ganz1912

En este libro elegante, erudito y, aún así, entretenido, Paul Strathern desenmaraña la dramática historia de la química a través de la búsqueda de los elementos. Para enmarcar esta historia recurre a la vida del científico ruso Dimitri Mendeléiev. Éste se quedó dormido sentado a su mesa y despertó habiendo concebido la Tabla Periódica de los elementos en sueños, la idea matriz que constituye el fundamento de la química moderna y cuya formulación marcó la mayoría de edad de ésta como ciencia.

Desde la filosofía antigua, pasando por la alquimia medieval, hasta la escisión del átomo, ésta es la verdadera historia del nacimiento de la química y del papel que en éste desempeñó el sueño de un hombre.

Paul Strathern *nació en Londres en 1940. Estudió física, química y matemáticas en el Trinity College, Dublín, antes de dedicarse a la filosofía. Es autor de varias novelas y de dos colecciones de libros de divulgación de gran éxito,* Filósofos en 90 minutos *y* Los científicos y sus descubrimientos, *ambas publicadas por Siglo XXI de España Editores.*

ISBN 84-323-1046-8

SIGLO VEINTIUNO DE ESPAÑA EDITORES

Paul Strathern

El sueño de Mendeléiev
DE LA ALQUIMIA A LA QUÍMICA

El sueño de Mendeléiev

DE LA ALQUIMIA A LA QUÍMICA

Paul Strathern

SIGLO VEINTIUNO DE ESPAÑA EDITORES

ganz1912

Traducción de
ANTONIO RESINES
HERMINIA BEVIA

EL SUEÑO DE MENDELÉIEV

De la alquimia a la química

por

PAUL STRATHERN

SIGLO VEINTIUNO
DE ESPAÑA EDITORES

siglo veintiuno de españa editores ®

siglo veintiuno de argentina editores

Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier procedimiento (ya sea gráfico, electrónico, óptico, químico, mecánico, fotocopia, etc.) y el almacenamiento o transmisión de sus contenidos en soportes magnéticos, sonoros, visuales o de cualquier otro tipo sin permiso expreso del editor.

Primera edición en castellano, septiembre de 2000

© SIGLO XXI DE ESPAÑA EDITORES, S. A.
Príncipe de Vergara, 78, 28006 Madrid

Primera edición en inglés (Hamisb Hamilton, Londres), 2000

© 2000, Paul Strathern
Título original: *Mendeleyev's Dream. The Quest for the Elements*

© De la traducción: 2000, Antonio Resines Rodríguez de Partearroyo y Herminia Bevia Villalba

DERECHOS RESERVADOS CONFORME A LA LEY

Impreso y hecho en España
Printed and made in Spain

Diseño de la cubierta: Juan José Barco y Sonia Alins

ISBN: 84-323-1046-8
Depósito legal: M. 35.402-2000

Fotocomposición: EFCA, S. A.
Parque Industrial «Las Monjas»
28850 Torrejón de Ardoz (Madrid)

Impreso en Closas-Orcoyen, S. L. Polígono Igarsa
Paracuellos de Jarama (Madrid)

Los químicos son una extraña clase de mortales que, impelidos por un impulso casi maníaco, buscan su placer entre humos y vapores, hollín y llamas, venenos y miseria. Y aún así, entre estos males vivo tan placenteramente que antes moriría que cambiar de lugar con el rey de Persia.

Johann Joachim BECHER, *Physica Subterranea* (1667)

Los elementos se transformaban en sí mismos, como cambia una melodía al interpretarla en un instrumento musical.

Biblia de Coverdale, Sabiduría, XIX, 18

ganz1912

ÍNDICE

LISTA DE ILUSTRACIONES IX
PRÓLOGO XI

1. EN EL PRINCIPIO 1
2. LA PRÁCTICA DE LA ALQUIMIA 19
3. GENIO Y CHARLATANERÍA 38
4. PARACELSO 55
5. PRUEBA Y ERROR 81
6. LOS ELEMENTOS DE LA CIENCIA 105
7. UNA CIENCIA RENACIDA 135
8. COSAS NUNCA VISTAS 161
9. EL GRAN MISTERIO DEL FLOGISTO 175
10. LA SOLUCIÓN DEL MISTERIO 195
11. UNA FÓRMULA PARA LA QUÍMICA 210
12. LA BÚSQUEDA DE UNA ESTRUCTURA OCULTA 220
13. MENDELÉIEV 228
14. LA TABLA PERIÓDICA 249

OTRAS LECTURAS 257
ÍNDICE ALFABÉTICO 263

LISTA DE ILUSTRACIONES

1. Mendeléiev sentado a su mesa XII
2. Busto de Aristóteles (Kunthistoriches Museum, Viena) 16
3. Laboratorio y biblioteca de un alquimista. Grabado de Matthäus Merian, 1635 40
4. Alquimia. Pintura al óleo de Jan Stradanus, 1570 (Palazzo Vecchio, Florencia) 49
5. Paracelso a los cuarenta y siete años. Xilografía de *Philosophiae Magnae Tractatus* (Colonia, 1567) 56
6. Robert Boyle. Grabado de William Faithorne 149
7. Henry Cavendish. Aguatinta de C. Rosenberg 186
8. Antoine Laurent de Lavoisier y su esposa. Pintura al óleo de Jacques Louis David, 1788 (Metropolitan Museum of Art, Nueva York) 198
9. Laboratorio de Lavoisier. Dibujo a plumilla de madame Lavoisier (con autorretrato), 1785 204

Créditos: AKG Londres, 2, 3, 4, 6, 8, 9; AKG Londres/Erich Lessing, 7; Editions Seghers, París, 1

PRÓLOGO

Hay una foto desvaída del químico ruso Dimitri Mendeléiev trabajando en San Petersburgo, tomada en algún momento a finales del siglo XIX. Muestra una figura con aspecto de duende sentada ante una gigantesca mesa atestada de cosas. Mendeléiev recuerda bastante a un chamán siberiano trasladado a un entorno identificable como el hábitat del sucesor moderno del chamán: el estudio del genio-profesor. Tiene una barba larga y descuidada rematada en tres puntas perfectamente definidas, indicio de un mesado obsesivo con los dedos durante periodos de meditación distraída. Su despeinado cabello blanco le llega a los hombros. Mendeléiev tenía la costumbre de cortarse el pelo una vez al año. Cuando comenzaba la primavera, con su clima más templado, hacía llamar a un pastor de la localidad, que se ocupaba del asunto empleando una tijera de esquilar. El resultado era la famosa mata de pelo que hizo que en una ocasión el químico escocés sir William Ramsay describiera a Mendeléiev como «un extranjero peculiar, cada uno de cuyos pelos de la cabeza actuaba independientemente de todos los demás». Ramsay supuso que Mendeléiev debía de proceder de Siberia, que sería «un kalmuch, o una de esas estrafalarias criaturas».

En la fotografía, Mendeléiev se concentra en una hoja de papel, mientras escribe con una plumilla sujeta con los extremos de sus largos dedos. El resto del amplio e irregular escritorio es todo confusión: papeles sobre papeles, una taza encima de un plato, una serie de instrumentos de naturaleza indeterminada y, en estanterías bajo la mesa, trabajos científicos amontonados a la buena de Dios.

A espaldas de Mendeléiev hay una librería con tres hileras sorprendentemente ordenadas de textos encuadernados. En medio de ellos, una gran llave etiquetada cuelga directamente sobre su cabeza, como una especie de halo científico o signo de exclamación (¡Eure-

Mendeléiev sentado a su mesa

ka!). Y en la parte superior de la librería el empapelado de la época está cubierto de hileras desiguales de sombríos retratos enmarcados, retratos de los grandes científicos del pasado. Desde la umbría altura, Galileo, Descartes, Newton y Faraday contemplan a la peluda figura que garabatea entusiasmada en medio del desorden.

En 1869, Mendeléiev intentaba desentrañar el problema de los elementos químicos. Eran el alfabeto del que estaba compuesto el lenguaje del universo. Por aquel entonces se habían descubierto sesenta y tres elementos químicos diferentes, que iban del cobre y el oro, conocidos desde tiempos prehistóricos, al rubidio, recientemente descubierto en la atmósfera solar. Se sabía que cada uno de estos elementos estaba compuesto de átomos diferentes, y que los átomos de cada ele-

mento tenían sus propias y distintivas peculiaridades. No obstante, se había constatado que algunos elementos tenían propiedades vagamente similares, lo que permitía clasificarlos en grupos.

También se sabía que los átomos que componían los distintos elementos tenían pesos atómicos diferentes. El elemento más ligero era el hidrógeno, con un peso atómico de 1. El más pesado entre los conocidos era el plomo, al que se le atribuía un peso atómico de 207. Esto significaba que era posible listar los elementos de manera lineal, de acuerdo con el orden creciente de su peso atómico, o podían organizarse en grupos de propiedades similares. Varios científicos habían comenzado a sospechar que existía un vínculo entre ambos métodos de clasificación, alguna estructura oculta en la que se basaban todos los elementos.

En la década precedente, Darwin había descubierto que todas las formas de vida se desarrollaban por evolución. Y dos siglos antes, Newton había descubierto que el universo funcionaba de acuerdo con las leyes de la gravedad. Los elementos químicos eran el punto de unión entre ambos. El descubrimiento de una estructura haría por la química lo que Newton había hecho por la física y Darwin por la biología. Desvelaría el plan del universo.

Mendeléiev era consciente del significado de sus investigaciones. Podían ser el primer paso hacia el descubrimiento, en siglos futuros, del secreto último de la materia, del patrón en el que se basaba la propia vida, y tal vez, incluso de los orígenes del universo.

Sentado a su mesa, bajo los retratos de los filósofos y los físicos, Mendeléiev siguió dándole vueltas a este problema aparentemente insoluble. Los elementos tenían pesos diferentes y distintas propiedades. Era posible numerarlos y era posible agruparlos. Tenía que existir algún vínculo entre aquellos dos patrones.

Mendeléiev era catedrático de química en la Universidad de San Petersburgo, y famoso por su enciclopédico conocimiento de los elementos. Los conocía como el director de una escuela conoce a sus pupilos: los volátiles que se mezclan mal, los obstinados, los fáciles de manejar, los misteriosos subactivos y aquellos a los que no había que quitar el ojo de encima. Y aún así, por mucho que se esforzara, seguía sin ser capaz de discernir principio orientativo global alguno entre aquel batiburrillo de características. Pero en alguna parte tenía que

haber uno. El universo científico, sencillamente, no podía basarse en un conjunto aleatorio de partículas únicas. Eso sería anticientífico.

Un colega de Mendeléiev, A. A. Inostrantzev, que fue a visitarle el 17 de febrero de 1869, dejó un relato por escrito del encuentro. Es un tanto imaginativo y está teñido de cierta visión *a posteriori*, pero ofrece algunos detalles de fondo. El propio Mendeléiev aportó varias descripciones (un tanto distintas) de lo que hacía y pensaba por aquel entonces.

Al parecer, Mendeléiev llevaba tres días devanándose los sesos, casi sin descanso, en torno al problema de los elementos. Era consciente de que se le acababa el tiempo. Ese mismo día tenía que coger el tren de la mañana desde la Estación Moscú hacia su pequeña propiedad en el campo, en la provincia de Tver. El catedrático de química tenía una reunión con la cooperativa económica voluntaria de Tver. Tenía que dirigirse a una delegación de fabricantes locales de queso para aconsejarles sobre métodos de producción, y después realizar una gira de inspección de tres días por las granjas locales. Su baúl de viaje de madera estaba ya preparado y en pie en el recibidor. A través de la ventana de su estudio podía verse el trineo tirado por un caballo que esperaba en la calle, el conductor arrebujado hasta las orejas en su abrigo, pateando sobre la nieve, y el desdichado penco que resoplaba vaho blanco en el gélido aire.

Los sirvientes no habrían osado molestar a Mendeléiev. Su mal genio era de todos conocido. En ocasiones tenía tales ataques de rabia que literalmente temblaba de ira. Pero, ¿qué ocurriría si perdía el tren?

El psicólogo ruso estudioso de los descubrimientos científicos B. M. Kedrov, y otros estudiosos de Mendeléiev, han especulado que la agobiante idea del tren que tenía que coger pudo tener un efecto sobre su mente. Quizá fuera eso lo que le indujera a experimentar una oleada de inspiración onírica en pleno día... Durante los largos viajes de San Petersburgo a Tver, Mendeléiev frecuentemente mataba el tiempo jugando a los solitarios. Tras ponerse el baúl de madera entre las piernas, ponía la baraja boca abajo sobre él. Mientras los plateados abedules, los lagos y las colinas boscosas pasaban ante la ventanilla, empezaba a voltear las cartas de tres en tres. Cuando llegaba a los ases, los iba extrayendo de uno en uno, poniendo cada palo en línea en la

parte superior del baúl: corazones, picas, diamantes, tréboles. Luego seguía volviendo los naipes, y las cartas iban apareciendo una tras otra: rey de corazones, reina de corazones, rey de diamantes, sota de diamantes... Lentamente, los palos iban desplegándose sobre el baúl. Diez, nueve, ocho... Palos, números descendentes. ¡Era exactamente lo mismo que ocurría con los elementos, con sus grupos y sus números atómicos ordenados!

En algún momento de la mañana, Mendeléiev llamó desde su estudio para ordenar a uno de los sirvientes que despidiera al trineo que le esperaba. Había de poner en conocimiento del conductor que cogería el tren de la tarde.

Mendeléiev volvió a su mesa y empezó a hurgar en los cajones. Finalmente sacó una pila de tarjetas en blanco. (Al hacerlo, quizá fuera consciente del sonido de los cascabeles del trineo, que se perdía en la nevada y neblinosa distancia.) Mendeléiev empezó a escribir en la superficie de cada una de las tarjetas en blanco. Primero escribía el símbolo químico de un elemento, luego su peso atómico y finalmente una breve relación de sus propiedades características. Cuando hubo rellenado sesenta y tres tarjetas las extendió todas boca arriba sobre la mesa.

Se quedó mirando fijamente las tarjetas, pasándose los dedos meditabundo por entre los cabos de su barba. El largo instante se convirtió en minutos y más minutos mientras se concentraba en el mar de cartas que había ante él y su mente, al margen del mundo, emprendía caminos de reflexión y de pensamientos inconclusos. Pero seguía sin lograr discernir ningún patrón general.

Alrededor de una hora más tarde decidió probar con otro enfoque. Recogió las tarjetas y empezó a disponerlas en grupos. Otra hora inacabable; sus párpados empezaban a temblar de agotamiento. Finalmente, desesperado, optó por lo obvio, disponiendo las tarjetas en el orden ascendente de sus números atómicos. Sin embargo era imposible que esto condujera a nada. Todo el mundo había probado a hacerlo ya. Y además, el peso no era más que una propiedad física. Lo que andaba buscando era algo que vinculara las propiedades químicas. A estas alturas empezaba ya a cabecear, al borde del sueño. Al parecer tomó conciencia de que el trineo tirado por el caballo estaba al otro lado de la ventana, aguardándole. ¿Seguía allí? ¿O había regresado?

¿Tan pronto? ¿Era ya hora de coger el tren de la tarde? Era el último, y no podía perderlo bajo ningún concepto.

Al deslizar la vista una vez más sobre la línea de pesos atómicos ascendentes, Mendeléiev notó repentinamente algo que le aceleró el pulso. Ciertas propiedades similares parecían repetirse en los elementos, al parecer a intervalos numéricos regulares. ¡Ahí había algo! ¿Pero qué? Unos pocos de los intervalos comenzaban con cierta regularidad, pero luego el patrón parecía desvanecerse. A pesar de ello, Mendeléiev no tardó en convencerse de que estaba al borde de un descubrimiento trascendental. Allí, en alguna parte, había un patrón definido, pero no acababa de dar con él... Abrumado momentáneamente por el agotamiento, Mendeléiev se inclinó hacia adelante, apoyó su peluda cabeza sobre los brazos, y casi de inmediato cayó dormido, y tuvo un sueño.

1. EN EL PRINCIPIO

Para comprender el problema que Mendeléiev intentaba resolver, es necesario remontarse al origen mismo del pensamiento científico. Este acontecimiento crucial de la evolución humana puede señalarse con fecha y lugar exactos: dos mil quinientos años antes, en la antigua Grecia. La primera aparición del pensamiento científico genuino se atribuye tradicionalmente a Tales, que vivió en el siglo VI a.C. en la ciudad griega de Mileto, en las costas de Jonia (hoy sudoeste de Turquía).

En este periodo, las dispersas islas y aisladas planicies a lo largo de la rocosa línea de costa del mar Egeo estaban ocupadas por pueblos grecohablantes. Es esta geografía fragmentada la que explica en parte por qué el mundo griego no había pasado de ser una colección de estados insulares y ciudades estado, a menudo en guerra, con una red de colonias comerciales que se extendía por la región del Mediterráneo. Durante este periodo, al igual que durante toda su etapa de grandeza, los griegos estuvieron unidos sólo por su lengua. Cosa significativa, el territorio que ocuparon no tenía ningún nombre genérico. Fueron los romanos los que primero aplicaron el nombre de "Graecia" a la tierra habitada por los griegos, que se denominaban a sí mismos helenos (en honor de Helena, la jefa de una oscura y antigua tribu de Tesalia). Se ha afirmado que los antiguos griegos no eran ni siquiera una entidad racial, sino una variedad de tipos que compartían una cultura y una religión comunes.

