sentados en el porche de algunas de sus mansiones, vestidos con sus elegantes trajes, paseando su delgadez proverbial, deberían haber sido registradas para la historia. En sus mentes se cocía buena parte del cambio que la humanidad iba a experimentar a lo largo del siglo XX.

Pero antes de llegar a ese punto, es decir, antes de que Ford tuviera una mansión propia en la que invitar a Edison, tuvieron que suceder algunas cosas más. En 1898, Ford vendió su primer coche de fabricación propia impulsado con un motor de gasolina por el precio de 200 dólares. El alcalde de Detroit, sorprendido por el invento, consiguió reunir una suma de 15.000 dólares para instalar una compañía fija de fabricación de automóviles. Así nació la Detroit Automobile Company, en la que Henry participaba como jefe de ingenieros.

La comprensión que Edison había mostrado con el invento de Ford no fue imitada por los mandos intermedios de la empresa de iluminación en Detroit y Henry Ford se vio obligado a elegir entre su empleo en la compañía eléctrica y su nuevo trabajo entre coches y gasolina. Afortunadamente para su carrera y para el resto de la humanidad, optó por lo segundo.

En 1903, después de muchos años de trabajo de despacho en busca de apoyo financiero, Henry se estableció por su cuenta y creó la Ford Motor Company con el objetivo de fabricar un coche que se vendiera por 500 dólares en un tiempo en el que el precio medio de esos aparatos rondaba los 1.400. El primer modelo que sacó al mercado fue el Ford A, que costaba 850 dólares. No era suficiente, había que seguir afinando el proceso de producción para reducir aún más el precio. Henry Ford estaba convencido de que tenía en sus manos un producto con mucho futuro. Y eso que en 1902 sólo existía un coche por cada millón y medio de ciudadanos norteamericanos. Gracias a las mejoras ofrecidas por la compañía Ford y la paulatina disminución de los precios, en 1909 la ratio se había reducido a un coche por cada 800 estadounidenses. Uno de los responsables de tal avance fue el modelo Ford T, fabricado en 1908, «un coche para las masas», como lo denominó Henry Ford.

El genial empresario había comprendido, por primera vez en la historia, que un automóvil no es igual que un coche de caballos. Aunque parezca extraño, a la industria de la automoción le costó deshacerse de la estética del carruaje que tenían los primeros coches: pesados, con motores poco eficientes, adornados con chapa hasta la saciedad, lentos... Ford supo que había que mejorar dos aspectos para conseguir un producto de uso masivo: el sistema de producción y la estética; así que trabajó en la mejora de los motores para hacerlos menos pesados, construyó asientos y carlingas más apropiadas para un vehículo que iba a transitar a gran velocidad e introdujo la fabricación en serie de piezas dentro de las primeras cadenas de montaje del sector. Aunque los primeros Ford T parecieron ridículos a los ojos de los ciudadanos de entonces, en 20 años la empresa había conseguido vender nada menos que 15 millones de unidades.

La compañía instaló cintas transportadoras para llevar las piezas, cronómetros para mantener el ritmo de producción, jornadas de ocho horas diarias, trabajo descentralizado por secciones especializadas, participación de los obreros en los beneficios... Ford había revolucionado el concepto de fabricación en contra de los sabotajes de la competencia, las maldiciones de los industriales de medio mundo y las oposiciones de los sindicatos de la izquierda.

El éxito de Henry Ford le trajo algunas consecuencias desagradables, hubo de pleitear judicialmente contra la Asociación Americana de Fabricantes de Automóviles, que nunca vio con malos ojos las costumbres del nuevo magnate hasta que el éxito del Ford T les abrió la posibilidad de ganar una buena cantidad en *royalties* (en aquella época, la fabricación de coches estaba sujeta a licencia). Pero, quizás, el efecto secundario mayor de su fama y riqueza fue el desarrollo de un espíritu megalómano que le iba a granjear unas cuantas enemistades.

En 1914, el estallido de la Primera Guerra Mundial desató en su interior un vehemente espíritu pacifista. Intentó poner en marcha un Barco de la Paz que llevara a Europa un grupo de hombres y mujeres prominentes para poner fin a las hostilidades. Algunos amigos, como Edison, se negaron a acudir a la llamada, y los que aceptaron terminaron por llevar al traste la iniciativa con sus peleas internas y sus requerimientos de fama. Ford, entonces, se pasó al bando belicista y colaboró decididamente en el esfuerzo militar de su país.

En la Segunda Guerra Mundial tuvo aún una participación más activa y volcó parte de sus recursos en la construcción de carros de combate e instrumental para aviones. Tuvo incluso que padecer cierto escarnio público por unas declaraciones supuestamente antisemitas que realizó, siendo ya anciano. El magnate acabó siendo víctima de su gran imagen pública, pero nunca sucumbió el brillo de su obra. Alter-

naba momentos de inmensa bonhomía y actividades filantrópicas con salidas propias de un anciano terco y malhumorado. En 1947, murió plácidamente mientras dormía. Su figura sigue siendo recordada hoy como una de las personalidades que más han hecho por construir el mundo tal y como hoy lo conocemos. Su ingenio tecnológico y, sobre todo, su osadía empresarial han sido las aportaciones más sobresalientes de la historia de la movilidad humana. Sin Ford, hoy, la utilización de la energía para el bien de los hombres y mujeres del planeta sería un empeño un poco más cojo.

## OTROS NOMBRES CLAVE EN LA HISTORIA DEL VAPOR

### THOMAS SAVERY: EL AMIGO DE LOS MINEROS

Nacido en 1650, este brillante ingeniero militar inglés patentó en 1698 la primera bomba de vapor, aunque se trataba de un prototipo primitivo que no mereció la repercusión de los motores que le sucedieron. Consistía en un recipiente cerrado lleno de agua al que pasaba el calor producido por una caldera. Al calentarse, el agua subía por un tubo y favorecía el drenaje a presión del agua de una mina. Su intención inicial era precisamente esa, la de bombear el agua que inundaba los suelos bajos de las minas, por lo que el aparato se llamó «amigo del minero». Aunque tenía graves problemas de sobrepresión y funcionaba relativamente mal, la idea sirvió de inspiración para los primeros motores de vapor de la historia. Savery murió en 1715.

## DENIS PAPIN, QUIEN LLEGÓ TARDE POR CULPA DE UNOS JARDINES

Muchos de los trabajos que condujeron a la patente de la primera máquina de vapor moderna tienen su origen en las ideas puestas sobre la mesa por el inventor francés Denis Papin (1647-1714). Este apasionado del vapor fue ayudante de Huygens, con el que realizó experimentos pioneros sobre altas y bajas presiones y diseñó lo que podría denominarse el primer motor de combustión interna. Leibniz dijo de él que había sido el primer hombre que entendió de verdad lo que es un gas. De hecho, tuvo la intuición de que con sólo calentar agua y enfriar vapor podrían conseguirse energías motrices más eficaces que las logradas mediante las explosiones de pólvora. Convencido de la importancia de su hallazgo, se puso en contacto con el Duque de Hesse, al que mostró un modelo de máquina de vapor (más bien una olla a presión). Como no encontraba dinero para financiar la construcción del aparato ni herrerías capaces de fabricar los tubos y calderas necesarios, el Duque le propuso que aplicara su invento a la mecanización de las fuentes de los jardines de Kassel. Así lo hizo, después de un duro trabajo de más de un año: mediante un sistema de olla con válvula de seguridad generaba una presión superior a la atmosférica para mover unos émbolos y bombear agua a la fuente. El duque quedó encantado, pero Papin perdió un tiempo precioso. En aquel año empleado en Kassel, Thomas Savery había diseñado su «amigo de los mineros» y pasaría a la historia por ello. Papin murió arruinado en 1714.

## GEORGE STEPHENSON: VAPOR A TODO TREN

Hijo de un bombero inglés, George Stephenson nació en la localidad de Wylam, cerca de Newcastle on Tyne, el 9 de junio de 1781. Desde una edad muy temprana se sintió atraído por el mundo de las máquinas y del transporte. Siempre le fascinó el modo en el que los madereros utilizaban grandes barcazas para transportar troncos por el río Tyne. Sus primeros trabajos se relacionaron con la minería del carbón, dado que su padre trabajaba en el servicio de emergencias de varias minas. En ese entorno, Stephenson se pasaba todos los ratos libres que podía desmembrando máquinas, rodamientos, carros y engranajes. El primer invento de este hombre autodidacta fue una lámpara que no explotaba cuando se acercaba a las frecuentes emanaciones de gas grisú de las minas. Pero pronto orientó el objeto de sus investigaciones hacia la locomoción por vapor. En 1814, construyó el primer prototipo de locomotora de vapor; se llamaba *Blutcher*, utilizaba un sistema de ruedas adaptado a raíles y era capaz de transportar 30 toneladas de mineral a ocho kilómetros por hora. El éxito de sus ingenios le permitió poner en marcha una empresa propia, *Robert Stephenson and Company*, la primera empresa del mundo dedicada a la construcción de locomotoras. El primer motor diseñado por la compañía, bautizado como *Locomotion*, salió al mercado en 1825.



## *Tercera Parte*

### *La energía eléctrica*

La mayoría de nosotros, cuando pensamos en energía, evocamos la luz, el calor y el movimiento de los que nos dota la electricidad. Ésta atrajo la atención de los hombres hasta convertirse en fascinación mitológica y, poco a poco, merced al progresivo uso de la razón, fue desvelando sus inmensos secretos, su potencial increíble para mejorar nuestras vidas.

## BENJAMIN FRANKLIN (1706-1790): DE LA MAGIA DE LOS RAYOS, A LA CIENCIA DE LA ELECTRICIDAD

*BENJAMIN Franklin nos ofrece uno de los ejemplos más brillantes de pasión científica que pueda encontrarse jamás. Tras una vida llena de altibajos y de turbulentas aventuras personales, sólo la pasión por la ciencia y la firme convicción en la fuerza de su inteligencia le permitieron pasar a la historia como uno de esos personajes capaces de cambiar el mundo. Sus trabajos, plagados de ingenuidad y acierto al mismo tiempo, sirvieron para que la electricidad, por primera vez, dejara de ser un fenómeno de regusto mágico para convertirse en materia de estudio científico.*

*Hay personas que nacen para ser pioneras. Puede que sea por culpa de sus genes, por la educación recibida en el seno de su familia o por simple azar. El hecho es que estos individuos se proponen convertirse en los primeros de su estirpe y lo logran. Y, no cabe duda, Benjamin Franklin era uno de ellos. El hombre destinado a sentar las bases del conocimiento moderno de la electricidad, a postular por primera vez una teoría convincente sobre la naturaleza del fluido eléctrico y a poner a nuestra disposición inventos de la trascendencia del pararrayos llevaba el espíritu pionero marcado en la frente. No en vano nació en el seno de una familia de colonos en el Boston de 1706.*

Benjamin fue el décimo hijo de un modesto fabricante de jabón, llamado Joshia, que tuvo 17 retoños en total, repartidos en dos ma-

rimonios. Su abuelo, Peter Furger fue uno de los primeros colonos que llegaron a Nueva Inglaterra en 1620 y participó activamente en la fundación de la ciudad de Boston. A pesar de tan honrosos antecedentes, la familia Franklin siempre encontró muchas dificultades para vivir. A Joshia no le pudieron dar sus padres educación alguna. Sin embargo, fue capaz de aprender varios idiomas (entre ellos, francés, italiano y español) y adquirir una vasta cultura humanística de manera autodidacta.

Al joven Benjamin le pasó tres cuartos de lo mismo. En un principio, la intención de su padre fue prepararle para ser sacerdote, pero la preparación requería unos ingresos de los que siempre careció. Así que el crío recibió algunas lecciones de aritmética y escritura, compaginando el trabajo como ayudante de su padre con los estudios deslavazados. A la edad de 12 años, el chico ya había dado muestras de su pasión por la lectura, de modo que a su padre se le ocurrió que sería buena idea mandarle a trabajar con uno de los 17 hermanos Franklin, James, dueño de una imprenta donde se confeccionaban panfletos de todo tipo.

Fue allí donde ambos idearon el primer periódico diario de la ciudad de Boston: *el New England Courant...* Aunque en aquella época ya existían dos ediciones de carácter diario, ninguna de ellas respondía al perfil exacto de lo que hoy entendemos por periódico; se limitaban a reproducir noticias curiosas aparecidas en otros lugares del país. En el *Courant* podían encontrarse opiniones de actualidad, artículos y anuncios relacionados con el mundo marineró. La mayor parte de los textos eran escritos por James, lo que causaba tremendos ataques de celos al hermano menor. Benjamin no se contentaba con vender las resmas de papel fuera de la imprenta o con limpiar cuidadosamente las cajas tipográficas. Deseaba ver sus ideas impresas negro sobre blanco en el periódico que él mismo había

ayudado a levantar... Pero, ¿cómo convencería a su hermano? sencillamente, ni lo intentó. En lugar de ofrecerse como escritor, inventó a un personaje femenino, una viuda que firmaba bajo el nombre de Silence Dogood y, escondido en el anonimato de este alias, envió varios textos al periódico.

La columna de Silence Dogood pronto se hizo muy popular entre los lectores del *Courant*. En ella, Benjamin Franklin se expresaba con toda libertad y grandes dosis de desfachatez contra el estamento universitario de Harvard o contra las costumbres morales de la época. Fue un gran defensor de los derechos civiles de la mujer y combinaba los escritos políticos con glosas del mundo de la moda o con columnas humorísticas. Después de 16 entregas, Benjamin confesó a su hermano la auténtica identidad de Silence Dogood y el periódico tomó un rumbo hacia la sátira y la polémica que iba a costar caro a sus dueños.

A principios del siglo XVIII, la viruela era un mal en pleno proceso de extensión por las tierras de Nueva Inglaterra. En Boston se hizo famosa una congregación de sacerdotes y laicos que hacían campañas callejeras a favor de la vacunación. James y Benjamin decidieron utilizar el tema para hacer un poco de sensacionalismo periodístico. Las columnas del primero en contra de los sermones de la congregación y defensoras de la idea de que la inoculación no servía para nada fueron aumentando de tono. Hasta que, en una de ellas, sus palabras superaron el límite del insulto y tuvo que pagar por ello con una condena a varias semanas de cárcel. Aquél fue el comienzo del fin para el *Courant* y para la pareja de hermanos. En 1723, Benjamin Franklin decidió marcharse de la ciudad. En aquella época, esa actitud estaba castigada como delito de huida. Franklin se había convertido en un forajido.

Sin una moneda en el bolsillo, perseguido por la justicia y sin negocio de imprenta, el joven llegó a Filadelfia, donde no sólo encontró una ciudad dispuesta a acogerle, sino que se topó con la que iba

a ser su gran amor: Deborah Read. Durante unos meses, Franklin se acomodó en la casa de la familia Read mientras empezaba de nuevo su vida como aprendiz en una imprenta. Fue gracias a sus habilidades en la confección de textos por lo que fue contratado por el gobernador de Pensilvania para realizar un viaje comercial a Londres. Si todo salía bien, Benjamin tendría su propio negocio. Dejó en Estados Unidos su trabajo, abandonó a la mujer con la que ya se había comprometido y partió para el que debería haber sido un viaje rápido a la capital británica. Pero las cosas se complicaron cuando Franklin, una vez instalado en Londres, dejó de recibir noticias del gobernador y comprendió que todo el negocio se había ido a pique. Para poder regresar, tuvo que trabajar durante meses en otra imprenta londinense. En ese período de tiempo, Deborah se había cansado de esperar y había contraído matrimonio con otro hombre.

Pero este hombre, con sangre de colono aventurero en las venas, no tuvo ni la menor tentación de venirse abajo. Ahorró lo suficiente para regresar a Filadelfia, creó un negocio propio, tuvo un hijo de una mujer desconocida al que llamó William y se casó con su amada Deborah, abandonada por su marido, en 1730. Superado el viaje por los infiernos, a Benjamin ya sólo le esperaba una vida de éxitos. Su pericia en el negocio de la impresión y la publicación le sirvió para poner en el mercado algunos productos como la *Pennsylvania Gazette* y los *Almanagues del pobre Richard*, que no tardaron en conquistar al público. El negocio iba como la espuma y crecía con innumerables franquicias en otras ciudades, al punto que, en 1749, Benjamin Franklin había ganado tanto dinero como para retirarse. Y así lo hizo: se dedicó a vivir de las rentas y a poner los primeros ladrillos de la que iba a ser su segunda vida: la vida de científico.

Franklin había sido siempre un amante de la sabiduría. Durante su estancia en Londres quedó impresionado por el grado de desarro-

llo de la ciencia y la tecnología europeas y por las transformaciones sociales que estaba provocando la revolución industrial. No es de extrañar que, desde los primeros ejemplares, el *Pennsylvania Gazette* contara con páginas dedicadas a opinar sobre asuntos científicos. Para colmo, uno de sus hijos, Francis, murió de viruela, y Benjamin, que se culpaba a sí mismo por haber llevado sus ideas políticas sobre la inoculación al extremo de no vacunar a su propio hijo, se obsesionó con estudiar todo lo que cayó en sus manos sobre la enfermedad. Cuando, a la madura edad de 43 años, llegó su plenitud económica, no tenía otra cosa que hacer que dedicarse a investigar.

Uno de los fenómenos naturales que más le llamaban la atención eran las tormentas eléctricas. En aquella época, su educación calvinista le sugería que los rayos y truenos no eran más que manifestaciones con las que Dios quería comunicarse con los impíos. Pero Franklin, que era un ferviente lector de obras de filosofía natural, pensaba que todo lo que acontece en el entorno debe responder a leyes inmutables y naturales. A pesar de que ello suponía enfrentarse con la visión religiosa del cosmos, incrustada en las mentes de sus contemporáneos, Benjamin se propuso explicar el mecanismo espontáneo de las tormentas y dar una razón científica a la existencia de la electricidad.

Para conocer mejor el desarrollo de las ideas de Franklin al respecto, no está de más hacer un repaso a cuál era el grado de conocimiento científico sobre la física de la energía eléctrica en aquella época. Desde que Tales de Mileto descubriera, en el siglo VI a. C., que el ámbar, al ser frotado, se magnetizaba y podía atraer a otros cuerpos de menor peso, poco se había avanzado en el estudio de esta propiedad que se consideraba cuasi mágica. Entre 1540 y 1603, vivió William Gilbert, que repitió los experimentos de Tales de Mileto con otros materiales como el vidrio, la resina y la sal. Estos traba-

jos permitieron apuntar la posibilidad de que la electricidad fuera una propiedad universal de todos los cuerpos.

Cuando Franklin se dispuso a vivir su dorado retiro, acunado por los brazos de la ciencia, Otto von Guericke ya debía de estar trabajando en la invención de la primera máquina generadora de energía por rotación que cuajó en 1762 y en sus estudios eléctricos y magnéticos sobre el vacío (empresa en la que también trabaja Robert Boyle). Los logros de los científicos de la época, como Gray, permitían intuir que la electricidad es un fenómeno que se puede conducir a través de un cuerpo y que hay objetos que conducen con más facilidad que otros. Pero todavía no se había llegado a la concepción de la electricidad como un fluido. El francés Francois Listernay du Fay (1698-1739) había llegado incluso a definir dos tipos de electricidad; una, que llamó electricidad vítrea, tenía la propiedad de que los cuerpos cargados con ella repelían a todos los demás cargados de igual modo y atraían a los cargados con el segundo tipo de electricidad, llamada resinosa.

Como puede apreciarse, la imprecisión de los tratados sobre física de la energía eléctrica de la época era soberana. No sólo se carecía de una nomenclatura sencilla y universal, no sólo se desconocía la auténtica estructura de aquel fenómeno y sus causas, sino que los experimentos utilizados para teorizar sobre el asunto eran rudimentarios y poco prácticos. En este contexto, Franklin se atrevió a poner sus recursos en juego con la intención de diseccionar definitivamente a la esquiva electricidad. Para empezar, le pidió a su amigo londinense, Peter Collinson, miembro de la Real Sociedad Británica, un juego de instrumentos utilizado en la época para experimentar con pequeñas descargas eléctricas. Consistía en una probeta de cristal que se frotaba con seda hasta lograr pequeñas cantidades de electricidad estática que podían ser utilizadas en experimentos sencillos.

Aquel aparato le sirvió para familiarizarse con la electricidad, aunque su principal empeño siempre había sido descubrir de dónde procedían los rayos y los relámpagos durante las tormentas y, sobre todo, dar con algún sistema que permitiera prevenir la gran cantidad de incendios que se producían por culpa del impacto de un rayo. Franklin conocía lo que él llamaba el «maravilloso efecto de los cuerpos puntiagudos», es decir, la capacidad de los objetos largos acabados en punta de conducir la electricidad y canalizarla. Valiéndose de estos conocimientos, el sagaz investigador fabricó una cometa con un cable metálico en su cúspide. Al final del hilo de la cometa, ató una llave de metal con una cinta de seda. Esperó a que llegara una tarde de tormenta y salió al campo con tal artilugio junto con su hijo William que, entonces, tenía 21 años de edad. Repitió la prueba una y otra vez hasta que un día, en pleno año 1752, un rayo azotó la punta de la cometa, la electricidad viajó por la tela y el hilo, y azotó la llave del extremo. Aquel experimento fue todo un milagro; no sólo porque iba a modificar el modo en el que los seres humanos interpretarían el fenómeno eléctrico a partir de entonces, sino porque Franklin y su hijo salieron ilesos de él. Hoy, cuando ya conocemos las propiedades de la electricidad y la potencia de las descargas en una tormenta, a nadie se le ocurriría atraer un rayo hacia sí mismo con una llave de metal en la mano. Pero Franklin ignoraba el peligro que corría y, de haberlo conocido, tal vez le habría dado igual. De hecho no iba a ser la última vez que el inventor de Boston se jugara la vida en el transcurso de sus investigaciones. Poco después, durante una Navidad, estuvo a punto de achicharrarse al intentar matar a un pavo mediante una descarga eléctrica.

Lo cierto es que sus investigaciones lo hicieron famoso. Todos los días legiones de curiosos que querían conocer de cerca al hombre que había dominado a los rayos rodeaban su casa. Y él, lejos de dejarse llevar por el afán de notoriedad o por la tentación del espectá-



culo, se dedicó a conferir a su trabajo rango científico: la electricidad había pasado de ser un objeto de misterio, o una mera curiosidad, a un asunto de investigación científica seria.

Fruto de ese trabajo surgieron sus teorías revolucionarias sobre la electricidad como fluido. Él fue el primero en intuir que existen cargas eléctricas positivas y negativas y algunos de los términos que hoy empleamos, como «batería» o «carga», fueron empleados por primera vez en sus obras. Incluso fue pionero en la formulación de la teoría de los electrones cuando sugirió la existencia de partículas más pequeñas que los átomos responsables de la carga eléctrica. Casi todos los fenómenos eléctricos conocidos en su época podían ser explicados por las teorías de Franklin. Sus esfuerzos fueron recompensados con grados honoríficos en las universidades de Yale y Harvard y con la medalla de oro de la Real Sociedad Británica en 1753, y su final inclusión como miembro de la misma tres años después. Hay que tener en cuenta que la docta institución no había sido partidaria hasta entonces de otorgar tales honores a ningún ciudadano de las colonias y que Franklin carecía de formación académica, aspectos ambos que confieren más valor a los logros del bostoniano.

A pesar de todo, Franklin continuó siendo un hombre de talante modesto, incluso se negó a patentar su pararrayos como un invento propio y a ganar dinero con él. Más allá de la electricidad, se dedicó a otros asuntos del saber: estudió el clima y elaboró teorías para predecir el movimiento de los sistemas tormentosos, definió algunas corrientes marinas, se adentró en la medicina y diseñó el primer prototipo de un catéter. Además, se dedicó a financiar todo tipo de experimentos relacionados con la agricultura. Incluso inventó un fascinante instrumento musical, la armónica de cristal, que tuvo cierta importancia en el panorama artístico de la época.

La figura política de Franklin como hombre de Estado en plena formación de los Estados Unidos pudo eclipsar de algún modo sus virtudes como científico. El nombre de Benjamin Franklin quedó unido, de todos modos, para siempre a la electricidad y, gracias a él, otros científicos que le sucedieron pudieron demostrar definitivamente que aquella propiedad del ámbar que descubrió Tales de Mileto no era, ni mucho menos, un fenómeno mágico.

## ALESSANDRO VOLTA (1745-1827): EMPAQUETANDO LA ENERGÍA

*UNA DE LAS MAYORES virtudes que adornaron la inteligencia de Alessandro Volta fue la incredulidad. Nunca se sintió satisfecho con las ideas que algunos de sus contemporáneos vertían sobre el origen y la naturaleza del fenómeno eléctrico. Por eso, no descansó hasta encontrar una explicación sencilla y satisfactoria que sentara las bases de buena parte de nuestro conocimiento actual sobre la materia. En el transcurso de sus indagaciones, para colmo, nos regaló un bellissimo invento: la primera pila eléctrica.*

*Existe una extraña tendencia de los biógrafos a presentar la infancia de los genios como una sucesión de desatinos. Los primeros años de las mentes más prodigiosas suelen pintarse como si fueran niños problemáticos, inadaptados, poco duchos para el estudio; se rastrea en la historia en busca de aquella anécdota que permita decir que tal inventor era malísimo con las manualidades o que ese otro físico suspendió varias veces en Matemáticas. En la mayoría de las ocasiones, no se tienen en cuenta las peculiaridades de un cerebro creativo; se olvida que un niño superdotado suele tener un mal rendimiento en la escuela y que, sobre todo en siglos pasados, el sistema educativo no era tan sensible como para permitir el desarrollo natural de inteligencias especiales.*

*Sea como fuere, lo cierto es que las biografías de los científicos están llenas de casos como el de Alessandro Volta, uno de los hombres que más*

*ha hecho por el conocimiento y disfrute de la energía eléctrica y que, sin embargo, durante sus primeros años de vida llegó a convencer a sus padres de que era un retrasado.*

Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta nació el 18 de febrero de 1745 en la localidad de Como. Su familia pertenecía a la aristocracia lombarda y estaba íntimamente unida a las autoridades eclesiásticas. Su padre, Filippo, había sido miembro de la Compañía de Jesús y presionó para que todos sus hijos se ordenaran sacerdotes, excepto el pequeño Alessandro, que tenía siete años cuando el progenitor murió. Hasta esa edad, el niño había sido una fuente de preocupaciones para su familia. Hasta los cuatro años no aprendió a hablar, y mostraba un comportamiento retraído y esquivo. Para cuando aconteció la muerte de su padre, Alessandro ya había recuperado parte del tiempo perdido y presentaba un rendimiento escolar similar al de cualquier niño de su edad.

Los orígenes aristocráticos de la familia y el gusto por las humanidades que siempre habían expresado los Volta de Lombardía condujeron al pequeño, ya con 13 años, a recibir una educación de letras clásicas en la Escuela de Retórica de los Jesuitas de Como. Allí aprendió latín y filosofía, se adentró en el mundo de la poesía, recibió el influjo de las obras de Virgilio y Tasso y fue tentado una y otra vez por sus maestros para hacerse sacerdote y por uno de sus tíos para que estudiara leyes.

Pero en las cercanías de 1760, había un tema de actualidad que llamaba mucho más la atención de un joven como él que los hábitos y las togas: la electricidad. Desde América llegaban los ecos de los experimentos de Franklin sobre el poder eléctrico de los rayos que, sin duda, debían fascinar a un muchacho intelectualmente inquieto

como era Volta. Mucho más cerca de su Lombardía natal, el anatómista italiano Luigi Galvani intentaba por aquellas fechas aplicar las ideas de Franklin al cuerpo de los animales. Había observado que una descarga eléctrica inducida en las patas de una rana muerta provocaba que sus músculos se contrajeran. Los experimentos de Galvani eran tremendamente espectaculares: colgaba de las patas a unas cuantas ranas atadas al metal de una reja y esperaba a que una tormenta dejara algún tipo de descarga que pudieran absorber los mancillados cuerpos de los batracios. Su intención era comprobar el efecto de la electricidad y descubrir la fuente última de la misma, ya que estaba convencido, erróneamente, de que aquella energía que movía los músculos inertes de sus animales de experimentación procedía del interior de los propios músculos. Volta quedó fascinado por estos y otros estudios relacionados con la materia y, a la edad de quince años, decidió definitivamente que iba a dedicarse al estudio de la Física.

Alessandro no tenía estudios universitarios, pero le sobraba iniciativa y vocación. En 1763, con 18 años, ya se había carteadado con algunos de los científicos más prestigiosos del momento. Entre ellos, se encontraba Giulio Cesare Gattoni (1741-1809), experto en física y amante de las ciencias naturales, que poseía un laboratorio particular donde Volta pudo realizar todo tipo de experimentos con electricidad.

La puesta de largo del joven en el mundo de la ciencia no llegaría, sin embargo, hasta 1769. En concreto, el 18 de abril de aquel año apareció publicado un pequeño tratado firmado por él bajo el título de *De vi attractiva ignis electrici ac phaenominis inde pendentibus* («Sobre la fuerza de atracción del fuego eléctrico»). En realidad, se trata de un esfuerzo retórico de componer una teoría unificadora de todos los fenómenos eléctricos conocidos hasta entonces sobre las

bases de una interacción universal de fuerzas de atracción. Su valor científico no es espectacular, pero constituye un vivo ejemplo de hasta qué punto su autor estaba interesado en descender hasta el terreno íntimo de las leyes naturales, encontrando fenómenos universales relacionados con la electricidad. Dos años más tarde, publica una ampliación de sus ideas en forma de disertación epistolar titulada *Novus ac simplicissimus electricorum tentaminum apparatus*.

No obstante, Alessandro sabía que sus aportaciones no iban a causar estupor en la sociedad científica del momento. Su educación le imponía el latín como lengua de comunicación de las ideas, pero esa ya no era, ni mucho menos, la *lingua franca* de la comunidad científica europea. Alejado de las capitales intelectuales del momento (Londres y París) y obstaculizado por el uso de un idioma que no era el común en los foros de pensadores, Volta se esforzó por conseguir para sus trabajos la repercusión internacional que él creía que merecían. Y una de las personas que iban a ayudarlo fue el químico Joseph Priestley, que en 1774 había conseguido separar el oxígeno, descubriendo así este elemento para el mundo de la ciencia. Alessandro se carteo profusamente con Priestley y aquello le sirvió para darse a conocer en los círculos que a él realmente le interesaban, como la Real Sociedad de Londres o la Real Academia de las Ciencias de París. Por eso, cuando en 1775 el italiano fabricó su primer electróforo, uno de los privilegiados que recibieron la noticia de primera mano fue el propio Priestley.

Tratando de profundizar en las teorías que había expuesto en sus dos obras, Volta construyó un instrumento que producía electricidad sin necesidad de frotar constantemente, tal y como requerían las máquinas electrostáticas de la época. Al aparato lo llamo electróforo perpetuo, y pronto logró cierta popularidad en los laboratorios de toda Europa. Básicamente consistía en la utilización de un material

aislante sobre un plato de metal que era previamente cargado frotando sobre él con piel de gato u otro tejido similar. Volta situó otro plato metálico encima con un asa de material aislante. De ese modo, el conjunto cargado eléctricamente podía trasladarse usando el asa sin producir una descarga. Los platos se separaban y podían transmitir su carga a otro instrumento de laboratorio, como una jarra de Lyeden, por ejemplo. Este tipo de botellas que portaban en su interior una fina hoja de material conductivo, se empleaba en las investigaciones de la época para realizar experimentos eléctricos.

Durante los siguientes años, Volta se destapó como un auténtico relaciones públicas, un hombre moderno y viajero, capaz de entablar conversaciones interesantes con personalidades como Lavoisier, Laplace o Scarpa, de mantener el tipo dialogando no sólo sobre electricidad, sino también sobre meteorología, calorimetría y química de gases. Aquellas disciplinas eran, sin duda, lo más atractivo del momento. Hablar de gases o de rayos de tormenta suponía para la intelectualidad de la época el mismo estímulo que hoy genera conversar sobre genética, informática o cosmología... Y Volta era capaz de hacerlo con soltura. No sólo eso, sino que su curiosidad le llevó a realizar algunos descubrimientos interesantes. Una tarde de verano de 1776, mientras navegaba por el Lago Maggiore cerca de la localidad de Angera, el remo de su barca quedó atascado en los lodos del fondo pantanoso. Al tratar de sacarlo, descubrió que aparecían unas burbujas ascendiendo desde el lodazal. Recogió algunas muestras de ese gas y descubrió que era inflamable. Lo denominó «aire inflamable de los pantanos», al que hoy conocemos como metano.

Su peripecia científica lo obligó a dividir su tiempo entre el estudio de los gases y las investigaciones con electricidad. El invento del electróforo fue una noticia que corrió como la pólvora por toda Europa y convirtió a su autor en un afamado científico. Volta comen-

zó a pensar en un nuevo concepto para definir al fenómeno eléctrico, que denominó «tensión». Intuyó que, del mismo modo que se expanden los gases, el fluido eléctrico también tiene una tendencia a ocupar espacios cada vez mayores, y así se lo explicó a Saussure en una carta enviada el 20 de agosto de 1778.

Pero, sin duda, el asunto que más le preocupaba por entonces era el estudio de los fenómenos que Galvani había descubierto en sus investigaciones con ranas. Repitió una y otra vez los experimentos de su compatriota y mantuvo una feroz controversia con él. Al contrario que Galvani, Volta no pensaba que el origen de la electricidad que hacía contraerse a los músculos del animal muerto fuera el propio organismo natural. Más bien, pensaba, la descarga procedía de los metales en los que el batracio era colgado. Las ranas no originaban fluido eléctrico, simplemente eran unos detectores muy sensibles del mismo. Gracias a su intuición, pudo establecer por primera vez de manera científica que el fenómeno de «corriente eléctrica» estaba relacionado con las reacciones químicas de los materiales por los que pasaba la electricidad y que ciertos tipos de metal eran más eficaces que otros en el tránsito de la corriente. La sucesión de publicaciones sobre el tema permitieron formular una nueva explicación al fenómeno eléctrico, que primero fue definida como «electricidad metálica» y luego sirvió para dividir a la comunidad científica entre los partidarios de Volta y los seguidores de Galvani.

Poco a poco, Alessandro ganaba adeptos, y sus teorías terminaron por ser reconocidas con la Medalla Copley de la Real Sociedad de Londres, algo así como el actual Premio Nobel. Pero aún quedaba lo mejor. En 1800, Volta presentó al mundo su nuevo invento: el «órgano eléctrico artificial», que consistía en una sucesión de treinta discos de cinc y cobre apilados, separados alternativamente por trapos húmedos. Cuando unía los extremos de la columna mediante un



hilo conductor, al cerrarse el circuito, obtenía una corriente eléctrica. Había inventado la primera pila eléctrica de la historia.

Pronto su invento, que, además de un artefacto de múltiples aplicaciones prácticas, suponía un modelo experimental que confirmaba sus teorías sobre la electricidad artificial, causó sensación. La línea de investigación de su competidor, Galvani, derivaría en la electrofisiología y en los conocimientos biológicos del funcionamiento interno de los tejidos y células. Pero la aportación de Volta iba a transformar el mundo de la energía. El inventor de Como recibió todos los honores imaginables: fue premiado por las instituciones científicas más importantes, se le otorgó el título nobiliario de Conde y el mismísimo Napoleón le concedió en 1805 la categoría de Caballero de la Legión de Honor.

Posiblemente el éxito lo superara. Después de la invención de la pila, abandonó la investigación para dedicarse plenamente a su labor docente y a satisfacer las esclavitudes sociales propias de su nueva condición de noble y famoso. La mayoría de los cargos que ocupó desde entonces eran honoríficos o políticos, por lo que no tenía tiempo para dedicarse a la práctica de la ciencia. Pero el mayor de los premios que pudo recibir no llegó de manos de reyes, aristócratas o ministros. Fueron sus propios colegas los que le concedieron el honor de pasar para siempre a la historia de la ciencia uniendo su nombre a un concepto universal: la unidad de potencial eléctrico o fuerza electromotriz se denomina Voltio en su honor.

El conde Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta murió en Camnago, el 5 de marzo de 1827.