Sigue siendo en cierto modo un misterio el motivo por el que la humanidad empezó a pensar de un modo esencialmente racional y científico en esta región en particular. Más de un mileno antes, tanto los babilonios como los antiguos egipcios habían desarrollado civilizaciones superiores capaces de un pensamiento muy avanzado. En pie en lo alto de sus zigurats, los astrólogos babilonios habían observado

el cielo de la noche, discerniendo patrones entre las estrellas y calculando sus movimientos a través del cielo. Cuando las inundaciones anuales del Nilo se retiraban, dejando tras de sí un mar de barro, los escribas de Egipto recalculaban el área exacta de cada parcela individual de tierra empleando unidades matemáticas de dimensiones de hasta 1/300. Tal precisión en las observaciones y mediciones había sido el pan nuestro de cada día tanto en Babilonia como en Egipto. Estas capacidades técnicas, y cualesquiera especulaciones teóricas que pudieran desencadenar, formaban parte de la práctica religiosa. Su sutileza se había fundido con la de la teología que las acompañaba, dando como resultado disciplinas como la numerología mágica y la idea de que los movimientos de las estrellas reflejaban los destinos terrestres. Tales supersticiones persisten hasta nuestros días en forma de "números de la suerte" y "signos estelares personales".

En comparación, la vieja religión griega con sus dioses maleducados que no hacían más que fanfarronear y correrse juergas en el monte Olimpo era una especie de broma. Durante la era sombría que sucedió al hundimiento de la civilización micénica, la religión griega había permanecido en una fase infantil de su desarrollo; no era posible asociar ningún pensamiento cuasicientífico serio a semejantes actividades, más propias de los tebeos.

Pero éste fue el punto crucial. Cuando en la antigua Grecia empezó a rebullir la curiosidad científica, no estaba vinculada a religión alguna. No tenía que conformarse a los dictados de ninguna teología ya implantada, ni estaba obligada a volar hacia ningún demencial mundo metafísico. Era plenamente libre, no estaba limitada por otra cosa que la razón y la materialidad del mundo al que se enfrentaba.

Cuenta la leyenda que a Tales le gustaba pasear por las colinas que había sobre Mileto. Imaginemos la escena. A sus pies, bajo el sol deslumbrante, con sus prístinas columnas de mármol y su trazado de calles, exacto y delicado como una miniatura sobre una cáscara de huevo, la ciudad. Las bahías y cabos del continente asiático se pierden en la distancia en dirección al norte, hacia la abierta extensión del Egeo, con distantes islas difuminadas y trémulas por el calor. Quizá algún barco, un mercante de velas flácidas, permaneciese en el golfo encalmado, de vuelta de una de las colonias de la ciudad en el delta del Nilo, el mar Negro o Sicilia, o incluso de un largo viaje a las minas

de plata españolas más allá de las Columnas de Hércules (Gibraltar).

Mientras caminaba a lo largo del sendero que recorría la falda de la colina, Tales se fijó en algunas rocas que contenían fósiles de lo que eran, inconfundiblemente, conchas marinas. Comprendió que aquellas colinas habían sido, en tiempos, parte del mar. Esto le llevó a inferir que el mundo entero estuvo formado, en algún momento, exclusivamente de agua. Concluyó que el agua era el elemento fundamental del que derivaban todas las cosas. Como resultado, Tales de Mileto es generalmente considerado el primero de los filósofos. El suyo es el primer ejemplo conocido de un pensamiento auténticamente científico.

En aquellos tiempos la filosofía incluía a la ciencia, que pasó a denominarse "filosofía natural". El pensamiento de Tales era científico porque podía aportar pruebas de sus conclusiones. Y era filosofía porque podía aportar razonamientos para llegar a esas conclusiones: no necesitaba apelar a los dioses ni a misteriosas fuerzas metafísicas. Sus argumentaciones se desarrollaban exclusivamente en el reino de este mundo, en el que podían recogerse pruebas para demostrar o desmentir sus conclusiones.

Hay pocas cosas que sepamos con seguridad acerca de Tales de Mileto. Se dice que predijo un eclipse de sol que hoy sabemos tuvo lugar en el 885 a. C. Se trata del único indicio real que tenemos sobre cuándo vivió. Según cuenta una historia, se despeñó por un barranco mientras estudiaba el cielo: una imagen emblemática del filósofo que perdura hasta nuestros días. Pero Tales no era ningún idiota. Cuando le preguntaron por qué, si era tan listo, seguía siendo tan pobre, replicó que hacerse rico era fácil. Y lo demostró. Al darse cuenta de que la inminente cosecha de aceituna iba a ser buena, contrató todas las almazaras locales. Tras la recogida, su posición de monopolio le permitió cobrar lo que quiso por sus servicios.

Es imposible sobrevalorar el efecto que tuvo el nuevo pensamiento filosófico que se atribuye a Tales. Todos los conocimientos de la civilización occidental se basan en él. Echando la vista atrás, podemos apreciar que desde el principio mismo este nuevo modo de pensar implicaba ciertos supuestos básicos. Estos habían de determinar (y más de dos milenios y medio después siguen haciéndolo) tanto la forma

como el contenido de nuestro conocimiento. Eran los supuestos que cimentarían todo el pensamiento científico posterior. Tales formuló la pregunta «¿Por qué ocurren las cosas del modo en que ocurren?». Para dar respuesta a esta pregunta partió del supuesto de que ésta debía formularse en términos de la materia básica de la que está compuesto el mundo. Pero, y tal vez esto sea lo más significativo de todo, dio por sentado que tenía que haber una respuesta. Y que la respuesta podía darse en forma de una teoría comprobable, "testable", palabra que deriva del término griego que significa "observar, contemplar o especular".

Sabemos, por pruebas anecdóticas, que Tales desarrolló su teoría tras ver ciertas conchas marinas fósiles muy por encima del nivel actual del mar, pero sus especulaciones probablemente fueran aún más allá. Debió de ver la niebla alzarse desde las colinas de Anatolia y convertirse en nubes, y la lluvia caer de las nubes en forma de tormentas sobre el Egeo. La tierra se convertía en aire húmedo, que a su vez se convertía en agua. A tan sólo tres kilómetros al norte de Mileto, un ancho río describe meandros sobre la gran planicie hasta el mar. (De hecho se trata del antiguo río Meandro del que deriva el término.) Tales debió de observar cómo se iba colmatando lentamente: cómo su agua se convertía en tierra cenagosa. Debió de visitar los manantiales de la colina próxima: la tierra se convertía en agua de nuevo. No hace falta mucha imaginación para ver cómo concibió Tales la idea de que todo es agua. Con todo, la primera persona en adentrarse en lo desconocido armado de esta idea tenía que ser un gigante de la imaginación.

Curiosamente, no fue éste el único avance fundamental que se produjo en la evolución del pensamiento humano durante el siglo VI a. C. De modo independiente, en otras partes del globo, la humanidad daba pasos que habrían de afectar a todo el curso de su desarrollo. China fue testigo de la llegada de Confucio y de Lao-Tzé (el fundador del taoísmo, rival del confucianismo). Buda empezó a predicar en India, y en Persia, Zaratustra, adorador del fuego, fundó el zoroastrianismo (que había de ejercer una importante influencia tanto sobre el judaísmo como sobre el Islam). Entretanto, el área mediterránea presenciaba algo más que el advenimiento de los primeros filósofos en Jonia. A finales del siglo, en el sur de Italia, al otro extremo del mundo griego, vivía Pitágoras. Las enseñanzas religiosas de Pitágoras habían

de contribuir de modo significativo al elemento no judaico del cristianismo (varias parábolas del Nuevo Testamento tienen su origen en fuentes pitagóricas). Del mismo modo, la religión de los números de Pitágoras es reconocible en la teoría musical y en la convicción de la ciencia moderna de que el funcionamiento último del universo puede describirse en términos numéricos. Las direcciones que habían de tomar tanto de la civilización occidental como la oriental quedaron marcadas por acontecimientos que tuvieron lugar durante el siglo VI a. C.

El más importante para el mundo occidental fue, sin duda, el avance atribuido a Tales de Mileto, el primer filósofo-científico. Su teoría de que el mundo se había desarrollado a partir de un elemento (el agua) no fue más que el comienzo. Esta idea, una vez concebida, fue desarrollada rápidamente en Mileto por los discípulos de Tales, los filósofos conocidos como escuela Milesia. Uno de ellos era Anaxímenes, que descubrió el punto débil del razonamiento de Tales. Si originalmente todo había sido agua, ¿cómo se explicaba la actual diversidad del mundo? ¿Cómo se había convertido el agua en todo? Anaxímenes argumentó que el elemento fundamental no era el agua, sino el aire. El mundo estaba rodeado de aire, que se iba comprimiendo cuanto más se acercaba al centro. Al comprimirse se convertía en agua; cuando el agua se comprimía aún más, se convertía en tierra; más comprimida aún, ésta se convertía en roca. Todo era aire, en un estado de mayor o menor condensación.

Esto representó un desarrollo significativo de la idea de Tales. Fue el primer intento de explicar la diversidad del mundo, las diferencias cualitativas en términos de diferencias cuantitativas.

Había surgido un nuevo modo de pensar. El gran debate filosófico (que sigue sin resolverse incluso en nuestros días) había comenzado. Ahora todos podían sumarse a él. El modo en que Tales reaccionó ante todo esto no ha quedado registrado. Puede que pensara científicamente; si esperaba o no que le contradijeran científicamente es harina de otro costal, pero así ocurrió. Al parecer, Anaxímenes era un hombre joven cuando murió Tales, y fue él quien nos legó la narración de la muerte de Tales. En una carta a Pitágoras escribió: «Tales ha sido víctima de un triste destino en su ancianidad. Como tenía por costumbre, abandonó su casa por la noche con su sirviente para observar las estrellas. Pero mientras miraba hacia el cielo olvidó dónde estaba y

cayó por una empinada pendiente». Anaxímenes preveía una suerte aún peor para sí mismo. En una carta posterior a Pitágoras se quejaba: «¿Cómo puedo pensar en el estudio de las estrellas cuando me enfrento a la perspectiva de la muerte o la esclavitud?». Por esas fechas, las desperdigadas ciudades estado del mundo griego estaban bajo la amenaza del Imperio Persa, que se había extendido hacia el oeste hasta Anatolia, y se aproximaba ya a las costas del Egeo. En el año 494 a. C. el ejército persa arrasó Mileto. Se desconoce cuál fue el destino de Anaxímenes y la escuela de Mileto llegó a su fin menos de un siglo después de haber nacido. Aún hoy perduran las ruinas de la ciudad, varios kilómetros tierra adentro del estuario colmatado del Meandro.

Pero la filosofía sobrevivió a la caída de Mileto. Por una combinación de golpes de fortuna y heroísmo, el mundo griego logró resistir, e incluso rechazar, a los grandes ejércitos invasores persas. Uno de los puntos culminantes de esta resistencia fue la batalla de Maratón en 490 a. C., donde una fuerza muy inferior en número de griegos hizo batirse en retirada a todo el ejército persa. (El mensajero portador de la noticia de la victoria se desplomó y murió tras recorrer a la carrera los 42,192 kilómetros que separaban Maratón de Atenas. Este evento es conmemorado en la maratón moderna, que se disputa sobre idéntica distancia.)

Para cuando cayó Mileto, la filosofía se había extendido ya desde la costa jónica hasta las islas del Egeo, y de allí al resto del mundo griego. Éfeso era la principal ciudad de Jonia, y sobrevivió al ataque persa por el sencillo expediente de aliarse con el enemigo contra sus rivales comerciales, como Mileto. Su filósofo más conocido, Heráclito, un hombre arrogante y misántropo, nació alrededor del año 540 a. C. En su ancianidad, llegaron a disgustarle hasta tal punto sus conciudadanos efesios que abandonó la ciudad y emprendió una existencia errabunda en las montañas, alimentándose de plantas y hierbas. Su filosofía, por otra parte, era serena, sutil y profunda. Heráclito tenía sus propias ideas sobre el elemento fundamental del que estaba compuesto el mundo: según él, se trataba del fuego.

Anaxímenes había comprendido la importancia de explicar la diversidad del mundo. Heráclito vio que Anaxímenes sólo había respondido parcialmente a la cuestión. ¿Qué significaba decir que el aire se transformaba en agua, tierra, roca, y así sucesivamente? Si no

seguía siendo aire no podía ser la única sustancia de la que estaba compuesto el mundo. Se trataba de un interrogante complejo y serio. Heráclito reconocía que carecía de respuesta en tanto lo "único" fuera considerado una sustancia, tal como el aire o incluso el agua. Era necesario ver lo "único" como algo inmaterial. «El mundo ha sido, es, y será siempre un Fuego permanentemente vivo, que se enciende y se apaga gradualmente.» Para Heráclito, el mundo estaba en un estado de flujo constante. Esto es especialmente fácil de comprender recurriendo a la doctrina que encierran sus célebres afirmaciones: «Nadie puede bañarse dos veces en el mismo río» y «El sol se renueva cada día». Concebía el fuego como el patrón subyacente al orden del cosmos, que se transformaba a sí mismo y aún así seguía siendo lo mismo.

Durante siglos, hasta el advenimiento del siglo XX, los filósofos con inclinaciones científicas se mostraron propensos a ignorar las ideas de Heráclito, considerándolas simple misticismo. Hasta entonces no se puso de manifiesto la sutileza científica de su pensamiento. El fuego siempre cambiante de Heráclito se asemeja asombrosamente a la noción que la física moderna tiene de la energía. Había en él una perspectiva filosófica que podía dar acomodo a la relatividad y las ambigüedades de la física cuántica. (En la teoría de la relatividad, la masa es equivalente a la energía, según la ecuación de Einstein $e = mc^2$. Así pues, en teoría, la energía puede transformarse en materia, igual que el flujo o fuego de Heráclito.)

Heráclito había de sufrir un fin desdichado y autoinfligido. Su magra dieta de hierbas le obligó finalmente a abandonar la soledad de las montañas y volver a Éfeso. No obstante, lejos de estar esquelético, estaba enfermo de hidropesía, enfermedad que hace retener líquido en los tejidos a quien la padece. Con característica arrogancia, exigió una cura a los médicos locales en forma de una adivinanza: «¿Es posible producir una sequía tras una lluvia copiosa?». Cuando los médicos se mostraron desconcertados ante semejante prueba meteorológica, decidió curarse a sí mismo. Tras retirarse a un establo, se cubrió con estiércol de vaca, esperando que el pernicioso fluido de su cuerpo fuera atraído al exterior por el calor de aquel nocivo recubrimiento. Tan drástico remedio resultó ineficaz, y murió.

Ya habían sido considerados como elementos el agua, el aire y el fuego. Entonces, ¿cuál de ellos era el elemento último? La pregunta parecía tener una respuesta evidente. ¿Por qué uno solo? ¿Por qué no varios? ¿Por qué no los tres, con un cuarto elemento añadido para explicar la solidez del mundo? A decir verdad, la respuesta evidente parecía ser que el mundo estaba compuesto de cuatro elementos fundamentales: tierra, aire, fuego y agua.

Esta idea de pluralidad liberó de un plumazo al pensamiento científico del asfixiante corsé de la unidad. Era un compromiso obvio que marcaba el camino hacia una novedosa forma de entender los elementos. Por desgracia, el efecto sólo puede apreciarse visto *a posteriori*. Este compromiso "obvio", la idea de que había cuatro elementos básicos, resultó ser una de las mayores meteduras de pata del pensamiento humano, y sus efectos fueron catastróficos para nuestro desarrollo intelectual.

Cuando la filosofía se extendió por Jonia y el antiguo mundo griego, representó una especie de clarificación repentina de la mente humana. La evolución estaba dando foco a la lente del pensamiento humano: lo que hasta entonces había sido un amasijo desdibujado de superstición y metafísica empezaba a aclararse. ¡Podíamos ver! Los seres humanos estaban aprendiendo a mirar el mundo que los rodeaba. Por otra parte, la idea de que el mundo estaba compuesto de cuatro elementos fue como una enfermedad que había de tullir al pensamiento científico durante los dos milenios siguientes.

El resultado no fue en absoluto culpa del ingenioso filósofo al que se le ocurrió semejante idea. La teoría de los cuatro elementos fue formulada por Empédocles, que vivió en una colonia griega en Sicilia durante el siglo V a. C. Estuvo influido por Pitágoras, que sigue siendo una de las grandes y enigmáticas figuras de la primitiva era helénica. Uno de los más grandes matemáticos de todos los tiempos, Pitágoras descubrió que π era inconmensurable y formuló el teorema que lleva su nombre. Su otro papel como fundador de una religión basada en el engaño refleja también un talento excepcional. Empédocles seguiría sus pasos como pensador y como charlatán. Su teoría de los cuatro elementos fue un golpe de genialidad, pero no dejó ahí las cosas. Amplió su visión científica del mundo con ulteriores teorías del más alto

nivel. Afirmaba que nada en el mundo era creado o destruido y que todas las cosas estaban formadas por diferentes combinaciones de los cuatro elementos: aparecen los primeros atisbos del concepto de la química.

Como Pitágoras, Empédocles era una curiosa combinación de hombre que se adelanta a su tiempo y a la vez va por detrás de él. Este esquizofrénico vivir a horcajadas entre dos eras ha producido algunas de las mentes más originales de la historia. (No hay más que pensar en la combinación entre medieval y renacentista de la mente de Shakespeare, o en la contradictoria devoción de Newton por la alquimia y la física matemática.) Empédocles fue una versión temprana de este tipo de individuo. Aunque la mayor parte de la filosofía griega se escribía ya en prosa, Empédocles optó por remontarse a un periodo anterior y confinó su pensamiento científico con el corsé de la poesía. Su mejor trabajo *Sobre el universo*, era una obra épica de cinco mil líneas, de la que sólo conocemos fragmentos. Este trabajo consistía al parecer en un embriagador cóctel de ideas originales y brillantes y charlatanería sin paliativos. Entre las primeras estaba la noción de evolución. No se trataba de una antojadiza exposición poética, sino de una teoría completa desarrollada con cierto detalle. Empédocles imaginaba la evolución en términos de unidades anatómicas: extremidades, órganos, cabezas y así sucesivamente. Todas ellas se combinaban de diferentes modos. Para empezar había todo tipo de extrañas criaturas fruto de la combinación, como la «progenie de buey con cara de hombre» (igual que los centauros y sátiros de la mitología griega). Sólo las criaturas que estaban mejor adaptadas a su entorno sobrevivían, pero, ya que en última instancia nada era creado ni destruido —en otras palabras, dado que los ingredientes del mundo seguían siendo los mismos—, se sentía en condiciones de afirmar: «He sido ya un muchacho y una muchacha, un arbusto y un ave, un pez saltarín y viajero». Habrían de pasar más de dos mil años antes de que ideas científicas de calibre similar reemergieran en Europa occidental.

La frontera entre la genialidad y el sinsentido es en ocasiones casi impalpable, una barrera fácil de traspasar por el charlatán realmente convincente que, en ocasiones, logra incluso convencerse a sí mismo. Empédocles moriría tras saltar al cráter del monte Etna en un intento de probar a sus seguidores que era inmortal. Hubo división de opinio-

nes al respecto por aquel entonces, pero a lo largo de los años, el hecho de que no reapareciera fue pesando en su contra.

La idea de los cuatro elementos de Empédocles pudo errar el blanco por lo que a la teoría se refiere, pero irónicamente revelaba una considerable percepción del aspecto práctico de la química. La tierra, el agua, el aire y el fuego adoptan un aspecto mucho más significativo si nos fijamos en qué son exactamente. La tierra es un sólido, el agua un líquido, el aire un gas y el fuego podría interpretarse fácilmente como una forma de energía. Se trata de una división eminentemente práctica de sustancias en tipos diferentes, una clasificación que cabría esperar más de un químico en embrión que de un filósofo teórico.

Con todo, esta noción práctica de la clasificación en elementos no es en realidad tan sorprendente. A esas alturas, la química no era más que unas pocas percepciones difusas, pero su práctica inconsciente llevaba ya tiempo en marcha. Los antiguos conocían los procesos químicos desde hacía mucho tiempo. Los primeros químicos reconocibles como tales fueron mujeres, las fabricantes de perfumes de Babilonia, que para producir sus productos empleaban los alambiques más antiguos que se conocen. El primer químico que pasó a la historia fue una tal «Tapputi, la perfumista», a la que se menciona en una tableta cuneiforme mesopotámica del II milenio a. C.

La práctica precedió en mucho tiempo a la teoría. Durante el periodo helénico el mundo antiguo había descubierto ya al menos más de seis elementos metálicos y un par de elementos no metálicos. Los antiguos egipcios conocían el oro y la plata, el cobre y el hierro; los cuatro son mencionados también en el Antiguo Testamento. Se sabe que los fenicios empleaban el plomo para dar peso a sus anclas de madera, aunque cuando viajaron a España encontraron más plata de la que podían transportar, así que desecharon el plomo y en su lugar emplearon ésta para las anclas. Posteriormente viajaron aún más lejos, hasta las islas británicas, donde comerciaron con otro elemento metálico procedente de las minas de Cornualles, el estaño.

De hecho fue el bronce, una aleación de estaño y cobre, lo que dio nombre a la era que comenzó en la región mediterránea alrededor del 3000 a. C. Fue en la Edad de Bronce, alrededor de 1250 a. C., cuando los micenios conquistaron Troya. El bronce metálico duro se fabrica

fundiendo juntos cobre y estaño. La aleación se utilizaba para ornamentos y servicios de mesa, aunque su destino más significativo fueron las armas y petos. Unos dos milenios después, el bronce fue desplazado por una aleación más dura compuesta de hierro fundido y carbono, que abrió las puertas a la Edad del Hierro.

El otro elemento metálico conocido por los antiguos era el mercurio, que se menciona en antiguos textos chinos e hindúes y se ha encontrado en tumbas egipcias que datan del 1500 a. C. Dada su excepcional apariencia y sus cualidades (metal líquido de superficie especular, altamente venenoso), el mercurio resultaba sobrecogedor, y fue considerado mágico desde el principio.

En cuanto a los elementos no metálicos, el carbono y el azufre eran sin duda conocidos desde los tiempos más remotos. El autor romano Plinio hace referencia a unas minas de azufre largamente establecidas cuyo producto se empleaba con fines medicinales y para hacer cerillas de azufre. El carbono era conocido para el hombre de las cavernas en forma de hollín y carbón vegetal. En su forma más dura y preciosa, el diamante, este elemento se menciona en el Antiguo Testamento y en los Vedas indios, textos que datan del II milenio a. C.

Tanto los antiguos griegos como los romanos conocían una sustancia que llamaban "arsénico". Pero no se trataba del elemento puro, sino de su sulfuro; lo usaban para curar pieles y para envenenar a sus rivales. Y ahí está la clave. Los antiguos sabían de estos elementos, pero no los conocían como tales, no sabían que *eran* elementos. Aquello quedaba fuera de su modo de concebirlos. La noción de elemento tuvo su origen entre los filósofos, no entre los químicos. En otras palabras, entre los pensadores, no entre los practicantes. La teoría de Tales de que el elemento último era el agua fue el verdadero comienzo: una idea científica de lo que es un elemento.

Anaxímenes desarrolló el concepto y poco tiempo después fue concebida por los antiguos griegos otra idea científica sorprendentemente original. Fue el filósofo del siglo V Leucipo quien formuló la pregunta: «¿Es la materia discreta o continua?». En otras palabras, ¿es posible dividir las cosas indefinidamente o se llega a un punto en que las cosas son indivisibles? Para Leucipo era evidente que lo aplicable era lo segundo. Esto le llevó a la idea del *átomos*, o átomo. En griego, esta palabra significa "imposible de cortar", es decir, indivisi-

ble. Leucipo fue el primero en afirmar que el mundo estaba compuesto de átomos indivisibles. Asombrosamente, llegó a esta conclusión sólo un siglo después de que Tales diera inicio al pensamiento científico. Es probable que Leucipo naciera en Mileto, pero debió abandonar la ciudad antes de la invasión persa. Al parecer creó una escuela en Abdera, en el norte del territorio continental griego. En ella, su discípulo más conocido fue Demócrito, que desarrollaría la noción atómica original de Leucipo. Según Demócrito, hay un número infinito de átomos, que existen en el espacio en movimiento perpetuo; hay también innumerables tipos de átomos, que difieren en su tamaño y su forma, su peso y su calor. Todo cambio aparente en el mundo, sostenía, se debe a combinaciones y recombinaciones de esos átomos inmutables.

En gran medida, al igual que las ideas de los elementos y la evolución, las ideas de Demócrito resultan asombrosamente modernas, muy por delante de su tiempo. Tal originalidad sigue careciendo de precedentes en el pensamiento humano. Una vez que los griegos dieron con el pensamiento filosófico, al parecer lo desarrollaron rápidamente casi hasta el límite. Nada menos que Bertrand Russell afirmaba: «Casi todas las hipótesis que han dominado la filosofía moderna fueron concebidas inicialmente por los griegos». Pero su legado fue un arma de dos filos. Como veremos, cada vez que el pensamiento griego erraba el camino podía descarriar el desarrollo intelectual humano durante siglos.

A lo largo de la vida de Demócrito la filosofía griega alcanzó su edad de oro en Atenas, que se había convertido en la ciudad más rica y poderosa del mundo griego, la culminación de la cultura griega. Su Acrópolis fue coronada por los pilares exquisitamente proporcionados del Partenón, uno de mayores logros arquitectónicos de la historia. En los teatros panorámicos al aire libre, de soberbia acústica, se interpretaban las tragedias de Esquilo, Sófocles y Eurípides. (Fue allí donde, en el curso de una única generación, la tragedia griega pasó de ser un ritual religioso primitivo a convertirse en un drama profundo ejecutado en un escenario con proscenio.) Pero cuando la filosofía alcanzó su etapa dorada, Atenas empezó su declive bajo el impacto de las largas y desastrosas guerras del Peloponeso contra Esparta. Irónicamente, esta era dorada, que no ha tenido rival en toda la historia de

la filosofía, había de ser en gran medida una reacción contra los logros de Demócrito, Empédocles, Heráclito y otros como ellos.

El primer gran filósofo ateniense fue Sócrates, que nació alrededor del año 477 a. C. y fue sentenciado a muerte el 399 a. C. Sócrates fue uno de los grandes personajes de la filosofía, a la vez encantador e irritante. Proclamado «el más sabio entre los hombres» por el oráculo de Delfos, afirmaba que no sabía nada, y acto seguido pasaba a demostrar que los demás sabían aún menos que él. En el ágora (mercado) empleaba a veces este "método dialéctico" ante sus discípulos para criticar a los grandes hombres de Atenas, una actividad que no le granjeó muchas amistades en las alturas y casi con seguridad desempeñó un papel en su posterior juicio y sentencia de muerte por «corromper a la juventud». El método dialéctico de Sócrates consistía en fingir que no sabía nada y poner después en cuestión los conocimientos exhibidos por su adversario, interrogándole acerca de su significado y destruyendo los conceptos sobre los que estaban basados. Era una forma temprana de análisis. (La palabra griega *analytika* significa "desenmarañar".)

El análisis es siempre necesario para clarificar el significado, pero tal y como lo usaba Sócrates, el método tendía a desarticular el conocimiento en vez de articularlo. Una ciencia embrionaria cuyos conceptos son vagos y cuyo conocimiento es altamente teórico difícilmente puede soportar tales embates, y a Sócrates le resultaba fácil agujerear tales "conocimientos". (Incluso hoy en día la ciencia muestra también deficiencias semejantes: su mérito redentor es que trabaja con la realidad, en vez de con términos filosóficos.)

A Sócrates no le interesaban los átomos ni la evolución ni los elementos fundamentales de que se compone el mundo. Por el contrario, su filosofía se basaba en la introspección. Su frase favorita era: «Conócete a ti mismo». Ése era el único conocimiento genuino. Con consecuencias desastrosas, la filosofía le dio la espalda al mundo.

A Sócrates le sucedió su gran discípulo Platón, que perseveró en la misma tradición. Dejando a un lado la especulación científica, la filosofía dirigió su atención a las ideas abstractas. Las matemáticas, la verdad y la belleza se valoraban muy por encima de las «meras apariencias». Las particularidades del mundo que nos rodea no eran más que una turbamulta accidental de quimeras: sólo las ideas eran reales.

Platón, que nació en el seno de una aristocrática familia ateniense, había de convertirse en el filósofo supremo de la era clásica. Se ha dicho que formuló todas las grandes preguntas de la filosofía, y que desde entonces toda la filosofía ha sido poco más que notas a pie de página a Platón. Algo de cierto hay en ello, pero dista mucho de ser toda la verdad. Desde luego no es aplicable a la llamada "filosofía natural", es decir, a la ciencia. Platón no podría haberse preguntado qué era la energía eléctrica, porque no tenía la menor idea de qué era la electricidad. Esto puede parecer una obviedad, pero es decisivo. Aunque la ciencia no se considere ya parte de la filosofía, ejerce sin duda influencia sobre nuestra comprensión del conocimiento y de nosotros mismos. Gracias a Copérnico, Darwin y Freud, nuestra forma de vernos a nosotros mismos difiere fundamentalmente de la de Platón y sus coetáneos. Podemos comprender la tragedia griega y sentir empatía hacia la fuerza desnuda de sus emociones, pero ni pensamos ni nos comportamos ya de esa manera.

En el 387 a. C. Platón abrió su Academia en un olivar en las afueras de Atenas. Este "bosquecillo académico" original fue la primera universidad identificable como tal. Sobre su entrada estaba escrita la leyenda: «Que no entre hombre alguno que no sepa geometría». Razonamiento abstracto, ideas abstractas, geometría abstracta, incluso las enseñanzas políticas de Platón se concentraban en la idea de la utopía más que en la de la realidad social. La Academia era la sede suprema en matemáticas, pero la geometría que en ella se enseñaba se limitaba a figuras que pudieran trazarse con regla y compás. Sólo esas figuras eran ideales (es decir, se correspondían con ideas "reales"); todas las demás pertenecían al accidental batiburrillo del mundo de hecho (que era simplemente una ilusión, "mera apariencia"). Estas últimas eran desechadas como "mecánicas". A la geometría sólo le concernían figuras como el círculo, el triángulo y el polígono regular, ninguno de los cuales aparece precisamente en la naturaleza. Demócrito había llegado al concepto de átomo aplicando las matemáticas a la naturaleza (aplicando la división al mundo hasta que resultaba imposible ir más allá). A Platón sólo le interesaba aplicar las matemáticas a sí mismas. (Esta actitud perdura aún en la noción de "matemáticas puras".)

El tercer miembro del triunvirato griego de grandes filósofos fue Aristóteles, un discípulo de Platón. Mientras que Sócrates había sido

el «tábano de Atenas», y Platón el filósofo de filósofos, Aristóteles fue el primer genio universal. Viajó por todo el Egeo y acabó convirtiéndose en tutor del joven Alejándro Magno, aunque no queda registro alguno de lo que el sabio más grande del mundo antiguo pudo enseñar (o intentó enseñarle) al más grande de los megalómanos. Aristóteles realizó importantes aportaciones en casi todos los campos salvo el de las matemáticas. Le interesaba todo, y su biblioteca era reflejo de ello. Nunca antes un ciudadano particular había acumulado semejante colección de rollos de pergamino. Con Aristóteles llegaron a su fin los prejuicios anticientíficos, pero a esas alturas el daño ya estaba hecho. Aunque Aristóteles fue una de las mentes científicas más magníficas de la historia, sus ideas estaban fatalmente infectadas por el pensamiento platónico. (Que aún resuena en nuestra utilización de la palabra: no es casualidad que una relación amorosa platónica sea aquella en la que de hecho no pasa nada.) Los logros de Aristóteles marcaron el curso del desarrollo científico hasta bien entrada la era moderna. Sus contribuciones fueron trascendentales en todos los campos de la filosofía natural, desde la botánica a la geología y de la psicología a la zoología. De hecho, para empezar, fue él quien delimitó muchos de estos campos de estudio. Y su logro supremo fue la invención de la lógica.

Así pues, ¿dónde se equivocó? Aristóteles puso patas arriba la filosofía de Platón, convencido de que las ideas sólo podían existir en la sustancia particular en la que se encarnaban. No obstante, su pensamiento estaba contaminado por el modo platónico de ver el mundo. Veía los objetos como poseedores de cualidades —las ideas platónicas que los habitaban— y no de propiedades materiales. Se trata de una diferencia sutil pero fundamental. Un mundo compuesto de sustancia u objetos puede tener *cualidades*; un mundo compuesto de átomos tiene *propiedades*. En un átomo no pueden verse ideas encarnadas. Sólo así pudo aceptar un hombre de la brillantez de Aristóteles que los elementos básicos fueran la tierra, el aire, el fuego y el agua. Eran cualidades.

Cuando Aristóteles dirigió su preclara mente científica hacia el error, éste se multiplicó con resultados desastrosos. Empleando la razón y la observación, Aristóteles llegó a la conclusión de que cada elemento tenía su lugar. La tierra ocupaba el centro, luego venía el agua,

El clásico busto de Aristóteles. Dado que se trata de una copia romana de un busto griego contemporáneo de éste, probablemente refleje con bastante fidelidad el aspecto real de Aristóteles.

encima de ésta estaba el aire y por encima de todo el fuego. Todo movimiento en el mundo era un intento de los elementos por encontrar su lugar apropiado. Las piedras caen al fondo del agua, las burbujas salen de ella, el fuego asciende a través del aire y así sucesivamente.

Pero estaba claro que el sol, la luna y las estrellas no actuaban de semejante manera, por lo que Aristóteles propuso un quinto elemento, un elemento esotérico al que llamó éter. Su recuerdo persiste en palabras como etéreo (celestial, airoso) y quintaesencia (quinta esencia, literalmente). Los cielos, de la luna en adelante, formaban todos parte de ese reino etéreo. Dado que no tenían nada que ver con los otros cuatro elementos, los cuerpos celestes no estaban sujetos a las mismas leyes, lo que explicaba por qué no se precipitaban sobre la Tierra. Ese reino superior estaba formado por esferas concéntricas de

cristal transparente dispuestas como capas de cebolla en torno a la tierra, situada en el centro. La luna, el sol, los planetas y las estrellas estaban todos engarzados en esas esferas, cuyas respectivas rotaciones daban lugar al movimiento de los cuerpos celestes. Al moverse unas contra otras, las esferas transparentes de cristal generaban armonías sublimes, inaudibles para el oído humano, la "música de las esferas".

Tan grande era la autoridad de Aristóteles y tan insuperable la brillantez de su pensamiento, que todo esto fue aceptado. La Tierra se convirtió en el centro del universo, a pesar de que varios pensadores presocráticos habían tomado conciencia de que no lo era. Y esto, junto con la idea de que los cielos constituían un elemento distinto y obedecían a leyes diferentes, puso fin a la astronomía hasta la llegada de Copérnico en el siglo XVI.

Aristóteles, como Empédocles y Shakespeare, fue un genio que abarcó dos eras. Posiblemente su posición histórica quede especialmente bien ilustrada por su actitud ante la política. A Aristóteles no le interesaba para nada el utopismo de Platón. Se trataba de un tema que había que abordar científicamente. Aristóteles recopiló en su biblioteca rollos de papiro con las constituciones de todas las ciudades estado de Grecia. Si alguna ciudad estado le pedía asesoramiento constitucional, Aristóteles podía redactar una constitución que no sólo se ajustara a las circunstancias de la ciudad en cuestión, sino que también contuviera los mejores elementos de las constituciones de todas las demás ciudades estado. Si había algún método que pudiera funcionar, sin duda tenía que ser ése. Pero no fue así y no podía serlo.