## ANDRÉ MARIE AMPÈRE (1775-1836): EL VALOR DE SABER DE TODO

*SI HOY utilizamos con naturalidad términos como el de «corriente eléctrica» es gracias, entre otras cosas, al trabajo de André Marie Ampère. Autodidacta, conocedor de docenas de materias científicas y poseedor de una fuerza moral inconmensurable que le sirvió para afrontar sus tremendas desgracias personales, Ampère creía férreamente en la fuerza de la experiencia como fuente de conocimiento. Por eso, todos sus trabajos fueron fruto de una tarea creativa y constante dedicada a imaginar experimentos cada vez más ingeniosos y útiles para el desarrollo de sus teorías.*

*Su nombre aflora cada vez que se trata de medir la intensidad de una corriente eléctrica. La unidad de medida para tal fin es el amperio. Tras esa nomenclatura, se puede encontrar la apasionante personalidad de André Marie Ampère, uno de los fundadores del electromagnetismo, un hombre que tuvo que vivir preso de su biografía, siempre recordando la figura de su padre guillotinado, siempre luchando por mantener la fe cristiana en un mundo de incipiente materialismo científico, siempre impulsado por su hiperactividad y por el prodigioso trabajo de sus neuronas, que le permitieron dominar las matemáticas como ningún otro de sus contemporáneos. Uno de sus hijos dejó escrito que André Marie vivió obsesionado con la verdad y nunca se contentaba con las aproximaciones. Pero, en el fondo, debió de creer que la verdad era inalcanzable me-*

*diante el método científico y, a pesar de haber dado al mundo una de las leyes físicas más importantes, la ley de Ampère, siempre dejó un resquicio en sus escritos para el misterio, siempre creyó que en el corazón de la naturaleza debía latir el espíritu de su creador sobrenatural, imposible de reducir a fórmulas matemáticas.*

Este hombre ilustrado y genial nació en Lyon el 20 de enero de 1775. Su padre era un profesional acomodado que poseía dos casas (la de Lyon y otra en la cercana localidad de Poleymieux) y gozaba de suficiente tiempo libre como para dedicarse a la educación de André. Las notas autobiográficas que el propio Ampère nos legó hacen mención a la relación estrecha que mantuvo con su padre durante aquellos primeros y despreocupados años de la infancia. El siguiente párrafo es un extracto de su autobiografía, en la que André Marie se refiere a sí mismo en tercera persona:

Su padre, que nunca cesó de cultivarse en el estudio de la literatura francesa y latina, así como en varias disciplinas de la ciencia, le educó por su cuenta en una casa de campo cerca de la ciudad donde nació. Nunca le exigió que estudiara nada en concreto, pero supo cómo inspirarle el gusto por saber. Antes de aprender a leer, la mayor fuente de placer del joven Ampère consistía en escuchar pasajes de la Historia Natural de Buffon.

Aquella educación libre, humanística y estimulante al modo que se dictaba en el *Emilio* de Rousseau (1762), formaba parte de la ideología de un hombre ilustrado y moderno como Jean Jacques Ampère, el padre de André, que aplicó en su propia familia las ideas rousseauianas del desarrollo infantil y del intelecto humano. No es de extrañar, pues, que en ese entorno las lecturas más reconfortantes del pequeño fueran los artículos de la Enciclopedia que, según algunos testimonios,

desgranaba uno tras otro por orden alfabético, desde el primer volumen en adelante, sin discriminar materias, gustos o afinidades.

Al parecer, el estímulo educativo de la familia Ampère fue eficaz. Así lo demuestra el hecho de que, a la edad de 13 años, el pequeño fuera capaz de remitir su primer artículo científico a la Academia de Lyon. En él, trataba de resolver el problema de trazar una línea recta con la misma longitud que un arco. El trabajo no fue publicado, entre otras cosas porque Ampère había trabajado «a ciegas», sin haber estudiado todavía suficientes nociones de cálculo. Pero su osadía le permitió granjearse cierta fama entre los académicos y quizás de aquella anécdota proceda la creencia, totalmente errónea, de que Ampère era una especie de Mozart de las matemáticas, un niño prodigio que a los 12 años ya dominaba todas las herramientas de la ciencia matemática de la época. No era cierto, aunque no tardó en hacerse un experto en la materia.

Pero a aquel joven de prodigiosa memoria y vida relajada le había tocado vivir uno de los momentos más turbios de la historia de su país, y el destino le tenía deparado un cambio repentino en su devenir, una tragedia que marcaría para siempre su biografía. Cuando ya habían pasado dos años desde la toma de la Bastilla y el estallido definitivo de la Revolución Francesa, Jean Jacques Ampère aceptó el cargo de Juez de Paz en Lyon. Era un hombre afín a las ideas revolucionarias, pero observaba con justa distancia los aspectos más duros de la política del terror que empezaba a imponerse desde París. Con habilidad y valentía, mantuvo la localidad de Lyon alejada del baño de sangre inicial, pero su apuesta estaba condenada al fracaso. En 1793 murió guillotinado, no sin antes escribir una carta a su esposa donde se mostraba pletórico de entereza y dignidad: «Perdono a todos los que se regocijan de mi muerte, a quienes la provocaron y a quienes la ordenaron».

El acontecimiento produjo un cambio brusco en el comportamiento de André Marie. Por aquel entonces, se encontraba estudiando las obras de Lagrange y disfrutaba sumergiéndose en cuantos libros de cálculo caían en sus manos. Los tratados de Euler eran compañeros habituales de viaje y dedicaba al cultivo personal todas las horas que podía. Pero la muerte de su padre le sumió en la más triste de las inactividades. Durante un año y medio se recluyó en casa sin tocar un solo libro y, luego, poco a poco, fue acudiendo a la biblioteca para hojear tratados de botánica, libros de literatura, obras de poetas clásicos... Nada de ciencia.

Pudo ser el paso del tiempo o, quizás, el encuentro con Julie Carron, la mujer con la que iba a casarse más tarde, lo que hizo que Ampère retornara a los estudios a partir de 1796. Fuera lo que fuese, para el año 1799 André estaba casado y daba clases de matemáticas, química e idiomas en Lyon. Su primera obra relevante fue *La teoría matemática del juego*, publicada en 1802. En ella, realizaba una serie de ingeniosas consideraciones sobre el cálculo de probabilidades y el juego de azar. Aquel trabajo, que editó una y otra vez con sucesivas correcciones, le sirvió para introducirse en el Liceo de Lyon y promocionarse como profesor de matemáticas de élite.

La ciencia matemática es una disciplina absorbente. Ampère dedicaba toda su vida a sus teoremas, a sus cálculos y a sus clases. Apenas tenía tiempo para cuidar de su mujer, Julie, cuya salud era muy delicada. De hecho, el contacto con ella era frío y distante y ni siquiera llegó a percibir que se estaba muriendo poco a poco. Aun así, tuvieron dos hijos. Al varón lo bautizaron con el nombre de Jean-Jacques, en memoria de su abuelo paterno. Inmerso en la actividad científica, tuvo que afrontar una segunda tragedia cuando, en julio de 1803, Julie dejó este mundo. Agobiado por el sentimiento de culpa, Ampère decidió salir de Lyon y mudarse a París, quizás en busca de nuevos aires.

La capital iba a enfrentarlo a un nuevo panorama científico en el seno de la Escuela Politécnica; iba a darle la oportunidad de conocer a los personajes más ambiciosos, brillantes y puestos al día del panorama investigador francés; y le iba a abrir el abanico de posibilidades para investigar. Allí, Ampère se dedicó a una increíble variedad de temas, desde la matemática a la química pasando por la metafísica y la física experimental. Influidado por su educación infantil al amparo de la Enciclopedia, se obsesionó con la clasificación de casi todo cuanto le rodeaba. Desarrolló una nueva clasificación para las ecuaciones diferenciales, y gracias a ello fue seleccionado para ocupar una plaza en el Instituto Nacional de las Ciencias en 1814.

En ese mismo año, mostró sus conocimientos de química al enviar una carta a Berthollet en la que desarrollaba su propia hipótesis, según la cual, a igualdad de temperatura, presión y volumen, los gases tienen el mismo número de moléculas. Por desgracia para él, esa misma ley había sido ya establecida previamente por Avogadro, sin conocimiento de Ampère. La ley de Avogadro es uno de los pilares de la química moderna, pero bien podría haber pasado a la historia con el nombre del matemático francés, de haberle surgido la inspiración unos años antes.

Sin duda, el momento estelar de la carrera de este hombre perseguido por la mala suerte personal, encumbrado en la fama académica y espoleado por sus férreas creencias religiosas fue la lectura de los trabajos experimentales del físico danés Hans Christian Oersted (1777-1851). Este investigador fue el primero en demostrar que la electricidad y el magnetismo, conceptos que hasta entonces se consideraban ajenos, podían ser aspectos diferentes de un mismo fenómeno. Tras largos años dedicados al estudio teórico de ambas fuerzas, vio por casualidad cómo, en el transcurso de una conferencia, una aguja imantada se movía al paso de una corriente eléctrica por un

hilo metálico muy cercano. De ese modo, el danés demostró que un fenómeno magnético puede ser inducido por uno eléctrico.

Ampère quedó impresionado por estas noticias y se propuso elaborar una teoría que permitiese explicar la electricidad y el magnetismo de forma unificada. Sorprendentemente, esta teoría había aflorado en su mente sólo unas semanas después de haber conocido la experiencia de Oersted. El 6 de noviembre de 1820 dictó una conferencia en la Academia de Ciencias en la que describía parte de su idea sobre las que él llamó fuerzas electrodinámicas, y un mes después explicó en el mismo foro el principio de simetría.

Aquellos años fueron de gran efervescencia en la materia. Poisson se centraba en sus trabajos teóricos sobre el magnetismo como fenómeno aislado, Biot y su asistente Savart diseñaban la Ley Biot-Savart, que relacionaba los campos magnéticos con las corrientes que los generan, y Arago se convertía en correa de transmisión y gran divulgador de buena parte de estos avances.

En 1826, Ampère produjo su obra más importante: *Memoria de la teoría matemática sobre fenómenos electrodinámicos, deducida únicamente de la experiencia*. En ella no sólo completó sus aportaciones anteriores, sino que puso en práctica algunos experimentos que servían para demostrarlas.

Sus trabajos se convirtieron en un catalizador clave de los avances en materia de electricidad y magnetismo durante el siglo XIX. En 1831, Faraday descubría la inducción electromagnética. En realidad, se basaba en parte de las teorías de Ampère e, incluso, éste llegó a entablar una cierta polémica con Faraday, ya que consideraba que la inducción era un descubrimiento suyo. En muchas ocasiones, resulta difícil discernir qué parte de un avance de la ciencia pertenece a la genialidad de un personaje y cuál es exclusiva creación de otro. En este caso, el propio

Ampère terminó reconociendo que Faraday había resuelto el problema teórico mucho más satisfactoriamente y debía pasar a la historia como el padre de la inducción electromagnética con todos los honores.

La vida del científico francés transcurrió, desde entonces, por los mismos derroteros que había seguido hasta la fecha, es decir, hubo de compensar con las mieles del éxito académico los sinsabores que la biografía personal le iba sirviendo sin descanso. Las relaciones con su hijo Jean Jacques fueron de mal en peor y causaron numerosas frustraciones al padre. Con su hija, las cosas no iban a ser más agradables. Casada con un teniente alcohólico vio cómo su matrimonio se arruinaba en presencia de un André Marie que, en su intento por ayudar a su retoño, llegó a convivir con la pareja en medio de la tormenta de agresiones, discusiones, intervenciones policiales y abandonos.

La muerte le sobrevino en Marsella el 10 de junio de 1836. Hasta ese momento, no dejó ni un solo instante de leer y estudiar. No perdió un ápice de su memoria, de su capacidad deductiva y de su comportamiento sencillo, quizás incluso simple, que a los que lo rodeaban se les antojaba ciertamente infantil. A lo largo de sus decenas de obras, de su correspondencia y de sus notas autobiográficas inacabadas, es posible reconstruir la personalidad de un ser íntimamente feliz al que la vida obligó a soportar las peores desgracias. El entusiasmo de su mente científica quedó anclado en la dulce infancia de Poleymieux, cuando leía ensayos de historia natural sobre el hombre estimulante de su padre. Nunca desapareció de ella la curiosidad y el deseo de saber. Pero su mente social fue cicatrizando a base de pérdidas personales, de muerte, abandono y tristeza. Refugiado en sus estudios y en su religión es posible que los que lo rodeaban no vieran en él más que a un sabio despistado y poco sociable; un hombre complejo al que debemos términos como «corriente eléctrica», «tensión» o «electroimán».



## MICHAEL FARADAY (1791-1867): DE LA CHISPA AL IMPULSO CONTINUO

*EL USO de la electricidad es un privilegio. La humanidad ha tenido acceso a él gracias al trabajo teórico de mentes eminentísimas, pero también gracias a la labor de sabios que supieron encontrar la aplicación práctica a los conocimientos que otros desgranaban. Uno de los más destacados en este terreno fue Michael Faraday. Su habilidad con la experimentación lo llevó a descubrir el primer método para producir inducción electromagnética. Gracias a ello, se pudo empezar a pensar en la creación, distribución y almacenamiento de esta energía a gran escala.*

*Hubo un momento en la historia en el que la ciencia dejó de ser un arcano, una especie de territorio vedado sólo a los sabios del momento, y se convirtió en un tesoro del que podía beneficiarse la humanidad entera. Ese momento no es espontáneo; es, más bien, un rosario de sucesos, una continuidad de acontecimientos que fueron convirtiendo a las viejas disquisiciones de la filosofía natural en los avances científicos que iban a transformar el mundo. El conocimiento de la naturaleza se deshacía poco a poco de su cariz filosófico y teórico, nacía la ciencia moderna, tal y como hoy la entendemos: experimental, comunicada, refutable, práctica.*

*Quizás uno de los hitos en este proceso sea la figura de Michael Faraday, a quien algunos consideran el mejor físico de la historia, sólo su-*

*perado por Einstein y Newton y que, sin duda, fue uno de los primeros científicos con mentalidad moderna: un excelente experimentalista, un incansable lector y un gran comunicador. Su aportación al mundo de la energía no pudo ser más decisiva; sencillamente hizo que la electricidad dejara de ser un objeto de curiosidad científica para convertirse en una poderosa herramienta tecnológica que se puede generar, transportar, almacenar y usar.*

*Como la de tantos otros científicos eminentes, la carrera de Michael Faraday recibió su pistoletazo de salida merced a una casualidad. El entonces joven aspirante a científico tuvo su primera oportunidad en un laboratorio, porque hubo de cubrir la plaza de un antecesor, expulsado por haber participado en una tumultuosa pelea con un colega. No era la primera vez que el azar se aliaba con él.*

Michael Faraday nació en Newington Butts, área londinense hoy conocida como Elephant and Castle, el 22 de septiembre de 1791. Su padre, James, miembro de una secta presbiteriana de los sandemanianos (seguidores de Robert Sandeman, también conocidos como glasitas), había llegado a Londres, en los años ochenta, procedente del Norte de Inglaterra. Durante la infancia de Michael, le ofreció una educación modesta basada en las mínimas nociones de aritmética, lectura y escritura.

Nada hacía pensar que Faraday Jr, fuera a convertirse en científico, hasta que a la edad de 14 años encontró trabajo como ayudante en un encuadernador. Allí pronto empezó a dar muestras de una voracidad inusual para leer cualquier libro de ciencia que caía en sus manos. Estudiaba química y física, se llevaba a casa los tratados de medicina y se leyó todas las entradas de la *Encyclopaedia Britannica* que tenían que ver con el saber científico.

En 1810, tomó la decisión de inscribirse en la Sociedad Filosófica Municipal, donde podía asistir a conferencias de científicos prestigiosos. Para aquel entonces, ya había realizado algunos experimentos sencillos de química en casa e, incluso, había sido capaz de fabricar su propia máquina electrostática. En su nuevo club de amantes de la ciencia recibió cuatro entradas para las últimas cuatro charlas que iba a dar en la Royal Institution de Londres un eminente investigador. El conferenciante era el famoso químico Humphry Davy, descubridor, entre otras cosas, de los metales alcalinos y gran impulsor del método de la electrólisis. Michael tomó nota de todo cuanto oyó decir a Davy y, ni corto ni perezoso, se atrevió a realizar una reseña de las conferencias, ampliar algunas ideas y mandarle el texto al propio conferenciante.

Es cierto que éste quedó impresionado por la calidad de las anotaciones de Faraday, pero en ese momento carecía de cualquier posibilidad de ofrecerle algún puesto cercano a la investigación, tal como era la intención del proactivo oyente de sus charlas. Sin embargo, la iniciativa no iba a caer en saco roto. Davy sufrió un accidente de laboratorio que le limitó la visión durante un tiempo. Necesitaba a alguien que le sirviera de ayudante en sus trabajos de investigación... Y se acordó del joven que le había enviado tan amable y doctamente aquellas glosas de su trabajo. Desde ese instante Michael Faraday ocupó su primer empleo como científico, compaginando sus tareas de laboratorio con el trabajo de encuadernador.

Fue en 1812 cuando tuvo lugar su segundo golpe de suerte, la pelea entre dos miembros de la Royal Institution, un ayudante de químico y un fabricante de instrumentos musicales. El primero fue expulsado de la institución y Davy fue encargado de elegir un sustituto. Por supuesto, pensó en su amigo Faraday que, de ese modo, obtuvo plaza en el círculo de científicos más influyente de Inglaterra.

Comenzó así su preparación académica como científico, que iba a completarse con un sonado viaje por media Europa. De nuevo sin mentor, Humphrey Davy le propuso realizar un *tour* científico por el Continente junto a su esposa Jane. El chico iba a ser un investigador asistente a ojos de sus colegas, pero pasaba por un criado a ojos de la circunspecta Jane. Aunque Davy siempre terció en el asunto, las tensiones y discusiones entre Michael y la esposa de su mentor eran frecuentes. Aquello no impidió que, durante 2 años, el joven tuviera la oportunidad de conocer a los mejores expertos en electroquímica en París, a Alessandro Volta en Italia, a De La Rives en Suiza y a numerosas personalidades alemanas y belgas.

En 1815, dos acontecimientos iban a poner final brusco a la aventura cuando los viajeros ya se preparaban para visitar Turquía y Grecia: el primero fue el aumento insostenible de las discusiones entre Michael y Jane Davy; el segundo, las noticias de que Napoleón había escapado de la isla de Elba. El propio Bonaparte había firmado el salvoconducto con el que viajaba Davy y su séquito y la situación política hacía más recomendable regresar a Inglaterra.

De vuelta a casa, Faraday siguió mejorando sus conocimientos de química hasta que, en 1821, realizó su primer gran hallazgo. James Clerk Maxwell, el eminentísimo físico escocés que gozó de la amistad de Faraday, se encargó de describir para la novena edición de la *Encyclopaedia Britannica* en qué consistía el descubrimiento. Éstas son las palabras de Maxwell en versión del historiador de la ciencia José Sánchez Ron:

El primer descubrimiento notable de Faraday fue la producción de la rotación continua, en torno a ellos mismos, de imanes y de hilos que conducen corriente eléctrica. Las consecuencias de las investigaciones de Oersted [el descubrimiento del electromagnetismo en 1820] estaban siendo todavía exploradas en 1821, de una forma en cierto

modo confusa, por los principales hombres de ciencia. De hecho, el Dr. Wollaston había sostenido que él podría lograr que el hilo conductor rotase sobre su propio eje y, en abril de 1821, llegó con Sir H. Davy al laboratorio de la Royal Institution para realizar un experimento. Faraday no estaba allí en aquella ocasión, pero al llegar después, oyó la conversación sobre la esperada rotación del hilo.

Durante julio, agosto y septiembre de aquel año, a petición del Dr. Phillips, el editor de *Annals of Philosophy*, Faraday escribió para esta revista un esbozo histórico del electromagnetismo y repitió casi todos los experimentos que describía. Esto le llevo, a principios de septiembre, al método de producir la rotación continua del hilo alrededor del imán y del imán alrededor del hilo. Lamentablemente, no tuvo éxito intentando que el hilo y el imán se revolvieran sobre su propio eje.

Lo que había conseguido Michael Faraday no era otra cosa que la manera de provocar, por primera vez, rotación electromagnética, un principio básico para el funcionamiento de los motores eléctricos. Aquel 1821 fue un año importante para la ciencia y, sin duda, para él, ya que logró el puesto de superintendente de la Royal Institution y se casó con Sarah Barnard, sandemaniana como él.

En los años siguientes, Faraday se dedicó a investigaciones más afines al mundo de la química que de la física de la electricidad. Tuvo ocasión de demostrar que el cloro se puede licuar, obtuvo el primer cloruro de carbono y descubrió lo que hoy llamamos benceno. Este último es un avance fundamental para la historia de la química, puesto que el estudio de los que hoy se conocen como compuestos aromáticos comenzó a partir de los hallazgos de Faraday. Y como tantas veces antes y después de él ha ocurrido en la historia de la ciencia, su idea surgió de la observación de la vida cotidiana. En concreto, Faraday había fijado su atención en la sustancia oleagino-

sa que resultaba de la condensación del gas de alumbrado. Aquella fijación no era extraña. A comienzos del siglo XIX fueron abundantes los intentos científicos de extraer leyes fundamentales de la naturaleza de la contemplación de hechos cotidianos. Los materiales de construcción, las fuerzas del trabajo, las sustancias empleadas para mejorar la calidad de los utensilios, la cocina... se habían convertido en objeto digno de estudio a medida que la química y la física se demostraban herramientas suficientes para dar explicación al funcionamiento del mundo material. Faraday no fue ajeno a la tentación y, merced a su análisis de las lámparas de gas, a las mediciones del punto de ebullición de aquella sustancia misteriosa, al estudio de su composición, dio un vuelco al conocimiento de los productos orgánicos. Descubrió que ese compuesto tenía una inusual relación entre carbono e hidrógeno cercana a 1:1 y lo bautizó como *bicarburet* de hidrógeno. La estructura de aquel producto era especialmente rara. Hasta entonces todos los compuestos conocidos tenían una proporción mucho más elevada de hidrógeno que de carbono, pero ese *bicarburet* de hidrógeno presentaba tantos átomos de hidrógeno como átomos de carbono. Con el tiempo los químicos fueron descubriendo que el benceno era miembro de una nueva familia de compuestos orgánicos con propiedades muy peculiares, por ejemplo, para su utilización en el mundo de los hidrocarburos.

Sin embargo, no cabe duda de que el experimento más importante de cuantos iba a realizar es el que logró terminar con éxito el 29 de agosto de 1831. En su laboratorio londinense, Michael estudiaba si el magnetismo que se produce en una bobina era capaz de generar (es decir, inducir) corriente eléctrica en otra bobina. Ató a un anillo de hierro dos alambres aislados: uno estaba conectado a una pila y el otro a un galvanómetro. Cuando abría y cerraba el interruptor de la pila, observaba cómo el galvanómetro mostraba una leve actividad; es decir, había producido inducción electromagnética. El propio Fa-

raday expresaba su entusiasmo en una carta a Richard Phillips el 23 de septiembre: «Ahora estoy ocupado de nuevo con el electromagnetismo y creo que he conseguido algo bueno, pero no estoy seguro».

Y desde luego que lo había conseguido. Una cadena de nueve experimentos más le permitió llegar a la formulación de sus primeras leyes sobre la inducción, que son la base del funcionamiento de los generadores y los transformadores eléctricos.

Faraday no fue nunca capaz de formular con precisión matemática sus teorías y, por eso, se granjeó la enemistad de una parte de la comunidad científica que creyó inconsistentes los resultados de sus investigaciones. Pero tras poco menos de dos meses estaba en condiciones de leer ante los miembros de la Royal Institution el compendio de sus escritos sobre la materia redactados bajo el informativo título de *Investigaciones Experimentales*. Y es que puede que no hubiera sido un buen matemático, quizás tampoco un físico tal y como hoy los entendemos; pero su finura científica le había forjado como el creador de algunos de los experimentos más brillantes de la historia.

Conocedor de la importancia práctica de sus hallazgos, no dudó en trabajar para mejorar la eficacia de las señales luminosas de los faros, por ejemplo. De hecho, desde 1836 hasta 1865, fue el consejero de la entidad responsable de la organización de los faros en la costa británica. Además, realizó algunas aportaciones a la ventilación de las minas para evitar explosiones y asesoró a los militares durante la Guerra de Crimea en 1844.

Pero su salud no le iba a dejar mantener el nivel científico. Tras varios años de descenso en la actividad, Michael Faraday murió el 25 de agosto de 1867. Antes de fallecer, tuvo tiempo de diseñar un programa de conferencias para niños dentro de la Royal Institu-

tion, pionero en la historia de la divulgación científica. Porque, como él mismo dejó escrito: «Si se puede brindar al público una teoría satisfactoria, se está en la obligación de brindarla». Faraday resultó ser, también, un gran divulgador. Quizás, el primero del mundo moderno.



## JAMES CLERK MAXWELL (1831-1879): OTRA FORMA DE VER EL MUNDO

*D*ICEN que las teorías de James Clerk Maxwell se encuentran entre las más bellas de la historia de la ciencia. Quizás por la forma que escogió para explicarlas, quizás por la trascendencia que tuvieron para el desarrollo de la física posterior y, sobre todo, para la inspiración de las ideas de Einstein sobre la relatividad. Pero, seguramente, la belleza de las aportaciones de este hombre religioso reside en el propio objeto de sus investigaciones: la naturaleza íntima de la luz. Maxwell descubrió que la radiación luminosa es una onda y pertenece al espectro electromagnético.

*El siglo XIX que le tocó vivir a James Clerk Maxwell fue un siglo convulso. Muchos hombres y mujeres que se dedicaron devotamente a la ciencia (sobre todo hombres, porque la ciencia ha sido, y hay quien dice que es todavía, demasiado machista) tuvieron que compartir la emoción de los nuevos hallazgos de la física, la química y la biología con la sutil transformación del entorno religioso que impregnaba su sociedad. En el mundo de las ideas, la filosofía natural comenzaba a llamarse ciencia física, la alquimia se tornaba química y el estudio de la zoología se revolvía con los primeros apuntes de una teoría evolutiva de la vida. Hoy, cuando cómodamente damos por sentadas muchas nociones, cuando sabemos que el átomo puede dividirse y que la célula contiene en su núcleo la información genética de toda la especie, cuando sabemos que la*

*velocidad de la luz es una constante y que las ondas de radio se propagan por todo el universo, resulta difícil hacerse una idea de los quebraderos de cabeza, las dudas, los sinsabores intelectuales y los compromisos morales que debieron de padecer los intelectuales de una sociedad que veía cómo el mundo cambiaba bajo sus pies.*

*Casi todos los grandes científicos de la época tenían profundas creencias religiosas, como correspondía a la práctica totalidad de las personas que tenían acceso a la educación superior. Sin embargo, su entorno intelectual se iba impregnando de nuevas ideas que desafiaban su cosmovisión teísta. La materia se auto-organizaba, los animales procedían unos de otros sugiriendo un origen común, los elementos químicos empezaban a dar cuenta de su entidad separada y de sus relaciones que podían expresarse matemáticamente. Había cada vez menos hueco para un ser creador, inspirador de la naturaleza; pareciera que ésta quisiera desvelar su secreta herejía: haberse creado a sí misma.*

*Por supuesto, a mediados del siglo XIX todavía quedaba mucho camino por andar, muchos misterios por resolver, mucho territorio para la especulación, la filosofía y la fe. Pero poco a poco iban retirándose velos a la razón, la matemática empezaba a dar muestras de su increíble poder para explicar las cosas y la ciencia se crecía, se consideraba una herramienta insustituible a la hora de fabricar modelos del mundo real. Uno de los misterios que aún quedaba por saldar era la naturaleza de la luz. Durante siglos, en las cabezas de los científicos píos hubo de resonar el «hágase la luz» que gritó el dios del Génesis en el origen de todas las cosas. Y, a pesar de que hubo sonados intentos de conocer la estructura material del fenómeno, ninguno fue capaz de satisfacer a cuantos lo observaban con admiración casi mágica.*

*Newton había advertido que la luz debía de estar formada por partículas emitidas desde los cuerpos luminosos, que respondían a las mismas leyes de gravitación responsables del movimiento de los planetas. Un*

*poco después, Huygens propuso que la luz era un objeto de naturaleza ondulatoria que se propagaba a través de una sustancia inaprensible llamada éter.*

*Nadie había ofrecido una respuesta realmente contundente al problema hasta que llegó James Clerk Maxwell y, en una de las argumentaciones teóricas más bellas de la historia de la ciencia, demostró que la luz era una emisión de ondas electromagnéticas. Nos hizo comprender para siempre que las radiaciones lumínicas se propagan por el espacio del mismo modo que las ondas de agua de un estanque cuando tiramos sobre él una piedra. No sólo eso, sino que midió por primera vez de manera fiable la velocidad de la luz. Su aportación fue, fundamentalmente, teórica, producto de una increíble sagacidad para unir entre sí conceptos que a sus contemporáneos les parecían completamente dispares. Pero también mostró inquietud por los aspectos prácticos de la tecnología; por ejemplo, consiguió realizar la primera fotografía en color de la historia retratando el lazo de cuadros escoceses de su esposa mediante el uso de tres filtros de color verde, azul y rojo.*

*Hoy, el nombre de Maxwell no es tan conocido por el gran público como los de Einstein, Darwin o Newton, pero sin lugar a dudas merece aparecer junto a ellos en el cuadro de honor de los científicos más importantes de la historia. Los físicos teóricos, al menos, lo reconocen como uno de los fundadores de su disciplina y estudian su obra con una admiración que no pueden disimular. Y es que demostrar que la luz tiene naturaleza electromagnética es tan importante como formular la teoría de la relatividad o explicar cómo puede medirse la fuerza de atracción gravitacional de un planeta.*

James Clerk Maxwell nació en Edimburgo el 13 de junio de 1831, pero a los pocos meses su familia se trasladó a una casa de

campo en Glenlair. Allí, el niño creció bajo la atenta mirada de sus padres, que lo describían como un «hombrecito de tres años siempre preguntando cómo funcionan las cosas».

A la edad de ocho años perdió a su madre y su padre se vio imposibilitado para continuar con el plan, previsto en el matrimonio, de educar al crío en casa hasta que cumpliera los 13 años. Primero contrató a un tutor sin mucha experiencia, y luego, a la vista de los desastrosos resultados, tuvo que enviar a James a un colegio de Edimburgo. Sus primeras etapas en la escuela no debieron de ser nada agradables. James apareció en clase luciendo su peculiar aspecto. Su padre era un hombre excéntrico y autónomo que fabricaba en casa todo lo necesario para vivir: los útiles de cocina, los muebles, las ropas... Evidentemente, el orden y el aseo no eran prioridades en la caótica vida de aquel inventor loco. Así que su pequeño fue a presentarse en la escuela de Edimburgo con unas ropas mal ajustadas, un corte de pelo casero y unas costumbres bastante poco sociables. Si a eso se añade que no era muy ducho en el manejo del lenguaje oral y gastaba grandes dosis de timidez, no es extraño que desde el primer día recibiera el mote de «el tonto de Glenlair».

Uno de sus compañeros de aula, Peter Guthrie Tait, que luego sería un matemático de prestigio, escribió sobre aquel muchacho de campo:

En la escuela era, al principio, tímido e incluso algo torpe. No era capaz de hacer amigos y en sus vacaciones y momentos de asueto se dedicaba a leer viejas baladas, dibujar extraños diagramas y realizar grotescos modelos mecánicos sobre el papel. Aquel grado de concentración en ese tipo de actividades, completamente incomprensibles para el resto de los alumnos, le sirvió para ganarse un mote no muy favorecedor. Pero a mitad de la estancia escolar, sorprendió a todos convirtiéndose de golpe en el más brillante, ganando los más altos galardones en matemáticas y lengua.

Así fue. Cuando sólo tenía 14 años, escribió su primer artículo científico dedicado a la geometría del óvalo. Se trataba de la descripción matemática de un óvalo perfecto. El artículo mereció ser publicado en el boletín de la Real Sociedad de Edimburgo.

¿Qué pudo pasarle al tonto de Glair para convertirse en la lumbrera de la clase? Pasados los primeros momentos de aclimatación a las aulas, James conoció a una familia que acudía cuanto podía a rescatarle de la escuela para introducirle en el fértil ambiente intelectual de Edimburgo. Iban juntos a conferencias y exposiciones, compartían reuniones en la Real Sociedad y pasaban las vacaciones de verano con él. Era nada menos que la familia de William Thomson, el que iba a sentar los cimientos de la termodinámica y pasaría a la historia como Lord Kelvin. A base de compartir intereses con los hijos de Thomson, James acabó por impregnarse con parte de la sabiduría del padre. Así, en la época a la que se refiere el escrito de Tait citado más arriba, James Clerk Maxwell era el único niño de la clase familiarizado con las matemáticas. Sus anhelos, sus distracciones y sus gustos, sus aspiraciones académicas y si potencial no tenían nada que ver con los del resto de los compañeros.

Tras pasar una breve temporada en la Universidad de Edimburgo, el chico se matriculó en el prestigioso Trinity College de Cambridge. Antes, ya había dado más muestras de encontrarse decidido a dedicar su vida a la ciencia. Había leído con profusión obras de cálculo diferencial de Cauchy, las teorías del calor de Fourier, la geometría descriptiva de Monge, la óptica de Newton y varios libros de mecánica, tal como aún está registrado en los archivos de la biblioteca de la Universidad de Edimburgo. En el Trinity las cosas eran muy distintas a como habían sido en la primera escuela de Maxwell. El propio Lord Kelvin se preocupó de describir aquellas escenas entre estudiantes:

Los alumnos se sentaban todos juntos a cenar. Aquello propició a Maxwell un contacto diario con lo más granado del College, entre los que se encontraban personalidades que iban a ser muy distinguidas en el futuro. Ellos, a pesar de la timidez y de ciertas excentricidades de James Clerk, reconocieron enseguida su autoridad intelectual. La sensación de poder que emanaba hacia todos era extraordinaria, a menudo se debía más a su extraña personalidad que a las cosas que decía. De hecho, muchos encontraban difícil seguir sus discursos dado que cambiaba rápidamente de un tema a otro.<sup>2</sup>

En 1854, Maxwell se graduó en matemáticas por el Trinity College, y pronto realizaría la primera de sus grandes aportaciones al mundo de la ciencia. James estaba muy interesado en los estudios que había realizado Michael Faraday sobre electricidad y magnetismo. En concreto, en las leyes de inducción según las cuales se podía crear una corriente eléctrica al producir variaciones en fuerzas de atracción magnéticas. Faraday había establecido la hipotética existencia de «líneas de fuerza» que ejercían su influencia en un espacio que no estaba vacío, sino que tenían ciertas propiedades físicas. Hoy llamamos a ese espacio «campo magnético», pero en la época en la que Maxwell empezó a trabajar en el problema de su definición se trataba de un asunto bastante esotérico.

Para dar cuerpo a sus estudios, Maxwell intentó equiparar el comportamiento de aquellas líneas de fuerza con las líneas de flujo de un fluido que no se pudiera comprimir. El interés por la obra de Faraday le abrió las puertas de lo que más adelante sería su gran unificación de las leyes de la electricidad y el magnetismo con una serie de ecuaciones que serían universalmente reconoci-

---

<sup>2</sup> Extraído de James Clerk Maxwell: *A Commemorative Volume 1831-1931* (Cambridge, 1931).

das. Aunque todavía faltaba bastante para que llegara aquel momento. Antes, ocurrieron otras cosas de interés en la vida de James. Entre ellas, por ejemplo, que su padre cayera gravemente enfermo, lo que le obligó a tomarse un descanso en sus investigaciones para cuidar de él. Maxwell se desplazó a Glenlair a principios de 1856 y convivió con el anciano progenitor hasta su muerte en abril de ese mismo año.

El padre de James era un hombre muy religioso y transmitió su fe a sus hijos. James Clerk fue un científico racionalista hasta donde le permitían sus creencias, forjadas al calor de la Iglesia Anglicana. En el entorno académico, los que intentaban deshacerse de la fe como fuente de conocimiento ya habían dejado de ser una minoría exótica, aunque el pensamiento mayoritario seguía siendo creyente. Maxwell se vio obligado en más de una ocasión a defender su postura intelectual. Incluso llegó a decir que «el cristianismo es la única religión capaz de resistir un análisis racional». Aquel debate permanente entre la razón y la fe, aquel empeño tan de moda entonces de reducir las creencias a expresiones racionales o de justificar la razón como un don divino no era totalmente inocuo: dejaba sus cicatrices en la mente de un joven despierto e inquieto como James. De hecho, pasó varias crisis de religiosidad coincidentes con los momentos en que tenía que preparar sus exámenes más duros. Aun así, sus creencias nunca desaparecieron y fueron siendo más férreas con el tiempo. A ello contribuyó su matrimonio en 1859 con Katherine Dewar, otra joven de inquebrantable concepción religiosa del mundo con la que no tuvo hijos.

En 1860, fue nombrado profesor del King's Collage, que acababa de fusionarse con el Marshall College, institución dirigida por su suegro. Allí, se dedicó durante mucho tiempo al estudio del color. Se pasaba horas mirando un aparato que él llamaba «caja de colores» y

que consistía en un cajón de madera de gran tamaño (los vecinos pensaban que se trataba de un ataúd) en el que proyectaba la luz del sol para ver cómo brillaba y se descomponía en colores. Ese mismo año de 1860 publicó su teoría sobre la percepción de los colores. Intuyó que todos los colores eran el resultado de la mezcla precisa de los primarios rojo, verde y azul y estableció medidas concretas para explicar estas mezclas. Pero lo más sorprendente es que, como apoyo a sus teorías, realizó un experimento que iba a dar la vuelta al mundo. Fotografizó un lazo de vestido de su mujer con diferentes filtros de cristal (uno por cada color primario). Luego proyectó los negativos superpuestos uno encima de otro y fotografió el resultado. Aquella fue la primera fotografía en color de la historia.

Otra área de investigación que ocupaba buena parte del tiempo de trabajo de Maxwell era el estudio de los gases. Una de sus aportaciones en esta disciplina se produjo por casualidad: mientras su esposa atizaba una caldera, intuyó que los gases estaban compuestos de innumerables partículas en movimiento (algo que ya había sido advertido años atrás por algunos otros científicos que no tuvieron repercusión suficiente). Maxwell, poseedor de una habilidad matemática impresionante, fue capaz de explicar matemáticamente este fenómeno: las moléculas de los gases se encuentran a diferentes temperaturas y, al moverse y chocar, unas transfieren calor a las otras; de ese modo, la cantidad total de energía del Universo permanece constante, en un prodigioso balance de ganancias y pérdidas de energía. Esto permitió a los físicos idear un modelo de universo compuesto por átomos y moléculas movidos por fuerzas energéticas como la electricidad, el magnetismo o el calor... Maxwell estaba a un paso de proponer su teoría de unificación electromagnética.

La física de la época padecía lo que se conoce como «horror al vacío», un miedo atroz a explicar cualquier modelo en el que el am-



biente fuera la nada. Todos los procesos energéticos, todas las fuerzas, actuaban en un andamiaje invisible, se sustentaban en una sustancia que nunca nadie fue capaz de identificar y a la que llamaban éter. La luz viajaba por el éter, la atracción magnética se sustentaba en el éter... El modelo de Maxwell funcionaba matemáticamente con o sin éter, lo que le llevó a dudar de su existencia. Pero defender que una fuerza pudiera actuar con otra en el vacío era una herejía imperdonable para la época. Maxwell no se pudo deshacer de la teoría del éter, aunque sus fórmulas no perdieron por ello un ápice de exactitud.

Relacionada con sus investigaciones sobre los gases está también la literatura de Maxwell acerca de los anillos de Saturno. En 1857, se publicaron las bases para optar al prestigioso premio Adams para artículos científicos, concedido por el Saint John's College de Cambridge. El tema central era el movimiento de los anillos de Saturno. James decidió optar al premio y se dedicó durante los siguientes dos años a trabajar en el artículo. En el transcurso de sus investigaciones, intuyó que dichos anillos deberían de estar formados por una ingente cantidad de partículas sólidas. Esa era la única explicación que podía hacer posible su movimiento estable. En una carta enviada a su colega Lewis Campbell en 1857 lo explicaba:

Cada vez estoy más convencido de que se trata de anillos de polvo. Es como si la ciudad de Sebastopol hubiera sido sitiada por un bosque de cañones separados varios miles de millas uno de otro y disparando constantemente mientras no dejan de girar en torno a la capital.

En 1981, las sondas espaciales Voyager pudieron confirmar ópticamente que Maxwell tenía razón. El artículo de James Clerk mereció el premio Adams de 1859; el jurado declaró que era «una de las más bellas aplicaciones de las matemáticas que jamás se habían con-

templado». Porque hay que recordar que Maxwell no utilizaba para su trabajo herramienta alguna, telescopio o modelo de ningún tipo, salvo el lápiz, el papel, la intuición y el cálculo.

Todo estaba preparado para que se publicara el más trascendental de los trabajos de este genio escocés: la determinación de la relación existente entre la luz, la electricidad y el magnetismo. En 1873, publicó un *Tratado de Electricidad y Magnetismo* donde se exponían, de manera elegantísima, sólo cuatro ecuaciones, suficientes para dar cuenta de toda una teoría física. La luz no es más que un campo electromagnético de vibración muy rápida y se desplaza mediante ondas a través del espacio, diría Maxwell del éter. Las ondas son producidas por un campo magnético que, a su vez, genera un campo eléctrico.

Así, electricidad y magnetismo no eran más que dos caras de la misma moneda. La vibración del campo electromagnético de la luz le confiere su naturaleza. Si se aumenta o se disminuye ese ciclo de vibración aparecen otros tipos de radiaciones. Maxwell sólo llegó a intuir este último dato, que fue confirmado cuando, en 1888, Hertz descubrió las ondas de radio de baja frecuencia. Por su parte, Röntgen halló que los rayos X eran el otro extremo del espectro. Entre ambos polos habría de hallarse el resto de las radiaciones electromagnéticas hoy conocidas (rayos gamma, ultravioleta, infrarrojos, microondas...). Todos forman parte de la misma familia, descubierta por primera vez por James Clerk Maxwell.

Poco después de este hallazgo, Maxwell decidiría retirarse a Glenlair, donde viviría cómodamente de las rentas. Sólo regresó a la actividad en un breve paso por Cambridge, donde fundó el Laboratorio Cavendish, germen del nacimiento de numerosos científicos importantes, algunos de los cuales aparecerán en este libro.

En 1879, un repentino cáncer le condujo a la muerte, que fue certificada el 5 de noviembre. El nombre de James Clerk Maxwell era referencia ineludible para los físicos y estudiantes de física, pero su prestigio como científico alcanzó valor universal. Albert Einstein reconoció públicamente que se sentía deudor del investigador escocés:

Desde los tiempos de Maxwell, la realidad física ha sido interpretada mediante campos continuos. Aquel cambio en la concepción de las cosas es el más profundo y el más fructífero desde Newton. Mi Teoría Especial de la Relatividad le debe su origen a las ecuaciones de Maxwell sobre los campos electromagnéticos.

Sin saberlo, hoy utilizamos las famosas ecuaciones a diario. La radio, la televisión, el radar, el horno microondas, las imágenes térmicas, los sensores de infrarrojos de una alarma... todo ello ha sido posible gracias a que sabemos que la energía se traslada a través de campos. Pero, además, calculando la velocidad de las ondas electromagnéticas, Maxwell sentó las bases de la relación entre velocidad, masa y energía que estableció Einstein con su teoría de la relatividad. Por lo tanto, puso la primera piedra para el uso de la energía nuclear. Por último, el descubrimiento de la luz como radiación electromagnética condujo al hallazgo de otras radiaciones de la misma naturaleza, como la infrarroja o la de radio. Hoy, buena parte de nuestro conocimiento del Universo se debe a que somos capaces de construir telescopios que escrutan el cosmos en busca de radiaciones infrarrojas portadoras de información sobre fenómenos energéticos tan sorprendentes como los agujeros negros; o radiotelescopios que, desde la Tierra, escuchan las emisiones de radio de lejanísimas galaxias y, gracias a ellas, establecen distancias, composiciones y biografías de millones de estrellas.

Sin duda, Maxwell propuso toda una revolución científica de consecuencias innumerables para las vidas de los seres humanos.

Todo gracias a que nos enseñó que el mundo no es exactamente como lo vemos, que la luz que se refleja en los objetos es portadora de una porción de la información completa de la naturaleza. El mundo es mucho más bello visto en todas las bandas del espectro electromagnético.

## THOMAS ALVA EDISON (1847-1931): EL ILUMINADOR DE LOS SUEÑOS

*C*UANDO se nos pregunta por un nombre fundamental relacionado con la historia de la energía eléctrica, nos asalta irremediablemente el de Edison y su invento: la bombilla. Pero la vida de este inventor infatigable está llena de aportaciones, de nuevas patentes y de artilugios diseñados por su mente inquieta. De hecho, es el emprendedor que más patentes tiene registradas a su nombre: 1.093. Un denominador común recorre el espíritu de todos esos inventos: su autor estaba realmente obsesionado con facilitar la vida de sus congéneres. Edison no sólo fue un científico excepcional, sino que añadió a su visión del mundo una fuerza especial para emprender nuevas aventuras, para llevar a la práctica sus ideas y para poner al servicio de sus ilusiones tantos recursos como eran necesarios. No se limitó a observar y estudiar; más bien fue un motor junto al cual todo parecía funcionar a la perfección.

*Un hombre sordo que pasó a la historia por inventar el fonógrafo y cambiar para siempre el modo en el que sus congéneres escuchan música. Una persona que padecía insomnio e iluminó los sueños y las noches de la humanidad con su invención de la bombilla de filamento incandescente. Un inventor solitario y compulsivo que diseñó un sistema de producción de inventos por el que, precisamente, se enterró de manera definitiva la labor solitaria y compulsiva de los inventores.*

La vida de Thomas Alva Edison es una recopilación de paradojas, una sucesión de aparentes incongruencias que sólo puede ser posible en la biografía de un genio libre y de autoestima inconmensurable; de un autodidacta, carente de educación superior, educado por su propia madre y criado entre vagones de tren, cables de telegrafía y grandes dosis de trabajo. Su invento preferido fue el fonógrafo. El más trascendente, quizás, la bombilla. Pero su gran aportación fue, sin duda, destacar en un mundo en el que todavía uno se podía ganar la vida inventando cosas. Edison registró, nada más y nada menos que 1.093 patentes a su nombre, desde una máquina para contar votos, hasta las bases del alumbrado público moderno.

El padre de Thomas (Sam Edison) se había asentado en Milan, Ohio, después de una peripecia canadiense que deseaba olvidar. La familia Edison procedía de Nueva Jersey, pero la estabilidad territorial no había sido, precisamente, el rasgo principal de su historia. Los antecesores más remotos de los que se tiene noticia, leales a la corona británica, se habían desplazado a Nueva Escocia, Canadá, huyendo de la Revolución Americana. Después de varios cambios de ciudad, Sam se asentó en Notario, de donde tuvo que volver a huir en 1830 tras ser condenado por participar en un intento de insurrección. Para aquel entonces, ya había contraído matrimonio con una neoyorkina emigrada a Canadá y llamada Nancy Elliot. Sam y Nancy viajaron hasta la localidad de Milan en el Estado de Ohio, donde, el 11 de febrero de 1847, nació el más joven de sus siete retoños: Thomas Alva, conocido en casa como Al, un enclenque niño con tendencia irrefrenable a enfermar.

Aquellos fueron años de prosperidad para los Edison. El padre había levantado un negocio de comercio de grano gracias al cual obtenía más que interesantes beneficios. De hecho, el propio Al recordaría en la madurez los buenos momentos pasados en Milan, con

una vida desahogada, abundantes gastos, ocio y tranquilidad. Pero las cosas no tardarían en cambiar. El negocio del grano fue perdiendo pujanza, hasta que terminó por hundirse en 1857, arrastrando a la familia a una vida mucho menos holgada.

No es difícil encontrar, durante sus primeros quince años de vida, un buen puñado de factores que debieron de influir de manera determinante en el desarrollo de aquella personalidad joven y compleja. Durante su primera etapa escolar recibió numerosas quejas por parte de sus maestros, que llegaron a pensar que se trataba de un niño deficiente. Aquello impulsó a su madre a ahorrarle cualquier preocupación en las aulas y a educarle en casa. Además, su quebradiza salud le hacía pasar largas temporadas encerrado, con lo que su pasión por la lectura y por la observación atenta de la realidad circundante se acrecentó.

El chico había recibido el influjo religioso propio de una familia del Medio Oeste. Pero no era capaz de sustraerse a la tentación de pensar que la naturaleza debía de funcionar según leyes superiores a la moral. Su espíritu crítico le llevó a desarrollar una visión de la divinidad que, en ocasiones, ya en la vida de adulto, rozaba los límites de la superchería y el esoterismo paranormal.

Además, en plena pubertad tuvo que ver cómo el sustento económico de la familia se desmoronaba y mirar directamente a los ojos de la necesidad y el arrojo para salir del pozo. No es raro que ese chaval que «nunca tuvo adolescencia, ni jugó con nada hasta que tuvo edad para utilizar una máquina de vapor», según llegó a declarar su padre, fabricara una mente huidiza, independiente, tímida y emprendedora a un tiempo. Desde muy pequeño, supo que debería trabajar duro y en solitario para ganarse la vida. Así que, en 1859, consiguió un empleo como vendedor de dulces y periódicos a bordo del tren de la Grand Trunck Railroad con destino en Detroit. Su in-

saciable curiosidad lo empujó a realizar, en los ratos muertos dentro del tren, sus primeros experimentos caseros de química. Precisamente durante uno de ellos se originó un incendio en uno de los vagones, que tuvo peores consecuencias para Al de lo que él se podría haber imaginado. Primero, porque hubo de abandonar definitivamente cualquier esperanza de seguir investigando mientras trabajaba. Segundo porque, según cuentan algunas fuentes, el maquinista del tren le propinó tal paliza que le dejó sordo. La sordera de Edison y su influencia en el desarrollo de una personalidad independiente y tímida son un hecho, pero la causa real de la misma más bien parece ser la escarlatina.

La personalidad de Edison seguía dando motivos para el despiste, para la paradoja perpetua en la que parecía haberse instalado. Si bien hay documentos suficientes que avalan su timidez, parece que el joven se transformaba a la hora de trabajar. Impulsado por su amor por el dinero, en poco tiempo pasaba de una actividad a otra y daba muestras de buena disponibilidad y alegría allí donde se le requería. En las fotos aparece como un adolescente vivaz y sano. Incluso tuvo la oportunidad de demostrar su arrojo cuando, en 1862, rescató de la muerte segura a un niño de tres años que estaba a punto de ser atropellado por un furgón de transporte. El padre de la criatura, el jefe de estación J. U. MacKenzie, quedó tan agradecido que le ofreció a Edison un trabajo como telegrafista.

Bien mirado, aquél no era un pago que pudiera calificarse de espectacular después de haber salvado la vida de una criatura. Según ha contado el divulgador científico británico Michael White (*Lenguas viperinas y Soñadores Tranquilos*, traducido al español por la editorial Espasa), «la telegrafía era entonces algo análogo a lo que pudo ser Internet al final del siglo XX». Es cierto que aquella tecnología incipiente empezaba a crecer ofreciendo nuevas oportunidades a quien



quisiera embarcarse con ella en la aventura del progreso. Pero, precisamente por eso, el trabajo de operador de telégrafos era inestable, mal visto y peor pagado. Los telegrafistas viajaban de un lado a otro, siempre pendientes de dónde se los iba a necesitar para tender una nueva red o mandar un nuevo mensaje. La mayoría eran jóvenes sin mucha preparación, pero con un gran espíritu aventurero. Tal vez fue eso lo que llevó a Edison a aceptar la oferta de empleo; o, tal vez, la oportunidad que se le brindaba de seguir realizando sus experimentos que, a raíz de la lectura de los trabajos de Faraday, habían derivado hacia el mundo de la electricidad.

Su carrera como operador de telégrafos no iba a ser demasiado larga, y se realizó mientras el joven Edison aprendía más y más cosas, leía todo lo que caía en sus manos, practicaba cada vez que tenía un rato libre y se convencía a sí mismo de que quería dedicarse a ser inventor. Tanto es así que, en 1869, se decidió a dejar el trabajo y a intentar ganarse la vida patentando sus ingenios.

Como todos los novatos, sus comienzos fueron erráticos. Su primer gran invento fue un prototipo de máquina para contabilizar los votos en las elecciones. Consistía en una circunferencia de papel que giraba en torno a un eje. Según se tecleaba en sistema morse, unas varillas golpeaban el disco, lo que generaba una transmisión eléctrica. Dicho impulso podía viajar por cable hasta un lugar remoto donde otra máquina lo recogía y lo reproducía sobre otro disco de papel. Aquel modo de transmitir textos escritos a distancia llamó la atención de sus superiores, pero no de los políticos, que no llegaron a fiarse del invento. Aunque no sirvió para nada aquella primera patente, al menos dio el pistoletazo de salida para una carrera de brillante inventor y sentó las bases para otro invento posterior con el que Edison tuvo más éxito: la cinta continua de impresión de las cotizaciones de Bolsa, por la que el creador ganó

30.000 dólares, toda una fortuna que le permitió dedicarse en exclusiva a sus ingenios.

Su vida personal también experimentó ciertos cambios importantes en este período. En 1871, murió su madre y ese mismo año contrajo matrimonio con Maryl Stilwell. La relación entre ambos pronto se deterioró por la tendencia de Thomas a pasar toda la noche en el laboratorio. Aun así, pudieron concebir tres hijos. A los dos primeros, una niña llamada Marion y un niño llamado Thomas, su padre les llamaba «punto» y «raya» en honor a los símbolos del código Morse.

En 1876, Edison abrió el que iba a ser su laboratorio más fértil en Menlo Park. Este lugar pasaría a la historia como «la fábrica de inventos», ya que en él no sólo cobraron cuerpo la mayor parte de las innovaciones edisonianas, sino que el avispado emprendedor diseñó un sistema de producción con empleados especializados y protocolos concretos para fomentar la creatividad y el desarrollo de patentes. Edison ya no era un inventor alocado y pionero: se había convertido en un inventor profesional.

En 1877, Edison recibió el encargo de mejorar una patente propuesta unos años antes por Alexander Graham Bell: el teléfono. Aquel primitivo transmisor de voz tenía algunos defectos que provocaban que el sonido se oyera muy débil. Thomas Alva recogió el reto y en sólo un año presentó su prototipo mejorado gracias a la colocación de micrófonos de carbón granulado en el altavoz del aparato.

De la factoría de Menlo Park es también la invención del fonógrafo. A Edison se le ocurrió la idea de grabar sonidos sobre un disco de papel giratorio cuando escuchó una aguda nota salida, precisamente, de uno de esos discos que usaba en las transmisiones telegráficas. El primer fonógrafo vio la luz también en 1877 y fue

concebido como una máquina para dictar órdenes en las oficinas. Pero el mundo lo recibió como una de las fuentes de ocio más influyentes en la historia reciente de la humanidad; se recibieron cientos de peticiones en pocos años, lo que ayudó a agrandar la fama de su creador y, por supuesto, a engordar su cuenta corriente.

En aquel tiempo, Edison ya estaba preocupado por la electricidad. De hecho, logró financiación suficiente para poner en marcha otra compañía, Electric Light Company, y comenzó a estudiar todo cuanto pudo sobre el tema. Una de sus fuentes de investigación fueron las lámparas de arco de carbón ya existentes, que daban muy poca luz y requerían una fuente continua de alimentación. Edison, igual que ocurriera con el fonógrafo, no tuvo empacho alguno en adaptar la idea de estas lámparas, diseñadas por Wallace y Farmer, y utilizarlas como base de sus experimentos. Es posible que hoy en día consideráramos esta práctica pura piratería industrial o, al menos, plagio. Pero en la época de Edison las cosas eran muy distintas. Los límites de la propiedad intelectual no estaban tan bien definidos y resultaban tan borrosos como la propia moralidad de Edison al respecto. Él mismo se jactaba de que «robo, igual que hacen otros, pero yo sé robar mejor».

El sistema que utilizaba el inventor para su trabajo era revolucionario. Primero intentaba convencer a un buen número de patrocinadores para que financiaran la idea, luego ponía a sus empleados de Menlo Park a trabajar duramente en cualquier mejora técnica y, después, patentaba la idea. Así, sobre la base de las lámparas ya conocidas, probó con más de seis mil materiales distintos para lograr un filamento de fibra carbonizada de bambú que diera suficiente luz durante mil horas. Luego, ideó todo tipo de mezclas gaseosas para llenar la botella de vidrio que serviría de lámpara. Gastó 42.000 dólares en sus pesquisas. Pero, en poco tiempo, el inte-

rés comercial de sus primeras bombillas le había devuelto, con creces, la inversión.

Edison había transformado el mundo de la energía eléctrica con sus lámparas y, de algún modo, puso la primera piedra para una transformación social en toda regla. Una bombilla por sí sola no servía para nada; había que hacer llegar el fluido eléctrico hasta ella. En 1866, Werner Siemens construyó el primer generador eficaz de electricidad siguiendo la estela teórica de Faraday. Una vez más, Edison «digirió» la idea y la transformó a su gusto, fabricando la primera central eléctrica conocida en la calle Pearl de Nueva York. Corría el año 1881.

Aquel hombre obsesionado con las patentes era impulsivo, osado y emprendedor, pero le faltaban dotes teóricas para llevar su invento al punto que él siempre había deseado: iluminar cada casa de cada ciudad del mundo. El uso de corriente directa que planteaba Edison requería que cada hogar tuviera su propio generador de energía cercano y hacía la tarea imposible. Nicola Tesla, con sus pioneras aplicaciones de corriente alterna, no sólo iba a dar un salto de gigantes en esa dirección, sino que permitiría albergar las esperanzas de utilizar la electricidad como energía motriz eficaz. Pero eso es materia de otro capítulo de este libro.

Thomas Alva Edison murió millonario, famoso y pensando en su patente 1.094 en 1931, con la satisfacción de haber visto cómo el conocimiento de la energía había revolucionado la historia de la civilización.

## NICOLA TESLA (1856-1943): YO SOY EL FUTURO

*VISIÓN de futuro: esa es una de las mayores virtudes que ha de atesorar un emprendedor, un científico que nazca con la vocación de cambiar el mundo. Y el italiano Nicola Tesla lo era. Su gran aportación fue crear un motor de corriente alterna, una pieza imprescindible para lograr el sueño de iluminar cada casa de este planeta. Fue consciente de la importancia de su hallazgo, hasta el extremo de que su ego lo convirtió en una persona tan arrogante como famosa. De Nicola nos queda su pasión por la ciencia, su invento y, por fortuna, las extraordinarias notas que tomó de su propia vida a modo de biografía en retazos.*

*En la historia de la ciencia hay personajes para todos los gustos: eminentes científicos con vidas personales terriblemente desgraciadas, investigadores de prodigiosa talla y mínima altura moral, seres comprometidos con causas ideológicas de toda laña, trabajadores desinteresados al servicio de la comunidad... Muy pocos, sin embargo, unieron a su pasión por la ciencia una visión suficientemente libre y valiente del mundo que les tocó vivir como para proyectarse hacia el futuro y adelantar la sociedad que les hubiera gustado disfrutar. Fueron este puñado de hombres y mujeres quienes entendieron el verdadero sentido de la palabra progreso y, probablemente, quienes con mayor grado de frustración hubieron de vivir el lento devenir de sus respectivas épocas.*

*Una de las frases más representativas de la mentalidad de estos visionarios la pronunció el elegante, inquieto e idealista Nicola Tesla, el inventor, entre otras cosas, del concepto de corriente alterna: «El presente es de ellos, pero el futuro, para el que realmente trabajo, es mío».*

Tesla nació el 9 de julio de 1856 en la localidad croata de Smiljan, cuando Croacia era parte del imperio Austro-Húngaro. Fue el cuarto de cinco hijos, contaba con tres hermanos y una hermana. Sabemos bastante de la vida de Tesla a través de la documentación biográfica abundante que legó, pero sobre todo podemos conocer parte de su pensamiento y de su cosmovisión gracias a la agradabilísima lectura de su autobiografía: un ensayo que tituló *Mis invenciones*, en el que se revela la imagen de un hombre sobradamente sabedor de su misión en la historia, consciente de la importancia clave de la ciencia y, sobre todo, del papel que los inventores han desempeñado como motores de la humanidad: «El desarrollo progresivo del hombre depende vitalmente de la invención. Ésta es el producto más importante de la creatividad humana».<sup>3</sup>

Nicola no era precisamente el más inteligente entre sus hermanos. Todas las esperanzas de la familia Tesla estaban depositadas en el intelecto del primogénito Dane. Aquel chico tenía unas facultades extraordinarias. Nicola dejó escrito que se trataba de un auténtico superdotado, «uno de esos fenómenos mentales que la biología es incapaz de explicar».

Nicola había ocupado un cómodo segundo plano en la familia y quizás había generado cierta sensación de frustración por ello. Eso

---

<sup>3</sup> Los fragmentos de la autobiografía de Tesla citados en este capítulo han sido extraídos de *My Inventions. The Autobiography of Nicola Tesla*, editado por Ben Johnston en 1989.

no le impidió sufrir uno de los mayores *shocks* de su vida cuando presencié la muerte accidental de Dane. Los niños de la casa tenían un caballo que hacía las delicias de la vecindad. Era noble y bello, e incluso logró cierta fama épica tras salvar la vida al padre de los Tesla durante un ataque invernal de una jauría de lobos. Pero una mañana, el animal derribó al joven Dane mientras lo montaba. Al caer, se golpeó la cabeza y se produjo graves fracturas en el cráneo.

La muerte de Dane sumió a mis padres en la desesperación. Yo contemplé la escena y, aunque ya hayan pasado tantos años, la impresión visual del suceso no ha perdido ni un ápice de su viveza.

Es de entender que los padres de Nicola reaccionaran de modo obsesivo tras el trágico acontecimiento. Y en la autobiografía del genial inventor se deja entrever ciertas dosis de reproche por ello:

El constante recuerdo de sus logros empalidecía cualquier esfuerzo mío. Cualquier cosa que yo hiciera digna de reconocimiento hacía a mis padres recordar aún más su pesar. Así que crecí con muy poca confianza en mí mismo.

No era Nicola, ni mucho menos, un niño poco agraciado intelectualmente. De hecho, desde muy pequeño dio muestras de una increíble inteligencia. Pero hasta la muerte de Dane tuvo que vivir siempre un paso por detrás de su hermano superdotado y, tras el fallecimiento de éste, sufrió los rigores de la constante comparación. Existe una anécdota a la que el propio Tesla no da más credibilidad que la de una simple historia intrafamiliar, que da cuenta del ingenio de ese niño destinado a ser un inventor mundialmente conocido. Entre sus muchos familiares, dos de sus tías causaban especial espanto a los niños; eran tan poco agraciadas que los pequeños espe-

raban con pavor le momento de la visita en que ambas se lanzaban hacia ellos para colmarlos de besos y achuchones. Un día, cuando Nicola se refugiaba en los brazos de su madre, las tías le preguntaron en broma cuál de las dos era más guapa. El crío, después de dudar unos segundos contestó: «No hay ninguna que sea tan fea como la otra».

A pesar de aquellos raptos de simpatía, la vida no era muy alegre bajo la inflexible vigilancia del padre de los Tesla. Militar de profesión y clérigo de vocación, fue un hombre culto, experto en filosofía natural, erudito y poeta. Su memoria era prodigiosa y solía recitar obras clásicas completas.

Decía, a menudo, que si todos los clásicos se perdieran en un incendio, él podría volver a escribir muchos de ellos.

Desde muy pequeño, Nicola mostró interés por la ingeniería. Le gustaba fabricar objetos y crear mecanismos móviles. Se dice, incluso, que su primer contacto teórico con la electricidad lo tuvo a los tres años, cuando, al pasar la mano por el pelaje de un gato, notó una descarga de electricidad estática y comenzó a preguntarse por el origen de este fenómeno. Muy probablemente ésta sea una anécdota falsa, pero el propio inventor reconoce en su autobiografía que hubo de luchar en la infancia contra la intención de su padre de orientarlo hacia el sacerdocio, cuando él lo que verdaderamente deseaba era inventar cosas.

El carácter creativo de la personalidad de Tesla es, sin duda, una herencia de su madre, a la que siempre se ha pintado como una mujer preocupada por su tiempo y amiga de las ciencias. Pero Tesla le debe a su padre el que le hubiera forjado una mentalidad de esfuerzo y de amor al trabajo poco habitual en jóvenes de su edad. Mediante la práctica de constantes ejercicios, como el de memorizar lar-



gos párrafos, realizar cálculos mentales, repetir rimas o descubrir errores en expresiones escritas, Nicola aprendió a utilizar su cerebro como un músculo desarrollado mediante la gimnasia. No es extraño que cuando, a la edad de diez años, el niño obtuvo plaza para estudiar en el Real Gymnasium de Karlstadt (Croacia), no tuviera empacho de levantarse a las tres de la madrugada para estudiar las lecciones antes de iniciar las clases.

Sin duda, no era un muchacho muy normal. Para colmo de peculiaridades, durante los primeros diecisiete años de su vida sufrió el tormento de una dolencia, probablemente neurológica, que le provocaba visiones. Según sus propias palabras, no se trataba de alucinaciones de demente ni de efectos visuales. Él estaba convencido de que se trataba de alguna peculiaridad de su retina, que incluso creía que la ciencia algún día podría aprovechar para proyectar imágenes en grandes pantallas. Quizás sólo fuera el efecto del trauma que le provocó la muerte de Dane, una suerte de síndrome de estrés postraumático crónico, propio de una personalidad extremadamente sensible. Lo cierto es que toda su adolescencia la pasó sufriendo por la llegada de estas visiones hasta que, a los 17 años, comprendió que aquello, más que una enfermedad, era un don de la naturaleza.

Descubrí que podía visualizar cualquier cosa con gran facilidad. No necesitaba planos, modelos ni dibujos. Aquello me iba a encaminar definitivamente hacia la invención.

Sus dotes de inventor comenzaron a dar fruto cuando todavía cursaba sus estudios en el Real Gymnasium, antes incluso de iniciar la carrera en la Universidad de Praga. Allí, uno de sus profesores le mostró una dinamo traída de París. Pero aquel aparato nunca podía ponerse en marcha porque tenía prácticamente quemados los cepi-

llos. Tesla dijo con cierta osadía que el problema quedaría resuelto si la dinamo pudiera funcionar sin cepillos mediante una fuente de corriente alterna. Hoy en día sabemos que los sistemas de corriente alterna son los más eficaces para transportar electricidad. Pero en la época en la que Tesla realizó esta aseveración, las cosas eran muy distintas.

Desde tiempos de Faraday se habían diseñado todo tipo de generadores y dinamos de corriente continua (DC). Pero el problema de la corriente alterna (AC) era que se desconocían los mecanismos necesarios para hacer que la corriente cambiara de dirección sin que hiciera lo mismo el eje del motor que se quería mover. La creación de un motor AC era un reto sin resolver. Por eso, el profesor de Tesla le advirtió que «sería capaz de conseguir cualquier cosa antes que una dinamo de corriente alterna». Durante años, Nicola recordó aquellas palabras que, como tantas otras cosas en su vida, se convirtieron en una obsesión. Trabajó duramente para resolver el problema, pero no obtuvo resultados interesantes. El sueño del motor de corriente alterna le iba a acompañar durante mucho tiempo.

Su proverbial habilidad para los estudios no le daba de comer. Así que Nicola Tesla tuvo que viajar a París para ponerse a las órdenes de un amigo de su padre, instalador de redes telefónicas. En París, entró en contacto con el delegado francés de la Compañía Continental Edison, empresa que ya había establecido sus bases en medio mundo. De manera casual, la sucursal de Edison estaba pasando por graves problemas de imagen en Francia. El causante fue un desagradable accidente durante la inauguración del tendido eléctrico que debía iluminar la estación de tren de Estrasburgo; un cortocircuito estuvo a punto de provocar un incendio y de acabar con la vida del Emperador Guillermo I de Prusia, asistente al acto. Sin saber bien

cómo, Tesla se vio firmando un acuerdo con la empresa de Edison para viajar a Estrasburgo, solucionar el problema, arreglar el tendido eléctrico y recibir a cambio financiación suficiente para poner en marcha su anhelado motor AC. A la vuelta de un año de trabajo, el ingeniero croata no recibió ni un duro. Había sido engañado, pero aquello no le desanimó para seguir trabajando en la compañía eléctrica.

Nicola era huraño, excéntrico y poco sociable. Se sentía incapaz de expresar sus ideas correctamente y siempre miraba al resto de los ciudadanos con cierta suficiencia. Quizás todo fuera a causa de su irrefrenable timidez, pero lo que parece evidente es que aquel hombre carecía de recursos sociales y emocionales como para pegar un portazo y marcharse. No sólo continuó en la oficina de Edison en París, sino que aceptó realizar un viaje a Nueva York para trabajar mano a mano con Thomas Alva Edison.

En realidad, aquella oferta no fue más que una artimaña de los empleados de Edison para aprovechar los conocimientos de Tesla y para despistarle de su empeño de construir un motor AC. Todo el emporio de Edison se basaba en la distribución de electricidad mediante sistemas de corriente continua. La corriente alterna era una amenaza para el negocio; más valía tener ocupado a quien creía ser capaz de dominarla.

Cuando conoció en persona a Thomas Alva, Tesla comprendió que aquel hombre no tenía nada que ver con él. Era un tozudo inventor norteamericano «capaz de encontrar una aguja en un pajar, examinando pajita a pajita con la diligencia de una abeja», pero carecía de los conocimientos teóricos de Tesla. «Yo fui testigo preocupado del modo en que trabajaba Edison», escribió Tesla. «Sabía que unos pequeños cálculos matemáticos podían ahorrarle el 90 por 100 del esfuerzo que dedicaba en solucionar un problema».

Edison era un expansivo empresario y Tesla era una mente pensante huidiza. No congeniaron, pero se soportaron porque mutuamente se necesitaban. Edison, para tener a su cargo al hombre que más daño podía hacerle. Tesla, para no perder el contacto con el mundo de la electricidad. La relación no podría durar mucho. Un nuevo desacuerdo con el pago de una cantidad prometida sirvió de excusa a Nicola Tesla para dejar de soportar a su contrincante. El joven abandonó la empresa y no tuvo más remedio que emplearse de albañil para subsistir. Hasta que un golpe de suerte le rescató para la ciencia.

El capataz de su empresa era nada menos que accionista de la Compañía de Telégrafos Western Union. Cuando éste conoció las ideas de Tesla, pensó que podrían serle de utilidad para competir con la poderosa empresa de Edison. El dinero del capataz fue suficiente para poner en marcha una aventura empresarial que habría de pasar a la historia de la tecnología: se creó la Compañía Tesla de Electricidad, y en ella Nicola encontró todos los recursos necesarios para investigar. El trabajo tuvo su fruto en 1888, año en el que se concedió la primera patente de un motor de corriente alterna. Nadie sabía para qué serviría, ni tenía ninguna esperanza de sacarle rendimiento económico al invento, pero Nicola había logrado su sueño. El sueño que iba persiguiéndole desde que su profesor en la infancia lo retara inconscientemente ante los restos de una dinamo quemada. Le dijeron que jamás lograría un motor de corriente alterna... ¡Pues ahí estaba el primero de la historia!

Durante la presentación del motor de Tesla en el Instituto Americano de Ingeniería Eléctrica, se dejó caer por el local un acaudalado emprendedor del mundo de los ferrocarriles, llamado George Westinghouse. Encantado con el inventor croata, le ofre-

ció un millón de dólares por la patente y una cantidad inenarrable en concepto de derechos de autor. Nicola pasó a ser rico y famoso y a deleitarse con su nueva condición social de «rey de la electricidad».

El invento de Nicola Tesla iba a revolucionar el mundo. El sueño dorado de Edison de iluminar cada casa de cada país del planeta no hubiera sido posible sin el control de la corriente alterna que nos legó el croata nacionalizado estadounidense. Tesla era consciente de ello y vivió encaramado a la petulancia de saberse un visionario. Desdeñó el presente, porque sólo le interesaba el futuro. Aparte de unos cuantos conocidos, entre los que estaba su admirado Mark Twain, no tuvo amigos; no creó nada estable a su alrededor, no legó nada más que su invento y las páginas de sus memorias.

Quizás siempre perseguido por la memoria de su hermano muerto, siempre comparándose a sí mismo con él. Quizás siempre recordando las ofensas que tuvo que soportar por parte de su padre. En 1943, Tesla murió solo y arruinado, creyéndose autor de prácticamente todos los avances del mundo moderno. Al menos, pudo vivir parte del futuro para el que siempre había trabajado.