¿Por qué no? Irónicamente, la culpa fue del discípulo de Aristóteles, Alejandro Magno. Fue Alejandro quien consiguió unir a los griegos, una hazaña que logró por el sencillo expediente de conquistarlos. Después decidió que aquella Grecia unificada no debía enfrentarse nunca más a la amenaza de un imperio invasor, así que se dirigió al este para conquistar a los persas. Hecho esto, decidió seguir adelante y conquistar todo el mundo conocido. (Dejando a un lado la cuestión de la megalomanía, podría argüirse que la estrategia de Alejandro estaba mal orientada. A esas alturas el Imperio Persa se encontraba en plena decadencia, mientras que, hacia el oeste, la República Romana empezaba justamente a expandirse. Siglo y medio después de la gloriosa campaña de Alejandro, que lo conquistó todo hacia el este, los

restos de su imperio empezarían a desmoronarse ante la invasión desde el oeste.) A pesar de sus limitaciones, Alejandro estableció durante breve tiempo el más grande imperio que el mundo había conocido hasta entonces. La ciudad estado (o *polis*) fue reemplazada por la metrópolis (literalmente "ciudad-madre"). La democracia fue reemplazada por el imperialismo. A pesar de la brillantez intelectual de Aristóteles, su idea sobre cómo desarrollar la mejor constitución política había resultado totalmente superflua.

Ojalá hubiera ocurrido lo mismo con su pensamiento científico sobre los elementos. La idea de que el mundo estaba formado por tierra, aire, fuego y agua pertenecía al pasado, y no hay grado de brillantez capaz de salvar a una ciencia basada en semejante premisa. A partir de ese momento la investigación de los elementos se abordaría desde una dirección totalmente distinta, desde un enfoque que era a la vez acientífico e irracional. La ciencia de los elementos se sumió en una era aún más lóbrega.

2. LA PRÁCTICA DE LA ALQUIMIA

Tradicionalmente se ha venido afirmando que la alquimia tuvo su origen en Alejandría, ciudad fundada por Alejandro Magno en la desembocadura del Nilo en el año 331 a. C como capital de los territorios conquistados de Egipto. En el plazo de dos siglos se había convertido en la ciudad más grande del mundo, un próspero crisol de las culturas egipcia, griega y otras culturas levantinas. Su bahía contenía una de las siete maravillas del mundo, el *Pharos*, un faro de 150 metros cuya poderosa luz, concentrada por un reflector, proyectaba un rayo que podía verse en el mar desde más allá del horizonte.

No obstante, el orgullo de Alejandría era su templo de las musas (o Museo), cuya biblioteca se convirtió en la mejor de la era clásica. Contenía más de setenta mil libros (en forma de rollos y papiros), y atraía a estudiosos de todo el mundo mediterráneo. Se puede decir que la Biblioteca convirtió a Alejandría en el mayor centro del conocimiento de los tiempos antiguos, superior incluso a la Atenas de Platón y Aristóteles. Las principales figuras de la etapa helenística, como Euclides, Arquímedes y Aristarco (el Copérnico de la antigüedad) estudiaron allí, al igual que más adelante lo harían el astrónomo Ptolomeo y la primera gran matemático-filósofa, Hipatia. La extensa biblioteca de Aristóteles fue posteriormente incorporada a la de Alejandría y la filosofía aristotélica desempeñó un papel central en la Academia que acabó surgiendo junto a ella.

En Alejandría, el pensamiento griego se topó con una forma de sabiduría mucho más antigua, conocida como arte egipcio, o *khemeia* (raíz de la palabra "química"). Los orígenes de la *khemeia* se pierden en la noche de los tiempos. La palabra aparece en varios jeroglíficos en conexión con el enterramiento de los muertos. El historiador romano Plinio dice incluso que el propio Egipto se llamaba originalmente *khemeia*, o negro, por el suelo oscuro y rico del delta del Nilo.

En diversas fuentes primitivas, incluyendo el Libro de Enoch (uno de los libros apócrifos del Antiguo Testamento), se menciona este saber oculto. De acuerdo con esta fuente, el conocimiento secreto de la *kbemeia* era transmitido a una serie de mujeres por ángeles caídos con el fin de obtener sus favores.

Inicialmente, consistía en buena medida en los procesos químicos empleados para embalsamar a los difuntos. Éstos eran necesarios para preservar al cadáver para su viaje al mundo de los muertos. Debido a esta asociación con el otro mundo, los practicantes de la *kbemeia* acabaron siendo considerados magos y brujos. No obstante, sus prácticas no tardaron en evolucionar para incluir otros procesos químicos descubiertos por los antiguos egipcios, como la fabricación de cristal, el empleo de tintes y, especialmente, el arte de la metalurgia. Así, la *kbemeia* quedó vinculada a los siete elementos metálicos conocidos: oro, plata, cobre, estaño, hierro, plomo y mercurio. Esto, y su asociación con los muertos, se convirtió en la base de un cuerpo de conocimiento metafísico. Los egipcios descubrieron que, además de siete elementos, había también siete planetas, o "estrellas errantes", que se movían sobre el fondo de las estrellas fijas. Éstos eran el Sol, la Luna, Venus, Marte, Saturno, Júpiter y Mercurio. No tardaron en establecer una relación entre ambos grupos de siete. Al Sol se le asoció con el oro, a la Luna con la plata, a Venus con el cobre, y así sucesivamente. (El nombre moderno del mercurio metálico proviene del nombre adjudicado al planeta.) Al igual que ocurrió con la astrología, los primeros alquimistas sospechaban que su ciencia había desvelado uno de los secretos del universo. Esto demostraba que la Tierra (y por tanto también la humanidad) estaba relacionada con el cosmos.

En términos puramente prácticos, dicha conexión ofrecía a hechiceras y magos un método para proteger los secretos de su oficio. En vez de describir cómo alear dos metales para obtener bronce, podían hacer referencia a una conjunción entre Venus (cobre) y Júpiter (estaño).

También podían describir actividades espirituales enaltecedoras en términos de transmutación de elementos vulgares (comportamiento primitivo) en oro (nobleza). Todo este conocimiento era atribuido al dios egipcio de la sabiduría, Thoth, el de cabeza de ibis. Cuando los griegos se toparon con este dios, lo identificaron con una de sus propias deidades, Hermes, el mensajero de los dioses. Así, las prácti-

cas ocultas de la alquimia pasaron a ser conocidas como "arte hermético".

La alquimia nació en realidad cuando la tradición filosófica griega se encontró con la *khemeia*. Los filósofos habían conseguido separar la ciencia de la religión. Ahora, en un paso hacia atrás, las dos habían de reunificarse. Y, lo que es aún peor, el error se multiplicó: los practicantes de la *khemeia* conocían siete elementos genuinos, pero éstos fueron descartados en favor de los cuatro elementos artistotélicos.

Lo que inicialmente parece un desastre se convirtió, no obstante, en una nueva fuente de inspiración. Una vez que la *khemeia* hubo adoptado como elementos la tierra, el aire, el fuego y el agua, no tardó en asumirse que no se trataba de elementos fijos. Había cualidades —caliente y frío, mojado y seco—, pero era posible alterarlas: lo caliente podría convertirse en frío, lo mojado en seco y así sucesivamente. Pero si era posible cambiar los elementos, quizá hubiera algo de cierto en aquellos misteriosos textos antiguos que parecían aludir a la transformación de metales bajos en oro. (Con la ventaja de la visión *a posteriori*, es fácil apreciar que esto induce a otro error más: la confusión entre el cambio físico y el cambio químico.)

Fue entonces cuando surgió la aspiración central de la alquimia. No se buscaban ni la sabiduría espiritual ni las técnicas químicas: el objetivo era el oro puro. No parecía haber esperanza alguna para la ciencia pero, ironías de la vida, empezó a emerger una ciencia embrionaria. Al enfrentarse a los elementos, los cerebros de los alquimistas acabarían desarrollando un cuerpo de conocimiento científico que complementaba al de los filósofos. La tradición filosófica griega empezaba a agonizar mientras poco a poco el Imperio Romano se iba apoderando de los restos del viejo imperio de Alejandro Magno. Los romanos eran gente práctica, más que pensadores, y no añadieron nada al pensamiento griego. (Se dice que el único romano que figura en la historia de las matemáticas es el que mató a Arquímedes.)

La alquimia reflejó también este declive. Pasó a convertirse en charlatanería semimística y su energía científica creativa se aplicó a un objetivo distinto: la búsqueda de oro. Los esfuerzos por dar con la solución a esa aspiración particular fueron muchos e ingeniosos. Puede que el esfuerzo intelectual (o al menos esa rama de él) rebajara la altura de sus miras, pero la mezquindad y la astucia se apoderaron del es-

cenario. El desaliñado hechicero-charlatán en su cueva cubierta de hollín ocupó el lugar del filósofo vestido con una toga que daba explicaciones a cielo abierto. En su día ambos fueron, por igual, objeto de la mofa popular, suerte que corre invariablemente toda forma de originalidad. A pesar de todo, tanto la alquimia como la filosofía habían de sobrevivir cada una a su manera, aunque se podría argumentar que le debemos más a la primera que a la segunda. Hoy, de ser necesario, podemos arreglarnos sin la filosofía, pero no sin la química.

El primer adepto conocido de las artes oscuras fue un tal Bolos de Mendes, un egipcio helenizado que vivió alrededor del año 200 a. C. En su principal trabajo, llamado posteriormente *Physica et Mystica* (Lo físico y lo místico), listaba una amplia variedad de experimentos esotéricos, cada uno de los cuales acababa con el encantamiento: «Una naturaleza se regocija con otra. Una naturaleza destruye a otra. Una naturaleza domina a otra». Esta cantinela contiene un tantálico atisbo de verdadera comprensión de la química. (¿Podría ser una descripción de cómo algunas sustancias se disuelven en otras, algunas corroen a otras y otras forman compuestos?) Por desgracia, los experimentos concretos que describe Bolos parecen dar el mentís a tal grado de comprensión, al estar dedicados fundamentalmente a diversos métodos para producir plata y oro. Estaban abundantemente trufados de referencias a la filosofía y la cosmología griegas, y eran lo bastante oscuros como para salir indemnes de pruebas y refutaciones a lo largo de las eras.

Pero la verdad acaba por salir a la luz. En 1828 se descubrió un antiguo papiro en Tebas. En él se listaban experimentos notablemente similares a los ofrecidos en *Physica et Mystica*, aunque carentes de toda vaguedad teórica. El papiro dejaba bien claro que los métodos que describía para fabricar oro y plata eran fraudulentos, que su único objetivo era embaucar a los ingenuos. Los dos milenios transcurridos habían presenciado el ascenso, florecimiento y eventual declive de la alquimia, inmune a este fragmento genuinamente oculto de conocimiento. Bolos era un farsante, pero otras pistas (incluidos sus engaños) parecen indicar que tenía cierta idea acerca de la naturaleza fundamental de la química, es decir, que sabía que los elementos en sí no pueden cambiarse mediante la experimentación química.

No se puede calificar del mismo modo a Zósimo de Panópolis, que ejerció su práctica en Alejandría alrededor del año 300 d. C. y era

reconocido como el más grande de los primeros alquimistas. (La alquimia seguía siendo una "práctica" en el sentido musical más que en el médico o el científico: el escenario previo a la representación no iba seguido de una interpretación real capaz de producir lo buscado.)

Zósimo compiló una enciclopedia de la alquimia en veintiocho volúmenes, uno por cada letra del alfabeto griego. (En realidad el antiguo alfabeto griego tenía sólo veinticuatro letras, pero adquirió provisionalmente más durante la era bizantina.) El contenido de la obra muestra una vinculación igualmente remota con la realidad, al estar escrito en un estilo que oscila entre lo críptico, lo místico y lo nebuloso. Abundan las fórmulas simbólicas e instrucciones experimentales codificadas. Sólo ocasionalmente las nubes del misticismo y la metáfora se entreabren para permitirnos atisbar algo menos vaporoso. En un momento dado, Zósimo decribe la alquimia como el estudio «de la composición de las aguas, los movimientos, el crecimiento, la encarnación y la desencarnación, la extracción de los espíritus de los cuerpos y su aprisionamiento dentro de ellos». En este caso parecen coexistir metafóricamente el misticismo y la auténtica práctica química. ¿Pero de qué está hablando en realidad? La ambigüedad es característica. Otros pasajes, como los que se ocupan del "ennoblecimiento" de los metales bajos convirtiéndolos en oro, resultan confusos por motivos evidentes, pero incluso éstos contienen atisbos tantálicos que sugieren un perspicaz conocimiento de la práctica química.

En la obra se describen experimentos que comprenden varias fases de un proceso:

> Se mezclan las yemas de los huevos con sus cáscaras pulverizadas. Se vierte la mezcla en un recipiente sellado y se calienta durante cuarenta y un días. Luego se deja enfriar el recipiente entre las brasas de un fuego de serrín. El contenido se habrá transformado en una sustancia completamente verde. Se cuece el residuo con agua y la solución se vaporizará para convertirse en agua divina. No se debe tocar ésta con la mano, sólo con un instrumento hecho de cristal. Introducir el agua divina en un recipiente sellado y someterla al fuego durante dos días. Luego se vierte el contenido en una concha, se alisa y se expone al sol. El líquido se espesa convirtiéndose en una sustancia jabonosa. Fúndase una onza de plata, añádasele esta sustancia y obtendremos oro.

Las fases de un experimento se caracterizan a menudo por un color en particular, el que resulta visible en el residuo, los vapores o la solución, que marca el éxito de un determinado procedimiento. (En un caso, por ejemplo, hay que atravesar las fases negra, blanca y verde antes de llegar al color rojo que anuncia la aparición de oro.) En muchos de estos experimentos los compuestos coloreados —en particular los sulfatos y sulfuros— son claramente reconocibles. Los procedimientos químicos como la destilación, la filtración y la disolución también son descritos de modo identificable. Incluso un pasaje redactado de modo ambiguo sugiere que Zósimo pudo ser el primero en aislar el elemento arsénico, aunque es más probable que se refiriera a un compuesto, probablemente el sulfuro de arsénico. Lo más interesante de todo es quizá que Zósimo parece haber comprendido que el cambio químico puede inducirse mediante la presencia de un catalizador, una sustancia extra que se incorpora a un experimento y hace que los demás ingredientes reaccionen, o acelera su reacción, pero al final del proceso permanece inalterada. Zósimo describe varios procesos químicos para convertir metales bajos en oro que implican un catalizador, al que hace referencia llamándolo "tintura".

Pero la obsesión por transmutar los metales bajos en oro no monopolizó del todo la práctica alquímica. Irónicamente, la mistificación daba lugar a veces a un éxito científico: dos males producían un bien, por así decirlo. Algunos de los procedimientos alquímicos descritos por Zósimo hablan de «curar el metal enfermo» convirtiéndolo en oro. No es de extrañar que el alquimista ocasional malinterpretara esto y se adentrara por el camino equivocado. De este modo, la alquimia se volvía útil inadvertidamente. En vez de curar metales enfermos, estos alquimistas descarriados buscaban formas de curar enfermedades reales. Tras haber sentado unas bases un tanto aleatorias para la ciencia de la química, los alquimistas fundaron a continuación, accidentalmente, la farmacología científica, una aproximación química a la medicina.

Pero todo esto era demasiado bueno como para que durara mucho tiempo, y la alquimia pronto pasó de curar enfermedades mortales a curar enfermedades espirituales. Como en buena parte de la literatura en alza, el subtexto de alegorías, símbolos y metáforas era demasiado fuerte para la sencilla línea narrativa de los reactivos que

reaccionan, la química humana y así sucesivamente. De la avaricia a la medicina y a la salvación, tesis, antítesis, síntesis, la evolución de la alquimia siguió su caprichoso sendero dialéctico. Y después, humana al fin, volvió a donde había empezado: ¡el oro!

Este trío formado por la avaricia, la medicina y la salvación había de convertirse en una parte integral de la alquimia a todo lo largo de su desarrollo. De hecho, no sólo desempeñó un papel clave en Alejandría, sino también en las alquimias que se desarrollaron en otras partes del globo más o menos por la misma época. En los primeros siglos después de Cristo, en América Central y del Sur, China e India se establecieron sólidamente prácticas alquímicas reconocibles. Todas compartían el mismo trío de motivaciones entremezcladas, y estas regiones separadas desarrollaron su alquimia independientemente de la de Alejandría (con la posible excepción de India, que pudo recibir influencias de Occidente a través del estado griego de Gandhara, que, establecido en India por Alejandro Magno, perduró varios siglos). Tal desarrollo independiente sugiere que la alquimia constituyó una fase universal de la evolución humana, un escalón necesario en nuestro desarrollo intelectual. Por supuesto, había también diferencias características propias de las sociedades en las que había evolucionado. La alquimia occidental, por ejemplo, siempre estuvo obsesionada por la fabricación de oro. La alquimia china, por otra parte, se centró más bien en la medicina y la salvación, desarrollando una combinación de estos dos aspectos en la búsqueda de la inmortalidad. De ahí el "elixir de la vida" chino, que prometía la eterna juventud o la inmortalidad. (La palabra elixir no es china, y de hecho data de muchos siglos después, pero es la palabra que mejor evoca el carácter de la sustancia.) Estos elixires eran consumidos por aquellos que disfrutaban tanto de la vida que deseaban seguir viviendo para siempre. En China, sólo la casta gobernante encajaba en esta categoría. Por desgracia, al irse volviendo más sofisticados los elixires, fueron haciéndose también más venenosos. Según el historiador de la ciencia Joseph Needham, parece ser que toda una serie de emperadores chinos murieron envenenados por elixires. El elixir de la vida no tardó en aparecer en Occidente, al parecer de modo independiente pero inspirado por motivaciones igualmente crédulas.

Nos resulta fácil mofarnos de los objetivos que inspiraron a la alquimia en su desarrollo —riquezas sin fin, panaceas, inmortalidad, etc.—.

pero fue su práctica lo que habría de llevarnos a la química. ¿Y cuáles han sido los objetivos de la química moderna? Nuestras investigaciones sobre los elementos (e, irónicamente, el éxito en la transmutación de los elementos mediante la escisión atómica) nos han llevado al borde de la autodestrucción. Al lado de esto, la avaricia, el fraude y la charlatanería de los comienzos de la alquimia parecen futesas inofensivas.

Pero los días de la alquimia alejandrina tocaban a su fin. Los caminos secretos y los incomprensibles escritos de sus magos y hechiceros reflejaban que no mostraba signo alguno de integrarse en la sociedad, bien como práctica intelectual (como las matemáticas) o como religión (como el creciente culto del cristianismo). En el año 296 d. C., pocos años después de la muerte de Zósimo, el emperador Diocleciano prohibió la práctica de la alquimia en todo el Imperio Romano, ordenando la destrucción por el fuego de los escritos alquímicos. Ésta es una de las razones por la que nuestro conocimiento de la alquimia primitiva es tan esquemático. El edicto de Diocleciano contiene la primera mención oficial de la palabra *khemeia*. Como ocurre con muchas de las alegorías complejas de la escritura alquímica, esa primera mención pretendía ser la última. (Paradójicamente, Diocleciano había prohibido la alquimia porque pensaba que podía tener éxito. Temía que la producción generalizada de oro pudiera minar la tambaleante economía del imperio.)

Un siglo después, en el año 391 d. C., la Biblioteca de Alejandría fue saqueada y quemada hasta los cimientos por los cristianos. Un gigantesco compendio de conocimiento clásico se convirtió en humo, desapareciendo para siempre de la faz de la tierra, con sólo referencias sueltas en otros trabajos para indicar la gigantesca escala que tuvo aquella pérdida para la humanidad. La práctica de la *khemeia* no habría encontrado lugar en la biblioteca, pero sus hallazgos más científicos quizá hubieran sido recogidos por unos cuantos filósofos naturales de mentalidad abierta. ¿Sería algún alquimista el primero en aislar el arsénico? ¿Regresó algún sabio de la *khemeia* al pensamiento atómico de Demócrito, abandonando el error de los cuatro elementos de Aristóteles? De haber sido así, casi con seguridad se habrían producido descubrimientos importantes, pero jamás lo sabremos.

La alquimia pasó a la clandestinidad, fuera del alcance de la historia. Curiosamente, fue una secta cristiana, la de los nestorianos, la que

al parecer condujo a los secretos de la alquimia a su siguiente puerto. A estas alturas, el cristianismo había sido ya declarado religión oficial del Imperio Romano por el emperador Constantino, nacido en Serbia. En un intento de unificar el imperio, desgarrado por las luchas intestinas, Constantino trasladó su capital al este, a Bizancio (donde hoy se encuentra Estambul), a orillas del Bósforo.

Esta ciudad no tardaría en ser conocida como Constantinopla, en honor al emperador, y en el plazo de unas décadas la nobleza del lugar se hizo célebre por su extravagancia. Muchos poseían más de una docena de casas, con un millar de esclavos a su disposición. En sus palacios, puertas de marfil daban paso a salones con suelos de mosaico, en los que sofás chapados en oro e incrustados con piedras preciosas yacían bajo colgantes de seda e incensarios. (El buen gusto nunca fue el punto fuerte de los bizantinos.)

En el año 325 Constantino convocó a los líderes cristianos de todo el imperio a un Concilio en Nicea (hoy Iznik), en las costas del mar de Mármara. Estos líderes creían en interpretaciones muy diferentes de las escrituras, pero Constantino impuso la línea oficial sobre temas como la divinidad de Cristo y su equiparación con Dios. Fue esencialmente un movimiento político que permitió a Constantino fortalecer su control sobre el Imperio fundiendo el poder de la Iglesia con el del Estado. No obstante, las herejías siguieron infectando todo el Imperio. Poco más de un siglo después, en el año 431 d. C., se convocó el Concilio de Éfeso para hacer frente al problema del nestorianismo. Esta secta cristiana defendía que Cristo tenía dos naturalezas separadas —divina y humana— y que era de hecho dos personas en una. El nestorianismo fue declarado herético y sus seguidores se vieron obligados a huir hacia el este, a Persia. Allí su herejía esquizoide fue finalmente tolerada por los zoroastrianos locales, adoradores del fuego.

Algunos nestorianos practicaban clandestinamente la alquimia y se llevaron consigo los secretos del oscuro arte. Éstos pasaron eventualmente a manos de los zoroastrianos, que se sentían intrigados por las misteriosas manifestaciones del fuego en la teoría y la práctica alquímicas.

En Asia empezó a florecer esta rama esotérica del conocimiento europeo. Mientras tanto, otras ramas más plausibles se fueron marchitando. En el año 529 d. C. el emperador cristiano Justiniano cerró la

Academia de Platón en Atenas, que tenía nueve siglos de antigüedad, tildándola de centro de "aprendizaje pagano". Esta fecha se considera tradicionalmente el comienzo de la llamada "era del oscurantismo", en la que se sumiría Europa durante los cinco siglos siguientes.

A estas alturas, los bárbaros habían ocupado ya la mitad occidental del dividido Imperio Romano. Sólo perduraba el Imperio Bizantino, con su capital Constantinopla en el margen oriental de Europa, frente a las costas de Asia, al otro lado del Bósforo. El mundo antiguo había dado a luz a Arquímedes, matemático supremo, y a las extraordinarias hazañas de la ingeniería romana. A partir de ese momento, y durante casi siete siglos, Europa no produciría un solo científico original digno de tal nombre.

La primera gran amenaza externa contra el Imperio Bizantino llegó desde el este. (Es paradójico que esta amenaza se convirtiera en la salvadora de la ciencia europea.) Hasta entonces, los árabes habían sido nómadas insignificantes del desierto que ocupaban las áridas regiones de la Península Arábiga. En el siglo VII todo esto cambiaría merced a la inspiración de un hombre, un comerciante del oasis de Meca, que en el año 610 d. C. tuvo una visión del arcángel Gabriel. En su visión, Mahoma, un comerciante cuarentón, recibió la orden de conducir al pueblo árabe en una misión que llevaría a las tradiciones religiosas del judaísmo y el cristianismo a su fructificación definitiva. Esto sólo podía lograrse mediante la sumisión al único Dios verdadero: Alá. Así se fundó la religión islámica. (En árabe la palabra *islam* significa "humildad" o "sumisión"; "salaam" y "musulmán" derivan de la misma raíz.)

Mahoma consiguió unir a las tribus árabes bajo el Islam. Inflamados de celo religioso, los árabes se embarcaron a continuación en una campaña de conquista como no se había visto desde los tiempos de Alejandro. En poco más de un siglo, construyeron un imperio que se extendía desde España, al oeste, y abarcaba todo el norte de África y Oriente Medio, llegando hasta el norte de India y la frontera de China.

En el año 670 la flota árabe llegó incluso a sitiar Constantinopla, el último reducto del Imperio Romano y centro de la cristiandad. Su rendición no era más que cuestión de tiempo. Los árabes podrían entonces atacar a través del sur de Europa para unirse en un movimiento

de pinza con sus compatriotas que avanzaban hacia España, y que finalmente desbordarían los Pirineos llegando hasta Tours, en el centro de Francia.

Este plan se vio frustrado por un alquimista llamado Callinicus. Nacido probablemente en Egipto y de ascendencia griega, Callinicus había huido del avance árabe llevándose consigo la fórmula secreta del "fuego griego". El secreto en cuestión se ha perdido, pero al parecer su principal ingrediente era el petróleo crudo destilado. (Los lagos de petróleo crudo eran comunes en Oriente Medio, y su inflamabilidad había desempeñado un papel significativo a la hora de inspirar la adoración al fuego entre los persas.) El crudo destilado producía una forma primitiva de petróleo, que posiblemente se mezclara después con nitrato potásico (como fuente de oxígeno combustible) y cal viva (que reacciona con el agua produciendo calor.) Cuando el fuego griego se vertía en las aguas del Bósforo, prendía en los cascos de madera de la flota árabe, y todo intento de apagarlo no hacia más que producir ulteriores conflagraciones. La flota árabe fue destruida y Europa preservada para la cristiandad merced a esta primitiva "arma secreta" fabricada por el primer y único científico del Imperio Bizantino.

Los árabes se sintieron muy impresionados por esta muestra de la sabiduría griega y no tardaron en descubrir otros ejemplos del antiguo conocimiento en Siria y Mesopotamia. De los nestorianos de Bagdad aprendieron el arte de la *khemeia*, que no tardaron en llamar *al-chemia*. (El prefijo *al* equivale al artículo determinado en árabe.) A medida que los árabes estudiaban y ampliaban los descubrimientos griegos, empezaron a incorporar sus propias palabras: alcohol, álcali, álgebra y algoritmo son todas palabras de origen árabe.

Durante los siguientes quinientos años, la historia de la química, y la de la mayoría de las demás ciencias (incluidas las matemáticas), habría de permanecer casi por completo en manos árabes. El núcleo central de la alquimia árabe parece haberse basado en *La tablilla esmeralda*, una obra escrita por el mítico Hermes Trismegisto (en griego, Hermes el tres veces grande). Sobre este misterioso personaje hay diversas versiones: que vivió en tiempos de Moisés (siglo XIII a. C.); que descendía del dios griego Hermes o su contrapartida en el viejo Egipto, Thoth, e incluso que era el propio Hermes. A lo largo de las eras, su nombre quedó vinculado a una serie de escritos (*Corpus hermeti-*

cum) que contenían muchos de los antiguos secretos de la *khemeia*, incluyendo fórmulas para la transmutación de metales bajos en oro, el más importante de los cuales era *La tablilla esmeralda.*

Los árabes no tardaron en percibir las grandes posibilidades de estos procesos y pusieron manos a la obra con gran entusiasmo. El conocimiento griego en todas sus manifestaciones (desde la astronomía a la filosofía, de la astronomía a la filosofía, de las matemáticas a la alquimia) empezó a atraer a los mejores cerebros árabes. La primera figura excepcional en aparecer fue Jabir ibn-Hayyan, posteriormente conocido en Europa como "Geber". (Durante varios siglos se creyó, erróneamente, que había sido el inventor del *"al-geber"*, o álgebra.) Jabir nació alrededor del año 760 y vivió en Bagdad en la época de mayor esplendor del Imperio Árabe, bajo el mítico Harun ar-Rashid (cuyo nombre se traduce, prosaicamente, como Aaron el Erguido.) Es el periodo que se evoca en *Las mil y una noches*, donde Scheherazade elude su sentencia de muerte narrando historias al califa (supuestamente Harun). Noche tras noche le seduce con sus mil y un relatos legendarios de Aladino, Simbad el Marino, Alí Baba y así sucesivamente. El propio Bagdad era, si cabe, aún más fabuloso. En el siglo IX era la ciudad más rica del mundo y en sus muelles sobre el Éufrates, flanqueados de palmeras, se alineaban barcos de vela procedentes de lugares tan remotos como Zanzíbar y Catay (China). En el corazón del lugar se alzaba la Ciudad Circular, de casi cuatro kilómetros de diámetro, guarecida por tres murallas concéntricas. En el centro de la misma se alzaban el Palacio Dorado y la Gran Mezquita, y desde allí cuatro vías axiales conducían a las cuatro esquinas del Imperio Árabe. Entre las fuentes y los umbríos jardines del exterior de las murallas había centros de estudio y hospitales públicos. Por contraste, los *souks* (enormes bazares cubiertos, con balcones y torretas incluidos) eran un exótico clamor de vendedores de perfumes, fabricantes de espadas y armeros. Los tenderetes ofrecían al público canela de Sumatra, clavo de África, e incluso maravillosas hortalizas como las espinacas y el ruibarbo, desconocidas en Europa. En las bulliciosas plazas, los cuentacuentos desgranaban historias de Aladino y su lámpara maravillosa, los comefuegos y tragasables competían por atraerse la atención del público, y los mercaderes de seda indios pujaban por esclavos nubios. (Entretanto, en Europa, Roma estaba en ruinas, y en un gélido castillo

de los bosques germanos Carlomagno miraba boquiabierto la intrincada clepsidra que le había sido ofrecida por un emisario árabe vestido con sedas.)

La llegada de la alquimia al mundo árabe fue recibida con similar estupefacción e intriga. El primer contacto entre la mentalidad árabe y este remanente del pensamiento greco-egipcio dio origen a un torbellino de actividad creativa, si bien no siempre científica. El Corán fomentaba activamente la medicina y los conocimientos científicos y matemáticos. Era el modo de atisbar la voluntad de Dios. (En teoría, lo mismo sucede en el moderno Islam fundamentalista; en gran medida, lo que se rehúye son los efectos y productos de tales estudios.) Sin la traba de tales limitaciones, Jabir se embarcó con entusiasmo en la búsqueda del oro y, al hacerlo, se convirtió en uno de los más grandes alquimistas de todos los tiempos. Lo más significativo para nosotros es que Jabir, al contrario que muchos de sus colegas más avaros, abordó el problema de la transmutación de un modo científico. Puede que su planteamiento químico estuviera basado en falsas premisas, pero no por ello dejaba de ser un análisis riguroso. Fue él quien impulsó a los químicos pensar en nuevas posibilidades respecto a la construcción última de la materia.

Jabir modificó la doctrina aristotélica de los cuatro elementos, en especial en lo referente a los metales. Según Jabir, los metales estaban formados por dos elementos: azufre y mercurio. El azufre («la piedra que arde») se caracterizaba por su combustibilidad. El mercurio era portador del principio idealizado de las propiedades metálicas. Al combinarse ambos en distintas proporciones, daban lugar a diferentes metales. Así, el plomo, un metal bajo, podía escindirse en mercurio y azufre, que recombinados en las proporciones adecuadas, podían convertirse en oro. Como Zósimo, Jabir estaba convencido de que el proceso requería un catalizador, que contribuiría al proceso pero permanecería inalterado al finalizar éste. Aquello a lo que Zósimo llamó tintura, otras fuentes griegas como Hermes Trismegisto lo llamaban *xieron*, que significa sustancia seca o pulverulenta. El término fue arabizado, adquiriendo la forma de *al-iksir* (elixir). Cualquier cosa que fuera capaz de transmutar los metales bajos en oro había de tener sin duda propiedades milagrosas propias. El elixir no tardó en ser considerado un remedio capaz de curar muchas enfermedades, más tarde

se convirtió en una panacea (capaz de curar todas las enfermedades) y, finalmente, en el "elixir de la vida", capaz de otorgar la eterna juventud o la inmortalidad. De un modo totalmente independiente, el pensamiento árabe había llegado a la fase alcanzada por la alquimia china unos ochocientos años antes. Un reflejo de la universalidad, por no decir de lo incorregible, de las aspiraciones humanas.

Los progresos alquímicos de Jabir fueron significativos para la embrionaria teoría de la química, pero también logró avances en lo que podríamos llamar la química "real". La sal amoniacal (cloruro amónico), la sustancia volátil y misteriosa presente en los bordes de los cráteres de los volcanes, había sido ya mencionada en *La tablilla esmeralda*, pero Jabir fue el primero en emprender una investigación sistemática de sus propiedades. Se trataba de un compuesto químico simple, que reaccionaba con varias sustancias fácilmente disponibles para formar compuestos totalmente diferentes. Con sus investigaciones Jabir estuvo a punto de comprender las reacciones químicas: qué son exactamente y qué es lo que ocurre en ellas.

Una de las sustancias comunes que usó Jabir fue el vinagre, que destiló para obtener ácido acético concentrado. Este ácido era conocido por los antiguos griegos, a los que había fascinado por su capacidad de disolver ciertas sustancias. Jabir consiguió también preparar soluciones débiles de ácido nítrico, que es, en potencia, un ácido mucho más fuerte. Se estaban reuniendo los sencillos ingredientes de cualquier equipo básico de química. Los árabes se aproximaban a una comprensión de la química y de lo que ésta es capaz de hacer.

Jabir pudo practicar su arte merced a la protección de Ja'far, el visir del Califa. Ja'far se convirtió en amigo y mecenas de Jabir, y le animó tanto en su trabajo experimental como en el desarrollo de sus teorías. Pero la vida en la intrigante corte de Harun ar-Rashid era una empresa peligrosa. Cuando Ja'far cayó en desgracia y fue ejecutado, Jabir se vio obligado a huir a su aldea natal en busca de seguridad. Allí vivió tranquilo el resto de sus días, escribiendo su obra maestra *La suma de la perfección*, que contiene una exposición general de sus vastos conocimientos alquímicos y químicos.

No obstante, los alquimistas árabes siguieron interesados fundamentalmente en la búsqueda del oro. Ésta había de inspirar al segundo gran alquimista del mundo árabe, Al-Razi (posteriormente conoci-

do en Europa como Rhazes). Al-Razi era en realidad un persa que prosperó en Bagdad durante las primeras décadas del siglo X. Como otros muchos pensadores árabes de la época, Al-Razi tenía un amplio abanico de intereses intelectuales. Se sabe que escribió una enciclopedia sobre música, además de filosofía y poesía. La amistad que trabó casualmente con un boticario de Bagdad cuando tenía algo más de treinta años impulsó su curiosidad por la ciencia. En Al-Razi se despertó un insaciable interés por la medicina, que le llevó a convertirse finalmente en responsable del principal hospital de Bagdad gracias a sus logros en el terreno práctico y en el diagnóstico. Sus escritos muestran que fue el primero en reconocer la diferencia de categoría entre la viruela y la varicela. En dichos textos describe también cómo preparar escayola y cómo usarla para tratar fracturas en las extremidades. Como sucede con la de Jabir, la obra científica de Al-Razi es tan clara y detallada que incluso resulta posible reproducir sus experimentos con todo detalle. Quienes así lo han hecho, dan fe de una exactitud y una honradez en sus hallazgos que no siempre existió durante ese periodo, salvo en las matemáticas, en las que los árabes eran maestros. Aún así, quizá inevitablemente, los escritos de Al-Razi sobre la transmutación no se apartan de la tradición. En este campo prefiere mantener la impenetrabilidad metafórica, tan necesaria para seguir adelante en su búsqueda.