## OTROS NOMBRES CLAVE EN LA HISTORIA DE LA ELECTRICIDAD

### CHARLES AGUSTIN DE COULOMB: LA PRIMERA MEDICIÓN DE UNA CARGA

Una enfermedad repentina cambió la vida de este hombre, que servía como ingeniero en el ejército francés de las Indias Occidentales antes de verse obligado a recibir tratamiento en Blois, Francia. Aquello le sirvió para dedicarse plenamente a sus estudios sobre el magnetismo, la fricción y la electricidad. Tras la Revolución, escaló posiciones en el estamento científico hasta convertirse en Inspector General de Instrucción Pública. En 1777 inventó una balanza de torsión que permitía medir la fuerza de la atracción magnética y eléctrica. Gracias a este medidor, fue capaz de definir algunos principios fundamentales, que hoy conocemos como leyes de Coulomb, que describen las interacciones entre cargas eléctricas (la repulsión o atracción de las cargas de igual y diferente signo). La unidad de medida de la carga eléctrica se llama hoy culombio en homenaje a este científico que se dedicó, en el último tramo de su carrera, a colaborar en la creación de un nuevo sistema internacional de pesos y medidas. Murió en 1806.

## WERNER VON SIEMENS: EL PADRE DE LA DINAMO

En la historia de la energía eléctrica hay grandes nombres que alcanzaron la fama por su formulación teórica de los principios fundamentales de la electricidad, y otros cuya contribución fue más práctica: la de diseñar aparatos capaces de producir y almacenar esta energía para el uso humano. A esta última lista pertenece el nombre de Werner von Siemens (1816-1892), un ingeniero alemán que no sólo contribuyó a la mejora de las instalaciones telegráficas, sino que propició uno de los avances más espectaculares en el desarrollo de la electricidad como fuente de energía cotidiana. Con su explicación del fenómeno dinamo-eléctrico sentó las primeras bases para la creación de dinamos, es decir, de generadores de corriente continua. La paternidad de este avance es confusa y durante años se repartió entre varios ingenieros distintos, pero hoy parece evidente que la primera dinamo de la historia fue la que presentó Siemens en la Exposición de París de 1867. Su modelo básico sigue siendo válido hoy y es la clave de prácticamente toda la generación de energía eléctrica posterior.

## ENERGÍA EÓLICA

### PAUL LA COUR: ENERGÍA DEL VIENTO

Una de las fuentes de energía que con más precocidad aprendió a utilizar el ser humano es el viento. Los primeros navegantes a vela supieron aprovechar el empuje de las corrientes de aire para mover sus barcos a grandes velocidades. Además, existen registros de culturas pre-cristianas donde se empiezan a utilizar molinos para la molienda de trigo y el bombeo de agua. Toda la tecnología del molino es una de las más prodigiosas aventuras de la historia del ingenio humano aplicado. Pero la capacidad técnica de sistematizar el uso de la energía eólica se la debemos, antes que a nadie, al danés Poul La Cour (1846-1908). Este profesor de física fue el primero en desarrollar cálculos matemáticos sobre la eficiencia de este tipo de energía. Sus investigaciones teóricas se pusieron en práctica en un molino construido en Askov (Dinamarca). La Cour fue un gran experto en aerodinámica; de hecho, construyó su propio túnel de viento. Además, estaba muy preocupado por mejorar los sistemas de producción, transporte y almacenamiento de energía. El primer molino de La Cour era utilizado para producir electrólisis en el agua y extraer hidrógeno para alimentar las lámparas de una escuela cercana. Después, construyó otros modelos que, en este caso, eran utilizados para generar energía eléctrica. Estos primeros aerogeneradores no eran suficientemente eficaces como para iluminar una casa, pero sentaron las bases de posteriores experiencias, como la de Jakob Juul, que, en 1957, puso en marcha un aerogenerador con una capacidad de 200 kilovatios.



## *Cuarta Parte*

### *Energía nuclear*

Poderosa y controvertida, peligrosa y limpia, longeva y liviana... Posiblemente, la capacidad de controlar la fisión del núcleo atómico hasta el extremo de generar energía eficiente sea el mayor avance humano en el terreno que nos ocupa. Pero, hasta llegar a tal logro, impensable hace un siglo y medio, ha hecho falta un camino de glorias, miserias, batallas y sacrificios científicos sin parangón.

## ANTOINE HENRI BECQUEREL (1852-1908): LA RADIATIVIDAD EXISTE

*EL* DESCUBRIMIENTO de los rayos X y un cúmulo de casualidades permitieron a Becquerel realizar uno de los hallazgos más importantes en la historia de la ciencia sobre la energía: la existencia de una emanación energética espontánea que procede de ciertas sustancias, como el uranio, y a la que llamamos radiactividad. Fue el trabajo teórico de Becquerel, complementado con el esfuerzo práctico de los Curie, lo que permitió a científicos y tecnólogos aprovecharse, décadas más tarde, de las enormes cantidades de energía que se producen durante la modificación a escala atómica de la materia.

*«El tema del que les voy a hablar a continuación se ha convertido, en sólo unos cuantos años, en una materia tan vasta que, para tratar de explicarla en una sola conferencia, sería necesario que me limitara a relatarles por orden cronológico los principales descubrimientos realizados.»* Con estas palabras comenzaba Antoine H. Becquerel su discurso de aceptación del Nobel de Física de 1903. El tema del que iba a hablar era la radiactividad, a la que él había llamado, como título de la conferencia, Una nueva propiedad de la materia, que efectivamente se había convertido en un asunto de tanta importancia en la ciencia de la época que prácticamente no se hablaba de otra cosa. Era, sin duda, el acontecimiento de moda, tal como podría serlo hoy la manipulación genética o, en los años sesenta, la carrera espacial. Y Becquerel estaba en el

*epicentro del terremoto, haciendo historia con uno de los descubrimientos más importantes en la carrera por el control de la energía.*

Antoine Henri Becquerel nació en París el 15 de diciembre de 1852. Era miembro de una distinguida familia donde habían proliferado los científicos y los académicos. Su padre, Alexander Edmond, había desarrollado una interesante familia como físico y llegó a realizar algunas aportaciones de valor en los temas de la radiación solar y la fosforescencia. Por su parte, su abuelo Antoine César formó parte de la Real Sociedad francesa y logró gran fama en los albores del siglo XIX. En concreto, es uno de los descubridores de la pizelectricidad, colaboró en la concepción de la primera pila con dos líquidos con electrodos impolarizables y mantuvo estrecho contacto con eminencias de su época, como Biot y Ampère.

En tal ambiente de creatividad científica nació un Antoine Henri que pronto se decantó por los estudios de física. Al igual que sus antecesores, ingresó en la Escuela Politécnica de París y se graduó en 1874 en la escuela de Pontset-Chaussees (ingeniería superior). En 1888, adquirió el título de doctor en ciencias. Como profesor, ocupó varios cargos de relevancia, entre los que destacan el de maestro en el Museo de Historia Natural de Francia y el de profesor de la Escuela Politécnica. Precisamente, su ingreso como docente en esta última institución iba a coincidir con un hecho trascendental que marcaría el resto de su carrera. Ocurrió en 1895, año en el que el físico alemán Wilhelm Roëntgen anunció su descubrimiento de los rayos X. Como se verá en otros capítulos posteriores de este libro, el espectacular hallazgo de Roëntgen impresionó a gran número de científicos jóvenes de la época y fue la chispa que condujo buena parte de las energías intelectuales de aquellos hombres y mujeres hacia el conocimiento de una nueva forma de radiación que acabaría

permitiendo, unas cuantas décadas después, el uso de la energía nuclear.

Becquerel no iba a ser menos. Él, que por aquella época estaba empezando sus trabajos sobre el magnetismo terrestre, la polarización de la luz, la fosforescencia y la absorción de la radiación luminosa por los cristales, se dejó cautivar por el hallazgo de los rayos X. Una discusión con su amigo Henri Poincaré —otro de los jóvenes impresionados por la luminosa evidencia de Roentgen— acerca de la naturaleza de dichos rayos X terminó en el planteamiento de todo un reto del que Becquerel ya no pudo olvidarse jamás. Su idea era demostrar a Poincaré si la radiación X tenía alguna conexión con la fosforescencia natural.

Para realizar las investigaciones oportunas en busca de una respuesta a tal misterio, Becquerel contaba con una dosis de sales de uranio que había heredado de su padre. Su intención era colocar una determinada cantidad de esta sustancia sobre una placa fotográfica, situar el conjunto en una cámara oscura y observar si se producía algún tipo de impresión fotográfica tras exponerlo a los rayos de sol. Efectivamente, observó cierta emisión fluorescente que era capaz de producir algunos efectos en la placa, siempre relacionados con la incidencia del sol. Para comprobar la potencia de tales emisiones, tapó la placa con papeles opacos y observó que la impresión seguía produciéndose. Es decir, los rayos emitidos por las sales de uranio eran capaces de atravesar el papel opaco que los rayos solares no podían penetrar.

La fluorescencia es un fenómeno que depende de la capacidad de ciertas sustancias de absorber la energía que procede de las radiaciones, como la ultravioleta o la X, o de los electrones, y emitir luz tras esa absorción. Se denomina fosforescencia a la persistencia de dicha luz emitida incluso después de que haya cesado la radiación externa

que estimula el proceso. Becquerel sospechaba que la radiación X era, en sí, un fenómeno fosforescente: dependía de que los objetos que la generaban recibieran luz.

Pero una tarde nublada de otoño, en medio del experimento con sus sales de uranio, Becquerel olvidó una muestra a la intemperie. Días después, rescató la placa y la metió en un cajón. Y al poco tiempo sintió la curiosidad de observar qué había pasado con ella: no le había dado el sol durante la prueba porque estaba muy nublado y había permanecido días en el fondo de un cajón: aun así, la radiación emitida era mayor que en las muestras expuestas a la luz del astro Rey. Aquel hallazgo casual tenía un significado trascendental: la radiación hallada no era un fenómeno de fosforescencia; se trataba de una emisión natural desde el interior del uranio. Los rayos del uranio emanaban de sus átomos y se parecían mucho a los rayos X, aunque presentaban sutiles diferencias. Becquerel había descubierto la radiactividad.

En su discurso de recepción del Nobel en 1903, el investigador daba cuenta de la novedad del fenómeno:

He encontrado que las sales de uranio emiten rayos que reproducen la silueta de láminas cristalinas a través de papel opaco. En esas circunstancias, el fenómeno podría ser interpretado como una transformación de la energía solar, como la fosforescencia, pero pronto me di cuenta de que la emisión era independiente de cualquier fuente de estimulación conocida como la luz, la electricidad o el calor. Nos encontramos ante un fenómeno espontáneo de orden totalmente nuevo.

En uno de los últimos párrafos del mismo, Becquerel advertía, por un lado, la laguna de conocimientos que la ciencia de entonces padecía para explicar correctamente el fenómeno radiactivo pero, por otro, ofreció la primera gran pista que conduciría al futuro de la

era atómica, al conocimiento y control de los procesos de radiactividad para obtener energía:

Entre las hipótesis que podrían llenar las lagunas dejadas por los experimentos actuales, una de las más plausibles es suponer que la emisión de energía es el resultado de una lenta modificación de los átomos dentro de las sustancias radiactivas. Esta modificación, que somos incapaces de medir con los métodos a nuestra disposición, podría realmente liberar energía en cantidades suficientes como para provocar efectos visibles pero sin modificar la materia lo suficiente como para que podamos observar el proceso.

Más adelante, correspondería a los Curie descubrir otras muchas sustancias emisoras de radiactividad y medir su potencia. Y con Rutherford aparecería la primera teoría seria sobre los procesos de modificación aquí avanzados. Pero con sus trémulas y modestas palabras ante la Academia de las Ciencias Sueca, Becquerel había puesto en marcha un tren que ya no sería posible detener: el de la relación entre radiactividad natural y energía.

Antoine Henri murió el 25 de agosto de 1908, pero la historia de la energía nuclear no había hecho más que empezar.

## MARIE CURIE (1867-1932): LA VIDA (Y LA MUERTE) POR LA CIENCIA

*SE DICE, y con razón, que el mundo de la ciencia es un territorio machista. Hoy en día, aún perduran las consecuencias de demasiados siglos de exclusividad masculina en los entornos académicos. Por eso, la mujer científica ha de combatir en dos frentes: en el duro campo de batalla de la investigación y en el de los prejuicios asumidos.*

*En la historia de la energía nuclear un nombre de mujer puso brillo a la oscuridad de la materia. Marie Curie, luchadora incansable desde joven, introvertida y melancólica, supo poner su pasión por la física en el primer término de sus aspiraciones vitales. ¿Quizás por ello tuvo que pagar el duro precio de pasar a la historia como una mujer triste?*

*Un vistazo a su biografía nos revela, sin embargo, una cara más apasionada de esta mujer que fue pionera en casi todos los aspectos de su vida. Aquel oscuro cuarto de la Escuela Municipal de Física y Química Industrial de París debió de parecer fantasmagórico a sus visitantes y a los curiosos que, en las noches de lluvia, acertaran a echar un vistazo a través del ventanuco que apenas servía para iluminar el interior. Dentro, no era extraño encontrar las siluetas de un hombre y de una mujer, evidentemente despreocupados por su aspecto, recortadas sobre las paredes con un halo azulado fosforescente. Como si se tratara de espectros, las dos sombras manejaban pequeños recipientes de cristal de los que partía el brillo que las perfí-*

*laba. Más de un fisgón hubo de pensar que era testigo de alguna suerte de maleficio, ignorante de que, en realidad, lo que estaba presenciando en aquel laboratorio modesto y aséptico era el advenimiento de uno de los hallazgos más importantes en la larga historia de la energía: la radiactividad.*

*Los fantasmas no eran sino Pierre y Marie Curie, un matrimonio de brillantes científicos dedicados en cuerpo y alma al estudio de unos rayos emitidos espontáneamente por algunos elementos químicos. Ellos todavía no sabían que el conocimiento, catalogación y análisis de algunos de estos objetos fosforescentes les iba a dar la mayor de las glorias que un investigador puede soñar con obtener (el premio Nobel). Tampoco podían imaginar que la constante exposición a los rayos emitidos desde las muestras de mineral de su laboratorio iba a provocarles la enfermedad y la muerte.*

¿Quién era aquella mujer de aspecto sobrio y silueta delgada que con tanta soltura trasegaba entre las muestras de uranio, las placas fotográficas y los electrómetros? Marii Sklodowskiej, nombre original de Marie Curie, nació en Varsovia el 7 de noviembre de 1867 como quinta hija de un matrimonio de docentes polacos. Manya, como la llamaban cariñosamente en casa, pronto empezó a interesarse por los números y por las leyes de la física. Su madre, Bronislawa, había dejado su cargo de jefe de estudios en Varsovia precisamente para atender a la más pequeña de sus hijas. Su padre, Vladislav, pudo obtener un buen puesto como profesor de física y matemáticas en un instituto para varones. Aquella benjamina había nacido, no cabe duda, en un ambiente propicio para la ciencia. Lo hicieron también sus cuatro hermanos; excepto la pobre Zosia, que murió de tifus, el resto se dedicó a tareas relacionadas con el saber: dos fueron médicos, una, profesora y Manya acabaría pasando a la historia como la primera persona ganadora de dos premios Nobel.



Pero la vida no era fácil para casi nadie en las medianías del siglo XIX, y menos para una familia de polacos orgullosos de su lengua. Polonia se encontraba sometida a la Rusia del zar Alejandro II. La administración rusa estaba firmemente decidida a sofocar cualquier rescoldo de nacionalismo polaco, y los supervisores zaristas sabían que la mejor manera de hacerlo era controlar la educación que recibían los niños. De ese modo, Vladislav Sklodowski se vio forzado a sufrir, como tantos otros docentes, las presiones cada vez menos sutiles de los jefes. El polaco natal era una lengua prohibida, y los niños de la familia Sklodowski crecieron con el permanente temor a que una frase descuidada, una palabra imprudentemente pronunciada en público, podrían traer terribles consecuencias para todos.

Durante aquellos primeros años de su vida, sin embargo, Manya creció en un entorno estimulante. Su padre solía leer cada sábado algún libro de literatura clásica en voz alta y, a medida que sus labores docentes iban siendo recortadas por los inspectores rusos, la casa se iba llenando de aparatos de medición, instrumentos de laboratorio y libros desalojados de las aulas vacías. La futura Marie Curie iba madurando su personalidad entre la pasión por la ciencia, el odio a los rusos, la rebeldía de una joven nacionalista en ciernes y el sufrimiento que no tardaría en llegar.

Primero fue la muerte de Zosia. Tres años más tarde, cuando Manya acababa de cumplir los diez, sobrevino el fallecimiento de su madre, víctima de la tuberculosis y, poco después, todos los hermanos tuvieron que resignarse a vivir cada día un poco peor debido a la progresiva pérdida de poder de su padre en el entorno académico. Aun así, Manya tuvo arrestos para dedicarse plenamente a sus estudios. Destacó en sus clases de secundaria donde empezó a acostumbrarse a ocupar el primer puesto. De hecho, a lo largo de su vida, Manya Sklodowskiej primero y Marie Curie después iba a atesorar

toda suerte de números 1: sería la primera mujer graduada en Física en la Universidad de la Sorbona, la primera mujer galardonada con el Premio Nobel, la primera mujer jefa de laboratorio en la misma Sorbona, la primera mujer miembro de la Academia Francesa de Medicina... Sólo debió dejar su orgullo en casa el día en que recibió el número 2 en la licenciatura de matemáticas en 1894 (algo que le supo como la peor de las derrotas) y cuando le denegaron un puesto en la Academia Francesa de las Ciencias, víctima de una maquinación no exenta de machismo y xenofobia.

En el comportamiento de la joven Manya ya se atisbaba el genio que tendría que sacar a relucir en más de una ocasión durante su vida futura como mujer científica en un mundo de hombres. Hubo de tragarse la rabia cuando, en su acto de graduación de secundaria, con apenas 15 años, acudió a recoger un diploma escrito en ruso de manos de un enviado del zar. Más tarde, confesaría que aquella afrenta a sus convicciones polacas había sido suficiente para amar-garle uno de los días más felices de su vida.

La ocupación rusa no solamente le estropeó su fiesta de graduación, sino que estuvo a punto de echar por tierra toda su carrera científica. En el entorno político de la época no estaba bien visto que las mujeres accedieran a la universidad. Así que, mientras su hermano Joseph ingresaba tranquilamente en la facultad de Medicina de la Universidad de Varsovia, Manya y su hermana Bronya se vieron obligadas a continuar sus estudios ilegalmente. En la capital de Polonia, algunos docentes comprometidos habían creado un programa universitario paralelo al impuesto por las autoridades zaristas. Para evitar ser descubiertos, las clases se impartían cada día en un lugar distinto; de ahí que al proyecto se le conociera popularmente como la Universidad Flotante. Ni uno solo de los títulos obtenidos en ella tendría valor académico ni serviría para integrar un currículo

competitivo en ningún país de Europa, pero era el único camino que permitía a las dos hermanas seguir estudiando. Por eso, cuando, una vez acabada su peripetia proscrita, Manya pudo viajar a París para ingresar en la Universidad de la Sorbona, aquella mujer de 25 años era plenamente consciente de que en su maleta portaba un lastre que pronto debía quitarse de encima: no importaba cuán brillante hubiera sido su trayectoria, necesitaba un título reconocido para poder cumplir su sueño de convertirse en científica.

París ya empezaba a pensar en el siglo xx, que se encontraba a la vuelta de la esquina, y la chica polaca debía hacer lo posible por convertirse en una parisina. Su primera decisión, después de buscarse un sencillo alojamiento en el Barrio Latino de la capital, fue cambiarse de nombre. Marii y Manya pertenecían al pasado: desde su ingreso en la Sorbona en 1891, la joven empezó a llamarse Marie. Era inquieta, obstinada y algo estrambótica. Algunos de sus amigos se maravillaban de que, durante el invierno, Marie «paseara su armario ropero por toda la ciudad», ya que llevaba puestas, una sobre otra, todas las prendas que poseía. Su aspecto ensimismado y algo arisco se acrecentaba con la delgadez que llegó a alcanzar: tan absorta estaba en los estudios que a menudo olvidaba comer. Afortunadamente, contaba con la atención de su hermana Bronya, casada con otro polaco y también instalada en París, que la mantuvo mínimamente pegada al suelo durante los pocos ratos que ella no dedicaba a estudiar. Estaba verdaderamente obsesionada con superar sus limitaciones: la falta de preparación en matemáticas, la pobreza de la educación científica recibida en Varsovia, su imperfecto idioma francés... ¡Y vaya si lo logró! Sólo dos años después alcanzó el número uno en su licenciatura de Física. Marie Sklodowskiej empezaba a dar de qué hablar en París.

Pronto, la urgencia por investigar, el gusanillo que todo buen científico lleva dentro y que sólo se puede satisfacer con horas y ho-

ras de esforzado trabajo de laboratorio, movió a Marie a tomar una decisión que no sólo iba a cambiar su vida, sino que iba a revolucionar la historia de la ciencia. Había aceptado una beca de la Sociedad para el Fomento de la Industria Nacional para estudiar las relaciones entre el magnetismo de diferentes metales y su composición química. Marie necesitaba unas instalaciones adecuadas para realizar tal trabajo. La casualidad quiso que un tal Pierre Curie, bien relacionado con algunos polacos emigrados a Francia, dirigiera un modesto laboratorio dentro de la Escuela Municipal de Física y Química Industrial de París. El caballero cedió a la dama parte de su espacio y, al poco tiempo, terminó regalándole buena parte de su corazón.

Las vidas de Pierre y Marie iban a unirse definitivamente por el amor y por la ciencia. ¿O, quizás, al revés: primero por la ciencia y luego por el amor? No es fácil decidir cuál fue el verdadero nexo que los mantuvo juntos. Pierre había tenido una experiencia de 15 años con una mujer adorable que no sabía nada de ciencia. Es posible que quedara prendado por la rara belleza de aquella polaca de mirada hundida; pero lo más probable es que se sintiera fascinado por la posibilidad de compartir con una dama la misma pasión científica, por la idea de poder encontrar una compañera a la que poder hablar en el mismo idioma de ecuaciones y valencias químicas, algo que había echado de menos cada noche de los quince años de aquella relación infructuosa.

¿Y qué decir de Marie? No cabe duda de que, al principio, sólo vio en Pierre al suministrador ideal de un espacio donde trabajar. Es cierto que, según ella misma confesó más tarde, quedó impresionada por la expresión de la cara de aquel hombre, entregado a cierto desaliño, descuidado en las formas, que se antojaba un soñador, siempre absorto en sus reflexiones. Pero el amor no era precisamente la emoción que más fluía entre las cuatro paredes de aquel laboratorio improvi-

sado. De hecho, en 1894, unos meses después de conocer a Pierre, Marie regresó a Varsovia con los títulos de Física y Matemáticas en el bolsillo y sin saber siquiera si iba a regresar algún día a París.

Las cartas que Pierre le enviaba no sirvieron para borrar de su mente las dudas sobre el camino que debía elegir: quería volver a Francia, sí. Pero también deseaba triunfar como científica en su país y junto a su adorada familia. Puede que, al final, Marie decidiera volver impulsada por la insistencia de su amigo, o puede que lo hiciera porque descubrió que sólo junto a él podría continuar soñando con ser una investigadora de prestigio. Lo cierto es que la joven se reincorporó a su laboratorio parisino e inició una relación cada vez más estrecha con Pierre. Aun así, sólo cuando Marie obtuvo su título de doctora y Pierre recibió un ascenso como profesor de la Escuela Municipal sonaron campanas de boda para la pareja. En julio de 1895, se convirtieron en marido y mujer. En la ceremonia (ajena a cualquier rito religioso), no hubo intercambio de anillos ni vestidos blancos de novia. Ella se puso un traje azul oscuro que luego le serviría como uniforme en el laboratorio. Pasaron la luna de miel viajando por Francia en bicicleta.

No puede decirse, precisamente, que la pasión hubiera desbordado el origen de aquel matrimonio. La misma Marie Curie iba a confesar que el motor de la relación era el trabajo: «Nuestra tarea nos unió cada vez más, hasta darnos cuenta de que ninguno iba a poder encontrar una compañía mejor en la vida». Quizás eso sea lo mejor que una pareja puede decir de sí misma. Lo cierto es que mantuvieron una feliz relación hasta la trágica muerte de Pierre, atropellado por un carruaje de caballos justo a las puertas de su laboratorio el 19 de abril de 1906. En once años tuvieron tiempo para concebir dos hijas (Eve e Irene), ganar un premio Nobel e inventar una palabra: radiactividad. Pocos matrimonios pueden presumir de tal bagaje.

Pero lo que verdaderamente llenó sus vidas fue la ciencia. De hecho, poco después de la muerte de Pierre, Marie se alzó con el puesto de profesora de Universidad y ya había vuelto al trabajo con idéntico entusiasmo al que mostraba antes de ser viuda: «Nunca pude olvidar lo que mi marido me había pedido: que incluso si él faltaba, yo debía seguir investigando». El verdadero amor de Marie Curie era el estudio de las propiedades físicas y químicas de la materia.

No es extraña tanta pasión por la ciencia. Las postrimerías del siglo XIX y el comienzo del XX conocieron algunos de los hallazgos de mayor relumbrón en la historia de la física. En 1895, el físico Wilhelm Roentgen descubrió unos extraños rayos que eran capaces de atravesar la carne humana e impresionar una placa fotográfica para producir la imagen de los huesos: se trataba de los rayos X. El hallazgo asombró no sólo a la comunidad científica, sino a la inmensa mayoría de los ciudadanos que tuvieron conocimiento de él. La radiografía de la mano de la esposa de Roentgen, en la que se mostraba con exactitud pasmosa cada uno de sus huesos, sin presencia de carne ni de piel, adornada por la huella en negativo de su anillo de boda, dio la vuelta al mundo. Todos estaban fascinados por aquel invento que permitía tomar fotografías del interior del cuerpo. Su autor se convirtió en el primer premio Nobel de física de la historia en 1901.

Con el esplendor de los rayos X de Roentgen tuvo que competir otro eminente físico que, en 1896, anunció a la Academia de las Ciencias de Francia que el uranio emitía una forma de radiación similar a los rayos X y que era capaz de velar una placa fotográfica incluso si se mantenía dentro de una cámara oscura. La concurrencia de los dos hallazgos, lejos de ser casual, respondía a un contexto científico en el que el mundo de la física estaba a punto de cambiar para siempre. Los rayos X de Roentgen, la radiación espontánea de

Bequerel, que él denominaba fosforescencia invisible, y lo que estaban a punto de descubrir Pierre y Marie Curie formaba parte del mismo cuerpo de conocimientos sobre una física que empezaba a preguntarse el porqué del comportamiento atómico de la materia.

Marie Curie no se dejó encantar por los famosísimos rayos X y prefirió prestar atención a esos ignorados «rayos» invisibles del uranio que había descubierto Becquerel. Tampoco se contentó con conocer cómo esos «rayos» eran capaces de impresionar las placas fotográficas incluso a través de objetos opacos, sino que decidió conocer por qué lo hacían. Para ello, se detuvo en una propiedad más de aquella extraña radiación: los rayos ionizaban el aire a través del cual pasaban, convirtiéndolo en conductor. Midiendo la conductividad del aire expuesto a la acción de los rayos —se dijo— es posible establecer la intensidad de la radiación. Marie Curie quería comparar la intensidad en distintos compuestos de uranio y bajo diferentes condiciones para, así, conocer mejor la naturaleza de la misteriosa fosforescencia invisible.

Para lograr su objetivo, Marie tuvo que acudir a un invento de otro eminente Curie. Un hermano de Pierre llamado Jacques había ideado quince años antes un nuevo modelo de electrómetro, un aparato capaz de medir corrientes eléctricas extremadamente débiles. El matrimonio Curie realizó cientos de mediciones con diferentes compuestos de uranio, con uranio puro, en estado húmedo o seco, pulverizado y compacto... Fuera cual fuere su circunstancia, el uranio mantenía una radiación estable, lo que los hizo suponer que aquella propiedad era inherente al átomo mismo.

Aquella idea ya era de por sí revolucionaria en un entorno científico en el que la física empezaba a desmontar el mito de que el átomo era la unidad indivisible de la materia, pero seguía resistiéndose a la idea de que las leyes de la naturaleza pudieran originarse en la

gran cantidad de energía atesorada a nivel atómico. Era necesario saber si la radiación de Becquerel procedía, tal como parecía, del átomo o no era más que una propiedad transmitida desde fuera de la materia y sólo eran capaces de reflejar los átomos de algunos elementos como el uranio.

Para responder a sus dudas, Marie midió la conductividad del aire en ambientes expuestos a casi toda clase de elementos conocidos; mandó llevar a su laboratorio miles de muestras de minerales, las analizó una a una y midió cuidadosamente sus propiedades. Así pudo comprobar que otros elementos, como el torio, también emitían rayos espontáneamente y que lo hacían en condiciones similares al uranio, es decir, que la emisión era también una propiedad atómica. Para describir tal propiedad no servían las metáforas utilizadas por sus colegas físicos. Rayos espontáneos, fluorescencia invisible... eran términos insuficientes para definir lo que los Curie tenían entre manos. Por eso, en 1898, decidieron inventarse una palabra: ese fenómeno de radiación atómica se llamaría a partir de entonces radiactividad.

La pareja siguió recibiendo en su laboratorio muestras de minerales cedidos desde diversas partes del mundo, que se encargaban de someter a idénticas mediciones. En medio de su rutinario trabajo, sin embargo, estaba a punto de producirse una sorpresa más: les costó varias confirmaciones incrédulas llegar a la conclusión de que un mineral de uranio conocido como peblendita ofrecía una intensidad radiactiva mucho mayor que el uranio, algo que sólo podría explicarse si el mineral contuviese algún elemento radiactivo desconocido hasta entonces. Pero ¿cómo descubrir tal elemento?

Marie Curie conocía bien el fenómeno de la cristalización fraccionada, según el cual, los elementos más ligeros de un compuesto cristalizan cuando aumenta la temperatura. Sometiendo al mineral a conti-



nuados aumentos de temperatura se pueden ir descartando elementos que van cristalizando. De ese modo, llegó a descubrir que en los compuestos de bismuto y bario (metales que no son radiactivos) existían sendos elementos desconocidos que sí eran radiactivos. Al primero lo llamó polonio, en homenaje a su tierra natal, y al segundo, radio.

Aquellos dos nuevos elementos forman parte de compuestos de bismuto y bario. Era imprescindible aislarlos, medir su peso atómico y convertirlos en dos ladrillos más de la tabla periódica. Y Marie y Pierre Curie también fueron capaces de hacerlo, aunque para ello tuvieran que manejar más de ocho toneladas de mineral. El contenido de radio en la peblendita es mínimo, por lo que la tarea fue de una dureza inenarrable. En 1898, el matrimonio anunció el descubrimiento de los dos nuevos elementos, trabajo que les valió el premio Nobel de física en 1903, compartido con Becquerel. Pero hubieron de pasar 45 meses de esfuerzo en un cobertizo insalubre rodeados de todo tipo de minerales radiactivos antes de que pudieran separar el primer decigramo de radio puro. En la peblendita, dos decigramos de bromuro de radio sólo se extraen tras tratar cien kilos de mineral. Fue el empeño de los Curie, su fuerza de voluntad y, quizás, el desconocimiento del riesgo al que se sometían, el motor para tal empeño sobrehumano. Porque el nivel de radiación al que fueron expuestos sus cuerpos sin protección es incalculable. Marido y mujer pasaron horas viendo cómo sus miembros se iluminaban por la fosforescencia azulada del nuevo elemento, y compartían experiencia con sus hijas, a las que enseñaban cómo el radio impregnaba de luz pálida todo aquello que tocaba o cómo servía un poco de producto para poder leer en la oscuridad junto a él.

Su osadía no era del todo ignorante; sabían que el contacto con el radio podía ser dañino. Bequerel había tomado unas muestras de elemento cedidas por Pierre Curie para mostrarlo a sus alumnos.

Pasó varias horas con el frasco dentro del bolsillo de su chaqueta. Al llegar a casa, descubrió que la piel cercana al bolsillo había enrojecido. Varios días más tarde se le formó una llaga que tubo que ser tratada como una quemadura y tardó varios meses en curar. El propio Pierre Curie se expuso deliberadamente a una preparación de radio para experimentar sus efectos. Tras diez horas de contacto en la mano se le produjo una quemadura que tardó cuatro meses en sanar. De manera que el matrimonio Curie tuvo que sobreponer a los temores del contacto con el nuevo elemento sus desmedidas ansias por añadir un nombre más a la historia de la química. Pasaron valientemente entre las radiaciones que, de manera imperceptible, pero inexorable, iban minando su salud.

Pierre fue el primero en sufrir las consecuencias. Cuando, en 1903, el matrimonio fue invitado a Londres para dar una conferencia en la prestigiosa Royal Institution, él estaba tan enfermo que apenas podía vestirse por sí solo y sus manos plagadas de llagas le impedían sostener un tubo de muestras. En agosto de ese mismo año, Marie sufrió un aborto del que iba a ser su segundo retoño. El radio que les iba a dar la gloria estaba quitándoles la vida. Pierre hubiera muerto por culpa de la radiación, de no ser porque una tarde lluviosa de primavera de 1906 un coche de caballos se cruzó en su camino. Paraguas en mano, preocupado porque su agenda se había complicado, no advirtió que iba a cruzar la calle por el mismo espacio que ocupaba un carro cargado de uniformes militares. Murió en el acto, arrastrado por las ruedas de madera y pisoteado por las patas del caballo. ¿Quién sabe en qué iría pensando? O «en qué iba soñando», como exclamó su padre al conocer la noticia. Lo cierto es que Pierre había dado muestras de su despiste habitualmente. Chocaba con los transeúntes por la calle, se golpeaba con las farolas, perdía el equilibrio sobre la bicicleta... Siempre tenía en la cabeza alguna idea más importante que la de decidir dónde iba a poner el pie en su siguiente zancada.

Había terminado una etapa de fructífera colaboración científica y respetuosa relación amorosa para Marie Curie, pero iba a comenzar un frenético periplo por los sinsabores de la fama, la presión del estrellato y por las mieles de la ciencia de vanguardia. Antes de la muerte de Pierre, el matrimonio ya había capturado el interés de la prensa de sociedad de la época. No existían los *paparazzi*, pero los Curie ya sabían lo que era sentirse agobiado por los periodistas. Muchos reporteros se apostaban en la puerta de su casa, sobre todo desde que empezaron a aparecer las primeras noticias sobre los efectos curativos del radio en bajas dosis y aún más cuando el matrimonio recibió el premio Nobel. Ahora, la viuda que tenía que cuidar a dos hijas mientras sacudía el mundo de la ciencia con sus descubrimientos era materia más que jugosa para unos cuantos reportajes con morbo.

En aquel contexto, cuando en 1910 Marie optó a un puesto vacante para la Academia Francesa de las Ciencias, su rivalidad con el otro candidato, el sexagenario Edouard Branly, no tardó en convertirse en espectáculo mediático. Branly había contribuido a la telegrafía sin hilos con unos cuantos avances de gran mérito pero, además, era católico y francés. La prensa no colaboró mucho a que los académicos mantuvieran la cabeza libre de prejuicios a la hora de votar. Se repitieron las portadas satíricas con Curie y Branly compitiendo, Curie y Branly enfrentados, Curie y Branly en dos platos de una balanza... Los rumores corrían como la pólvora, y no precisamente para favorecer a la que hubiera sido la primera mujer en ingresar en tan docta institución. Se asoció a Curie con los judíos polacos exiliados y se advirtió de lo conveniente que sería tener a un católico respetable en la Academia. Así fue. En enero de 1911, Marie Curie recibía la noticia de que Edouard Branly había ganado la plaza.

El escándalo no la iba a dejar en paz. Antes de que acabara ese mismo año, la prensa aireó con cierta saña una nueva historia so-

bre la científica viuda: estaba manteniendo un romance con Paul Langevin, discípulo de Pierre Curie e infelizmente casado. La bola de nieve no dejaba de crecer. Si Langevin y Curie asistían a algún congreso, la prensa no reflejaba sus discursos o conclusiones, sino los supuestos intercambios de miradas entre la pareja. A Marie y sus dos hijas llegaron a asaltarlas un grupo de parisinos airados que la acusaban de haber destrozado la vida de una esposa francesa. Curie estuvo a punto de perder su puesto en la Universidad y el respeto de sus conciudadanos, que tanto habían admirado su trabajo apenas una década atrás. Antes de caer en el olvido, y cuando todavía no se había recuperado de una tremenda depresión, un telegrama llegó a su laboratorio para devolverle la vida y la alegría: la Academia de Ciencias Sueca había decidido concederle un segundo premio Nobel, en este caso en Química, por el descubrimiento del radio y del polonio. En realidad, era el mismo trabajo por el que la habían galardonado en física unos años antes; pero la institución científica no podía dejar de reconocer que las aportaciones del matrimonio Curie habían revolucionado también la disciplina de la Química.