La principal obra de Al-Razi lleva por título *El secreto de los secretos*. Afortunadamente, no hace honor a la mística promesa de su título. Se trata, de hecho, de una clara exposición de los conocimientos y prácticas químicas de Al-Razi, y como tal constituye uno de los grandes trabajos científicos del periodo árabe. El punto fuerte de Al-Razi, y buena parte de su originalidad, está en la clasificación. En un determinado momento, toda ciencia requiere un genio de la clasificación capaz de compartimentarla en diversos campos para que éstos puedan avanzar por separado, cada uno a su manera. El primer gran ejemplo fue, por supuesto, Aristóteles, que clasificó todas las ciencias conocidas para el mundo clásico. Al-Razi desempeñó un papel similar en los comienzos de la química.

El secreto de los secretos está dividido en tres partes. Una describe todos los aparatos conocidos por la alquimia árabe: toda una gama de recipientes de cristal e instrumentos que serían heredados por los la-

boratorios de química y que, en buena parte, seguirían siendo utilizados hasta el siglo XIX. La siguiente describe las "recetas", es decir, las técnicas conocidas en aquella época, como la destilación, la sublimación (sólido a vapor), la calcinación (pulverización de sólidos) y la solución (disolución de sólidos.) En lo referente a los dos últimos procesos, la diferencia entre el cambio físico y la reacción química seguía siendo vaga. Con mucho, la parte más interesante de *El secreto de los secretos* es la dedicada a las sustancias, que incluye una larga lista de productos químicos y minerales conocidos. Al-Razi fue el primero en clasificar aquí las sustancias como animales, vegetales o minerales. También incluye una lista de los diferentes tipos de materiales usados por los alquimistas: «cuerpos» (metales), piedras, sales y «espíritus» (líquidos volátiles). En este último grupo incluyó al mercurio y la sal amoniacal (cloruro amónico). La precedente investigación de Jabir sobre la sal amoniacal había despertado, al parecer, un interés general entre los alquimistas, que intentaron ampliar sus experimentos. De este modo se inició una investigación genuinamente química acerca de las propiedades de diversas sustancias. Como podemos ver por el listado de materiales de Al-Razi, él también buscaba el camino hacia una clasificación de los diferentes tipos de elementos. Otra muestra de su interés por la teoría de la química fue su aportación a la división de los sólidos, realizada por Jabir, en azufre (inflamable) y mercurio (volátil). A éstos, Al-Razi añadió la sal. Consideró que este tercer principio era un componente necesario de los sólidos, ya que no era ni volátil ni inflamable.

Desgraciadamente, la alquimia había de causarle ciertas tribulaciones a Al-Razi en su senectud. Quizá para congraciarse, o tal vez a la espera de alguna sinecura, escribió un tratado de alquimia que dedicó y presentó personalmente al emir de Khorassan, en el nordeste de Persia. Mientras leía aquel espléndido regalo, al emir le intrigó tanto la alquimia que hizo llamar a Al-Razi y le ordenó que realizara un experimento público para demostrar cómo funcionaba la transmutación. Al-Razi se hizo el remolón, explicando que sólo los aparatos costarían una fortuna. No sirvió de nada: Al-Razi recibió mil piezas de oro y la orden de montar un laboratorio para la demostración. El día acordado, el emir acudió a presenciar la transmutación de metales bajos en oro llevando consigo el libro de Al-Razi para seguir paso a paso el pro-

ceso. Sin embargo, tras horas de enredar entre los crisoles, los alambiques de refinado y los hornos, el viejo maestro alquimista no consiguió producir nada que pudiera pasar ni remotamente por oro. El emir se irritó tanto que empezó a golpear a Al-Razi en la cabeza con el libro. Se dice que ésta fue la causa de la ceguera que padeció en sus últimos años, transcurridos en medio de "la pobreza y la oscuridad". (Curiosamente, este fracaso por parte del gran alquimista no disuadió a futuras generaciones de adeptos, que siguieron convencidos de que Al-Razi había resuelto finalmente el problema.) Al-Razi murió siendo un septuagenario, alrededor del año 930 d. C., y aún se le recuerda, con todo merecimiento, como uno de los mejores científicos del mundo árabe.

Cincuenta años después de la muerte de Al-Razi surgió el más grande de los intelectuales musulmanes, conocido como ibn Sina en el mundo árabe y por nosotros como Avicena. Probablemente sea el único hombre en la historia que haya hecho aportaciones trascendentales a la medicina, la filosofía, la física, la política y la alquimia. Tal vez no sea de extrañar que la contribución más importante de un personaje de tan supremo intelecto a la alquimia fuera poner en duda su propia *raison d'être*, la posibilidad de transmutar metales bajos en oro. Ni que decir tiene que esto le granjeó pocos amigos en la profesión.

Avicena nació en el año 980 cerca de Samarkanda, hijo de un recaudador de impuestos persa. Ya desde pequeño mostró cualidades excepcionales y a los diez años, se decía, era capaz de recitar el Corán entero. Su capacidad intelectual no pasó desapercibida y después de estudiar en Ispahan y Teherán entró al servicio de varios líderes musulmanes, en ocasiones como visir. En el mejor de los casos se trataba de un puesto peligroso, y más en pleno declive y desmembración del Imperio Árabe. Avicena corrió los riesgos profesionales habituales que entrañaba la vida política en Oriente Medio: se libró por los pelos de la pena de muerte en más de una ocasión, fue secuestrado y liberado a cambio de un rescate y pasó varias temporadas en calabozos u oculto. Pero entonces, como ahora, había también recompensas: Avicena disfrutó de una vida de fama, riquezas e incontables mujeres y, presumiblemente, incontables esposas. A pesar de que el Corán prohíbe el vino, se dice que el consumo que de éste hacía Avicena era prodigioso. Sigue siendo un misterio cómo se las arreglaba para

encontrar tiempo para sus profundas y vastas actividades intelectuales en medio de tanto trajín. Quizá por aquel entonces los primeros ministros ni siquiera fingieran trabajar duramente.

En sus escritos científicos, Avicena proponía que un cuerpo permanece inmóvil, o continúa moviéndose a la misma velocidad en línea recta, a menos que actúe sobre él una fuerza externa. He aquí la primera ley del movimiento, formulada seiscientos años antes de Newton. Avicena señaló también el vínculo indisoluble entre tiempo y movimiento por medio de una fascinante imagen poética. Si todo en el mundo permaneciera inmóvil, el tiempo carecería de significado (hasta Einstein no quedó demostrado matemáticamente el vínculo entre espacio y tiempo).

En el campo de la medicina, Avicena fue la personalidad más importante entre Galeno, la mente suprema de la medicina de la era romana, y Harvey, que descubriría la circulación de la sangre en el siglo XVII. La brillantez de Avicena en este campo fue fruto directo de los conocimientos alquímicos que había absorbido de Al-Razi y de sus propias investigaciones alquímicas. Al igual que Al-Razi, creía que la medicina era una ciencia. A su modo de ver, los remedios minerales o químicos eran muy superiores a las hierbas y los cuentos de viejas que habían prevalecido desde tiempos inmemoriales. Avicena recopiló una extensa lista de productos químicos, sus efectos al ser administrados como drogas y las enfermedades que podían curar. Esta farmacopea no tardó en ser aceptada como la obra de referencia sobre el tema.

El trabajo científico y filosófico de Avicena se vio eventualmente interrumpido por los acontecimientos políticos. Cayó en desgracia como visir del *shah* de Persia, pero consiguió escapar vivo ocultándose. Sólo volvió a salir a la luz cuando el *shah* enfermó tan gravemente que los médicos de la corte desesperaron de curarle, afirmando que sólo Avicena podría salvar su vida. La presencia de Avicena era por tanto esencial y su vida quedó a salvo. Cuando el *shah* fue derrotado, la sabiduría de Avicena fue considerada parte del botín; a pesar de que había dirigido la campaña bélica persa, el enemigo le puso inmediatamente a trabajar. (Un ejemplo temprano de una tradición aún floreciente en la II Guerra Mundial, cuando los rusos y los americanos clamaban por hacerse con los mejores científicos astronáuticos alemanes, al margen de su posible vinculación con los nazis.)

Mientras tanto, Avicena impulsó su pensamiento filosófico como buenamente pudo. Como su química, su filosofía estaba basada en errores aristotélicos. Una dificultad añadida fueron los requerimientos conceptuales de la creciente ortodoxia islámica. Sin dicha limitación, Avicena bien podría haber desarrollado una filosofía verdaderamente original. Su sed de conocimientos filosóficos y científicos estaba impulsada por un sentimiento muy moderno de desconcierto existencial, como muestra su poesía:

Cómo desearía saber quién soy,
qué es lo que busco en el mundo.

A pesar de tal declaración de ignorancia, Avicena no soportaba a los estúpidos, y su carácter abrasivo le granjeó pocos amigos. Despreció incluso los escritos filosóficos de su mentor en medicina, Al-Razi, sugiriendo que debía haberse limitado "a examinar deposiciones y orina". Avicena murió en 1037, probablemente por envenenamiento.

En cuestión de pocos años, las obras de Avicena sobre filosofía y medicina se habían convertido en moneda común a todo lo ancho y largo del mundo árabe. Se encontró una copia de su farmacopea nada menos que en la gran Biblioteca de Toledo, cuando la ciudad fue reconquistada por los españoles en 1095. Pero aún antes, sus secretos habían llegado a Europa de contrabando a través de Constantino de África. Éste era uno de esos personajes que aparecen en la historia cuyo nombre queda vinculado a un acto significativo y unos pocos hechos sugerentes y del que sólo nos queda imaginar la aventura de toda una vida. Constantino de África nació musulmán, probablemente en Cartago, y fue educado en Bagdad. Un día apareció misteriosamente en la Escuela de Medicina de Salerno con una copia de la farmacopea de Avicena. Después de traducir esta obra a un latín mediocre, se convirtió en monje cristiano en Monte Cassino, donde murió en 1087. En los siglos siguientes la farmacopea de Avicena había de convertirse en el texto más influyente de Europa, el precursor de la farmacología moderna.

3. GENIO Y CHARLATANERÍA

Al fragmentarse y entrar en declive el Imperio Árabe, su enorme contribución a la ciencia y las matemáticas tocó a su fin. Sus conocimientos pasaron a Occidente, junto con muchos textos griegos previamente desconocidos que habían sido preservados y utilizados por pensadores árabes. En Europa sólo habían sobrevivido unas pocas obras de Aristóteles. Como resultado de las conquistas en España y de la esporádica ocupación de Tierra Santa por los cruzados, aparecieron muchos más trabajos en árabe, posteriormente traducidos al latín, que seguía siendo el lenguaje paneuropeo del conocimiento.

Estas nuevas obras llegaron a una sociedad en gran medida estática, jerarquizada, en la que la Iglesia era depositaria de valores incuestionables. La Tierra ocupaba el centro del universo, el Papa era el representante de Dios en este mundo y en Dios estaba la respuesta a todas las preguntas.

No se trataba tanto de una era anticientífica como de una era acientífica. Sencillamente la ciencia no era necesaria en un periodo carente de progreso, en el que se creía que los valores espirituales intemporales eran superiores a los antojos de la realidad. La inocencia o la culpa se determinaban por medio de la tortura y la ordalía, no con la ayuda de análisis forenses o de la razón. La peste negra se combatía con oraciones, no con profilaxis. (Cuando la peste negra arrasó Europa a mediados del siglo XIV, mató a más de treinta millones de personas, un tercio de la población de todo el continente.) Este horrendo acontecimiento explica, tanto como cualquier otra cosa, el estancamiento intelectual de la época: Europa permaneció traumatizada durante casi un siglo. Al mismo tiempo, la desintegración general del orden feudal originada por la plaga abrió el camino al cambio.

El pensamiento científico quedó marginado, sin salidas. Y aún así, al igual que sucedió con el conocimiento en la llamada era de la oscuri-

dad, la luz de la ciencia continuó titilando tímidamente en torno a esta sociedad impregnada de religión. Se dice a menudo que la Edad Media no aportó nada a la ciencia. No es verdad. Los avances tecnológicos fueron escasos y poco espectaculares pero, a su modo, significativos. Tal vez el mejor ejemplo del progreso medieval sea la invención de la carretilla. Hablando más en serio, se desarrollaron la herradura y los arneses para caballo, así como el reloj mecánico. El progreso avanzaba al ritmo de un viejo penco, su movimiento marcado por el de los engranajes y pesas del reloj de la aldea, que contaba las horas. Estos relojes registraban movimientos astronómicos graduales en los cielos, señalando las horas de los maitines y las vísperas, la apertura y el cierre de los portones de la ciudad al amanecer y al anochecer. Y aún así, a pesar de tan intemporal tradición, el paso del tiempo se encaminaba gradualmente hacia una etapa de medición más minuciosa y precisa. Los minutos no tenían utilidad alguna, por no hablar de los segundos, pero para mantener su precisión, los mecanismos de relojería tenían que medir tales unidades. Era como si los minutos y los segundos estuvieran allí, acumulándose, esperando la llegada de una era más apresurada y precisa.

De modo similar, el pensamiento medieval avanzaba inexorablemente hacia un desacostumbrado periodo de exactitud en el examen de las cosas. La mente medieval aceptaba la premisa básica de la ciencia: la causación. Todo lo que ocurría era efecto de una causa previa. Este pensamiento, heredado de Aristóteles, sería empleado por Tomás de Aquino, el epítome de los teólogos-filósofos medievales, como prueba de la existencia de Dios. Dios era la causa primera (o última) que había puesto en marcha todo el proceso. Este entreverado de ciencia y teología había de resultar desastroso. La ciencia avanza poniendo en cuestión supuestos previos, pero si uno cuestiona la teología, es un hereje. Se iniciaba el camino de un innecesario conflicto entre la ciencia y Dios que perdura hasta nuestros días.

En muchos aspectos, la alquimia estaba hecha para la mente medieval. La metafísica y el mundo estaban inextricablemente entrelazados: los metales base se transmuraban en oro; los apetitos de la carne se transmutaban en aspiraciones del espíritu. Pero también tenía sus peligros. La alquimia pretendía cambiar el mundo, conducir a la baja naturaleza a la áurea perfección, crear orden del caos. Eso pertenecía al dominio divino e intentar siquiera jugar a ser Dios era anatema.

Laboratorio y biblioteca de un alquimista

A pesar de todo, una de las principales figuras de la alquimia europea fue un sacerdote, posteriormente canonizado por la Iglesia Católica Romana y patrón de los científicos. Alberto Magno nació alrededor del año 1200 en el sur de Alemania. Estudió en Padua y llegó a ser el mejor profesor de su edad en todo París. (A los veinte años, Tomás de Aquino recorrió a pie el camino desde el sur de Italia para convertirse en su discípulo.)

La situación del conocimiento a comienzos del siglo XIII era tal que era posible aspirar a "saberlo todo". Alberto no sólo asumió este desafío, sino que intentó ampliar el saber humano en los campos de la filosofía, en lo que llamaríamos química y en la biología, así como en el de la alquimia. La vastedad de sus conocimientos le granjeó una reputación de mago entre sus celosos colegas. No merecía semejante trato: su enfoque era científico (para los estándares de la época) y ortodoxo (aceptaba los preceptos limitativos formulados por Aristóteles). En la alquimia, tendía a poner en duda la posibilidad de transmutar los metales en oro, aunque mantenía una mentalidad abierta, quizá porque Aristóteles no se había pronunciado al respecto. Realizó abundantes

experimentos pioneros en su laboratorio de alquimista y sus notas indican que, casi con seguridad, fue el primero en aislar el elemento arsénico.

Pese a sus aspectos heréticos y mágicos, la alquimia atraía a Alberto, al igual que a otras muchas mentes genuinamente inquisitivas de su época, porque parecía ser un medio novedoso y original de descubrir la verdad. Era la única actividad inteleotual que pretendía descubrir la verdad sobre los materiales que componían el mundo. En este período. la alquimia era la única ciencia genuina de la materia. Hasta entonces, los cambios sólo habían sido estudiados en sus formas aristotélicas: el movimiento de los proyectiles, el proceso de envejecimiento, las estaciones y así sucesivamente. Es probable que Alberto Magno fuera el primero en captar la idea de que el cambio químico era algo totalmente distinto.

Da la impresión de que Alberto Magno se movía cómodamente dentro de las limitaciones del aristotelismo. No puede decirse lo mismo de su gran colega y coetáneo Roger Bacon. Bacon nació c. 1214, se hizo monje franciscano y estudió en Oxford y París, donde también impartió clases. Como Alberto, sus conocimientos eran excepcionales, tanto en alcance como en profundidad. Incluso intentó escribir una enciclopedia que contuviera todo el saber humano, pero acabó dándose por vencido. Eso fue algo excepcional, ya que Bacon era un hombre que tenía una enorme confianza en sí mismo y criticaba constantemente las deficiencias intelectuales ajenas. No era el suyo un temperamento monástico: podía respetar intermitentemente sus votos de pobreza y castidad, pero la obediencia estaba fuera de su alcance.

Tan brillante era Bacon que atrajo la atención del papa Clemente IV, quien se convirtió en su protector. Cuando murió Clemente, los enemigos de Bacon se tomaron cumplida venganza: el superior de la orden franciscana le mantuvo encarcelado en París durante quince años y ordenó que todas sus obras fueran destruidas. Afortunadamente, algunas pudieron ser ocultadas por monjes que simpatizaban con sus ideas, aunque su *Opus Majus* no fue publicado hasta casi 450 años después de su muerte en 1292.