El destino le tenía reservada otra vuelta de tuerca a la primera persona en la historia galardonada doblemente con un Nobel. Justo cuando su popularidad empezaba a remontar, estalló la Primera Guerra Mundial, y su sombra de espanto y muerte no tardó en alcanzar París. El mismo día en el que la capital gala sufrió el impacto de las tres primeras bombas lanzadas desde aviones alemanes, Marie Curie decidió ponerse a trabajar para el país que la había adoptado. Nadie como ella conocía las virtudes de la radiación X para aplicaciones médicas. Así que tuvo la idea de utilizar la radiología en el mismo frente, como herramienta de apoyo para los médicos en su dura tarea de extirpar balas del cuerpo de un soldado, reparar fracturas o retirar fragmentos de metralla ocultos tras la

piel. Convenció a las autoridades de crear las primeras unidades de radiología militares, fue nombrada directora del Servicio Radiológico de la Cruz Roja y diseñó unas estaciones móviles a bordo de camionetas, que recorrían el frente con el nombre de Petite Curie. Junto con su hija Irene, aprendió a conducir camiones y estudió toda la anatomía que pudo. En otoño de 1914, hizo su primera visita al frente, donde tuvo que enfrentarse cara a cara a los horrores de la guerra y, una vez más, a los efectos de una exposición prolongada a la radiación.

El contacto con los rayos X y con las emisiones del radio y el uranio terminó por horadar su salud de manera irresoluble. Marie Curie murió a los 65 años de edad víctima de una anemia aplásica, una enfermedad degenerativa de los glóbulos rojos de la sangre derivada del exceso de radiación. Antes de morir, pudo ver en pie su anhelado Instituto del Radio, un centro de investigación y fomento de las aplicaciones sanitarias de este elemento fosforescente. Marie Curie era consciente de que había revolucionado el mundo de la física y de la química, pero también de que había puesto en manos de los hombres el conocimiento de una propiedad natural que podía ser utilizada con fines nada benévolos: la radiactividad. Posiblemente nunca olvidara las palabras que escribió junto a su esposo Pierre para agradecer la concesión de su primer premio Nobel:

Se puede concebir que, en manos criminales, el radio sea una herramienta peligrosa, y puede uno preguntarse si es conveniente para la humanidad conocer los secretos de la naturaleza, si está madura para ello o si este conocimiento no le resultará dañino. Yo soy de los que piensan que la humanidad logrará más beneficios que males de cada nuevo descubrimiento.

## ALBERT EINSTEIN (1879-1955): EL COSMOS, REDUCIDO

*H*OY VEMOS el cosmos como lo vemos gracias a que, a principios del siglo XX, un osado físico alemán arrojó a la comunidad científica el puñado de trabajos más revolucionarios de la historia del pensamiento racional. En menos de un año, Albert Einstein produjo la teoría de la relatividad especial, explicó el fenómeno fotoeléctrico y dio al mundo una de las ecuaciones más simples pero más trascendentes jamás conocidas:  $E=m.c^2$

*Hoy, casi nadie desconoce el nombre de Einstein y todo el mundo recuerda su cara de sabio distraído y provocador. Pero tras ese rostro se escondían, en realidad, dos personas: una, un trabajador incansable, creativo hasta extremos sobrehumanos y de genialidad desbordante que conmocionó el mundo de la física, y otra, alguien incapaz de mantener una relación familiar satisfactoria, egocéntrico e inestable, amargado por sus fracasos amorosos y temeroso de enfrentarse a las desgracias de la vida. Olvidó a una hija ilegítima, abandonó a un hijo enfermo y cosechó tantos enemigos como admiradores... Y, entre tanto, se dedicó a poner los ladrillos fundacionales de la ciencia moderna.*

*En el Olimpo de los grandes científicos, junto a Darwin, a Newton, a Freud... el trono de la física lo ocupará durante mucho tiempo esta figura original y provocadora. No tuvo empacho en posar con zapatillas*

*de andar por casa o sacando la lengua, se dirigía con igual descaro a una audiencia de escolares y a una de académicos... pero la profundidad de sus pensamientos es tal que todavía hoy hace pensar a muchos investigadores. La confirmación empírica de muchas de sus teorías ha sido objeto de debate durante décadas, incluso después de la muerte del sabio... Aunque Einstein siempre terminó teniendo razón.*

Albert Einstein vio la luz el mismo año en el que la luz vio la luz. Puede parecer un extraño e inútil trabalenguas, pero también puede que sea una brillante casualidad, un juego del destino que pudo cambiar el rumbo de la ciencia. Y es que aquel mismo año de 1879 en el que nacía en la localidad alemana de Ulm un niño más bien gordo, feo y con la cabeza ligeramente deformada, fruto del matrimonio entre Hermann y Pauline Einstein, en la localidad californiana de Menlo Park se procedía al encendido oficial de la primera iluminación pública con luz eléctrica. Fue Main Street la primera calle que sustituyó las farolas de petróleo o gas por luminarias con bombillas pagadas por el ayuntamiento.

La noticia corrió como la pólvora por todo el mundo durante la primavera de 1879, cuando el pequeño Albert aún no había cumplido los diez meses de edad. Y tuvo que impresionar profundamente a su tío, Jacob, un ingeniero especializado en instalaciones de gas y agua, que decidió dar un giro radical a su negocio: a partir de entonces se dedicaría a la novedosa electrotecnia, a comercializar una dinamo que él mismo había inventado. Aquella decisión marcaría la vida del rechoncho Albert más de lo que entonces podían haber imaginado sus padres. Por un lado, porque el nuevo negocio requería nuevos aires, así que la familia al completo se trasladó desde el Ulm natal hasta Múnich; y, por otro, porque Albert iba a vivir desde ese instante en contacto directo con el mundo de la energía, de los generadores, de la luz, de la física.

No fue esa la única coincidencia histórica que forjó el entorno en el que iba a desarrollarse la carrera de Einstein. El mismo año de su nacimiento vinieron al mundo también científicos tan importantes como Otto Hahn y Max von Laue y un político de la trascendencia de Stalin. Por aquella época, Albert Michelson determinaba que la velocidad de la luz tenía un valor de 299.850 kilómetros por segundo. En 1880, Werner von Siemens presentó en sociedad el primer ascensor eléctrico. El mundo de la tecnología empezaba a convulsionarse. Los hombres y mujeres del siglo XIX afrontaban el cambio de centuria esperanzados de que el dominio de la energía iba a traerles una sociedad más segura, más libre y más confortable.

Nada de eso preocupaba a Einstein por entonces, claro. En primer lugar, porque era demasiado pequeño, y luego, cuando empezó a crecer, porque los estudios no parecían ser lo suyo. En la escuela de Múnich, donde Albert acudió hasta los 16 años junto con su hermana Maya, el joven parecía encontrarse incómodo. Era retraído, de aprendizaje lento. Él mismo reconoció en más de una ocasión que empezó a hablar demasiado tarde. Pero no parece cierto el mito de que el niño fuera un mal estudiante: más bien cabría pensar que, simplemente, era un genio en ciernes al que el ambiente de la escuela Luitpold de Múnich no le estimulaba en absoluto.

Hoy en día, contamos con psicólogos y pedagogos que, con facilidad, pueden detectar los comportamientos peculiares de un joven estudiante, sus necesidades y manías, y determinar la causa de una tendencia al fracaso escolar. Pero en la vieja Europa del XIX las cosas eran muy distintas. Quizás, hoy, Albert Einstein habría pasado por un superdotado carente de la atención adecuada. O tal vez se le hubiera diagnosticado un principio de autismo. De hecho, algunos estudios psicológicos actuales han pretendido demostrar que tanto Einstein como el otro gran hito de la física, Isaac Newton, eran autistas.



Evidentemente, el comportamiento de Albert debió de preocupar a sus padres. Sobre todo por la tardanza que sufrió en adquirir la capacidad de hablar y por lo errático de su rendimiento escolar. Pero otros muchos datos demuestran que el niño no era, ni mucho menos, un fracasado en el colegio, como han querido pintarlo algunos biógrafos. La abuela de Albert, que no tuvo empacho en quejarse de lo gordo y feo que era el bebé cuando nació, dejó escrito, sin embargo, en alguna ocasión cuánto le divertían las ingeniosas ideas de su nieto de dos años. Su madre, Pauline, informaba a menudo a su marido de que el crío «seguida siendo el primero de la clase».

¿De dónde procede, entonces, el mito de un Einstein fracasado e incomprendido en el colegio? Puede que, sencillamente, sea una mala interpretación, por parte de los biógrafos, de su comportamiento extremo. Luitpold era una escuela al uso de la Alemania de la época: se regía bajo los principios de una estricta disciplina militar. Y, de alguna manera, el joven Einstein aprendió a odiar ese ambiente, hasta el extremo de que le repugnaban los uniformes y tenía un miedo irracional a las manifestaciones de marcialidad. La incompatibilidad de su carácter con el estilo educativo de aquel colegio no sólo tuvo que perjudicar su rendimiento, sino que marcó una filosofía de vida que ya no iba a abandonarlo jamás. Albert Einstein se forjaría como un pacifista convencido, rebelde ante las autoridades y jugueteón con las normas sociales.

Einstein estaba destinado a conmocionar el orden establecido de la física, a «cantarle las cuarenta» nada más y nada menos que al viejo e inamovible Newton, a dar la vuelta a la tortilla de la energía sentando las bases de un nuevo modelo de comprensión del universo. Pero también estaba destinado a jugar con sus coetáneos, a dejarse fotografiar con gestos infantiles, a aparecer en pósters con todo tipo de eslóganes, como aquél que circuló en los ambientes del inci-

piente movimiento *hippy* con la frase: «¿Ves, él también llevaba melena?». Y había de pasarse la vida entera desconcertando a propios y extraños con su comportamiento. Cuando Robert Oppenheimer, el padre intelectual de la bomba atómica, atravesaba los peores momentos de incertidumbre ante la posibilidad de ser acusado de espionaje en Estados Unidos, a Einstein no se le ocurrió otra cosa que aconsejarle: «Lo que tienes que hacer es ir a Washington, decirle a esos funcionarios que están locos y volverte a casa». Él siempre vio las cosas con la distancia y la despreocupación de un niño travieso.

No, es evidente que Albert no fue un fracasado escolar; más bien su caso fue uno de tantos procesos de mala adaptación al entorno que, por fortuna para él, acabó pronto. Por fortuna para él y para algunos de los suyos. Por ejemplo, para la institutriz que sus padres contrataron en Múnich y que abandonó la casa después de que el niño le arrojara una silla a la cabeza en una discusión. Y el niño no había cumplido todavía los seis años.

Einstein refugiaba su genialidad en las matemáticas, habilidad heredada de su padre, y en el violín, instrumento que aprendió a tocar a instancias de su madre, que era pianista. Precisamente fue su potencialidad como matemático lo que más le serviría en el futuro. Porque, sin duda, de entre todas las consecuencias magistrales derivadas de su trabajo como científico (de las que nos encargaremos más adelante), una brilla de manera especial: Albert Einstein no hizo ningún descubrimiento físico empírico; no se dedicó a las ciencias experimentales de laboratorio, como hicieron los Curie, por ejemplo. Este genio se limitó a manejar como nadie el lenguaje con el que está escrita la ciencia: el lenguaje matemático. Con su famosa fórmula de la equivalencia entre masa y energía ( $E=mc^2$ ) fue capaz de reducir el cosmos, el tiempo y el espacio a una ecuación. Y no sólo eso, sino que, a pesar de resultar una fórmula tremendamente

compleja, su aparente simplicidad acabó por convertirla en la ecuación matemática más famosa de la historia.

Esta peculiaridad de su trabajo quedó magistralmente glosada por Elsa, las segunda esposa de Einstein, cuando, durante una visita al observatorio Monte Palomar en California, preguntó para qué se utilizaban aquellos inmensos telescopios. Evidentemente, los responsables del centro explicaron ufanos que, gracias a ellos, se podía establecer cómo era la estructura del Universo: «Pues vaya cosa», contestó ella con ironía. «Mi marido hace lo mismo, pero no necesita nada más que lápiz y papel».

Pero volvamos a la infancia. Un contratiempo en el negocio familiar obligó a los Einstein a mudarse de nuevo. En esta ocasión, el padre tuvo que establecerse en una fábrica de la localidad italiana de Pavía, cerca de Milán. Durante un tiempo, Albert se quedó en la escuela de Múnich, que tanto odiaba, y ahora como interno. Pero el crío fue incapaz de soportarlo. Antes de terminar sus estudios prefirió marcharse con sus padres, espantado de la disciplina militar y la falta de creatividad del ambiente educativo alemán. Incluso quiso renunciar a su nacionalidad. Y no le faltaba razón. Einstein necesitaba un nuevo ambiente, quizás un entorno de creatividad y libertad propias de la cultura latina. En Milán, el jovencito empezaría una nueva etapa, viviría algunos de los años más felices de su vida y forjaría una personalidad que no le abandonaría jamás.

Libre de sus ataduras germanas, Einstein comenzó a dar muestras de una sublime aptitud para las matemáticas. Su padre, hombre de espíritu práctico donde los haya, quiso aprovechar aquellas habilidades para convertir al retoño en un gran ingeniero y le preparó el camino para ingresar en el Instituto Politécnico de Zúrich. Pero, al primer intento, Albert suspendió el examen de ingreso. El joven estaba perfectamente preparado en casi todas las materias, pero presentaba serias carencias en lenguas vivas y en ciencias naturales.

Aquello no fue más que un pequeño contratiempo sin importancia. Albert fue enviado a la localidad suiza de Aarau para completar su preparación. En aquel pequeño e idílico pueblo las cosas eran muy distintas a lo que le tocó vivir en Alemania. La relación con los profesores era espontánea y creativa, el niño recibió todo tipo de estímulos y su mente comenzó a producir preguntas geniales impropias de un chaval de su edad. En cierto modo, puede decirse que Aarau supuso la chispa que terminó por prender en el combustible de la inteligencia del chico: la reacción en cadena acababa de iniciarse y ya nada sería capaz de pararla.

En Aarau, de hecho, se puede datar el origen de la propia teoría especial de la relatividad. No en vano: fue durante una de las prácticas allí realizadas cuando Einstein se preguntó por primera vez sobre la naturaleza relativa de las ondas luminosas. En un momento de sus estudios, mostró cierta preocupación en el gesto y le asaltó una duda: ¿cómo percibiría una onda de luz un individuo que viaja a la misma velocidad que ésta? Suele decirse que no es más sabio el que tiene las mejores respuestas, sino el que se hace las mejores preguntas. Sin duda, aquella pregunta inocente lanzada al aire de la escuela de Aarau mientras el joven Einstein mejoraba sus carencias educativas fue una de las más trascendentales en la historia de la física moderna.

A la segunda fue la vencida. Einstein aprobó su examen de ingreso en el Politécnico de Zúrich y se desplazó hacia la ciudad suiza para continuar su prometedor carrera. Zúrich no sólo le ofreció a Einstein un sustrato académico digno, sino que le abrió las puertas al mundo adulto. Encontró a la que iba a ser su primera mujer, Mileva Maric, una matemática serbia, tres años y medio mayor que él, que iba a tener una influencia decisiva en los años de mayor efervescencia creativa del genio.

La carrera de Einstein ascendía poco a poco al tiempo que su vida personal se complicaba. Sus padres no aceptaron la relación con Mileva; incluso su madre le llegó a advertir que aquella mujer iba a entorpecer seriamente sus estudios. Para colmo, el negocio paterno andaba de mal en peor y la cómoda estabilidad económica de Einstein, que se dedicaba en Zúrich a estudiar sin tener que preocuparse de la manutención, empezó a peligrar. De hecho, cuando en 1900 obtuvo su diploma, el joven debió enfrentarse a la cruda realidad de que el padre había dejado de mandarle dinero. Hubo de buscarse trabajos transitorios para sobrevivir, pero no encontraba nada suficientemente satisfactorio.

Una de las peculiaridades más glosadas del carácter de Albert Einstein fue su incapacidad para poner los pies en el suelo, su distanciamiento del mundo real. Era, en este sentido, el prototipo de geniezuelo distraído y loco. Durante aquellos años en Suiza dio buena cuenta de ello. Enfrentarse a las penalidades de la vida no era lo suyo. Incluso sus profesores del Politécnico dudaban de que llegara a ser un buen científico algún día. Afortunadamente, contaba con un buen puñado de amigos. Uno de ellos, Marcel Grossman, le consiguió un puesto de trabajo estable en la Oficina de Patentes de Berna. Allí llegó en 1902, allí recibió la noticia de la muerte de su padre y allí se gestó su idea de casarse con Mileva. La boda tuvo lugar en la intimidad el 6 de enero de 1903. Sólo tuvieron dos amigos como testigos, no hicieron viaje de novios y se instalaron en su modesta casa del centro de Berna. Ella supeditó su carrera científica a la de su marido... y algo más. Porque la relación entre los dos sabios fue digna de la mejor de las telenovelas.

En enero de 1902, Mileva dio a luz una niña fruto de su relación extramatrimonial con Einstein. El acontecimiento vino a poner aún más dramatismo a un noviazgo que resultaba indigno para la familia de Albert. Ellos consideraban a los serbios inferiores, pero, ade-

más, esperaban que su retoño se uniera a alguna mujer más «tradicional», no a una sabia matemática como él. «De esas parejas nunca sale nada bueno...», pensaba la madre de Einstein. Albert, por su parte, experimentó un extraño cambio de comportamiento durante el embarazo de Mileva. Al principio, sus cartas muestran la actitud de un padre amable y deseoso de ver crecer a su hijo. Pero, tras el parto, Einstein renegó de la criatura a la que llamaron Lieserl. La niña fue dada en adopción a una mujer húngara. La pareja de padres solteros decidió sellar un pacto de silencio al respecto, jamás mencionaron el nombre de su primera hija. La vida real de Lieserl a partir de ese momento forma parte del más absoluto misterio. Sólo algunas obras de ficción se han atrevido a imaginar el destino de la hija ilegítima de Albert Einstein.

Albert y Mileva tuvieron otros dos vástagos cuyas vidas siguieron rumbos muy distintos: mientras Hans Albert llegó a ser profesor de ingeniería hidráulica en la Universidad de California, en Berkeley, Eduard tuvo serios problemas de salud mental y debió recibir el cuidado de su madre hasta la muerte de ésta en 1948.

La relación de Einstein con su mujer no fue nada sencilla. De hecho, desde el primer momento la consideró un reto intelectual más que una interacción amorosa. Necesitaba a alguien que entendiera su mismo lenguaje matemático; pero no tardó en comprender que su madre no estaba muy alejada de la razón cuando le había advertido lo difícil que es mantener un matrimonio entre dos personalidades tan afines y extremas. Albert y Mileva se peleaban a menudo. Lo hacían primero en la intimidad del hogar, pero luego sus disputas fueron siendo conocidas. Incluso llegó a producirse algún episodio de violencia física. Los hijos crecieron en un ambiente inestable, entre dos personas preocupadas por sus respectivas carreras científicas y de carácter indomable.

Pero la turbulencia de su relación no parecía afectar al Einstein científico. Daba la sensación de que existían dos personas distintas: Albert doméstico y Albert genio. El primero era incapaz de hacer feliz a los que le rodeaban. Los testimonios de algunos buenos amigos han reconocido que ese era un detalle de su vida que le preocupaba. Cuando murió su adorado Abraham Pais, le envió a su viuda una carta en la que reconocía cómo envidiaba que Abraham hubiera sido capaz de vivir tantos años en paz con una mujer, «algo en lo que yo inevitablemente he fracasado por dos veces».

Dos veces, sí, porque cuando el matrimonio con Mileva hacía agua a Albert le dio por retomar una antigua relación con su prima Elsa. Antes de que llegara el inevitable divorcio, en 1919, mantuvo contacto con aquella mujer, cuya principal virtud era «que no entendía ni una palabra de ciencia», en palabras del propio Einstein. Albert y Mileva se separaron el día de los enamorados (14 de febrero) de 1919. La boda con Elsa tuvo lugar el 2 de junio.

Conforme Elsa le daba todas las atenciones que necesitaba un genio egocéntrico y distanciado, la fama del sabio subió como la espuma. Pero el Albert doméstico seguía haciendo de las suyas: abandonó a su hijo Eduard cuando éste sufrió su primer brote psicótico, mantuvo una relación distante con su otro vástago y dejó escritas frases que dicen muy poco a favor de su personalidad privada:

Muy pocas mujeres son creativas. Jamás mandarí a una hija mía a estudiar ciencias físicas. Me alegro de que Elsa no sepa ni una palabra de ciencia.

Mucho antes, Einstein había tocado con los dedos el cielo de la ciencia. La fecha clave es 1905. Ese año el físico escribió cuatro artículos que lo iban a convertir en el científico más relevante de su tiempo; diseñó la Teoría de la Relatividad Especial; halló una expli-

cación al efecto fotoeléctrico, por la que recibió el Premio Nobel; relacionó la masa y la energía con su genial fórmula  $E=mc^2$ , y explicó científicamente el llamado efecto browniano. Pocas veces en la historia del pensamiento se ha dado una acumulación tan feliz de publicaciones en el período que va de marzo a diciembre de un mismo año. 1905 es, pues, una fecha señalada con caracteres de oro en la evolución de la sabiduría humana.

De todos sus trabajos de entonces, y a pesar de que el premio Nobel se lo concedieron por su estudio de efecto fotoeléctrico, el que más fama iba a darle era el diseño de su Teoría de la Relatividad Especial. Y eso que, en su momento, causó gran rechazo entre sus colegas. No era de extrañar. El joven Einstein se había atrevido, nada más y nada menos, que a poner en cuestión la mecánica clásica que se tomaba como dogma desde los años de Galileo. Lo hizo al afirmar que la luz viaja a una velocidad insuperable y al advertir que el tiempo y el espacio son relativos. En realidad, ambos conceptos, según Einstein, son sólo uno: el espacio-tiempo, una dimensión cuya apariencia depende del punto de vista del observador. La composición de estas teorías, junto al complemento de la Teoría de la Relatividad General que presentó en Berlín en 1915, revolucionó el modo en el que los hombres y mujeres del siglo XXI vemos el cosmos. La densidad de un objeto en un punto del espacio está directamente relacionada con la gravedad que se ejerce en dicho punto y con la curvatura que esa gravedad produce en el espacio.

En realidad, toda la astronomía moderna bebe de esa idea surgida del lápiz y del papel de Einstein, pero confirmada posteriormente por numerosas observaciones empíricas. La primera de ellas ocurrió en 1919, cuando el astrónomo Arthur Stanley Eddington observó por primera vez, mientras contemplaba un eclipse solar, que los rayos luminosos procedentes de las estrellas se curvan al pasar cerca



del Sol como consecuencia del efecto gravitatorio generado por el Astro Rey. Los cuerpos muy densos producen una curvatura en el espacio-tiempo mayor que los cuerpos menos densos. Es como si en una colchoneta depositamos unas pequeñas canicas lanzadas al azar y luego dejamos caer una gran bola de plomo: ésta hundirá la colchoneta, curvará el entorno blando de la superficie y atraerá hacia ella las canicas. Así funciona buena parte de la mecánica del cosmos. Gracias a esta explicación de Einstein, podemos entender mejor el modo en el que se disponen los astros y los planetas, intuir que el universo está en expansión, diseñar modelos del origen del cosmos, avanzar cómo será su futuro, predecir la existencia de agujeros negros...

Aunque el legado einsteniano llegó mucho más allá. Albert Einstein advirtió en sus escritos que la luz tiene una doble naturaleza: es un corpúsculo, como una bala que se lanza sobre un objetivo, y es una onda, que avanza como las ondas del agua de un estanque al que tiramos una piedra. En 1924, el físico Louis de Broglie utilizó esta idea para advertir que la materia puede comportarse de similar modo. Estableció el concepto de dualidad onda-corpúsculo, que es una de las piedras fundacionales de la mecánica cuántica. Sin Einstein, este paso fundamental para el conocimiento de la materia y para la creación de nuevas tecnologías como los ordenadores no habría sido posible.

Aún queda por glosar otra de las grandes revoluciones que desencadenó el pensamiento del genio alemán: sus trabajos sobre el efecto fotoeléctrico fueron decisivos en el mundo de la producción de energía. Einstein se dio cuenta de que algunos materiales emiten electrones cuando una luz incide sobre ellos. Este fenómeno sólo puede explicarse si se asume que la propia luz es algo más que una onda. El osado físico propuso que la radiación luminosa está

compuesta de unas partículas llamadas fotones. Dicha propuesta fue la base de toda una nueva generación de aplicaciones energéticas que utilizan el efecto fotoeléctrico, como, por ejemplo, las placas solares.

Pocas cosas podrían explicarse hoy si Einstein no hubiera existido. La bomba atómica, el mando a distancia de nuestro televisor, una supernova, un viaje a la Estación Espacial Internacional: nada sería lo mismo. La vida del genio se debatió entre la prominencia pública y el desencanto personal. Cada vez menos satisfecho con su vida privada, llegó a renegar de la institución del matrimonio, que consideraba una moderna forma de esclavitud «inventada por un cerdo». Cosechaba amistades y enemistades por igual, se despreocupaba de su aspecto y de su vida social. Pero, a veces, mostraba una cara amable que le hacía carismático. Se comprometió en varias causas políticas. Fue pacifista a ultranza, pero participó en el desarrollo de la bomba atómica y trabajó pidiendo fondos para apoyar al frente aliado en la Segunda Guerra Mundial. Su corazón dejó de latir a la una de la madrugada del 18 de abril de 1955, pero resulta difícil pensar que Albert Einstein haya muerto. Su genio sigue chisporroteando en cada una de las mentes científicas que trabajan en la actualidad y que deben buena parte de su sapiencia a la luz que el alemán arrojó de sopetón sobre el Universo.

## ERNEST RUTHERFORD (1871-1937): EL PADRE DE LA ERA ATÓMICA

*OBSERVAR el mundo de lo más pequeño, la escala atómica de la naturaleza, es introducirse en un universo regido por leyes especiales. Si hoy conocemos esas leyes y podemos dotar de dignidad especial a la composición de la materia es gracias al genio de Ernest Rutherford, un hombre que fue al átomo lo que Darwin a la biología.*

*Cuando decimos que vivimos en la era atómica no nos estamos refiriendo a que estemos en perpetuo peligro de confrontación bélica con bombas de destrucción masiva. Ni siquiera, aunque esto sea más acertado y beneficioso, que hayamos aprendido a vivir un poco mejor gracias a cierta dependencia de la energía que sale de las centrales de fisión nuclear. La era atómica es un viaje científico que comienza con el descubrimiento de la radiactividad por parte de Becquerel y Curie y que todavía no ha terminado. Un viaje al mundo de la estructura de la materia, del control de las grandes cantidades de energías que se derivan de la división de los ladrillos básicos del mundo: los átomos.*

*En este viaje, hay tantos hitos como hombres y mujeres han colaborado en un uso pacífico de la energía nuclear. Y la humanidad ha ganado una forma eficaz y segura de evolucionar, de hacer la vida más cómoda y las economías más prósperas. Pero también ha aprendido que la ciencia atesora conocimientos cuyo uso ilegítimo puede produ-*

*cir un daño irreparable. La era atómica es el momento de la historia en el que el ser humano ha logrado un conocimiento más íntimo de la naturaleza. Desde la antigua Grecia, la ciencia había contado con una limitación insalvable, un corsé que le impedía sacar partido del conocimiento de la estructura íntima de la materia. El átomo era considerado una unidad indivisible. Todo intento de reducir las leyes físicas a normas que regulasen la cohesión del mundo sólido, la relación entre los componentes de las cosas, se detenía en el último escalón de la escalera, justo delante de la puerta cerrada de los átomos. Allí había un letrero en letras catastróficas que advertía: «Prohibido el paso». El átomo era el ladrillo último conocido, el objeto menor al que podía reducirse la materia. No había nada más pequeño, más fundamental, más primigenio. La era atómica nace cuando se descubre, primero, que algunas leyes físicas intervienen de manera estable en el nivel minúsculo de los átomos, es decir, cuando empieza a entenderse el comportamiento físico de dichas instancias; y segundo, cuando la ciencia empieza a advertir la posibilidad de que el átomo no sea una unidad indivisible, la idea un tanto sacrilega de que, por debajo de dicha unidad, existen todavía elementos constitutivos, partículas, más pequeños.*

*En la era atómica el mundo es una danza de núcleos, protones y electrones; más adelante surgiría la magia de lo subatómico y de lo cuántico. Dicha danza es la base de buena parte de todo lo que hoy sabemos sobre física y de gran cantidad de avances que nos han conducido a un mundo en el que generar, transportar y almacenar energía útil es mucho más sencillo. Y dicha danza se rige por una partitura que, si hoy conocemos, es gracias, entre otras cosas, a la fascinante carrera científica de Ernest Rutherford, un hombre que abandonó su destino de granjero neozelandés para obtener el privilegio, disfrutado por muy pocos seres humanos, de verse inmortal en vida, de saberse parte de la historia más noble de su especie.*

Rutherford nació en la localidad de Spring Grove, dentro de la región rural del Nelson (Nueva Zelanda) el 30 de agosto de 1871. Su padre era escocés y su madre, inglesa. Ambos tuvieron nada menos que doce hijos, de los que Ernest fue el cuarto. Su infancia, por lo tanto, transcurrió en medio de las sensaciones que produce la vida en el campo; trabajo de granjero que compaginaba con sus estudios primarios, amor por las fiestas y el baile, poco tiempo libre y, en su caso, muchos deseos de emprender una nueva peripecia.

Ernest reunía dos cualidades que lo convirtieron en un muchacho muy popular en el colegio. La primera, era un gran jugador de *rugby*, habilidad a la que unía una impresionante talla física. Su segunda cualidad era la facilidad para las matemáticas y, en concreto, la realización de todo tipo de cálculos. Probablemente, la primera vez que tuvo ocasión en la vida de demostrar sus dotes fuera a la edad de diez años, cuando, tras recibir en clase algunas lecciones sobre cómo utilizar la constante de la velocidad del sonido para medir distancias, sorprendió a su familia calculando dónde había caído un rayo tras una tormenta.

El niño gozaba de la vida en el campo, pero ordeñar vacas, desmembrar troncos de árboles y tender enrejados no le satisfacía plenamente. Para un chico de su edad y de su condición, la única manera de salir del ambiente de la granja era lograr ser admitido en el Nelson College. Rutherford hubo de realizar los exámenes de ingreso dos veces porque, a la primera, no obtuvo la calificación suficiente. Pero, con empeño, terminó por lograr su plaza soñada, se desplazó a la capital de la provincia de Nelson y comenzó a olvidarse de los aperos de labranza para sustituirlos por libros y lapiceros. Su siguiente salto fue a la Universidad de Canterbury, en Christchurch. Allí continuó dando muestras de sus excelentes dotes deportivas y de su facilidad para estudiar todo tipo de asignaturas. De hecho, se graduó en Matemáticas Puras, Latín, Matemáticas Aplicadas, Francés y Física. Su currículo subió como la espuma, logró un Más-

ter en Física, obtuvo las mejores calificaciones de postgrado que podían darse en Nueva Zelanda a un matemático y se ganó cierta fama de hábil experimentador en el terreno de la electricidad. Además, su vida privada se vio estimulada al entrar a vivir como alquilado en una casa cuya casera era Mary Newton, luchadora sufragista que conseguiría en 1893 que su país, todavía colonia británica por aquel entonces, fuera el primero en el mundo que garantizara el voto femenino.

Pero la lejana Nueva Zelanda empezaba a quedársele tan pequeña como años antes se le había quedado su granja de Nelson. La Administración educativa de la isla concedía a algunos de sus más brillantes estudiantes una beca que les permitía viajar a cualquier lugar del mundo a completar sus estudios en alguna institución prestigiosa de su elección. Por supuesto, Rutherford optó a ella y, aunque en primera instancia no logró el primer puesto, la renuncia del agraciado le permitió viajar a Cambridge para estudiar en el prestigiosísimo Laboratorio Cavendish, llamado así en honor del científico británico del siglo XVIII. En ese ambiente, Ernest iba a codearse con los mejores científicos que jamás hubiera soñado conocer. Sin ir más lejos, cuando ingresó en el laboratorio (por cierto, fue el primer alumno en hacerlo sin haber estudiado previamente en Cambridge) lo recibió James Clerk Maxwell, el padre del electromagnetismo. Más tarde, Rutherford estudiaría bajo la tutela de Joseph John Thompson, quien en 1906 iba a recibir el Premio Nobel de Física por su descubrimiento del electrón. En seguida, Thompson se dio cuenta de que el joven procedente de Nueva Zelanda tenía excepcionales condiciones para la investigación. En aquella época (Rutherford ingresó en Cambridge en 1895), la comunidad científica internacional estaba absolutamente fascinada con el descubrimiento de Röntgen de las propiedades de los rayos X. Contar con tubo catódico era uno de los juguetes preferidos de todo aspirante a investigador. De un laboratorio a otro deambulaban las fotografías de huesos y de todo tipo de objetos tomados por los todavía algo incrédulos pioneros de la radiografía. Por supuesto, Thompson

contaba con uno. Pero, como es lógico, no lo quería para jugar, al menos no sólo para eso. En realidad estaba muy ocupado en el estudio de un fenómeno que desde muy pronto se había descubierto alrededor de los rayos X: convertían al aire que traspasaban en conductor. Durante dos años, Rutherford y Thompson estudiaron el fenómeno de la ionización de los gases expuestos a rayos X, primero, y a átomos radiactivos cuando éstos fueron descubiertos. Ernest no fue muy constante en su trabajo y, de hecho, cuando en 1908 partió a Canadá para servir como profesor en la prestigiosa Universidad McGill de Montreal, había realizado pocos avances significativos en la materia. Pero aquello le sirvió para entrar en contacto con el mundo de las radiaciones ionizantes, de la radiactividad. Un terreno que ya jamás abandonaría.

Por cuestiones de azar, Rutherford vino a encontrarse en la McGill a otro joven físico, Frederick Soddy, con quien iba a realizar los descubrimientos que le valdrían el Nobel de Química en 1908. Resulta curioso que Rutherford soliera decir a sus amigos que la mayor transformación que había presenciado en un laboratorio fue la suya propia, al pasar de ser físico a ser químico. Soddy tenía que haber ingresado en la Universidad de Toronto, pero una suerte de enemistades con sus responsables lo dejaron en la calle. De regreso a su Inglaterra natal, paró unos días en la McGill y allí recibió la oferta de formar parte del equipo investigador del mismo departamento de Rutherford. Hoy sabemos que buena parte del Nobel que se llevó el neozelandés pudo corresponder al ingenio, la inspiración y la capacidad de experimentación de Soddy. ¿Pero qué es lo que descubrieron?

A principios del siglo XX se conocían los efectos de la radiactividad, pero el origen de la misma y, sobre todo, el mecanismo por el cual algunos átomos eran radiactivos seguía siendo un misterio. Rutherford desveló aquel misterio al observar que la radiactividad es un fenómeno en el que intervienen, de modo indisoluble, dos procesos: algunos áto-

mos pesados decaen espontáneamente y emiten radiación al tiempo que se convierten en átomos más ligeros. Al principio, puso en contacto emisiones radiactivas con campos eléctricos y observó que dos tipos de emisión, que llamó alfa y beta, se desviaban hacia polos eléctricos opuestos. El gran valor de sus trabajos no fue sólo eso, sino darse cuenta de que la emisión alfa no era una radiación compuesta de ondas, sino que se trataba de una emisión de partículas más pesadas que las partículas de la emisión beta, que hoy conocemos como electrones.

El hallazgo era espectacular. Por un lado se confirmaba la existencia de partículas menores que el átomo; por otro, se describía un proceso de transformación espontánea del átomo que emitía dosis de energía miles de veces más grandes que cualquier otra reacción química. Con ello, se daba cuenta de los orígenes físicos-químicos de la radiactividad y, para colmo, por primera vez en la historia se demostraba que el elemento químico, en contra de todas las teorías establecidas, podía convertirse en otros elementos, tal como habían soñado los viejos alquimistas.

El maestro de Rutherford en el laboratorio Cavendish de Cambridge, encantado con el devenir que estaban tomando las cosas en el mundo de la física, escribió en 1909:

Los nuevos descubrimientos físicos y las ideas por ellos sugeridos han tenido un efecto sobre los investigadores de este campo similar al producido en la literatura por el Renacimiento.

Y eso que todavía estaba por llegar lo mejor. Porque Rutherford, poseedor de un premio Nobel, famoso en el mundo entero y al que le gustaba vanagloriarse de ser «el creador de la última moda científica» iba a realizar en su nuevo laboratorio de la británica Manchester, al que se desplazó en 1907, otro hallazgo fundamental para la historia de la nueva era atómica.



Tratando de medir la relación entre la carga eléctrica y la masa de las partículas alfa, Rutherford había descubierto que, cuando se lanzaba un haz de éstas viajando a 15.000 kilómetros por segundo contra una placa de mica, las partículas mostraban un comportamiento errático y se dispersaban. Al contabilizar el número de partículas afectadas por la desviación, notó que algunas de ellas eran devueltas a su dirección de origen, como si rebotaran en algo. El propio Rutherford contó que aquello era «tan extraño como si se hubiera lanzado un torpedo a una lámina de tisú y hubiera rebotado». ¿Qué propiedad misteriosa albergaba la materia de esas placas de mica? ¿Por qué desafiaban lo que el mundo sabía de física hasta entonces?

Cuando quiso descubrirlo, una mañana de 1911, Ernest Rutherford encontró un modelo de explicación que iba a revolucionar la historia de la física. El investigador se dio cuenta de que el átomo estaba formado por un núcleo que poseía la mayor parte de su masa (casi la totalidad). El núcleo estaba cargado positivamente, mientras a su alrededor, girando de modo similar a los planetas del Sistema Solar, rotaban los electrones. Había aparecido por primera vez la imagen de la estructura interna del átomo y, con ella, nacía definitivamente la era atómica. Es cierto que llamar atómica a esta era, tal como empezábamos este capítulo, no deja de ser una incongruencia; en definitiva, la palabra griega *atomo* significa «lo que no se puede dividir». Si algo había demostrado Rutherford es que el átomo es divisible, se compone de partes menores que él y puede transformarse. El amigo de Ernest, Frederick Soddy, había propuesto que a esta nueva era se la llamara «tómica», sin duda un término mucho más acertado. Pero no tuvo fortuna. Quizás porque la ciencia que empezaba a nacer y que iba a cambiar para siempre nuestra relación con la energía, venía protagonizada por una auténtica veneración al átomo.

Rutherford murió el 19 de octubre de 1937, pero antes tuvo oportunidad de legar a sus conciudadanos una de las vidas dedicadas a la

ciencia más fructíferas que se conocen. Durante la Primera Guerra Mundial, trabajó al mando del ejército aliado para diseñar sistemas de detección de submarinos mediante emisiones acústicas. Incluso llegó a plantear la posibilidad de utilizar animales como las focas para tal fin. Su aportación a la contienda no fue sólo esa. Sus buenos contactos con las altas esferas le permitieron recomendar a las autoridades de Estados Unidos que utilizasen a los jóvenes científicos de su país para diseñar herramientas de conocimiento y no malgastasen sus talentos y sus vidas en el frente. Tal vez su empeño fuera debido al dolor que le produjo saber que el joven Harry Moseley, quien estaba en trance de recibir un Nobel por su utilización de los rayos X para determinar la estructura electrónica de los átomos, había perdido la vida luchando en Turquía. Pasada la confrontación, prometió no volver a poner sus conocimientos al servicio de ningún ejército.

Asimismo, Rutherford fue también el primero en conseguir átomos de oxígeno mediante el bombardeo con partículas alfa de átomos de hidrógeno. Es decir, el primero en conseguir una división real del átomo, base fundamental del uso de la energía nuclear actual. Predijo la existencia del neutrón, algo que fue demostrado por James Chadwick, del mismo laboratorio Cavendish en Cambridge, en 1932. Fue nombrado Lord y llevó una vida social muy efervescente. Pero, además, era un hombre de gran visión de futuro, conocedor de las miserias humanas y amante de la paz. Él fue el primero en descubrir que la energía que se desprende de la transformación radiactiva del átomo era miles de veces más intensa que la de cualquier otra reacción química. Creyó que no había forma humana de aprovecharse de ella, pero deseó que el hombre no descubriera tal cosa hasta que el mundo estuviera en paz. Era consciente de que tarde o temprano, tal como ocurrió, la división del átomo podría ser utilizada para generar ingentes cantidades de energía limpia... pero también para diseñar armas de horrible poder destructivo.

Durante la Segunda Guerra Mundial, lideró varios proyectos internacionales para acoger a los científicos alemanes huidos del terror nazi y propuso que se prohibiera el uso de aviones con fines bélicos. Así fue Lord Rutherford de Nelson, tal como quiso que le llamaran tras ganarse el título de Lord, el hombre que fue al átomo lo que Darwin a la biología o Einstein a la física moderna. El hombre que inauguró la era atómica.

De no haber sido el padre de la teoría atómica, a Rutherford se lo conocería por su participación en la invención de un aparato de fama mundial: una máquina que era capaz de detectar partículas radiactivas individuales emitidas por un átomo y a la que se llamó detector Rutherford-Geiger. Hoy en día, este tipo de contadores se sigue utilizando en una versión mejorada que sirve para medir las dosis de radiación en un determinado ambiente, por ejemplo las que recibe un empleado de una central nuclear. Pero el hecho de que hoy al invento se lo conozca con el nombre más simple de detector Geiger (en memoria de su co-autor Hans Geiger) resulta muy significativo. El nombre de Rutherford ha desaparecido, no para ignominia del neozelandés, más bien por todo lo contrario: por la sencilla razón de que Ernest iba a descubrir algo mucho más trascendental que el método para medir dosis de radiación recibida, algo por lo que iba a pasar a la historia. El contador Geiger es un avance «demasiado modesto» para la gloria del gran neozelandés.

## MAX PLANK (1858-1947): EL MUNDO MÁS PEQUEÑO

*UNA DE las revoluciones más sorprendentes de la ciencia de este siglo fue el origen de una nueva disciplina: la física cuántica. Las leyes del cosmos, a nivel subatómico, no pueden compadecerse con la realidad si no se entienden las interacciones cuánticas (tarea que no siempre es fácil, la verdad). Uno de los padres de esta revolución, Max Plank, nos legó una fantástica biografía científica, paralela a una dramática biografía personal.*

*Pocas ideas han revolucionado tanto el mundo de la ciencia y, por ende, el resto de las disciplinas del saber, como la física cuántica. Y pocas teorías han producido tantos dolores de cabeza a quienes, desde el interés amateur o desde las filas de la investigación profesional, se han adentrado en el mundo de lo más pequeño, de las leyes que gobiernan el comportamiento de los átomos y de las partículas subatómicas a través de lo cuántico. Más de un físico reconocido hoy en día le ha confesado al autor de este libro, en algún momento, que jamás acabará de entender bien los postulados de esta disciplina novedosa, nacida en los albores del siglo XX gracias, sobre todo, a la aportación del alemán Max Plank.*

*A pesar de su complejidad y su aspecto de saber esotérico, en realidad, la física cuántica es el modelo sobre el que se ha fundado prácticamente todo lo que tenemos hoy en día. Sin Plank no tendríamos ordenadores,*

*televisores, naves espaciales... Sin él quedaría aún una frontera por traspasar, un mundo por descubrir, una tierra incógnita ajena al conocimiento humano a modo de arcano que la naturaleza reservara para siempre: el mundo de lo diminuto.*

*Adentrarse en el conocimiento de la física cuántica y poder entender, siquiera someramente, sus leyes es una aventura biográfica paralela a la propia vida de Max Plank. Así que no está mal comenzar dicho viaje en la historia reciente de la ciencia de la mano de este alemán inmensamente inteligente, osado, amante de la música y excursionista adicto a la naturaleza.*

Karl Ernst Ludwig Max Plank nació en la localidad germana de Kiel el 23 de abril de 1858. Su padre era un profesor de Derecho, Johann Julius Wilhelm von Plank quien se había casado en segundas nupcias con Emma Patzig. A la edad de nueve años, Max se tuvo que trasladar con su familia a Múnich, donde fue destinado su padre para cubrir una cátedra de la Universidad Bávara. Aquel destino iba a dotar a la familia de un ambiente de estímulo intelectual del que carecían por completo en la más modesta Kiel. No cabe duda de que fue durante esos primeros años muniqueeses cuando Plank adquirió algunas de las pasiones que no iban a abandonarlo ya jamás. Por ejemplo, el amor por la música y, sobre todo, por el piano. De hecho, Max Plank fue un pianista consumado, gran intérprete de Schubert y Brahms. También comenzó en aquella época su costumbre, que primero inició con sus padres y luego continuó en el resto de su vida, de escapar al campo en cuanto contaba con un día libre y perderse entre los bosques bávaros y alpinos, los lugares que más amaba.

En la escuela, destacó como un alumno diligente y disciplinado que pronto mostró interés por la filología y, por supuesto, por la música. La matemática no era su fuerte, pero la educación que había re-

cibido en casa le impedía flojear en ninguna asignatura; de modo que pasó todos los cursos con unas excelentes calificaciones, incluso en aquellas asignaturas más cercanas al mundo de la física, al que al principio no prestó gran atención, pero que más tarde se convertiría en una auténtica obsesión para él. Tanto que, en 1874, tuvo la oportunidad de matricularse en una de las instituciones educativas más prestigiosas del país, el Maximilians Gymnasium, gracias a su excelente currículum y, cuando hubo de optar por una especialidad para iniciar sus estudios universitarios, no dudó en elegir, precisamente, la Física. Para Plank, la Física no era simplemente una ciencia. Se trataba, más bien, de un conocimiento cercano al arte. De hecho, en numerosas ocasiones declaró que, gracias al estudio de esta disciplina, podía desarrollar toda su creatividad y su temperamento original, en mayor medida incluso que cuando se sentaba frente al piano.

Los primeros cursos universitarios de Plank no fueron del todo satisfactorios. Sus profesores eran buenos docentes y sabían infundir el entusiasmo por el estudio a los alumnos, pero carecían del nivel necesario para brillar ante una mente como la de Max. Él lo notó en seguida, así que se trasladó a Berlín, donde tuvo la suerte de encontrar entre el panel de maestros a dos de los físicos alemanes más eminentes del momento: Hermann von Helmholtz y Gustav Kirchhoff.

El primero, nacido en 1821 y fallecido en 1894, fue el primer científico que convirtió las leyes de Joule en principios generales. Sus trabajos sirvieron para expresar de manera matemática la relación entre la mecánica, el calor, la luz, la electricidad y el magnetismo al tratarlos como manifestaciones distintas de una sola fuerza. De hecho, su trabajo sobre las *Leyes de la Conservación de la Fuerza*, publicado en 1874, sentó las bases de buena parte de la física moderna. Hay que tener en cuenta que lo que von Helmholtz denominaba «fuerza»

fue posteriormente definido como energía. De manera que de su mano partieron las leyes fundamentales de conservación de la energía, tan importantes para el desarrollo de la ciencia actual.

Además, von Helmholtz sintió gran curiosidad por conocer de dónde procede la energía que hace moverse a los músculos del cuerpo humano. En sus indagaciones llegó a proponer de modo pionero que dicha energía es producto de la oxidación de los alimentos que comemos e intentó demostrar su tesis. Pero murió sin conseguirlo y, por supuesto, sin ver que la ciencia iba a darle, en alguna medida, la razón con el descubrimiento, por parte de la medicina, de las leyes que regulan el metabolismo.

En cuanto a Gustav Kirchoff (1824-1887), su trabajo sirvió para realizar importantes avances en la teoría de los circuitos eléctricos y para desarrollar algunas herramientas de medición de voltaje y de resistencia en dichos circuitos.

Con estos dos maestros, la carrera de Plank no podía tener mejores valedores. Un vistazo a sus notas de trabajo de entonces, a sus apuntes y cuadernos de laboratorio, dan idea de una personalidad pulcra y metódica. Tenía pasados a limpio todos los textos que tomaba en clase, clasificados y esquematizados. Se nota que aquel estudiante estaba realmente interesado en lo que hacía, repasaba las lecciones, ampliaba conocimientos y se dejaba maravillado por los artículos y publicaciones que le cedían sus maestros o sus compañeros de clase. Por ejemplo, en más de una ocasión mostró entusiasmo por las obras de Rudolf Clausius sobre termodinámica. En 1879, Plank defendió su tesis sobre La Segunda Ley de la Teoría Mecánica del Calor y recibió su doctorado con la máxima calificación de *summa cum laude*.

Aquel estudiante empezaba a hacerse famoso en su entorno. No en vano adquirió un puesto de profesor a la edad de 22 años, con-

virtiéndose en uno de los docentes universitarios más jóvenes de Alemania. Sin embargo, aquel éxito llevaba consigo una pesada preocupación. A finales del siglo XIX, 22 años era una edad más que suficiente para haber creado una familia propia, pero Max vivía por entonces aún con sus padres. La razón era, sencillamente, que la Universidad de Múnich no pagaba las clases que daban los principiantes. Acudir a las aulas a disertar sobre física era un trabajo agradable, pero no remunerado: se consideraba un modo de progresar en el escalafón científico y de mantenerse en contacto con las fuentes de información, las mentes sabias y los laboratorios, pero no se veía ni un duro. Plank no estaba cómodo con aquella situación. En sus diarios escribía que «se sentía una penosa carga financiera para sus padres» y que necesitaba conseguir un trabajo serio para poder emanciparse.

Sin embargo, no estaba dispuesto a renunciar a su carrera como físico. Durante un tiempo, vivió debatiéndose entre seguir aprendiendo para convertirse en un científico de renombre o dejarlo todo y ponerse a trabajar en algo provechoso. Una vez más, su concepción de la ciencia como un «arte» salía a relucir, en este caso, por la gran carga vocacional y desinteresada que imprimió a aquellos años de trabajo y estudio, que bien podrían asemejarse al deambular bohemio de los artistas mal pagados. De hecho, las fotos del Plank de la época muestran a un joven desaliñado que paseaba su delgadez extrema con cierto aire melancólico, adornado con un luengo mostacho de puntas peinadas hacia el cielo y con la cabeza siempre despeinada, el pelo de punta, caótico y desordenado.

Quizás por su imagen juvenil y divertida, quizás (lo más seguro) por la sapiencia que derramaba en sus discursos, Plank logró atraer pronto la atención de un buen número de alumnos. Y su reputación fue creciendo como la espuma. Recibió encargos de dar clases en su



localidad natal, Kiel y más tarde regresó a Múnich, por fin, con un contrato de 2.000 marcos anuales. Aquel cambio en su vida, aquel primer encuentro con la estabilidad económica iba a tener repercusiones trascendentales, además de en su carrera científica, en su vida privada: a los 29 años pudo fundar su propio hogar. El 31 de marzo de 1887, se casó con Marie Clerk, hija de un banquero de Múnich, que había sido su novia desde la juventud.

En octubre de 1887, sucedió un acontecimiento que iba a servir para tomar la auténtica medida de la reputación ganada por Max. Uno de sus profesores en la universidad de Berlín, Gustav Kirchoff, falleció y dejó vacante el único puesto universitario en Física Teórica que había sido creado hasta entonces en Alemania. El encargado de elegir sucesor no era otro que su colega Hermann von Helmholtz, quien, como hemos dicho, también había sido maestro de Plank. El joven estudiante debió de haber dejado una impronta indeleble en la memoria de su profesor porque éste decidió proponerle para la cátedra huérfana de Kirchoof. Max Plank asumió su cargo de profesor asociado en 1889 y, lo que es más importante, pasó a dirigir el Instituto de Física Teórica de Berlín.

Desde ese cargo, iba a convertirse en una de las personas más influyentes en la física de su país y, por lo tanto, de todo el mundo occidental. En seguida dio muestras de ser cualquier cosa menos el típico científico encerrado en su laboratorio describiendo ristras de ecuaciones en la pizarra. No dejó nunca de investigar, es cierto, pero siempre tuvo tiempo para dedicarse a uno de los aspectos de su trabajo que más le gustaban: las relaciones sociales. Fue un auténtico universalista, obsesionado con estar al tanto de todos los avances que se producían en su rama en cualquier país. Contactaba con sus colegas de un lado a otro del planeta, asistía a cuantos congresos podía y elaboró una red de físicos plurinacional. Además, siempre estuvo

atento a la promoción de nuevos valores y se preocupó de la política científica. Llevaba, casi, una vida de ministro, pero tuvo tiempo para elaborar la teoría científica más revolucionaria de la historia moderna: la física cuántica. Pero ¿cómo?

Uno de los objetos de estudio más sorprendentes de los físicos teóricos de la época era el fenómeno de la radiación del cuerpo negro. Una radiación es una emisión continua de energía desde la superficie de cualquier cuerpo. Los cuerpos de la naturaleza pueden recibir radiación desde el exterior (desde otros cuerpos circundantes) o emitirla desde su interior. La radiación que recibe puede ser absorbida o reflejada. Por ejemplo, un espejo repele prácticamente toda la radiación luminosa que recibe y absorbe una pequeña parte. Por otro lado, la radiación del interior del cuerpo puede traspasar su superficie e incidir en otros cuerpos, o ser reflejada por la superficie y volver hacia su interior (como si encendiéramos una luz dentro de una caja formada por espejos que miran hacia el interior de la caja). En física teórica se sabe que la suma de las proporciones de radiación reflejada y absorbida por un cuerpo siempre debe dar uno. Existe la posibilidad teórica de que un cuerpo absorba el 100 por 100 de la energía que recibe. A estos objetos, que no existen en la naturaleza, se les denomina cuerpos negros. Absorben toda la energía que reciben y no irradian nada. ¿Qué hacen, entonces, con ella? Algunos científicos, como Wilhelm Wien, habían resuelto parte del problema mediante fórmulas aproximadas. Plank llegó a obsesionarse con este asunto y, aunque realizó algunas formulaciones matemáticas que lo explicaban, reconoció que no podría jamás obtener de sus fórmulas ningún principio general. Estaba en un callejón sin salida, en una desesperada situación que le consumía. Él mismo lo expresaba de manera terriblemente gráfica en una carta que le envió en 1931 al físico norteamericano Robert Williams Wood:

Se puede describir lo que hice como un acto de desesperación. Por naturaleza soy pacífico y rechazo toda aventura dudosa. Pero por entonces había estado luchando sin éxito durante seis años con el problema del equilibrio entre radiación y materia y sabía que ese problema tenía una importancia fundamental para la física. Debía encontrar, costase lo que costase, una formulación teórica.

*Como al león por sus garras*, 1999.  
Traducción de José M. Sánchez Ron.

¿Cómo salió Max Plank del atolladero? Sencillamente, subvirtiendo los postulados de la ciencia. En ciertos momentos de la historia, el ser humano ha de llegar a la constatación de que el bagaje cultural que acarrea es, a todas luces, insuficiente para resolver los problemas que se le plantean. Algo ha de cambiar el conocimiento del mundo para que se pueda seguir dando un paso más en el propio conocimiento. Max Plank debía renunciar a la física cuántica y admitir que la materia no emite ni absorbe energía de forma continua, sino que existe una cantidad mínima de energía por debajo de la cual la materia no puede bajar: no puede dejar de emitir o de absorber bajo dicho umbral. Esa cantidad es el cuanto.

Había nacido la física cuántica y, desde entonces, el empeño de algunos de los sabios más grandes de la historia del ser humano no fue otro que conocer mejor las leyes que rigen el mundo a ese nivel minúsculo de los cuantos. Bohr, Rutherford, Schrödinger, Heisenberg, Dirac y una pléyade de cabezas pensantes esculpieron la física cuántica sobre las bases del pistoletazo de salida de Plank, el mismo Max Plank que, en su juventud, había recibido un consejo estúpido de uno de sus maestros, Philipp von Jolly, quien, en 1874, le advertía: «La Física es, esencialmente, una ciencia acabada. Pocos desarrollos futuros podemos esperar de ella».

Nada más lejos de la realidad. De hecho, la Física no había hecho más que empezar. Gracias a la física cuántica, hoy contamos con un conocimiento mejor del funcionamiento de las células fotoeléctricas y podemos aplicarlas a nuestra vida cotidiana en los mecanismos de apertura automática de los ascensores, por ejemplo. Gracias a ella contamos con aparatos electrónicos que utilizan semiconductores y chips de ordenador. El conocimiento de los cuantos abrió la puerta a la fisión nuclear y, por tanto, a un nuevo modo de generar y almacenar la energía, con las implicaciones para la vida civil y militar que ello tuvo.

Max Plank lanzó al mundo su idea de los cuantos en 1900 y desarrolló el resto de su carrera en medio de una de las más turbulentas vidas privadas que se recuerdan en la historia de la ciencia. En 1909 murió su mujer, Marie Merck. Más tarde, en 1916, murió el mayor de sus hijos en pleno combate durante la Primera Guerra Mundial. Un año después fue su hija Grete la que murió tras dar a luz un niño. La criatura pasó a ser criada por la hermana de Grete, Emma, quien terminó casándose con su cuñado viudo y muriendo también en 1919 de sobrepeso. Sólo le quedaba un hijo, Erwin, que fue ejecutado en 1945, acusado de haber intentado asesinar a Hitler.

«A veces dudo del valor de mi vida», escribió un Plank abatido. El padre hubo de recorrer todas las estancias de poder que pudo manejar en la Alemania nazi para intentar salvar a su único hijo. El destino fue extremadamente cruel con él, ya que, cuatro días antes del fusilamiento, un alto oficial del ejército le dio garantías de que el chico iba a ser perdonado. Pero la maquinaria del horror no conocía obstáculos: a última hora, la sentencia fue confirmada y el joven recibió la pena capital en julio de 1945.

La guerra iba a ensañarse con el entonces anciano Plank. Un bombardeo sobre Berlín en febrero de 1944 había acabado con to-

das sus pertenencias, incluida la biblioteca donde guardaba la fuente de su sabiduría. Luego, hubo de huir a Rogätz y, desde allí, vagar por bosques durmiendo a la intemperie hasta que fue encontrado por militares estadounidenses. En octubre de 1947, Max Plank murió confortablemente instalado en la localidad de Gottingen. Se había ganado la estima de toda la comunidad científica internacional y se llevó a la tumba su premio Nobel de física del lejano 1918, pero, a cambio, había arrastrado una vida llena de penalidades personales, mirando de cerca los horrores del nazismo, viviendo la guerra en sus propias carnes y viendo morir a su amada esposa y a todos sus hijos. Un precio demasiado alto para revolucionar la ciencia.

## ERICO FERMI (1901-1954): LAS COSAS ESTÁN CAMBIANDO, EN CADENA

*QUIEN ESTUDIA la historia de la ciencia no debe olvidarse del valor social de sus avances, de la repercusión que éstos tienen en el mundo coetáneo y de las connotaciones éticas y morales que, aunque son cambiantes a lo largo de los tiempos, marcan el modo de pensar de los hombres.*

*A Enrico Fermi le tocó vivir uno de los momentos más apasionantes de la historia de la energía nuclear: una época en la que la excitación por el desarrollo de la tecnología hubo de competir con las preocupaciones sobre su uso perverso. Un tiempo en el que la ciencia necesitaba, además de sabios, hombres con suficiente proyección humana para afrontar el reto.*

*Es un hecho consumado que la sociedad tiene los científicos que se merece. A menudo, cuando se establecen debates sobre los aspectos éticos y morales de tal y cual nuevo descubrimiento, suele olvidarse que los investigadores autores de tales avances son hombres y mujeres como el resto de los mortales. Es cierto que acostumbran a ir con bata blanca, suelen tener un carácter demasiado concentrado en sus tareas, en ocasiones parecen despistados, vehementes y caóticos... Pero los científicos, aunque a alguien le pueda resultar extraño, tienen corazón, comparten los mismos intereses, temores y anhelos que sus coetáneos, se preocupan por sus familias y desean, en general, el bien para los suyos. Al menos, lo hacen en la misma medida que cualquier otro grupo humano.*

*¿A qué viene esta disertación? Pues sencillamente a que, en demasiadas ocasiones, suele acusarse a la ciencia de engendrar monstruos, de diseñar aparatos malévolos, de ayudar a la inestabilidad, de producir desastres contra el progreso, cuando no hay nada más alejado de la realidad. Los científicos no suelen ser responsables del uso que se hace de sus realizaciones, de la manipulación perversa del avance tecnológico que suelen hacer otros (militares, políticos, líderes sociales...) que nada tienen que ver con la comunidad investigadora.*

*Así sucede con casi todo avance, desde la bombilla hasta la clonación de embriones: la comunidad científica establece las bases teóricas y prácticas del asunto, y la sociedad debe decidir cómo y cuándo quiere utilizar el conocimiento nuevo. Si el matrimonio funciona, se habrá producido progreso. Si no, se habrá amenazado el desarrollo de los pueblos... Tendremos, en definitiva, en cada momento, los científicos que nos merezcamos.*

*Hubo un período en la historia, recién iniciado el segundo tercio del siglo XX, en el que esta difícil estabilidad entre el avance tecnológico, el equilibrio social y la ambición política desempeñó un papel extraordinariamente importante. En pocos momentos como éste el juego de intereses, creencias y convicciones entre los científicos, los políticos y los militares tuvo tanta trascendencia. La ciencia había puesto en manos del hombre un conocimiento supremo sobre el átomo, sobre el control de sus reacciones en cadena y sobre la energía desprendida de su desintegración (la mayor fuente de energía jamás conocida hasta entonces). Pero la propia ciencia se encargó de alertar al mundo de las terribles consecuencias que podrían producirse si dichos conocimientos se utilizaban con fines no pacíficos. En una de las etapas más inestables de la historia política de Europa, en medio de la ascensión de los fascismos, en los albores de una confrontación bélica mundial, el dominio científico de la energía nuclear se convirtió en clave de extrema importancia y un puñado de científicos vivió aquellos momentos en primera línea.*

*En 1939, Albert Einstein, ya uno de los hombres de mayor prestigio en el planeta, envió una carta al presidente de Estados Unidos, Franklin D. Roosevelt, para ponerlo al día de los últimos descubrimientos de la física moderna. En uno de los párrafos, siguiendo las indicaciones de un científico amigo, el físico judío húngaro Leo Szilard, emigrado a Estados Unidos, Einstein deslizó la siguiente idea:*

*Algunos trabajos recientes de E. Fermi y L. Szilard me conducen a esperar que el elemento uranio pueda ser utilizado como una nueva e importante fuente de energía en el futuro cercano. Ciertos aspectos de esta situación parecen demandar vigilancia por parte de la Administración. En el transcurso de los últimos meses (...) se ha hecho posible establecer reacciones en cadena en grandes masas de uranio, mediante las cuales vastas cantidades de energía y grandes cantidades de nuevos elementos del tipo del radio serían creados. Ahora parece casi cierto que esto podrá ser una realidad muy pronto. Este nuevo fenómeno conduciría a la construcción de bombas y, es concebible, aunque menos seguro, que sean bombas extremadamente destructivas.*

*El estamento científico era consciente de que en sus manos estaba la posibilidad de regalar a los hombres y mujeres una nueva fuente de energía... pero también una nueva fuente de dolor. Atribulados por la perspectiva, confusos por la falta de conocimientos empíricos de la nueva ciencia, preocupados por la posibilidad de que el enemigo político y militar, que en el caso de las democracias occidentales era Hitler, alcanzara la tecnología suficiente para fabricar la bomba antes, a medio camino entre la necesidad de ayudar a su patria y el respeto debido a su ciencia, los físicos de la época vivieron reuniones frenéticas, intercambiaron apasionadas correspondencias, se codearon con la clase política y protagonizaron la actualidad de su tiempo.*

*Si bien es cierto que, al principio, lo hicieron con bastante mala suerte. Basta ver, por ejemplo, con qué sorna recogía el 30 de abril de 1939*



*el diario New York Times una reunión de físicos preocupados por los acontecimientos:*

*Los ánimos y la temperatura (temperament y temperature, en inglés) subieron visiblemente hoy en el seno de la Sociedad Americana de Física, mientras cerraba su encuentro de primavera con discusiones sobre la posibilidad de que algunos científicos vuelen una importante porción de la Tierra con una pequeña porción de uranio.*

*Estaba claro que los científicos debían de sentirse muy solos en su empeño por alertar al mundo.*

*Habrás notado el lector que, en el fragmento de carta de Einstein citado más arriba, aparece un nombre del que todavía no hemos explicado nada en este libro a pesar de tratarse de uno de los científicos más prestigiosos del siglo XX: E. Fermi. Aquel Fermi, italiano, posteriormente nacionalizado estadounidense, no sólo había producido algunos de los avances teóricos que contribuyeron a modelar la era atómica, sino que protagonizó la frenética sucesión de acontecimientos políticos, científicos y militares que unieron lo nuclear con la guerra, con la energía y con la paz. Conozcámoslo, pues, algo mejor.*

Enrico Fermi nació en Roma el 29 de septiembre de 1901. Su padre era un inspector del Ministerio de Transportes italiano, en el departamento de ferrocarriles; junto a su esposa, Ida de Gratis, tuvo tres hijos: dos niños y una niña. De los dos varones, sólo Enrico llegó a la adolescencia, ya que su hermano Giulio, un año mayor que él, falleció como consecuencia de una operación quirúrgica.

Enrico encontraba en la lectura la mayor fuente de placer posible para un niño. Desde muy pronto se aficionó a recorrer las calles de Roma en busca de librerías. De entre las obras que más le gustaba

consultar, los tratados de matemáticas se llevaban la palma. Tanto que un amigo de la familia, Adolfo Amidei, convenció a los padres del chico de que le concedieran una educación orientada a la ciencia. De hecho, insistió para que Fermi acudiese a la Escuela Normal Superior de Pisa, una institución para niños superdotados. Y así fue.

Tras su paso por aquel colegio, ingresó en la Universidad de Pisa, donde se doctoró en Física en 1922. Era la época en la que Mussolini entraba en Roma seguido de su ejército de camisas negras y en la que el fascismo empezaba a planear sobre la feble estabilidad de los estados europeos. Fermi estaba concentrado, sin embargo, en sus estudios. Ya había realizado algunas publicaciones en revistas científicas de cierto prestigio internacional y su currículum era suficientemente bueno como para ganarse una beca de estudios en la alemana Universidad Gotinga. Su paso por allí fue fugaz. En primer lugar, porque pronto encontraría un motivo para regresar a Italia con un puesto de mayor rango científico; en segundo lugar, porque, según hemos sabido gracias a la biografía que escribió la que iba a ser su esposa (Laura Capon), en Gotinga, Fermi se sintió muy aislado. Los grandes genios que pasaron por aquellas aulas, y que Enrico conoció en persona, como Max Born, Marie Curie o Heisenberg, no le hicieron el menor caso.

Fermi se trasladó a Leyden y luego regresó a la Universidad de Roma para dar clase de matemáticas. Fue en dicha universidad donde el físico italiano realizó su primera gran aportación al avance de su disciplina, al lograr un modelo de mecánica estadística junto con Dirac que se conoce como estadística de Fermi-Dirac. La mecánica estadística es una rama de la ciencia que estudia las propiedades medias de grandes grupos de partículas elementales. Es una especie de «código de circulación» que explica por qué los electrones, neutrones y demás partículas se mueven del modo en que lo hacen. Todas

las partículas que se adaptan al modelo de Fermi-Dirac son conocidas desde entonces como fermiones. Existe otro modelo de gran importancia conocido como la ley de Bose-Einstein que bautiza a las partículas que la siguen como bosones.

Este trabajo le otorgó a Enrico Fermi la posibilidad de establecer su propio grupo investigador en Roma y de dedicarse durante unos años a una fértil producción de material teórico en las ramas de la electrodinámica y de los fenómenos espectroscópicos. Pero fue en 1934, a su regreso de unas vacaciones, cuando recibió la noticia de un hallazgo científico que le iba a llenar de entusiasmo. Irene Curie (la hija de Marie y Pierre) y Frederic Joliot habían anunciado en la Academia de Ciencias de París el hallazgo de la radiactividad artificial. Hasta entonces, se pensaba que la radiactividad era un fenómeno espontáneo producido por la transformación de los átomos de ciertas materias. Pero los Joliot-Curie descubrieron que era posible generar emisión radiactiva de manera artificial si se bombardeaban algunos elementos con partículas alfa. Aquel hallazgo abrió los ojos de muchos físicos de la época sobre la posibilidad de encontrar otros radioelementos que produjeran las mismas consecuencias que los utilizados por Joliot y Curie (quienes, recordemos, utilizaron como «arsenal» para sus bombardeos partículas alfa).

El trabajo de los franceses se encaminó hacia este tipo de partículas, sobre todo porque eran las que tenían más a mano. Marie Curie les había legado en el laboratorio cantidades ingentes de radio y de su derivado, el polonio. Pero Fermi apenas contaba en la Universidad con gramos de dicho material. Con esas limitaciones y grandes dosis de ingenio, logró una fuente de neutrones suficientemente grande como para iniciar sus experimentos sobre otras partículas que generaran radiactividad artificial siguiendo el modelo de Joliot-Curie. Poco a poco, fueron pasando bajo el bombardeo de neutrones

prácticamente todo tipo de elementos y midiendo la posible radiactividad emitida. En 1934, publicó sus primeros análisis positivos realizados con el aluminio y en los cuatro años posteriores sorprendió al mundo con una increíble lista de artículos en los que iba añadiendo elementos con los que se repetía el fenómeno: sodio, titanio, cinc, magnesio, bromo, lantano... y el trascendental uranio. Fue este elemento el que habría de modificar, una vez más, el curso que iban a seguir los acontecimientos en el desarrollo de la física y el que se convertiría en pieza clave para el control de la energía nuclear.

En la época en la que se desarrollaban estos hechos, se pensaba que los elementos con números atómicos superiores a 92 (conocidos como transuránicos) se generaban cuando se bombardeaba el uranio con neutrones. Sin embargo, en 1938, dos científicos llamados Hahn y Strassmann descubrieron restos de otro elemento, el bario, mientras realizaban este tipo de bombardeo. Aquello les hizo intuir que el átomo de uranio había sufrido una fisión produciendo elementos menos pesados. Dicha constatación de la posible fisión nuclear estimuló la última de las aportaciones de Fermi: la primera reacción nuclear en cadena controlada de la historia, el origen del uso de la energía nuclear.

Antes de ello, Enrico recibió el premio Nobel de Física por sus trabajos sobre radiactividad artificial generada por bombardeo de neutrones; se había casado con una mujer de origen judío y, por ello, había tenido que abandonar Europa y nacionalizarse en Estados Unidos. Allí, entró a formar parte del famoso proyecto Manhattan, la extraordinaria aventura científica organizada en plena Guerra Mundial por el Gobierno de Estados Unidos, en la que se reunió a los más eminentes físicos del momento para poner en juego todo el arsenal científico necesario para controlar, civil y militarmente, los nuevos hallazgos de la era atómica. Dentro de ese proyecto, Fermi

dirigía un equipo dedicado a lograr una reacción en cadena en lo que, en secreto, se llamó pila atómica y que hoy habríamos denominado «reactor nuclear».

El 20 de diciembre de 1942, en una pista de *squash* de la Universidad Stagg Field de Chicago, Fermi y su equipo constataron haber conseguido su objetivo. Habían creado el primer reactor nuclear, la primera máquina capaz de generar una reacción en cadena automantenida, es decir, que generaba tanta energía como para continuar funcionando. Aquel reactor contenía 400 toneladas de grafito, 6 de uranio y 58 de óxido de uranio.

El proyecto Manhattan era un proyecto civil. En él estaban trabajando científicos de todo el orbe con el único deseo confesado de progresar en el conocimiento de aquel mundo que empezaba a abrirse a los ojos de la física: el de la energía nuclear. Sin embargo, era un proyecto adscrito al programa militar de los Estados Unidos, lo que sentó un precedente que ya nunca volvería a olvidarse: el ejército necesitaba de la ciencia para avanzar cada vez más en su capacidad de acción. Las relaciones entre los científicos, la sociedad y los gobiernos ya nunca iban a ser las mismas, y buena parte de los sentimientos anticientíficos de algunos sectores de la sociedad actual (ecologistas, antimilitaristas, radicales...) proceden de aquellos años de doloosa confusión de intereses.

Lo más destacable de todo aquello para el presente capítulo de nuestro libro es que Enrico Fermi había dotado al mundo de la primera herramienta sostenible y práctica para generar ingentes cantidades de energía segura a partir de la fisión de los átomos de uranio.

Al finalizar la Segunda Guerra Mundial, la Universidad de Chicago decidió abrir un nuevo laboratorio de estudios nucleares que hoy se conoce con el nombre de Instituto Enrico Fermi. En él, el ítalo-

estadounidense trató de reunir a todos los científicos que habían colaborado en el diseño de la bomba atómica para poner sus genios a trabajar al servicio de fines pacíficos. Él mismo se negó a trabajar en algunos proyectos que le propusieron y que terminarían dando lugar a la primera bomba de hidrógeno. Fermi continuó el trabajo de investigación sobre las partículas subatómicas. Fue el primero en diseñar un acelerador de partículas y sentó las bases de los nuevos aceleradores gigantes como el Fermilab.