Las ideas de Bacon muestran una notable similitud con muchas de las que Leonardo bosquejó en sus libros de notas, aunque anteceden a éstas en doscientos años, y en muchos casos van aún más lejos. Bacon

predijo los barcos de vapor, los automóviles, los submarinos e incluso las máquinas voladoras. Sugirió que algún día el hombre circunnavegaría el globo. Una de sus cartas contiene incluso la primera referencia europea a la pólvora. (Como resultado, durante muchos años se pensó que había sido su inventor. Historiadores posteriores mantuvieron que la pólvora procedía de China. Estudios recientes sugieren que bien pudo ser descubierta independientemente en Europa, en cuyo caso tanto pudo descubrirla Bacon como cualquier otro.) Así de excepcional era la capacidad imaginativa de una mente original. Más mundano, pero más significativo, fue el énfasis que ponía en la experimentación como único modo de avanzar en la ciencia. (La personalidad de Bacon le permitía pasar muchas horas sin ser molestado en su laboratorio de Oxford.) También hacía hincapié en la aplicación de las matemáticas como único camino hacia la exactitud y veracidad en la experimentación científica. Ambos conceptos sólo dieron fruto casi cuatro siglos más tarde, con Galileo.

A pesar de su excepcional visión científica, Bacon siguió creyendo en la premisa básica de la alquimia: la posibilidad de transmutar los metales base en oro. Aquí sucumbió a las ideas aristotélicas. El amor más profundo de Aristóteles había sido la biología. En la naturaleza todo parecía tener su propósito, desde la espina de la rosa al bigote de un gato. Éste era el precepto que Aristóteles y los pensadores aristotélicos habían adoptado para toda su filosofía. El mundo tenía un propósito: todas las cosas pugnaban por alcanzar la perfección. En la humanidad, el espíritu luchaba por sobreponerse a la carne. En el mundo de los metales ocurría algo similar. Todos los metales bajos aspiraban a convertirse en oro, pero la naturaleza necesitaba de algún agente material para contribuir a esta tarea. Bacon aceptaba la teoría árabe de que era necesario un elixir como catalizador para facilitar el proceso de transmutación, pero no queda registro alguno de que experimentara con éxito ninguna sustancia semejante.

Lo que nos lleva a la inevitable pregunta: ¿Cómo demonios pudo la alquimia salir bien librada durante tanto tiempo, cómo es que no fue simplemente denunciada como una estafa? Desde luego, la ofuscación por parte de los propios alquimistas sirvió de ayuda. Sus descripciones de los experimentos —en términos metafóricos y místicos— eran impenetrables para el no iniciado. Además, sólo los

adeptos al oscuro arte podían albergar alguna esperanza de comprender los símbolos empleados. Pero había en acción fuerzas más básicas: a saber, la voluntad de creer, por no hablar de la avaricia y la codicia. La mezcla de misticismo, conocimientos secretos sólo accesibles para los iniciados y la perspectiva de una recompensa ilimitada constituye una pócima embriagadora que satisface una pulsión primigenia. Al mismo tiempo, la alquimia se iba convirtiendo, a su manera, en la ciencia de la materia. Representaba un progreso en la comprensión del mundo material. Además del oro, la alquimia buscaba el conocimiento. Si hubiera sido condenada como una estafa y hubiera desaparecido del reino del saber humano, se habría perdido, tal vez durante siglos, la idea misma de la química. Al igual que la astrología, la alquimia fue un camino errado en el conocimiento humano, una equivocación. Pero la astrología nos permitió analizar y delinear aspectos específicos de la personalidad, nos ayudó a pensar en quiénes somos mucho antes del advenimiento de la psicología como ciencia. De forma similar, la alquimia nos permitió formular preguntas —y seguimos formulándolas— sobre el mundo material y sobre qué es exactamente.

Separar la verdad de la leyenda es siempre fácil *a posteriori*, una vez que podemos aplicar criterios modernos. En aquel tiempo resultaba mucho más confuso. ¿Qué podemos pensar de la más grande de las creaciones de Bacon, aquella por la que fue recordado en los siglos que siguieron a su muerte? Según cuenta la historia, el visionario que concibió submarinos y aeroplanos construyó una máquina. Se trataba de un hombre mecánico con "cabeza de bronce". Una noche, mientras Bacon dormía, ésta empezó a hablar, y después se deshizo en pedazos. ¿Iba Bacon también quinientos años por delante de Frankenstein?

Roger Bacon acabó sus días convertido en una ruina humana. En 1291, tras quince años en una celda de París, fue finalmente liberado por motivos de salud. Con más de setenta años y gravemente enfermo, retornó a Oxford, donde murió al año siguiente.

A estas alturas, la alquimia había iniciado una nueva etapa de florecimiento creativo y su búsqueda central había asumido proporciones épicas. Curiosamente, esto se debió en parte a una pérdida catastrófica. En 1204, los soldados franceses de la Cuarta Cruzada ocuparon Constantinopla, deponiendo al emperador. En medio de escenas de

devastación y carnicería, una prostituta borracha fue instalada en el trono imperial bajo la gran cúpula de Santa Sofía, una de las principales iglesias de la cristiandad. Durante el posterior pillaje se perdieron incontables manuscritos griegos y bizantinos antiguos, incluyendo un vasto legado de conocimientos alquímicos. Por lo que a la alquimia se refiere, fue una bendición a medias. Dejó una gigantesca laguna, por lo que en lugar de intentar descifrar dócilmente viejos textos esotéricos, los alquimistas del siglo XIII tuvieron que abordar sus propias empresas originales. El resultado fue un desarrollo significativo de la alquimia. El elixir de los árabes se transformó entonces en la "piedra filosofal". Esta fabulosa sustancia, con sus resonancias a búsquedas místicas, sabiduría trascendente y "verdad" en todas sus facetas, fue descrita como sigue por el alquimista español del siglo XIV, Arnau de Vilanova: «Existe en la naturaleza cierta sustancia pura que, una vez descubierta y elevada por el arte a su perfección, convertirá en perfecto todo cuerpo imperfecto al que toque». Otros fueron más allá. A pesar de que nadie había visto jamás la esquiva piedra, fue descrita como un polvo pesado y resplandeciente que exudaba un perfume celestial. Cuando era rojo podía convertir los metales bajos en oro; cuando era blanco, los transformaba en plata. Al igual que el unicornio, la piedra filosofal tenía todo tipo de cualidades sorprendentes, salvo la existencia.

Esta inapropiada intromisión del "filósofo" en la alquimia indica hasta qué punto esta "ciencia" se había alejado de su contacto original con la filosofía. Sólo hay que recordar a Aristóteles cuando observaba cómo una piedra se hunde hacia el fondo de un estanque mientras las burbujas a ella adheridas ascienden a la superficie para regresar al aire y meditaba sobre cómo los cuatro elementos son atraídos hacia sus lugares naturales. Ahí pueden verse la claridad y la precisión del filósofo en su trabajo, a años luz de distancia de quimeras como la piedra filosofal. Por otra parte, la química fue siempre esencialmente una actividad turbia y la búsqueda de la piedra filosofal no podía ser diferente. Entre los acres vapores del sótano del alquimista y las perfumadas nubes de la alegoría, la búsqueda podía conducir, literalmente, a cualquier parte. De hecho, según el texto alquímico conocido como *Gloria Mundi*, la piedra filosofal

Nos es familiar a todos, jóvenes y viejos. Está presente en la aldea y en la ciudad, en todas las cosas que Dios ha creado. Y aún así todos la miran con desprecio. Ricos y pobres la tienen en sus manos todos los días, los sirvientes la tiran a la calle y los niños juegan con ella. Nadie la aprecia, aunque, aparte del alma humana, es lo más precioso que hay sobre la tierra, y puede destruir a reyes y príncipes. Y a pesar de todo es considerada la más vil y mezquina de las cosas.

Llegado a este punto, la piedra filosofal empieza a sonar como un acertijo, un pretencioso símbolo literario o incluso una homilía sobre los peligros de la lujuria. No obstante, en palabras del químico del siglo XIX, Justus Liebig: «Ni la más enaltecida imaginación del mundo pudo haber concebido una idea mejor que la piedra filosofal para inspirar las mentes y las facultades de los hombres. Sin ella, la química no sería lo que hoy es. Para descubrir que la piedra filosofal no existía, fue necesario machacar y analizar toda sustancia conocida en la tierra. Y precisamente es ahí donde reside su milagrosa influencia».

A mediados del siglo XIV, los copistas de monasterios de toda Europa reproducían manuscritos alquímicos en los que se describía la búsqueda de la piedra filosofal. Muchos de ellos contenían importantes investigaciones sobre las propiedades de los compuestos químicos. Mas sus autores, antiguos químicos que lo eran inadvertidamente, permanecen en su mayoría en el anonimato. En parte por aburrimiento y en parte por ineptitud, los monjes copistas mantuvieron la tradición del anonimato o la falsa atribución, tan común en los manuscritos medievales. En algunos casos, la culpa era de los autores originales, que, inseguros, adscribían su obra a alguna autoridad anterior. Buena parte del trabajo más importante de este periodo fue obra de un alquimista que se llamaba a sí mismo Geber, como el alquimista árabe del siglo VIII Jabir. Este seguidor del siglo XIV, que probablemente fuera un monje español, es hoy generalmente conocido como el "falso Geber".

Otros se mostraban menos reticentes. Algunos alquimistas publicaron incluso sus memorias y uno de ellos osó describir el éxito de su búsqueda. En su *Exposición de las figuras jeroglíficas* el francés Nicolas Flamel narra cómo emprendió un peregrinaje alquímico a través de Francia y España, donde conoció a un tal maestro Canches, un médico judío. Antes de morir, Canches le transmitió una pista sobre el se-

creto de la transmutación: «Los primeros principios, aunque no su preparación original, que es de lo más dificultosa, más que ninguna otra cosa en el mundo. Pero al final también dispuse de eso, después de cometer largos errores durante tres años más o menos, tiempo durante el cual no hice otra cosa que estudiar y trabajar». Señala, por último: «En el año de la restauración de la humanidad, 1382, proyecté la Piedra Roja sobre una cantidad equivalente de Mercurio el día veinticinco de abril... alrededor de las cinco de la tarde; transmutándolo en casi la misma cantidad de Oro puro, mejor sin duda que el Oro común, más blando y maleable». Por desgracia, la explicación de cómo lo hizo exactamente viene envuelta en la tradicional forma alegórica y ha permanecido impenetrable para todos los ansiosos lectores que han intentado emular su alquímico toque de Midas. Creamos o no a Flamel, es indudable que a pesar de sus humildes orígenes no tardó en convertirse en un hombre muy rico, renombrado por sus generosas donaciones a las iglesias de París. (En el Museo de Cluny aún puede verse una placa de mármol que da cuenta de uno de estos presentes.)

Pero Flamel no fue el único en triunfar. La tradición, respaldada una vez más por los registros de la época, afirma que el asceta, místico y alquimista catalán Ramón Llull, conocido en inglés como Raymond Lully, también tuvo éxito en la «Gran Obra», como acabó siendo conocida. Se dice que Llull pagó con su oro las deudas de Eduardo II, el derrochador y homosexual rey de Inglaterra, que pasó gran parte de su reinado combatiendo a sus barones homofóbicos. Cabe dentro de lo posible que Llull compartiera los gustos de Eduardo durante su periodo de disipación, antes de convertirse en sacerdote. Negar ese supuesto, así como su inclinación por la alquimia, se ha convertido en una especie de convención entre los estudiosos defensores de Llull, pero la realidad es que todo ello, además de su éxito como alquimista, era una creencia firme en su época. La historia no es lo que ocurrió de hecho, sino lo que creemos que ocurrió. A pesar de la charlatanería generalizada, no hay duda de que muchos alquimistas de la época eran honrados en sus esfuerzos. Creían a pies juntillas en lo que estaban haciendo. Y tenían buenos motivos para hacerlo. A partir de la filosofía original de Aristóteles, los filósofos medievales habían desarrollado su propio aristotelismo. Segun éste, la aspiración a la perfección, propia de la naturaleza, se daba también entre los minerales bajo la su-

perficie de la tierra. Las piedras se convertían en rocas, las rocas en metales. Había un proceso constante de evolución. A lo largo de los años, los metales bajos ascendían lentamente la escala de la perfección, convirtiéndose en estaño, luego en plata y finalmente en oro.

Semejante forma de pensar no es tan disparatada como podría parecer. Al fundirlas, las menas producen metal puro y éste era un proceso simple comparado con otras transformaciones observadas por los científicos medievales. ¿Cuánto más difícil no sería explicar la aparente transformación de la carne en descomposición en gusanos, de las orugas en mariposas, de las semillas en árboles gigantescos? Eso sí que era transmutación. Por comparación, la transmutación de un metal en otro por evolución era un proceso simple y fácilmente creíble.

Simultáneamente, esos mismos alquimistas estaban creando también los cimientos teóricos de la química tal y como la conocemos. En su voraz búsqueda de la piedra filosofal, los alquimistas del siglo XIV se convirtieron en los primeros en descubrir la naturaleza de los ácidos. El único ácido conocido por los antiguos era el ácido acético del vinagre, un ácido débil. En el siglo VIII, Jabir había obtenido una solución débil de ácido nítrico y otros alquimistas árabes descubrieron que la destilación del vinagre daba lugar a un ácido acético más poderoso. Pero incluso el ácido acético fuerte era escasamente corrosivo y no parecía poseer gran poder reactivo. Entonces llegó el gran paso adelante. Justo después del año 1300 el falso Geber descubrió el vitriolo, más conocido entre nosotros como ácido sulfúrico. ¡Se trataba de un líquido que parecía reaccionar con, disolver o corroer casi cualquier cosa! Éste ha sido considerado el adelanto químico más significativo desde el descubrimiento de cómo obtener hierro de su mena, alrededor de mil años antes. Con el tiempo, el ácido sulfúrico transformaría de modo similar al mundo. (Hasta mediados del siglo XX, el índice de desarrollo de un país se medía por el volumen de ácido sulfúrico que su industria consumía al año.)

Además del ácido sulfúrico, el falso Geber describía también cómo obtener ácido nítrico concentrado —que fue llamado *aqua fortis*, literalmente "agua fuerte", por su capacidad para disolverlo casi todo salvo el oro—. Hasta entonces, el uso de los ácidos por parte de los alquimistas había quedado reducido a los ácidos naturales que se daban en la naturaleza, como el ácido acético del vinagre o el ácido

láctico de la leche agriada. El descubrimiento de cómo obtener ácidos fuertes de los minerales abrió un nuevo panorama a la experimentación. Las sustancias podían disolverse en ácidos minerales, los metales eran corroídos por ellos para formar sales, si se añadían a las soluciones producían precipitados. Los alquimistas habían dado con algo que les permitiría realizar una enorme gama de reacciones químicas básicas: formación y disolución de compuestos, transformación de un compuesto en otro. Del mismo modo, acababan de hallar un método para aislar elementos que previamente sólo existían en forma de compuestos, aunque ésta es una apreciación *a posteriori*. Los alquimistas no disponían de marco teórico alguno al que incorporar los resultados de sus experimentos. Daban palos de ciego y lo único que habían descubierto eran los medios prácticos. Sabían cómo hacer cosas, pero en realidad no sabían qué estaban haciendo.

Por desgracia, los alquimistas estaban convencidos de lo contrario. Sabían exactamente lo que hacían. Realizaban sus experimentos con un único objetivo: la transmutación de metales innobles en oro. Los descubrimientos químicos que no servían a este propósito eran ignorados. La exploración sistemática de nuevas posibilidades fue escasa. Al fin y al cabo, ¿para qué?

A pesar de tan ciego enfoque, se logró cierto progreso, si bien un tanto inadvertidamente. La clave estuvo en la noción de elixir. La Europa medieval heredó de los árabes una confusa idea sobre los elixires. El elixir era el catalizador que inducía el proceso de transmutación, pero persistía la idea de que esta sustancia había de ser mágica por sí misma. Era también el elixir de la vida, que confería la inmortalidad. Por asociación, no tardaron en atribuírsele cualidades medicinales. Esta ambigüedad conceptual halla su mejor ejemplo en los escritos de John de Rupescissa, que ejerció a mediados del siglo XIV. Se sabe muy poco de su vida, aparte del hecho de que fue encarcelado por poner en duda la excelencia moral de Inocencio VI, irónicamente uno de los papas de conducta más intachable de la época. Los escritos de John de Rupescissa, por otra parte, son poco alentadores. El elixir que cita como catalizador para la transmutación es casi idéntico al que prescribe para algunos problemas médicos. Se diría que purgar al plomo de sus elementos innobles y purgar el vientre eran considerados prácticamente el mismo proceso, y ambos requerían un tratamiento

igualmente drástico. Resulta difícil imaginar los efectos que podía tener la ingesta de un catalizador pensado para actuar sobre metal fundido a unos 400° C.

Al margen de las posibles protestas de los pacientes, esto repre-

sentó el inicio de una tendencia. Con el fin de generar unos muy necesarios ingresos, los alquimistas no tardaron en prescribir elixires para resolver diferentes problemas médicos. Al poco tiempo, algunos de ellos fueron reconocidos como un tratamiento apropiado para determinadas afecciones. La idea de usar sustancias químicas para curar trastornos específicos había sido clave en la farmacopea de Jabir, cuyo texto, en traducción de Constantino de África, se había difundido a todo lo largo y ancho de Europa. A partir de ese momento, los elixires producidos por los alquimistas europeos reforzaron la tesis. Fue el nacimiento de la farmacología en Europa.