Por todo ello pasó a la historia de la Física. Pero hubo de realizar todavía algunas valiosas aportaciones, algunas valientes propuestas que lo convertirían en una figura de incalculable valor para nuestro progreso.

En 1953, cuando el mundo se dejaba encantar por la figura de dos estudiosos de la Biología, Watson y Crick, que acaban de descubrir la estructura de la molécula de ADN, Fermi y su equipo realizaban un experimento que, para aquel tiempo, tenía más trazas de aventura romántica que de investigación científica. Estaban obsesionados con el estudio de la entropía, es decir, la medida de la tendencia de todo sistema físico a derivar hacia el desorden. Se trataba, sin duda, de un fenómeno imposible de ser estudiado directamente, de una ley invisible natural inaprensible para las ecuaciones. Fermi tuvo una brillante idea. Utilizando los rudimentos de la informática, que empezaba a ser una ciencia bisoña, construyó una red electrónica de gran capacidad conocida como Maniac. Con ella, simularon un modelo de 64 partículas idénticas que representaban átomos unidos a unos resortes que hacían las veces de uniones químicas. De ese modo, cada vez que se introducía un dato, la máquina les daba cientos de posibilidades simultáneas, teniendo en cuenta cada una de las posibles conexiones atómicas. Su esperanza era que la red produjera una secuencia de sonidos caótica, cada vez menos ordenada y más

aleatoria. Sin embargo, con el tiempo aprendieron a entrever en aquel caos una sucesión de secuencias estable, una suerte de orden.

Aquel experimento de Fermi, al que él mismo llamó «mi pequeño descubrimiento», no sólo sirvió para demostrar que los sistemas no lineales tienden a auto-organizarse, que dentro del caos al que tiende todo sistema físico puede encontrarse la feble huella de un remedo de orden, sino que se convirtió en el primer experimento científico realizado con ordenador en la historia del pensamiento humano. El uso ordenado de sistemas no lineales ha sido fundamental para el desarrollo de sensores de precisión, para la generación de haces láser en los que millones de fotones emiten a la vez o para la fabricación de superconductores para transmitir grandes cantidades de energía eléctrica sin aparente obstáculo.

Aquél fue el legado práctico de la aventura del Maniac, el legado intelectual fue que la ciencia ya no podría prescindir jamás de los ordenadores. La pizarra, el bloc de notas, el trabajo de campo, el microscopio, el laboratorio: todo termina en un modelo informático. Fermi creó el primer modelo científico virtual en un tiempo en el que la virtualidad era una quimera.

Hoy las cosas han cambiado y prácticamente ninguna actividad relacionada con la ciencia escapa a la posibilidad de ser convertida en virtual. Los datos que toma el entomólogo en una selva del Brasil, la sucesión de estrellas que anota el astrónomo, la capacidad de crecimiento de un tumor que detecta el médico, las mediciones sobre las resistencias de un nuevo material puesto a prueba por el físico: todo pasa a formar parte de la memoria de cálculo de un ordenador que, con su trabajo de simulación, ahorra miles de horas de laboratorio al ser humano. Incluso algunas áreas de la ciencia, como la proteómica, es decir, el estudio de las redes de proteínas para las que codifican los genes humanos, se realizan exclusivamente sobre

potentes modelos informáticos. Sin ellos, el hombre no habría llegado a la Luna, no habría sido posible descifrar el genoma de nuestra especie. Sin ellos, la ciencia no habría cambiado tanto. Eso, también, se lo debemos al elegante, sonriente, pacífico y osado italiano Enrico Fermi.



## *Cronología general*

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XIX a.C.		<b>Siglo XIX a.C.</b> Según la Biblia, los hebreos llegan a Egipto.		
S. XVII a.C.	<b>Siglo XVII a.C.</b> Se inicia la composición de los libros de los Vedas.			
S. XVI a.C.		<b>Siglo XVI a.C.</b> Se inicia en China la Dinastía Shang.		
S. XV a.C.				<b>Siglo XV a.C.</b> Se construye la Puerta de los Leones en Micenas.
S. XIII a.C.		<b>Siglo XII a.C.</b> Guerra de Troya.		
S. VIII a.C. (776 a.C. a 753 a.C.)	<b>Siglo VIII a.C.</b> Homero escribe la <i>Odisea</i> y la <i>Iliada</i> . Hesíodo escribe <i>Los trabajos y los días</i> y <i>Teogonía</i> .	776 a.C. Se celebran, en la ciudad griega de Olimpia, los primeros juegos en honor al dios Zeus, que tendrían lugar cada cuatro años.  753 a.C. Según la tradición, Rómulo funda la ciudad de Roma.		
S. VII a.C. (664 a.C. a 625 a.C.)	664 a.C. Muere el poeta lírico Arquíloco de Paros, inventor del yambo.		625 a.C. Nace el matemático Tales de Mileto, padre de las ciencias físicas.	

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. VI a.C. (594 a.C. a 509 a.C.)	523 a.C. El poeta griego Anacreonte de Teos compone poemas dedicados al amor.	594 a.C. Solón inicia una serie de reformas en Atenas para lograr un mayor equilibrio social y económico.  509 a.C. Roma se convierte en una república.	570 a.C. Nace el filósofo y matemático Pitágoras.  551 a.C. Nace el filósofo chino Confucio.  528 a.C. Buda es «iluminado» e inicia un peregrinaje de cuarenta años para difundir sus doctrinas.	
S. V a.C. (494 a.C. a 438 a.C.)	494 a.C. El poeta Píndaro escribe sus primeras odas.  472 a.C. Esquilo publica <i>Los persas</i> .  458 a.C. Esquilo escribe la tragedia <i>Orestíada</i> .  441 a.C. Sófocles escribe la tragedia <i>Antígona</i> .	490 a.C. Primera Guerra Médica entre atenienses y persas. Batalla de Maratón.  458-429 a.C. Gobierno de Pericles.  451 a.C. Tregua de cinco años entre Atenas y Esparta.  443 a.C. Pericles es elegido estratega de Atenas.	470 a.C. Nace en Atenas el filósofo Sócrates.	490 a.C. Se construye el santuario ateniense de Delfos.  475 a.C. Se empieza a esculpir el <i>Auriga</i> de Delfos en bronce con cuatro caballos, hoy desaparecidos.  470 a.C. Se inicia en Olimpia la construcción del templo dedicado al dios supremo Zeus.  450 a.C. El escultor griego Mirón de Eleuteris termina el <i>Discóbolo</i> .  447 a.C. Se inicia la construcción del Partenón de Atenas por orden de Pericles.  438 a.C. Se instala en el Partenón la colosal estatua de la diosa Palas Atenea, realizada en oro y marfil por el escultor griego Fidias.

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
<p>S. V a.C. (431 a.C. a 404 a.C.)</p>	<p><b>431 a.C.</b> Eurípides escribe la tragedia <i>Medea</i>.</p> <p><b>430 a.C.</b> El historiador griego Herodoto escribe la <i>Historia</i>; en ella narra la guerra entre griegos y persas. Sófocles finaliza la tragedia <i>Edipo Rey</i>.</p> <p><b>425 a.C.</b> En torno a esta fecha, el historiador griego Tucídides escribe <i>Historia de la guerra del Peloponeso</i>.</p> <p><b>423 a.C.</b> Aristófanes termina la comedia <i>Las nubes</i>.</p> <p><b>417 a.C.</b> Eurípides escribe <i>Electra</i>.</p>	<p><b>431 a.C.</b> Se inicia la guerra del Peloponeso entre Atenas y Esparta.</p> <p><b>404 a.C.</b> Concluye la guerra del Peloponeso con la rendición de Atenas ante Esparta. En Atenas se instaura la oligarquía.</p>	<p><b>405 a.C.</b> Hipócrates elabora su teoría de los cuatro humores y separa la medicina de la religión.</p>	<p><b>420 a.C.</b> Se construye en la Acrópolis de Atenas el templo dedicado a la diosa Atenea Niké.</p>
<p>S. IV a.C. (399 a.C. a 380 a.C.)</p>	<p><b>399-347 a.C.</b> Platón escribe sus <i>Diálogos</i>.</p>	<p><b>381 a.C.</b> Roma es saqueada por los galos.</p>	<p><b>399 a.C.</b> Sócrates es condenado a muerte por «corromper a la juventud de Atenas» y es obligado a ingerir cicuta.</p> <p><b>387 a.C.</b> Platón (427-347 a.C.) funda la Academia. En esta época escribe <i>Fedón</i>, <i>El banquete</i>, <i>Fedro</i> y <i>La república</i>.</p>	<p><b>380 a.C.</b> El escultor Praxíteles de Atenas realiza sus primeras obras, marcadas por la flexibilidad de líneas y actitudes.</p>

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. IV a.C. (367 a.C. a 300 a.C.)	<p>317 a.C. El dramaturgo griego Menandro escribe la comedia <i>El misógino</i>.</p>	<p>361 a.C. Se instituyen en Roma los Juegos escénicos para intentar apaciguar la cólera de los dioses.</p> <p>336 a.C. Alejandro Magno hereda el poder de su padre Filipo de Macedonia.</p> <p>332 a.C. Alejandro Magno conquista Egipto y funda la ciudad de Alejandría.</p> <p>327 a.C. Alejandro Magno invade la India.</p> <p>323 a.C. Muere Alejandro Magno y sus posesiones son repartidas entre sus generales.</p>	<p>367 a.C. Aristóteles ingresa en la Academia y se convierte en discípulo de Platón.</p> <p>343 a.C. Aristóteles se encarga de la educación del joven Alejandro Magno.</p> <p>335 a.C. Aristóteles funda el Liceo.</p> <p>322 a.C. Muere Aristóteles dejando escritos sobre historia natural, física, metafísica, retórica, poética, política y lógica.</p> <p>320 a.C. Piero funda el escepticismo.</p> <p>307 a.C. El filósofo griego Epicuro de Samos funda la Escuela del Jardín en Atenas.</p> <p>300 a.C. Zenón de Citio funda su escuela y da inicio al estoicismo.</p>	<p>340 a.C. Se edifica el teatro de Atenas sobre las rocas de una colina junto a la Acrópolis.</p> <p>300 a.C. Se construye un teatro para 15.000 espectadores en la ciudad griega de Epidauro.</p>
S. III a.C. (295 a.C.)			<p>295 a.C. Euclides publica <i>Elementos</i>.</p>	

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
<p>S. III a.C. (280 a.C. a 202 a.C.)</p>	<p>207 a.C. En esta época, Livio Andrónico da a conocer a los romanos la literatura griega con diversas traducciones.</p>	<p>264 a.C. Se inicia la Primera Guerra Púnica, que enfrenta a Roma con Cartago.</p> <p>241 a.C. Roma derrota a Cartago y finaliza la Primera Guerra Púnica.</p> <p>218 a.C. Se inicia la Segunda Guerra Púnica. El caudillo cartaginés Aníbal es derrotado a las puertas de Roma.</p> <p>213 a.C. En China se queman todos los libros, excepto los científicos, anteriores a la dinastía Qin, recién llegada al poder.</p> <p>202 a.C. Finaliza la Segunda Guerra Púnica con una nueva victoria de Roma sobre Cartago.</p>	<p>270 a.C. Aristarco propone la teoría heliocéntrica.</p>	<p>280 a.C. Se construye el <i>Coloso de Rodas</i>, estatua de 33 metros de altura en bronce que representa al dios Helios.</p> <p>244 a.C. Se inicia la construcción de uno de los tramos de la Gran Muralla china.</p> <p>224 a.C. Un violento seísmo destruye el <i>Coloso de Rodas</i>.</p> <p>210 a.C. El emperador chino es sepultado en el complejo funerario de Monte Li.</p>
<p>S. II a.C. (196 a.C. a 184 a.C.)</p>	<p>196 a.C. En Egipto se labra la llamada «piedra Rosetta» con inscripciones en escritura jeroglífica, demótica y griega.</p> <p>184 a.C. Muere el comediógrafo Plauto.</p>			<p>190 a.C. Realización de la estatua de la Victoria alada de Samotracia.</p> <p>185 a.C. Se construye el altar de Pérgamo, máximo exponente del arte helenístico.</p>

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. II a.C. (166 a.C. a 149 a.C.)	<p><b>166 a.C.</b> Se representa la primera comedia de Terencio, con gran éxito.</p> <p><b>149 a.C.</b> Se publica la primera historia de Roma, <i>Orígenes</i>, de Catón, poco antes de su muerte.</p>	<p><b>149 a.C.</b> Empieza la Tercera Guerra Púnica con la destrucción de Cartago por parte de los romanos.</p>	<p><b>150 a.C.</b> Se inventa en Pérgamo el pergamino, elaborado con piel de oveja, como alternativa al papiro.</p>	
S. I a.C. (86 a.C. a 26 a.C.)	<p><b>86 a.C.</b> Cicerón escribe <i>De inventione</i>.</p> <p><b>60 a.C.</b> Alrededor de esta fecha se inicia la etapa más brillante de la poesía romana con Lucrecio y Catulo.</p> <p><b>44 a.C.</b> El orador, filósofo y político Cicerón escribe el tratado <i>Sobre la naturaleza de los dioses</i>.</p> <p><b>43 a.C.</b> Muere Cicerón asesinado por orden de Marco Antonio.</p> <p><b>26 a.C.</b> El historiador romano Tito Livio escribe el primer volumen de su historia de Roma.</p>	<p><b>86 a.C.</b> Roma toma Atenas.</p> <p><b>73 a.C.</b> El esclavo Espartaco encabeza una sublevación de esclavos contra Roma.</p> <p><b>63 a.C.</b> Julio César reforma el calendario.</p> <p><b>60 a.C.</b> Se forma el primer triunvirato romano, con Julio César, Pompeyo y Craso.</p> <p><b>44 a.C.</b> Julio César se convierte en dictador vitalicio, pero es asesinado durante los «idus de marzo».</p> <p><b>43 a.C.</b> Se forma el segundo triunvirato romano, con Octavio, Marco Antonio y Lépido.</p> <p><b>29 a.C.</b> Octavio es nombrado emperador de Roma tras derrotar a Marco Antonio.</p>		<p><b>85 a.C.</b> Se construye en Pompeya el primer anfiteatro de la historia destinado a acoger luchas de gladiadores.</p> <p><b>27 a.C.</b> Se construye el Panteón de Roma por orden del general romano Agripa.</p>

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. I a.C. (23 a.C. a 13 a.C.)	<p><b>23 a.C.</b> Se publican los tres primeros libros de las <i>Odas</i> de Horacio.</p> <p><b>19 a.C.</b> Muere Virgilio dejando casi finalizada la <i>Eneida</i>, gran poema épico de los romanos.</p>	<p><b>13 a.C.</b> Se calcula que Roma cuenta con cerca de 800.000 habitantes.</p>		
S. I (2 a 95)	<p><b>entre 2 y 4</b> Nace en Córdoba el escritor y filósofo Séneca.</p> <p><b>17</b> Muere Ovidio, autor de las <i>Metamorfosis</i>.</p> <p><b>40</b> Nace el poeta latino Marcial.</p> <p><b>50-60</b> Cartas de Pablo.</p> <p><b>55</b> Nace el historiador Tácito.</p> <p><b>65</b> El apóstol Pedro muere martirizado.</p> <p><b>70-80</b> Los evangelios de Mateo y Lucas.</p> <p><b>95</b> Quintiliano publica <i>Institutio Oratoria</i>.</p>	<p><b>14</b> Muere el emperador romano Octavio Augusto.</p> <p><b>29-30</b> Muerte de Jesús.</p> <p><b>37</b> Calígula accede al trono de Roma.</p> <p><b>41</b> Calígula es asesinado y Claudio le sustituye.</p> <p><b>64</b> Primera persecución de los cristianos en Roma.</p> <p><b>70</b> Los romanos (Tito Flavio) conquistan Jerusalén.</p>	<p><b>12</b> Se realiza en Roma una carta geográfica del Imperio.</p> <p><b>90</b> Nace el astrólogo, matemático y geógrafo griego Ptolomeo.</p>	<p><b>79</b> Inauguración del Coliseo romano.</p>
S. II (105 a 139)	<p><b>139</b> Muere el poeta satírico Juvenal, autor de las <i>Sátiras</i>.</p>			<p><b>105</b> Se construye el acueducto de Segovia, con 128 arcos de gran altura.</p> <p><b>113</b> Se consagra, en Roma, la columna del emperador Trajano, conmemorativa de la campaña en Dacia.</p>



FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. II (140 a 187)		<p><b>180</b> Finaliza la guerra de Roma contra los germanos.</p> <p><b>187</b> Una peste provoca 2.000 muertos diarios en Roma.</p>	<p><b>140</b> Ptolomeo publica el <i>Almagesto</i>.</p> <p><b>170</b> Trabajos de Galeno.</p> <p><b>180</b> Clemente asume la dirección de la Escuela Cristiana de Alejandría.</p>	
S. III (200 a 253)	<p><b>200</b> En torno a esta fecha concluye en la India la redacción definitiva del <i>Ramayana</i>.</p>	<p><b>235-285</b> Invasiones bárbaras en el Imperio Romano.</p> <p><b>238</b> Roma tiene seis emperadores en un solo año.</p> <p><b>253</b> Los germanos entran en la parte occidental del Imperio Romano.</p>	<p><b>201</b> Muere el médico griego Galeno, famoso por sus estudios sobre anatomía.</p>	<p><b>210</b> Primeras muestras de arte cristiano en las pinturas de las catacumbas de Roma.</p>
S. IV (312 a 382)	<p><b>382</b> San Jerónimo traduce la Biblia al latín.</p>	<p><b>312</b> Constantino se convierte al Cristianismo.</p> <p><b>325</b> Concilio de Nicea.</p> <p><b>330</b> Constantino traslada la capital del imperio a Constantinopla.</p> <p><b>355</b> Los germanos invaden las Galias.</p>	<p><b>324</b> El cristianismo se convierte en religión de estado en el Imperio Romano.</p>	<p><b>316</b> Se erige en Roma el Arco de Constantino.</p> <p><b>327</b> Se construye la iglesia de San Pedro del Vaticano sobre la tumba del apóstol Pedro.</p>

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. IV (395)		<b>395</b> El Imperio Romano queda definitivamente dividido en Oriente y Occidente.		
S. V (400 a 493)	<b>400</b> San Agustín publica <i>Confesiones</i> .  <b>413-426</b> San Agustín escribe <i>Ciudad de Dios</i> .	<b>410</b> El rey visigodo Alarico I saquea e incendia Roma.  <b>439</b> Los vándalos conquistan Cartago.  <b>476</b> El Imperio Romano del oeste desaparece.  <b>493</b> El Rey ostrogodo Teodorico I domina toda la península italiana.	<b>480</b> Nace en Roma el filósofo Boecio.-524.	<b>492</b> Se construye en Ravenna la iglesia de Sant-Apollinare Nuovo.
S. VI (500 a 586)		<b>586</b> El rey visigodo Leovigildo establece la unidad territorial de la península Ibérica.	<b>523</b> Boecio escribe en la cárcel la <i>Consolación de la filosofía</i> .  <b>570</b> Nace Mahoma, fundador del Islam.-632.	<b>500</b> Se construye una gigantesca estatua de Buda en el monasterio de Bamiyan (Afganistán).  <b>537</b> Finalizan las obras de construcción de la basílica de Santa Sofía de Constantinopla.
S. VII (622 a 691)			<b>622</b> Mahoma huye de La Meca. Comienzo del Islam.	<b>691</b> Se construye la Mezquita de la Roca en Jerusalén.
S. VIII (711 a 770)	<b>739</b> Se traduce al árabe el <i>Panchatantra</i> indio, bajo el nombre de <i>Calila y Dimna</i> .  <b>770</b> Muere el poeta chino Tu Fu.		<b>711</b> Los árabes entran en la Península Ibérica.	

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. VIII (778 a 782)		778 Los francos encabezados por Carlomagno son derrotados en Roncesvalles por los vascones.		782 Carlomagno funda la Schola Palatina.
S. IX (800 a 882)		800 Carlomagno (742-814) es coronado emperador de Occidente en Roma.  882 Se unifica el reino de Rusia con la capital en Kiev.		
S. X (907 a 999)		907 En China finaliza la dinastía Tang.  912 Abd al-Rahman III es proclamado emir de Córdoba.  974 Los reinos hispanos cristianos se unen para luchar contra los árabes.  985 Las tropas de Almanzor saquean y destruyen Barcelona.  999 La población europea es de unos 28,7 millones de habitantes.		936 Abd al-Rahman III ordena construir la ciudad residencial de Medina Azahara.  954 Se construye en Gerona la abadía románica de Sant Pere de Rodas.  988 Concluye la última ampliación de la gran mezquita de Córdoba.
S. XI (1004 a 1027)	1004 La escritora japonesa Sei Shonagon finaliza su <i>Libro de la almohada</i> .  1014 Muere la escritora japonesa Murasaki Shikibu, autora de <i>Romance de Genji</i> .  1027 Ibn Hazm redacta <i>El collar de la paloma</i> .			

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XI (1073 a 1095)	<p><b>1077</b> <i>Meditaciones</i> de San Anselmo.</p>	<p><b>1081</b> Rodrigo de Vivar (1043-1099), el Cid, es desterrado por Alfonso VI de Castilla.</p> <p><b>1094</b> Rodrigo de Vivar derrota a los almorávides y ocupa Valencia.</p> <p><b>1095</b> Se organiza la primera cruzada para liberar Tierra Santa de los musulmanes.</p>		<p><b>1073</b> Se inicia la construcción de la catedral de Santiago de Compostela.</p> <p><b>1094</b> Consagración de la iglesia de San Marcos de Venecia.</p>
S. XII (1100 a 1191)	<p><b>1100</b> En torno a esta fecha se compuso el <i>Cantar de Roldán</i>.</p> <p><b>1140</b> En esta época se escribe el <i>Cantar del Mio Cid</i>.</p> <p><b>1154</b> Florece la obra del trovador Bernart de Ventadorn.</p> <p><b>1168</b> Chrétien de Troyes escribe <i>El caballero de la carreta</i>.</p> <p><b>1177</b> Marie de France escribe <i>lais</i> en los que aparece la leyenda de <i>Tristán e Isolda</i>.</p> <p><b>1191</b> Marmónides (1138-1204) publica <i>Guía de los perplejos</i>.</p>	<p><b>1143</b> Portugal se convierte en reino.</p> <p><b>1170</b> El arzobispo Thomas Beckett muere asesinado.</p> <p><b>1189</b> Ricardo Corazón de León (1157-1199) accede al trono de Inglaterra. Tercera Cruzada.</p>	<p><b>1150</b> Universidad de París.</p> <p><b>1163</b> El Edicto de Tours declara ignominiosa la práctica de la cirugía.</p> <p><b>1169</b> El filósofo Averroes compone <i>El libro general de medicina</i>.</p>	<p><b>1123</b> Se realizan los frescos de Sant Climent de Taüll (Lleida).</p> <p><b>1173</b> Se inicia la construcción de la torre de Pisa.</p>

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XIII (1200 a 1280)	<p><b>1200</b> Nace Guillaume de Lorris, autor del <i>Roman de la Rose</i>,-1240.</p> <p><b>1215</b> Muere el trovador Bertrand de Born.</p> <p><b>1230</b> Se escribe <i>Carmina Burana</i>.</p> <p><b>1267</b> Roger Bacon (1214-1294) publica <i>Opus maius</i>.</p> <p><b>1268</b> Muere Gonzalo de Berceo.</p> <p><b>1272</b> Ramon Llull (1235-1315) escribe el <i>Llibre del gentil e los tres savis</i>.</p> <p><b>1273</b> Guido Guinizzelli compone <i>Canzoni</i>.</p> <p><b>1280</b> Jean de Meun escribe <i>Le Roman de la Rose</i>.</p>	<p><b>1207</b> El monje Francisco de Asís renuncia a los bienes terrenales e inicia una vida eremitaña.</p> <p><b>1208</b> Sto. Domingo de Guzmán funda la orden de predicadores.</p> <p><b>1209</b> San Francisco de Asís funda su orden.</p> <p><b>1212</b> Una coalición de reinos cristianos derrota a los almohades en Navas de Tolosa.</p> <p><b>1215</b> Se firma la Carta Magna.</p> <p><b>1227</b> Muere Gengis Kan y el Imperio Mongol se divide entre sus hijos.</p> <p><b>1233</b> Empieza a funcionar la Inquisición en la Corona de Aragón.</p> <p><b>1271</b> Marco Polo inicia su viaje a China.</p> <p><b>1276</b> Fallece el rey Jaime I de Aragón (1208).</p>	<p><b>1215</b> IV Concilio de Letrán.</p> <p><b>1220</b> Universidad de Salamanca.</p> <p><b>1266-1273</b> Santo Tomás de Aquino (1225-1274) escribe <i>Summa Teologica</i>.</p>	<p><b>1203</b> Comienzan las obras de la abadía de Mont Saint-Michel.</p> <p><b>1221</b> Se empieza a construir la catedral de Burgos.</p> <p><b>1238</b> Comienza la construcción de la Alhambra de Granada.</p>

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XIII (1284 a 1296)	<b>1284</b> Ramón Llull escribe <i>Blanquerna</i> .	<b>1284</b> Muere Alfonso X el Sabio (1252), impulsor de la cultura y las artes.		<b>1296</b> Giotto (1267-1337) acaba los frescos de la iglesia de San Francisco de Asís.
S. XIV (1309 a 1398)	<p><b>1321</b> Muere Dante Alighieri (1265), autor de la <i>Divina Comedia</i>.</p> <p><b>1325</b> Ramón Muntaner (1265-1336) empieza a escribir su <i>Crónica</i>.</p> <p><b>1330</b> Francesco Petrarca (1304-1374) empieza su <i>Canzoniere</i>.</p> <p><b>1348</b> Giovanni Boccaccio (1313-1375) inicia el <i>Decamerón</i>.</p> <p><b>1350</b> Muere el Arcipreste de Hita (1282?), autor del <i>Libro de buen amor</i> (1330).</p> <p><b>1386</b> Geoffrey Chaucer empieza a escribir <i>Los cuentos de Canterbury</i>.</p>	<p><b>1309</b> El papado se traslada a Avignon.</p> <p><b>1337</b> Empieza la guerra de los Cien Años entre Inglaterra y Francia.</p> <p><b>1366</b> Enrique de Trastámara (1339-1379) es nombrado rey de Castilla.</p> <p><b>1378</b> La elección del antipapa Clemente VII, que se traslada a Avignon, provoca el cisma de Occidente.</p> <p><b>1382</b> Los mongoles saquean Moscú.</p> <p><b>1385</b> Batalla de Aljubarrota.</p> <p><b>1391</b> Matanzas de judíos en Castilla, Cataluña, Andalucía y Baleares.</p> <p><b>1398</b> Nace el Marqués de Santillana (1458).</p>	<p><b>1330-1350</b> Se extiende el pensamiento de Guillermo de Ockham (nominalismo).</p> <p><b>1349</b> Muere el pensador Guillermo de Ockham (1285).</p>	

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XV (1401 a 1478)	<p data-bbox="236 638 424 708"><b>1430</b> <i>Cancionero de Baena</i>, recopilado por Juan Alfonso de Baena.</p> <p data-bbox="236 1117 406 1187"><b>1459</b> Muere el poeta catalán Ausiás March (1397).</p> <p data-bbox="236 1215 424 1258"><b>1463</b> Muere el poeta francés François Villon.</p> <p data-bbox="236 1286 401 1355"><b>1468</b> Muere Joan Martorell sin acabar <i>Tirant lo Blanch</i>.</p> <p data-bbox="236 1383 424 1498"><b>1476</b> El poeta castellano Jorge Manrique (1440-1479) compone las <i>Coplas por la muerte de su padre</i>.</p>	<p data-bbox="442 326 606 421"><b>1410</b> Muere sin sucesión Martín I el Humano, rey de Aragón.</p> <p data-bbox="442 449 612 519"><b>1412</b> Fernando de Antequera es elegido nuevo rey de Aragón.</p> <p data-bbox="442 546 630 616"><b>1415</b> El reformador religioso Jan Hus es quemado en la hoguera.</p> <p data-bbox="442 661 624 730"><b>1431</b> Juana de Arco es capturada por los ingleses y quemada.</p> <p data-bbox="442 758 612 854"><b>1434</b> Cosimo de Medici (1389- 1464) toma el poder en Florencia.</p> <p data-bbox="442 881 606 1064"><b>1453</b> Concluye la guerra de los Cien Años. Los otomanos conquistan Constantinopla y ponen fin al Imperio Bizantino.</p> <p data-bbox="442 1091 636 1135"><b>1455</b> Se inicia la Guerra de las dos Rosas.</p> <p data-bbox="442 1383 630 1426"><b>1476</b> Isabel la Católica, reina de Castilla.</p>	<p data-bbox="647 805 824 920"><b>1445</b> El impresor alemán Johannes Gutenberg inventa los caracteres metálicos móviles.</p> <p data-bbox="647 1091 794 1135"><b>1455</b> Gutenberg imprime la Biblia.</p>	<p data-bbox="853 256 1024 371"><b>1401</b> El escultor Lorenzo Ghiberti realiza la segunda puerta del baptisterio de Florencia.</p> <p data-bbox="853 571 1030 685"><b>1421</b> El escultor Brunelleschi inicia la construcción de la iglesia de San Lorenzo de Florencia.</p> <p data-bbox="853 758 1036 854"><b>1434</b> El pintor flamenco Jan van Eyck finaliza el cuadro de <i>El matrimonio Arnolfini</i>.</p> <p data-bbox="853 1453 1036 1522"><b>1478</b> El pintor italiano Sandro Botticelli finaliza <i>La primavera</i>.</p>

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XV (1483 a 1499)	<p>1492 Antonio de Nebrija (1444-1522) publica la primera gramática castellana.</p> <p>1499 Aparece <i>La Celestina</i>, atribuida a Fernando de Rojas.</p>	<p>1483 Tomás de Torquemada es nombrado inquisidor de los reinos españoles.</p> <p>1492 Los Reyes Católicos conquistan Granada, último reducto árabe en la península. Cristóbal Colón descubre América. Los Reyes Católicos expulsan a los judíos de España.</p> <p>1497 Vasco de Gama llega a la India.</p>	<p>1486 Pico della Mirandola (1463-1494) publica <i>Oración por la dignidad del hombre</i>.</p>	<p>1483 Se inaugura la Capilla Sixtina.</p> <p>1485 Botticelli (1445-1510) pinta <i>El nacimiento de Venus</i>.</p> <p>1498 El grabador alemán Albert Dürer (1471-1528) pinta uno de sus <i>Autorretratos</i>.</p> <p>1499 Leonardo da Vinci (1452-1519) pinta <i>La última cena</i>.</p>
S. XVI (1504 a 1517)	<p>1508 Garcí Rodríguez de Montalvo publica <i>Amadís de Gaula</i>.</p> <p>1509 Erasmo de Rotterdam (1466-1536) escribe <i>Elogio de la locura</i>.</p> <p>1513 Nicolás Maquiavelo concluye <i>El príncipe</i>.</p> <p>1516 Primera versión de <i>Orlando furioso</i>, de Ludovico Ariosto.</p>	<p>1517 Martín Lutero pega sus 95 tesis en el castillo de Wittenburg.</p>	<p>1505 El cerrajero alemán Peter Henlein inventa el reloj de bolsillo.</p> <p>1516 Tomás Moro (1478-1535) publica <i>Utopía</i>.</p>	<p>1504 El <i>David</i> de Miguel Ángel.</p> <p>1505 Leonardo da Vinci finaliza <i>La Gioconda</i>.</p> <p>1508 Miguel Ángel (1475-1564) inicia los frescos de la capilla Sixtina.</p> <p>1513-1514 Alberto Durero (1471-1528) en lo mejor de su producción.</p>



FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XVI (1519 a 1558)	<p><b>1528</b> <i>Retrato de la Lozana Andaluza</i>, de F. Delicado.</p> <p><b>1532</b> François Rabelais publica <i>Pantagruel</i>.</p> <p><b>1534</b> Rabelais publica <i>Gargantúa</i>.</p> <p><b>1543</b> Se imprimen las obras de Juan Boscán junto a algunas de Garcilaso de la Vega.</p> <p><b>1546</b> Bartolomé de las Casas escribe <i>Confesionario</i>.</p> <p><b>1554</b> Se publican las primeras ediciones del <i>Lazarillo de Tormes</i>.</p>	<p><b>1519</b> Hernán Cortés hace prisionero a Moctezuma II.</p> <p><b>1531</b> Francisco de Pizarro inicia la conquista de Perú.</p> <p><b>1532</b> Las tropas austriacas detienen el avance turco a las puertas de Viena.</p> <p><b>1533</b> Iván IV el Terrible accede al trono ruso.</p> <p><b>1534</b> Ignacio de Loyola funda la Compañía de Jesús. Enrique VIII se proclama jefe de la Iglesia de Inglaterra.</p> <p><b>1545</b> Se inicia el concilio de Trento, en el que se establecen las bases de la Contrarreforma.</p> <p><b>1546</b> Muere el teólogo protestante Martín Lutero.</p> <p><b>1558</b> Muere Carlos V, rey de España y emperador de Alemania.</p>	<p><b>1519</b> Martín Lutero rompe con la Iglesia Católica. Carlos V accede al trono en Alemania.</p> <p><b>1543</b> Copérnico (1473-1543) publica <i>De revolutionibus orbium coelestium</i>. Vesalio publica <i>Sobre la estructura del cuerpo humano</i>.</p> <p><b>1548</b> Nace el filósofo italiano Giordano Bruno.</p> <p><b>1553</b> El médico y teólogo Miguel Servet (1511) es quemado en la hoguera por herejía.</p>	<p><b>1538</b> El pintor italiano Tiziano pinta <i>La Venus de Urbino</i>.</p> <p><b>1541</b> <i>El Juicio Final</i> de Miguel Ángel.</p>

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XVI (1562 a 1597)	<p><b>1562</b> Santa Teresa de Jesús (1515-1582) comienza el libro autobiográfico <i>El libro de la vida</i>.</p> <p><b>1569</b> Biblia Políglota de Arias Montano.</p> <p><b>1572</b> Fray Luis de León es detenido por la Inquisición.</p> <p><b>1580</b> Aparece la primera edición de los <i>Ensayos</i> de Montaigne (1533-1592).</p> <p><b>1597</b> Francis Bacon (1561-1626) publica <i>Ensayos</i>.</p>	<p><b>1564</b> Muere el teólogo y reformador francés Juan Calvino.</p> <p><b>1567</b> Santa Teresa y San Juan de la Cruz promueven la reforma Carmelita.</p> <p><b>1572</b> Noche de San Bartolomé (24/8), en la que se asesina a miles de hugonotes en Francia.</p> <p><b>1582</b> Calendario Gregoriano.</p> <p><b>1588</b> La Armada Invencible es destruida por los ingleses.</p>	<p><b>1596</b> Johannes Kepler (1571-1630) publica <i>Mysterium Cosmographicum</i>.</p>	
S. XVII (1600 a 1619)	<p><b>1600</b> William Shakespeare (1564-1616) publica <i>Hamlet</i>.</p> <p><b>1605</b> Miguel de Cervantes (1547-1616) publica la primera parte del <i>Quijote</i>.</p> <p><b>1612</b> Luis de Góngora (1561-1627) publica la <i>Fábula de Polifemo y Galatea</i>.</p> <p><b>1616</b> El 23 de abril mueren Miguel de Cervantes y William Shakespeare.</p> <p><b>1619</b> Lope de Vega (1562-1635) termina <i>Fuente Ovejuna</i>.</p>	<p><b>1607</b> La Corona española vuelve a estar en bancarrota.</p> <p><b>1613</b> Miguel Romanov (1596-1645) es coronado zar de Rusia. Inicio de la dinastía.</p> <p><b>1618</b> Se inicia la guerra de los Treinta Años entre los principales imperios del continente europeo.</p>	<p><b>1600</b> Giordano Bruno (1548) muere en la hoguera. Gilbert (1544-1603) publica <i>De Magnete</i>.</p> <p><b>1609</b> Galileo Galilei (1564-1642) construye el primer telescopio.</p> <p><b>1618</b> Kepler formula la primera ley sobre el movimiento de los planetas.</p> <p><b>1619</b> <i>Harmónices mundi</i>, de Kepler.</p>	<p><b>1607</b> Orfeo de Monteverdi.</p>

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XVII (1620 a 1659)	<p><b>1626</b> Francisco de Quevedo (1580-1645) publica <i>El buscón</i>.</p> <p><b>1635</b> Calderón de la Barca escribe <i>La vida es sueño</i>.</p> <p><b>1637</b> Pierre Corneille estrena su obra <i>El Cid</i>.</p>	<p><b>1620</b> Derrota checa en la batalla de la Montaña Blanca, se inicia la germanización de su territorio.</p> <p><b>1636</b> Se funda la Universidad de Harvard.</p> <p><b>1640</b> Comienza la revolución inglesa, que derivará en una guerra civil dos años más tarde.</p> <p><b>1644</b> Se inicia la dinastía Ching en China.</p> <p><b>1648</b> Finaliza la guerra de los Treinta Años con la Paz de Westfalia.</p> <p><b>1649</b> Carlos I es decapitado e Inglaterra se convierte en una República.</p> <p><b>1659</b> España y Francia firman la Paz de los Pirineos.</p>	<p><b>1620</b> <i>Novum Organum</i>, de Francis Bacon (1561-1626).</p> <p><b>1628</b> W. Harvey (1578-1657) publica <i>Sobre el movimiento del corazón y la sangre en los animales</i>.</p> <p><b>1632</b> Galileo publica <i>Diálogo de dos mundos</i>.</p> <p><b>1633</b> La Inquisición obliga a Galileo a retractarse.</p> <p><b>1635</b> Richelieu funda la Academia Francesa.</p> <p><b>1637</b> René Descartes (1596-1650) publica su <i>Discurso del método</i>.</p> <p><b>1640</b> Fermat (1601-1665) establece su teoría de los números.</p> <p><b>1642</b> El filósofo inglés Thomas Hobbes escribe <i>Sobre el ciudadano</i>.</p> <p><b>1648</b> Blaise Pascal (1623-1662) verifica la existencia de presión atmosférica.</p> <p><b>1651</b> El filósofo inglés Thomas Hobbes (1588-1679) publica <i>Leviatán</i>.</p>	<p><b>1624</b> El escultor italiano Bernini inicia el baldaquín de bronce de la iglesia de San Pedro en Roma.</p> <p><b>1632</b> Empieza a construirse el Taj Mahal (India).</p> <p><b>1634</b> Diego de Velázquez pinta <i>La rendición de Breda</i>.</p> <p><b>1640</b> Muere el pintor Petrus Paulus Rubens (1577).</p> <p><b>1642</b> El pintor flamenco Rembrandt (1606-1669) finaliza el cuadro <i>Ronda de noche</i>.</p> <p><b>1656</b> Diego de Velázquez (1599-1660) finaliza su cuadro <i>Las Meninas</i>.</p>

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XVII (1660 a 1697)	<p><b>1664</b> Molière (1622-1673) representa por primera vez el <i>Tartufo</i>.</p> <p><b>1667</b> John Milton (1608-1674) publica el <i>Paraíso perdido</i>.</p> <p><b>1677</b> Jean Racine escribe <i>Fedra</i>.</p> <p><b>1694</b> Muere Matsuo Basho, uno de los mejores poetas japoneses.</p> <p><b>1697</b> Cuentos de antaño de Perrault (<i>Caperucita</i>, <i>El gato con botas</i>, <i>Cenicienta</i>).</p>	<p><b>1660</b> Carlos II de Inglaterra restaura la monarquía.</p> <p><b>1682</b> Pedro I, con 10 años, zar de Rusia.</p> <p><b>1684</b> Se forma una alianza para luchar contra los turcos.</p> <p><b>1688</b> Revolución Gloriosa en Inglaterra contra Jacobo II. El trono lo ocupará el protestante Guillermo III de Orange.</p> <p><b>1697</b> Pedro el Grande (1672-1725) es el primer zar ruso en viajar a Europa occidental.</p>	<p><b>1670</b> Pascal (1623-1662) publica <i>Pensées</i>. Spinoza (1632-1677) publica el <i>Tratado Político-teológico</i>.</p> <p><b>1677</b> <i>Ética</i>, de Spinoza. Leeuwenhoek (1632-1723) descubre los organismos microscópicos.</p> <p><b>1678</b> Huygens (1629-1695) descubre la naturaleza ondulatoria de la luz.</p> <p><b>1682</b> Isaac Newton (1642-1727) formula la ley de la gravitación universal.</p> <p><b>1686</b> Ray (1628-1705) publica <i>Historia de las plantas</i>.</p> <p><b>1687</b> Newton publica <i>Principia mathematica philosophae naturalis</i>.</p> <p><b>1688</b> El filósofo inglés John Locke (1632-1704) publica <i>Ensayo sobre la tolerancia</i>.</p> <p><b>1690</b> Locke publica <i>Ensayo sobre el entendimiento humano</i>. <i>Tratados sobre el gobierno civil</i>.</p>	

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
<p>S. XVIII (1700 a 1742)</p>	<p><b>1704</b> Antoine Galland inicia la traducción al francés de <i>Las mil y una noches</i>.</p> <p><b>1719</b> Se publica <i>Robinson Crusoe</i>, del inglés Daniel Defoe.</p> <p><b>1721</b> Se publican las <i>Cartas persas de Montesquieu</i>.</p> <p><b>1726</b> Se publica <i>Los viajes de Gulliver</i>, de Johathan Swift.</p>	<p><b>1700</b> Muere Carlos II de España sin descendencia, lo que da lugar a la Guerra de Sucesión española.</p> <p><b>1704</b> Ocupación de Gibraltar por los ingleses.</p> <p><b>1707</b> Escocia e Inglaterra se unen políticamente formando la Gran Bretaña.</p> <p><b>1713</b> Se firma la Paz de Utrecht, con la que finaliza la Guerra de Sucesión. Se proclama a Felipe V como nuevo rey de España. Inicia la dinastía borbónica.</p> <p><b>1714</b> El 11 de septiembre Felipe V toma Barcelona, último bastión contrario a su soberanía.</p> <p><b>1715</b> Fallece el rey Sol, Luis XIV de Francia (1638).</p> <p><b>1740</b> Federico II el Grande accede al trono de Prusia.</p>	<p><b>1705</b> Edmund Halley (1656-1742) publica <i>Asynopsis of the astronomy of comets</i>.</p> <p><b>1714</b> El físico alemán Daniel Fahrenheit fabrica el primer termómetro de mercurio.</p> <p><b>1736</b> Euler (1707-1783) publica <i>Tratado completo de mecánica</i>.</p> <p><b>1740</b> El filósofo inglés David Hume (1711-1776) publica el <i>Tratado sobre la naturaleza humana</i>.</p> <p><b>1742</b> Anders Celsius propone escala de temperatura.</p>	<p><b>1724</b> Bach presenta <i>La pasión según San Mateo</i>.</p> <p><b>1741</b> Handel presenta <i>El Mesías</i>.</p>

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
<p>S. XVIII (1748 a 1783)</p>	<p><b>1749</b> Se publica <i>Tom Jones</i>, del británico Henry Fielding.</p> <p><b>1751</b> Se publica el primer volumen de la <i>Enciclopedia</i>.</p> <p><b>1759</b> El escritor francés Voltaire publica su obra <i>Cándido</i>.</p> <p><b>1767</b> El británico Laurence Sterne publica <i>Tristram Shandy</i>.</p> <p><b>1774</b> Se publica <i>Los sufrimientos del joven Werther</i>, de Johann W. Goethe.</p>	<p><b>1755</b> Terremoto de Lisboa.</p> <p><b>1756</b> Se inicia la guerra de los Siete Años, que enfrentó a Prusia y Gran Bretaña contra Austria y Francia.</p> <p><b>1762</b> Catalina II la Grande accede al trono ruso tras el asesinato de su marido.</p> <p><b>1766</b> Motín de Esquilache.</p> <p><b>1767</b> Se expulsa a los jesuitas de España y se expropiaron todos sus bienes.</p> <p><b>1775</b> Revolución norteamericana.</p> <p><b>1776</b> Se firma la Declaración de Independencia norteamericana.</p>	<p><b>1749</b> Buffon (1707-1788) publica <i>Historia natural</i>.</p> <p><b>1754</b> Jean-Jacques Rousseau (1712-1779) empieza a redactar <i>Del contrato social</i>. Henry Cort crea un sistema de laminado de hierro.</p> <p><b>1756</b> Voltaire (1694-1778) publica <i>Ensayo sobre las costumbres y maneras de las naciones</i>.</p> <p><b>1762</b> Rousseau acaba de redactar <i>El contrato social</i> y <i>Emilio</i>.</p> <p><b>1764</b> El ingeniero británico James Watt perfecciona la máquina de vapor. Patenta en 1769.</p> <p><b>1772</b> Denis Diderot desarrolla el mito del «buen salvaje».</p> <p><b>1776</b> Adan Smith publica <i>La riqueza de las naciones</i>.</p> <p><b>1781</b> El filósofo alemán Immanuel Kant (1724-1804) publica <i>Crítica de la razón pura</i>.</p> <p><b>1783</b> Primer globo aerostático en Versalles.</p>	<p><b>1748</b> Se descubren las ruinas romanas de Pompeya.</p>

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XVIII (1784 a 1798)	<p><b>1789</b> William Blake escribe <i>Canciones de la inocencia</i>.</p> <p><b>1792</b> Leandro Fernández de Moratín, <i>La comedia nueva</i>.</p> <p><b>1798</b> Samuel Taylor Coleridge y William Wordsworth publican <i>Baladas líricas</i>.</p>	<p><b>1789</b> Estalla la Revolución Francesa.</p> <p><b>1793</b> Luis XVI de Francia es ejecutado.</p> <p><b>1794</b> Muere Robespierre guillotinado.</p> <p><b>1798</b> Malthus (1766-1834) publica <i>Ensayo sobre la población</i>.</p>	<p><b>1784</b> Herder (1744-1803) publica <i>Ideas para la filosofía de la historia de la humanidad</i>. Primer telar mecánico de Cartwright.</p> <p><b>1789</b> Lavoisier (1743-1794) publica <i>Tratado elemental de Química</i>.</p> <p><b>1794</b> Dalton (1766-1844) publica un artículo sobre <i>Ceguera a colores</i>.</p> <p><b>1795</b> Sistema métrico universal.</p> <p><b>1796</b> Laplace (1749-1827) publica <i>Exposición sobre el sistema del mundo</i>.</p> <p><b>1797</b> El filósofo alemán Friedriche Schelling (1775-1854) escribe <i>Ideas sobre la filosofía de la naturaleza</i>.</p>	<p><b>1787</b> Mozart (1756-1791) presenta <i>Don Giovanni</i>.</p> <p><b>1793</b> El pintor francés Jacques-Louis David pinta <i>La muerte de Marat</i>.</p>
S. XIX (1800 a 1807)	<p><b>1800</b> Friedrich von Hardenberg, Novalis, escribe sus <i>Himnos a la noche</i>.</p> <p><b>1806</b> Leandro Fernández de Moratín, <i>El sí de las niñas</i>.</p>	<p><b>1804</b> Napoleón Bonaparte es coronado emperador.</p> <p><b>1805</b> Batalla de Trafalgar. Batalla de Austerlitz.</p>	<p><b>1807</b> Hegel (1770-1835) publica <i>Fenomenología del espíritu</i>.</p>	<p><b>1804</b> Francisco de Goya (1746-1828) escandaliza con <i>La maja desnuda</i> y <i>La maja vestida</i>.</p>

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XIX <b>(1808 a 1824)</b>	<p><b>1810</b> Madame de Stäel publica <i>De Alemania</i>.</p> <p><b>1813</b> Jane Austen (1775-1817) publica <i>Orgullo y prejuicio</i>.</p> <p><b>1816</b> El alemán E.T.A. Hoffmann publica <i>Los elixires del diablo</i>.</p> <p><b>1818</b> Mary Shelley publica <i>Frankenstein</i>.</p> <p><b>1820</b> El escocés Walter Scott publica <i>Ivanhoe</i>.</p> <p><b>1821</b> Muere el poeta inglés John Keats, autor de <i>Oda a una urna griega</i>.</p> <p><b>1824</b> Lord Byron publica <i>Don Juan</i> poco antes de morir.</p>	<p><b>1808</b> Estalla la Guerra de la Independencia. Constitución de Bayona.</p> <p><b>1812</b> Las cortes de Cádiz aprueban una nueva Constitución.</p> <p><b>1813</b> Bolívar declara la guerra a España.</p> <p><b>1814</b> Fernando VII regresa a España y anula la Constitución de Cádiz.</p> <p><b>1815</b> Batalla de Waterloo. El Congreso de Viena sella la derrota de Napoleón.</p> <p><b>1816</b> Argentina proclama su independencia.</p> <p><b>1817</b> Chile independiente.</p> <p><b>1823</b> Finaliza el Trienio Liberal en España y Fernando VII recobra el poder absoluto.</p>	<p><b>1808</b> Gay-Lussac (1778-1850) define la combinación Volumétrica de los Gases.</p> <p><b>1809</b> Lamarck (1744-1829) publica <i>Filosofía zoológica</i>.</p> <p><b>1811</b> Avogadro (1776-1856) define el número de moléculas de gases en diferentes volúmenes.</p> <p><b>1817</b> Ricardo publica <i>Principio de política económica</i>.</p> <p><b>1819</b> Shopenhauer (1788-1860) publica <i>El mundo como voluntad y representación</i>.</p> <p><b>1823</b> Champolion descifra la piedra de Rosetta.</p> <p><b>1824</b> Carnot (1796-1832) publica <i>Reflexions sur la prissance motrice du feu</i>.</p>	<p><b>1808</b> Beethoven (1770-1827) presenta <i>La Quinta Sinfonía</i>.</p> <p><b>1812</b> El británico Joseph Turner pinta <i>La ventisca</i>.</p> <p><b>1814</b> Francisco de Goya pinta <i>Los fusilamientos de la Moncloa</i> y <i>La lucha con los mamelucos</i>.</p> <p><b>1816</b> Rossini (1792-1868) presenta <i>El barbero de Sevilla</i>.</p> <p><b>1818</b> El alemán Caspar David Friedrich pinta <i>El viajero frente al mar de niebla</i>.</p> <p><b>1823</b> Beethoven, <i>La Novena Sinfonía</i>.</p> <p><b>1824</b> Muere el pintor Théodore Géricault, autor de <i>La balsa de la Medusa</i>.</p>



FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XIX (1825 a 1849)	<p><b>1826</b> Cooper, <i>El último mohicano</i>.</p> <p><b>1830</b> Stendhal publica <i>Rojo y negro</i>.</p> <p><b>1831</b> Víctor Hugo publica <i>Nuestra Señora de París</i>. Stendhal, <i>El rojo y el negro</i>.</p> <p><b>1836</b> Giacomo Leopardi concluye <i>La retama</i>.</p> <p><b>1837</b> Muere el poeta ruso Alexander Pushkin en un duelo. Hartzenbusch, <i>Los amantes de Teruel</i>.</p> <p><b>1842</b> El escritor ruso Nikolái Gógol publica la primera parte de <i>Almas muertas</i>.</p> <p><b>1844</b> José Zorrilla pone en escena <i>Don Juan Tenorio</i>.</p> <p><b>1847</b> Brontë publica <i>Cumbres borrascosas</i>.</p> <p><b>1849</b> Muere el norteamericano Edgar Allan Poe, maestro del género de terror.</p>	<p><b>1830</b> Revoluciones liberales en Europa. Bélgica se independiza de Holanda.</p> <p><b>1833</b> Tras la muerte de Fernando VII se inicia la I Guerra Carlista.</p> <p><b>1834</b> La Santa Inquisición desaparece.</p> <p><b>1839</b> Empieza la guerra del Opio entre Gran Bretaña y China.</p> <p><b>1848</b> Nuevas revoluciones liberales en toda Europa, que vuelven a fracasar.</p>	<p><b>1825</b> Muere el socialista utópico Henri de Saint-Simon.</p> <p><b>1833</b> Lyell (1797-1875) publica <i>Principios de Geología</i>.</p> <p><b>1834</b> Muere el economista británico Thomas Malthus.</p> <p><b>1835</b> Tocqueville publica <i>La democracia en América</i>.</p> <p><b>1837</b> Samuel Morse pone a punto el primer telégrafo eléctrico.</p> <p><b>1842</b> Auguste Comte publica el último volumen de su <i>Curso de filosofía positiva</i>.</p> <p><b>1844</b> Kierkegaard, <i>El concepto de la angustia</i>.</p> <p><b>1848</b> Karl Marx y Friedrich Engels publican el <i>Manifiesto comunista</i>. William Thomson —Lord Kelvin— (1824-1907) presenta la escala absoluta de temperatura.</p>	<p><b>1831</b> Eugène Delacroix presenta el cuadro <i>La libertad guiando al pueblo</i>.</p>

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XIX <b>(1850 a 1868)</b>	<p><b>1850</b> Muere el escritor francés Honoré de Balzac, autor de <i>Eugénie Grandet</i>.</p> <p><b>1851</b> Herman Melville publica <i>Moby Dick</i>.</p> <p><b>1855</b> El norteamericano Walt Whitman publica <i>Hojas de hierba</i>.</p> <p><b>1857</b> Charles Baudelaire publica <i>Las flores del mal</i>. Floubert, <i>Madame Bovary</i>.</p> <p><b>1862</b> Víctor Hugo publica <i>Los miserables</i>.</p> <p><b>1865</b> Julio Verne, <i>De la Tierra a la Luna</i>.</p> <p><b>1866</b> Fiódor Dostoievski escribe <i>Crimen y castigo</i>. Paul Verlaine publica <i>Poemas saturnianos</i>.</p>	<p><b>1851</b> Primer número del <i>New York Times</i>.</p> <p><b>1853</b> Se inicia la guerra de Crimea entre turcos y rusos.</p> <p><b>1855</b> Se inaugura la Exposición Universal de París.</p> <p><b>1861</b> Empieza la Guerra de Secesión norteamericana. -1865.</p> <p><b>1863</b> Acta de Emancipación: la esclavitud es abolida en EE. UU.</p> <p><b>1868</b> Revolución gloriosa española que destrona a Isabel II.</p>	<p><b>1850</b> Clausius formula el concepto de entropía.</p> <p><b>1851</b> León Foucault demuestra el movimiento de rotación de la tierra mediante un péndulo.</p> <p><b>1856</b> Louis Pasteur establece los fundamentos de la bacteriología.</p> <p><b>1859</b> Charles Darwin publica <i>Sobre el origen de las especies por medio de la selección natural</i>. John Stuart Mill publica <i>Sobre la libertad</i>.</p> <p><b>1865</b> Mendel propone la teoría genética de la herencia.</p> <p><b>1867</b> Marx publica <i>El capital</i>. Nobel patenta la dinamita.</p> <p><b>1868</b> Se encuentran los restos del Hombre de Cromagnon, antepasado del <i>Homo Sapiens</i>.</p>	<p><b>1851</b> Verdi, <i>Rigoletto</i>.</p> <p><b>1852</b> El maestro de los prerrafaelitas, John E. Millais, pinta el cuadro <i>Ofelia</i>.</p> <p><b>1857</b> El francés Jean-François Millet realiza <i>Las espigadoras</i>.</p> <p><b>1859</b> Wagner publica <i>Tristán e Isolda</i>.</p> <p><b>1863</b> Monet, <i>La merienda campestre</i>.</p> <p><b>1866</b> Nace Wassili Kandinsky, padre del arte abstracto.</p>

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XIX (1869 a 1886)	<b>1869</b> Leo Tolstói concluye <i>Guerra y paz</i> .	<b>1869</b> Se inaugura el primer ferrocarril que une las costas este y oeste de EE. UU. Se inaugura el canal de Suez en Egipto.		
	<b>1870</b> Muere el escritor británico Charles Dickens, autor de <i>David Copperfield</i> .	<b>1871</b> Italia finaliza su unificación estableciendo Roma como capital. Se proclama el II Reich alemán en Versalles. Se instaura la Comuna de París en la capital francesa.	<b>1871</b> Mendeleiev (1834-1907) presenta la tabla periódica de los elementos.	
	<b>1873</b> Benito Pérez Galdós inicia sus <i>Episodios nacionales</i> .	<b>1874</b> Golpe de Pavía; fin de la I República Española.	<b>1873</b> Muere el filósofo británico John Stuart Mill. Maxwell publica <i>Tratado sobre electricidad y magnetismo</i> .	<b>1872</b> Claude Monet pinta <i>Impresión, Amanecer</i> .
	<b>1876</b> Mark Twain publica <i>Las aventuras de Tom Sawyer</i> .	<b>1876</b> Custer cae en Little Big Horn.	<b>1876</b> Alexander Graham Bell inventa el teléfono.	<b>1875</b> Bizet, <i>Carmen</i> .
	<b>1880</b> Dostoievsky publica <i>Los hermanos Katamazor</i> .	<b>1881</b> Muere Billy el Niño.	<b>1879</b> Edison inventa la bombilla.	<b>1876</b> Auguste Renoir pinta <i>Le Moulin de la Galette</i> .
	<b>1882</b> El noruego Henrik Ibsen escribe su obra de teatro <i>Un enemigo del pueblo</i> .	<b>1883</b> Erupción del Krakatoa.	<b>1881</b> Se inician las obras del canal de Panamá.	<b>1880</b> El escultor Auguste Rodin finaliza <i>Puerta del infierno</i> y <i>El pensador</i> .
	<b>1884</b> Rosalía de Castro, <i>En las orillas del Sar</i> ; L. Alas Clarín, <i>La Regenta</i> .	<b>1884</b> Se inicia la Conferencia de Berlín, en la que las potencias europeas se reparten África.	<b>1883</b> Friedrich Nietzsche escribe <i>Así habló Zaratustra</i> .	
	<b>1885</b> Émile Zola publica la novela <i>Germinal</i> .			
	<b>1886</b> Pérez Galdós, <i>Fortunata y Jacinta</i> .	<b>1886</b> Primeras botellas de Coca-Cola.	<b>1886</b> Nietzsche, <i>Más allá del bien y el mal</i> .	

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XIX (1887 a 1899)	<p><b>1891</b> Óscar Wilde, <i>El retrato de Dorian Gray</i>.</p> <p><b>1894</b> Rudyard Kipling publica <i>El libro de la selva</i>.</p> <p><b>1895</b> Estreno de <i>La importancia de llamarse Ernesto</i>, de Óscar Wilde.</p> <p><b>1896</b> El ruso Anton Chéjov publica <i>La gaviota</i>.</p> <p><b>1897</b> Pérez Galdós, <i>Misericordia</i>.</p>	<p><b>1888</b> Se inaugura la Exposición Universal de Barcelona.</p> <p><b>1893</b> Entra en funcionamiento el Transiberiano.</p> <p><b>1896</b> Juegos Olímpicos de la historia moderna.</p> <p><b>1898</b> Estalla el escándalo Dreyfus en Francia. España pierde Cuba, su última colonia en América.</p> <p><b>1899</b> Estalla la guerra de los bóers en Sudáfrica.</p>	<p><b>1893</b> Henry Ford (1863-1947) finaliza la construcción de su primer coche.</p> <p><b>1894</b> Hertz publica <i>Principios de Mecánica</i>.</p> <p><b>1895</b> Durkheim publica <i>Reglas del método sociológico</i>. Röntgen descubre los rayos X.</p> <p><b>1896</b> Becquerel descubre la radioactividad del Uranio.</p>	<p><b>1887</b> Gustave Eiffel inicia la construcción de la Torre Eiffel de París.</p> <p><b>1888</b> Vicent Van Gogh pinta <i>La habitación de Van Gogh en Arles</i>.</p> <p><b>1893</b> El noruego Edward Munch pinta <i>El grito</i>, antecesor del expresionismo alemán.</p> <p><b>1895</b> Los hermanos Lumière presentan el cinematógrafo.</p> <p><b>1898</b> Cézanne pinta <i>Monte Santa Victoria</i>.</p>
S. XX (1900 a 1904)	<p><b>1901</b> Se conceden por primera vez los premios Nobel.</p> <p><b>1902</b> Joseph Conrad publica <i>El corazón de las tinieblas</i>.</p>	<p><b>1900</b> Vuelo del primer dirigible de Von Zeppelin.</p> <p><b>1903</b> Primer vuelo de los hermanos Wright.</p>	<p><b>1900</b> Sigmund Freud publica <i>La interpretación de los sueños</i>.</p> <p><b>1904</b> Santiago Ramón y Cajal publica sus investigaciones sobre la composición celular del sistema nervioso.</p>	<p><b>1903</b> Muere el pintor francés Paul Gauguin.</p>

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XX (1905 a 1916)	<b>1905</b> Rubén Darío publica <i>Cantos de vida y esperanza</i> .	<b>1905</b> Finaliza la guerra entre Rusia y Japón.	<b>1905</b> Einstein publica <i>La teoría de la relatividad especial</i> . Weber publica <i>La ética del protestantismo y el espíritu del capitalismo</i> .	<b>1905</b> Pintores como Henr Matisse son definidos como «una jaula de fieras» (Fauves) por un crítico de arte.
		<b>1906</b> Terremoto de San Francisco.		<b>1907</b> Pablo Picasso finaliza <i>Las señoritas de Aviñón</i> , punto de partida del cubismo.
	<b>1909</b> Filippo Tommaso Marinetti publica el <i>Manifiesto del futurismo</i> en el diario francés <i>Le Figaro</i> .	<b>1909</b> Sublevación de las tropas destinadas a Marruecos que deriva en los sucesos de la Semana Trágica en Barcelona.		
	<b>1911</b> Pío Baroja publica <i>El árbol de la ciencia</i> .	<b>1911</b> Estalla la Revolución Mexicana, que provoca la caída del dictador Porfirio Díaz. Admudsen alcanza el Polo Sur.		<b>1911</b> Marie Curie gana su segundo Nobel por sus estudios sobre el radio y el polonio.
	<b>1912</b> Antonio Machado publica <i>Campos de Castilla</i> .	<b>1912</b> Se hunde el transatlántico <i>Titanic</i> .		
	<b>1913</b> Guillaume Apollinaire publica <i>Alcoholes</i> . Marcel Proust publica la primera parte de <i>En busca del tiempo perdido</i> . Unamuno, <i>El sentido trágico de la vida</i> .			
	<b>1914</b> Miguel de Unamuno publica <i>Niebla</i> .	<b>1914</b> Asesinato del archiduque Fernando en Sarajevo. Empieza la I Guerra Mundial.		
<b>1915</b> Franz Kafka publica <i>La metamorfosis</i> .				<b>1915</b> Se entrena <i>El nacimiento de una nación</i> , de D. W. Griffith.
			<b>1916</b> El físico alemán Albert Einstein enuncia la teoría de la relatividad generalizada.	<b>1916</b> Surge en Zúrich el movimiento vanguardista dadá.

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XX (1917 a 1931)	<b>1917</b> Se publica, en su versión definitiva, <i>Platero y yo</i> , de Juan Ramón Jiménez.	<b>1917</b> Estalla la Revolución Rusa, que dará lugar, cinco años más tarde, a la Unión Soviética. Muere Buffalo Bill. Mata Hari es fusilada. Apariciones en Fátima.		
		<b>1918</b> Gripe española: 20 millones de muertos.		
		<b>1919</b> El Tratado de Versalles pone fin a la Gran Guerra.	<b>1920</b> El economista John Keynes publica <i>Las consecuencias económicas de la paz</i> .	
	<b>1921</b> Pirandello, <i>Seis personajes en busca de autor</i> .	<b>1921</b> Independencia de Irlanda.	<b>1922</b> El filósofo Ludwig Wittgensten publica su <i>Tractatus logico-philosophicus</i> .	
	<b>1922</b> James Joyce publica <i>Ulises</i> . T. S. Eliot, <i>Tierra Baldía</i> .	<b>1922</b> Benito Mussolini toma el poder en Italia.		
	<b>1924</b> Ramón del Valle-Inclán publica la versión definitiva de <i>Luces de Bohemia</i> . Thomas Mann, <i>La montaña mágica</i> .	<b>1923</b> Pronunciamiento militar de Primo de Rivera en España.		
	<b>1925</b> Se publica <i>Manhatan Transfer</i> , de John Dos Passos.		<b>1926</b> Schrödinger desarrolla las ecuaciones de onda de la mecánica cuántica.	<b>1926</b> Walter Gropius construye el edificio de la Bauhaus.
		<b>1927</b> Lindbergh vuela entre Nueva York y París.	<b>1927</b> Heidegger, <i>El ser y la nada</i> .	
	<b>1929</b> William Faulkner publica <i>El ruido y la furia</i> . Hemingway, <i>Adiós a las armas</i> .	<b>1929</b> <i>Crack</i> de la Bolsa de Nueva York. Nacen Popeye y Tintín.	<b>1930</b> Ortega publica <i>La revolución de las masas</i> .	
		<b>1930</b> Dimite el dictador Primo de Rivera.	<b>1931</b> Gödel publica su <i>Teorema de la incompletitud</i> .	
	<b>1931</b> II República española: 14 de abril.			

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XX (1932 a 1949)	<b>1932</b> Aldous Huxley publica <i>Un mundo feliz</i> .	<b>1933</b> Adolf Hitler es nombrado canciller del Reich alemán.	<b>1934</b> La persecución nazi obliga a los intelectuales de la escuela de Frankfurt a exiliarse. Popper, <i>Lógica de la investigación científica</i> .	
	<b>1934</b> Henry Miller publica <i>Trópico de Cáncer</i> . G. <sup>a</sup> Lorca, <i>Yerma</i> . Graves, <i>Yo, Claudio</i> .	<b>1936</b> Estalla la Guerra Civil española.	<b>1936</b> Keynes publica <i>Teoría general del empleo y Dinero e interés</i> .	
	<b>1935</b> T. S. Eliot publica <i>Asesinato en la catedral</i> .	<b>1938</b> Alemania entra en Polonia (1/9).	<b>1937</b> Turing publica <i>Sobre números calculables</i> .	<b>1937</b> Pablo Picasso pinta el <i>Guernica</i> .
	<b>1939</b> John Steinbeck publica <i>Las uvas de la ira</i> . Ernst Jünger publica <i>Sobre los acantilados de mármol</i> .	<b>1939</b> Finaliza la Guerra Civil española con la victoria del dictador Francisco Franco. Estalla la II Guerra Mundial.		
	<b>1940</b> Se publica de manera póstuma <i>Poeta en Nueva York</i> , de Federico García Lorca.	<b>1941</b> Estados Unidos entra en la guerra tras el ataque japonés a Pearl Harbor.		
	<b>1942</b> Albert Camus publica <i>El extranjero</i> . Cela, <i>La familia de Pascual Duarte</i> .	<b>1943</b> Derrota alemana en Stalingrado.	<b>1943</b> El filósofo Jean-Paul Sartre publica <i>El ser y la nada</i> .	
	<b>1946</b> Miguel Ángel Asturias publica <i>El señor presidente</i> .	<b>1945</b> Finaliza la II Guerra Mundial con la derrota nazi. Bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki (6/6 y 9/6).		
	<b>1948</b> Cela, <i>Viaje a la Alcarria</i> .	<b>1947</b> La India logra la independencia de Gran Bretaña.		
	<b>1949</b> Jorge Luis Borges publica <i>El Aleph</i> .	<b>1948</b> Se crea el estado de Israel.		
		<b>1949</b> Nace la República Popular China. Se crea la OTAN.		

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XX (1950 a 1973)	<p><b>1950</b> Eugène Ionesco representa <i>La cantante calva</i>.</p> <p><b>1951</b> Camilo José Cela publica <i>La colmena</i>. Margarite Yourcenar, <i>Memorias de Adriano</i>.</p> <p><b>1952</b> Ernest Hemingway publica <i>El viejo y el mar</i>. Samuel Beckett representa <i>Esperando a Gogot</i>.</p> <p><b>1956</b> Sánchez Ferlosio, <i>El Jarama</i>.</p> <p><b>1959</b> Günter Grass publica <i>El tambor de hojalata</i>.</p> <p><b>1962</b> Mario Vargas Llosa publica <i>La ciudad y los perros</i>.</p> <p><b>1967</b> Gabriel García Márquez publica <i>Cien años de soledad</i>.</p> <p><b>1973</b> Muere Pablo Neruda.</p>	<p><b>1950</b> Comienza la guerra de Corea, primer choque de la Guerra Fría.</p> <p><b>1956</b> II guerra entre árabes e israelíes.</p> <p><b>1959</b> Fidel Castro toma el poder en Cuba.</p> <p><b>1960</b> Varios países africanos logran la independencia.</p> <p><b>1962</b> Concilio Vaticano II.</p> <p><b>1963</b> El presidente de EE. UU., J. F. Kennedy, es asesinado.</p> <p><b>1967</b> Muere el revolucionario Che Guevara.</p> <p><b>1968</b> Francia vive las insurrecciones de mayo.</p> <p><b>1973</b> Golpe de Estado de Augusto Pinochet en Chile.</p> <p><b>1975</b> Muere Franco.</p>	<p><b>1953</b> Watson y Crick descubren la estructura molecular del ADN. Herdegger publica <i>Introducción a la metafísica</i>. Wittgenstein, <i>Investigaciones filosóficas</i>.</p> <p><b>1955</b> Muere el filósofo español José Ortega y Gasset.</p> <p><b>1957</b> Se lanza el Sputnik.</p> <p><b>1961</b> El soviético Yuri Gagarin es el primer astronauta en el espacio.</p> <p><b>1962</b> Thomas Kuhn publica <i>La estructura de las revoluciones científicas</i>.</p> <p><b>1967</b> Se realiza el primer trasplante de corazón humano.</p> <p><b>1969</b> El hombre llega a la luna.</p> <p><b>1972</b> Meadows publica <i>Los límites del crecimiento</i>.</p>	<p><b>1950</b> Jackson Pollock pinta <i>Uno</i> (n.º 31, 1950).</p>



FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XX (1980 a 1999)	<p><b>1980</b> Kennedy Toole, <i>La conjura de los necios</i>.</p> <p><b>1981</b> Gabriel García Márquez publica <i>Crónica de una muerte anunciada</i>.</p> <p><b>1983</b> Muere Tennessee Williams, autor de <i>Un tranvía llamado deseo</i>.</p> <p><b>1986</b> El nigeriano Wole Soyinka se convierte en el primer africano negro en obtener el Nobel de Literatura.</p> <p><b>1987</b> Tom Wolf, <i>La hoguera de las vanidades</i>.</p> <p><b>1991</b> Martín Amis publica <i>La flecha del tiempo</i>.</p> <p><b>1999</b> Muere Rafael Alberti, último representante de la generación del 27.</p>	<p><b>1982</b> Guerra anglo-argentina de las Malvinas.</p> <p><b>1985</b> Mijaíl Gorbachov accede al poder de la URSS e inicia un proceso de reformas.</p> <p><b>1989</b> Cae el muro de Berlín, símbolo de la Guerra Fría.</p> <p><b>1990</b> Irak invade Kuwait y provoca el inicio de la Guerra del Golfo.</p> <p><b>1991</b> Se disuelve la Unión Soviética. Estalla el polvorín de los Balcanes, que dará lugar a diversas guerras en la zona a lo largo de la década.</p> <p><b>1992</b> Se celebran los Juegos Olímpicos de Barcelona y la Exposición Universal de Sevilla.</p>	<p><b>1980</b> Se desarrolla la biotecnología.</p> <p><b>1994</b> Muere el filósofo Karl Popper.</p>	<p><b>1983</b> Muere el pintor español Joan Miró.</p> <p><b>1987</b> Muere Andy Warhol, figura del Pop Art.</p> <p><b>1989</b> Muere Salvador Dalí, maestro del surrealismo pictórico.</p>

CRONOLOGÍA GENERAL

FECHA	LITERATURA	POLÍTICA Y SOCIEDAD	FILOSOFÍA Y CIENCIA	ARTE
S. XXI (2001 a 2002)	2002 Muere Camilo José Cela.	2001 El 11 de septiembre, tres aviones suicidas derriban las torres gemelas de Nueva York y parte del Pentágono.		

## ■ COLECCIÓN ENSAYO

- **Europa: ¿Comunidad de valores u ordenamiento jurídico? / El carácter relacional de los valores cívicos.**
- **Empresa y Sociedad Civil.**

## ■ COLECCIÓN CONFERENCIAS Y SEMINARIOS

- **Agua y Desarrollo Sostenible: Vida, medio ambiente y sociedad.**
- **Ciencia, Tecnología y Educación.**

## ■ COLECCIÓN CUADERNOS DEL FORO DE PENSAMIENTO ACTUAL

- 1 Principios Físicos del Desarrollo Energético Sostenible.**
- 2 Principios del Desarrollo Económico Sostenible.**

## ■ COLECCIÓN GIGANTES

- **Las luces de la Energía**

## ■ COLECCIÓN CLÁSICOS DEL PENSAMIENTO EUROPEO

(En preparación)

## OTRAS PUBLICACIONES

- **La Energía en sus Claves.**