Tal práctica se vio auxiliada por el descubrimiento del elixir más importante de todos los tiempos. Se trataba de otra agua fuerte, o *aqua*; que llegó a ser conocida como agua de la vida o *aqua vitae*. Se obtenía mediante una cuidadosa destilación del vino. El primer alquimista que obtuvo alcohol prácticamente puro fue Arnau de Vilanova, nacido en España en el siglo XIV. El pensamiento de Arnau era una curiosa mezcla de misticismo y perspicacia científica. Observó que cuando se quema madera en una habitación sin ventilación se produce una acumulación de gas venenoso, lo que le convirtió en el descubridor del monóxido de carbono. También creía que la piedra filosofal existía en todas las sustancias, de las que podía ser extraída. Esta idea mística se reflejó en su obtención de alcohol puro por destilación del vino. Como resultado del simbolismo alquímico, el alcohol acabó siendo considerado la esencia de los rayos de sol (oro etéreo) que habían atravesado las uvas y habían quedado retenidos en los jugos de éstas. (Se diría que la literatura enológica se inventó también en este periodo.)

Arnau de Vilanova era un hombre de amplios conocimientos médicos y conocedor del árabe. Leyó la farmacopea de Avicena en versión original, en vez de la traducción un tanto dudosa de Constantino de África, y sus prescripciones eran por tanto más precisas que las de sus rivales. Vilanova era reconocido en todo el sur de Europa como el mejor médico de la época y era convocado a la cabecera de la realeza y los papas (de los que en sus tiempos hubo casi veinte). Tratar a monarcas enfermos e irascibles y a pontífices propensos a los excesos era un negocio azaroso. Cualquier fallo podía resultar fatal tanto para el paciente como para su médico. Pero el éxito traía consigo recompensas

no menos excitantes. Arnau obtuvo un magnífico castillo del rey Pedro III de Aragón, una cátedra bien pagada en la Universidad de Montpellier de un papa y propiedades campestres en Italia, España y el sur de Francia, todos ellos lugares ideales para que pudiera continuar sus investigaciones sobre la destilación del vino.

Al igual que el *aqua fortis* (ácido nítrico), se descubrió que el *aqua vitae* (alcohol) era un disolvente, aunque de un tipo diferente, más sutil. También tenía cualidades conservantes. En medicina podía utilizarse como desinfectante para limpiar las heridas. Otros personajes de mentalidad menos filantrópica emplearon este nuevo líquido milagroso para fines experimentales un tanto más singulares. El hábito no tardó en extenderse por toda Europa, donde el término *aqua vitae* se tradujo a varios idiomas diferentes. En francés se convirtió en *eau de vie*, en lenguajes escandinavos en *akvavit*, en gaélico se convirtió en *usquebaugh* (whisky). Estos experimentos no debieron de obtener resultados concluyentes, ya que han perdurado hasta nuestros días.

Casi como efecto colateral, los alquimistas empezaban a alumbrar ideas científicas importantes. Entretanto, la alquimia en sí seguía produciendo poco más que morralla. Como era de esperar, el oscuro arte entró en un tercer periodo de declive. Los anteriores fueron a finales del Imperio Romano y en la descomposición del Imperio Árabe. Una vez más, la alquimia fue prohibida oficialmente, esta vez por el papa Juan XXII en 1317. (Aunque sólo después de que él mismo pasara varios años enfrascado en el gran trabajo, tras haber sido discípulo nada menos que de Arnau de Vilanova. Por aquel entonces las opiniones sobre los motivos de la prohibición de la alquimia por Juan XXII estaban divididas. Según algunos, ésta se debió a la desilusión, otros la atribuían al resentimiento del Papa por su falta de capacidad. Hubo otros que afirmaron que quería monopolizar la actividad, y que siguió practicando la alquimia en secreto en los calabozos del palacio papal de Avignon. Mantenían que sus sospechas se vieron vindicadas cuando el papa Juan XXII murió dejando una inexplicable fortuna en oro, por valor de dieciocho millones de francos. Tanto los metafísicos como los contables siguieron discutiendo los orígenes de tan vasta suma durante muchos años.)

Pero la prohibición papal no hizo más que sumir a la alquimia en la clandestinidad. El arte oculto había calado en la naturaleza huma-

na. Oro, secreto, conocimientos esotéricos: la combinación seguía teniendo un atractivo irresistible para los buscadores del conocimiento. Incluso la más grande de las mentes medievales, la del teólogo y filósofo Tomás de Aquino, se sintió atraída por la alquimia. Tras su instrucción a manos del maestro Alberto Magno, se dice que escribió una obra llamada *Thesaurus Alchemiae*, así como otras obras similares. La autoría de las mismas sigue siendo motivo de disputa. Pero según el historiador de la alquimia A. E. Waite: «Algunos de los términos empleados por los químicos modernos aparecen por primera vez en estos supuestos escritos de Tomás de Aquino. Por ejemplo, la palabra amalgama, que se usa para denotar un compuesto de mercurio y otro metal». Es difícil comprender cómo las desnortadas divagaciones de la filosofía hermética pudieron coexistir con el rigor teológico de la filosofía escolástica de Aquino. Pero, curiosamente, estas mismas divagaciones habían de tener un efecto fundamental sobre la mentalidad europea y lo que podríamos denominar su filosofía de la vida.

La mejor ilustración de esto es el antiguo texto alquímico conocido como *La tablilla esmeralda*, escrito por el misterioso Hermes Trismegisto. Es probable que esta obra, escrita en Alejandría alrededor del siglo I d. C. y que posteriormente había de convertirse en piedra angular de la alquimia árabe, empezara a circular por Europa en algún momento del siglo XV. Se cree que fue uno de los muchos libros traídos a Europa por estudiosos griegos que huían de Constantinopla algún tiempo antes de que la capital del Imperio Bizantino cayera en manos de los turcos otomanos, en 1453. Este éxodo contribuyó significativamente al resurgir del saber clásico que floreció en el Renacimiento, pero también aportó abundante basura metafísica.

La obra rezuma magníficos ejemplos de los galimatías habituales. «Aquello que está debajo es similar a lo que está arriba, y aquello que está arriba es similar a lo que está abajo, lográndose así el milagro de la unicidad». Pero también contiene un credo perfectamente definido. Según el libro, Dios creó al hombre mucho más a su imagen y semejanza de lo que anteriormente se había creído. Además de ser un alma racional, el hombre era también un creador. Para ejercitar este poder divino, primero tenía que desvelar los secretos de la naturaleza. Esto sólo podía lograrse torturándola, sometiéndola al fuego, disolviéndola en aguas fuertes y exponiéndola a otros procesos alquímicos como la

destilación. El éxito en estas manipulaciones convertiría al hombre en un dios en posesión de la vida eterna, de poder sobre la materia, riquezas incontables y la capacidad de convertir el mundo en un paraíso. No resulta difícil reconocer la visión que había de convertirse en piedra angular de la ciencia. A través de la innovación tecnológica, la experimentación y el pensamiento científico, el hombre podría reinar sobre la naturaleza, transformándola, imponiéndole su voluntad. Según el historiador de la ciencia L. Pearce Williams: «Ésta es esencialmente la visión moderna de la ciencia, y hay que subrayar que se da tan sólo en la civilización occidental. Probablemente sea esta actitud la que permitió a Occidente sobrepasar a Oriente, tras siglos de inferioridad, en la explotación del mundo físico». En el seno de la alquimia más recalcitrante yacen las semillas de la fantasía científica que sigue impulsando al mundo hoy en día (nos guste o no).

El pensamiento científico empezaba a cerrar el círculo. Tras sus inicios en la filosofía griega, regresaba una vez más a su claridad originaria. A lo largo del camino, había incorporado multitud de ideas científicas. Le fue difícil desvincularse de algunas de ellas, mientras que otras, por su parte, fueron positivamente útiles. *La tablilla esmeralda* está impregnada de ideas y correspondencias místicas. Los siete elementos originales están relacionados con los siete planetas, que a su vez controlan los siete días de la semana. El oro está relacionado con el Sol, cuyo día es el domingo. La plata está relacionada con la Luna, cuyo día es el lunes. Los efectos de estas ideas herméticas acechan aún en nuestros calendarios. Otras ideas semejantes desempeñaron un papel incluso en las más grandiosas teorías científicas. La obra incorporaba misticismo platónico tardío en abundancia, incluyendo la idea de que el sol era la fuente de nuestra iluminación, tanto espiritual como física. Esto deriva de la famosa parábola de Platón de la caverna. Hay un fuego a nuestra espalda, que proyecta sombras sobre la pared que hay ante nosotros. Confundimos ese mundo de apariencias con la realidad. Sólo si aprendemos a alejarnos del mundo de las ilusiones podremos llegar a ver la verdadera luz del sol, fuera de la caverna. El sol es la realidad y es central para nuestro mundo.

Cuando Copérnico tradujo esta idea a hechos científicos, proclamando que la Tierra y los planetas orbitan en torno al Sol, su inspiración no fue totalmente científica. En su *De Revolutionibus Orbium*

Coelestium (*Sobre las revoluciones de los orbes celestes*), menciona especialmente a Hermes Trismegisto, usándolo para respaldar su revolucionaria idea. A todo lo largo de su trabajo, el lenguaje de Copérnico mantiene un tono altamente platónico. De hecho, fue la influencia de Platón la responsable de su más grave error. Según Platón, los cuerpos celestes (es decir, los planetas) sólo podían obedecer a una geometría "real", limitada a las figuras ideales que pueden trazarse con un compás y una regla. Fue esto lo que hizo que Copérnico asumiera que las órbitas de los planetas habían de ser exactamente circulares; más adelante se comprendió que tienen que ser, de hecho, elípticas.

La ciencia entraba en una nueva era de descubrimientos que cambiaría para siempre nuestra forma de ver el mundo. Pero al mismo tiempo permanecía atada a viejas formas de pensar, capaces de deformar por completo su visión. Estas fuerzas contradictorias se encarnarían en uno de los más notorios coetáneos de Copérnico que, en muchos aspectos es el epítome de esta era de la ciencia.

4. PARACELSO

Theophrastus Bombast von Hohenheim, más conocido como Paracelso, nació en la aldea suiza de Einsiedeln a finales de 1493. Sólo un año antes Colón había llegado a América y Lorenzo el Magnífico había muerto en la Florencia del Renacimiento. La pólvora había cambiado la guerra, volviendo vulnerables hasta los más inexpugnables castillos medievales. La doble contabilidad había transformado a la banca, permitiéndola financiar y auditar aventuras comerciales a gran escala. Y el invento de Gutenberg, la imprenta, estaba ya en uso en todo Occidente, desde Inglaterra hasta el sur de Italia. Europa estaba a un paso de una nueva era histórica.

No en vano, el segundo nombre de Paracelso era Bombast. Durante muchos años el significado actual de la palabra bombástico se creyó derivado de él y no se puede negar que su conducta añadía ímpetu a tal significado. Aunque, al principio, las cosas fueron muy diferentes. Paracelso era un niño enfermizo y padecía raquitismo. Su padre era hijo ilegítimo y su madre había sido una sierva (a todos los efectos, una esclava, propiedad de su amo). Este trasfondo de deprivación física y social desempeñó un papel formativo en la compleja y antagónica personalidad de Paracelso. Se dice que también fue emasculado en su infancia. No se sabe cómo o por qué ocurrió esto, aunque probablemente se debiera a una enfermedad. Siempre fue imberbe y sus rasgos de eunuco reflejaban cierto afeminamiento. No mostraba interés alguno en el sexo y enmascaraba sus deficiencias adoptando una inclinación infantil por la parranda.

Tras la muerte de su madre cuando aún era un niño, Paracelso se marchó a vivir con su padre a Villach, en Austria. Las maravillas de su viaje de 400 kilómetros a pie por los Alpes en plena edad de formación debieron de tener también su efecto: fue propenso al vagabundeo durante toda su vida. En Villach, el padre de Paracelso enseñaba

AV. PH. TH. PARACELSVS, AETAT. SVAE 47.

Paracelso a los cuarenta y siete años

alquimia teórica y práctica en la escuela de minería local. No obstante, su papel no era el de un hechicero tolerado, con una consideración similar a la de, por ejemplo, un catedrático de psicología paranormal en una universidad moderna. La asignatura que enseñaba sería llamada hoy en día metalurgia práctica y teórica. Con todo, no hay duda de que Paracelso padre probaba suerte ocasionalmente con la transmutación en su tiempo libre, y que el joven Paracelso trabajaba como ayu-

dante en su humoso sótano de alquimista. Una ocupación semejante no habría sido ni hipócrita ni ilógica. En aquellos tiempos, la teoría de la metalurgia incluía aún la idea de que los metales se "refinaban" en la tierra, evolucionando gradualmente desde las formas más bajas hasta la plata y, finalmente, el oro. La transmutación alquímica no era más que un intento científico de acelerar el proceso.

La experiencia temprana de Paracelso con su padre le convirtió en un experto tanto en las propiedades como en la manipulación de los minerales. Esta experiencia aumentó cuando empezó a trabajar, probablemente como aprendiz de supervisor, en las minas y talleres locales propiedad de Sigismund Fugger, que era también un alquimista entusiasta. Fugger era miembro de la gran familia de comerciantes alemanes que desempeñó un papel clave en el comercio europeo durante los siglos XV y XVI. La familia Fugger tenía intereses mineros desde Hungría hasta España, y una red de agentes bancarios que iba desde Islandia hasta el Levante. La familia acumuló riquezas suficientes para financiar operaciones como el soborno a gran escala, necesario para garantizar que el sucesor como Sacro Emperador Romano fuera Carlos V y no Francisco I de Francia. (Los Fugger eran preeminentes en Europa del norte y del este; por su parte, en el sur y el oeste de Europa desempeñaba un papel similar la dinastía de banqueros de los Medici, más culta y duradera, que en ciertos aspectos suplantaría a los Fugger.) Mientras trabajaba en las minas de los Fugger, Paracelso aprendió una lección crucial que jamás olvidó. Allí, la teoría alquímica siempre quedaba postergada frente a la práctica: el éxito se evaluaba en función de la producción.

Al parecer, Paracelso dejó de trabajar para Fugger alrededor de 1507, cuando tenía catorce años, y emprendió camino a pie hacia las universidades de Europa en busca de conocimientos. Esto no era inhabitual en tiempos medievales, pero la excepcional juventud de Paracelso resalta tanto su temperamento voluntarioso como su prodigioso intelecto. A lo largo de los siguientes años llevó la existencia de un alumno ambulante. En Württenberg asistió a conferencias de Trithemius, el alquimista-astrólogo que inventó una de las primeras notaciones taquigráficas aceptadas. En París estudió con Ambroise Paré, el cirujano militar que descubrió cómo ligar arterias humanas, hoy reconocido como el padre de la cirugía moderna. La arrogancia de Para-

celso y su talento para meterse en líos garantizaron que nunca pudiera permanecer mucho tiempo en el mismo lugar. En años posteriores afirmaría que había obtenido su título en una universidad italiana, aunque no se sabe exactamente en cuál. Entre sus cualificaciones citaba invariablemente el doctorado en medicina que había obtenido en Ferrara en 1517. (Los historiadores no han podido comprobarlo, ya que no existen los registros de la universidad de Ferrara de ese año, hecho del que Paracelso probablemente fuera muy consciente.)

Siendo un veinteañero en el norte de Italia, Paracelso empezó a proclamar por vez primera sus heterodoxas ideas académicas. Las universidades europeas permanecían firmemente ancladas en el pasado medieval a pesar del humanismo del Renacimiento, con su nuevo énfasis en los valores humanos (frente a los espirituales), y el valor y la dignidad del hombre. Las conferencias seguían pronunciándose en latín y todas las disputas se resolvían recurriendo a los textos de las autoridades clásicas, en vez de a algo tan mundano como la realidad o la experiencia. ¿Y quiénes eran esas autoridades? La influencia de Aristóteles había empezado a ejercer una presa asfixiante sobre el conocimiento, haciendo prácticamente imposible todo progreso. En el campo de la medicina, Galeno y Avicena ejercían una influencia similar. Galeno, el gran médico de la era romana, había curado a emperadores en sus tiempos, pero había basado su conocimiento de los detalles de la anatomía humana en sus disecciones de perros y cerdos. Por otro lado, los primeros pasos de Avicena hacia una medicina prescriptiva eran considerados la última palabra sobre el tema.

Paracelso no quiso saber nada de todo eso. No tardó en rechazar por completo las enseñanzas académicas. Sólo había un modo de aprender medicina: «Un médico ha de buscar viejas matronas, gitanas, hechiceros, tribus ambulantes, viejos ladrones y gente sin ley y aprender lecciones de ellos. Un doctor ha de ser un viajero... El conocimiento es experiencia». Uniendo la acción a la palabra, Paracelso se lanzó de nuevo a recorrer los caminos. A pesar de sus objetivos proclamados, la suya no era la actitud de un humilde buscador de sabiduría. Hasta entonces, se le había conocido por el nombre que le habían dado al nacer: Theophrastus von Hohenheim. A partir de ese momento, el hombre cuyo segundo nombre era Bombast adoptó el de Paracelso, que significa «más grande que Celso». Se trataba de una re-

ferencia al médico romano del siglo I d. C., cuyos trabajos, recientemente redescubiertos, habían hecho furor en los círculos académicos. Paracelso había percibido de inmediato que el trabajo de Celso era una reelaboración, en gran medida nada original, de anteriores fuentes griegas, especialmente de Hipócrates, el «padre de la medicina» muerto en el siglo IV a. C. Pero algo había avanzado el mundo en los dos milenios transcurridos, y esta glorificación de las ideas clásicas sirvió de acicate para el joven desclasado e hijo de bastardo. Era mejor que cualquier Celso y tenía todo el derecho a hacerse llamar así. Ya se enterarían todos.

Durante los siguientes siete años Paracelso recorrió las carreteras y caminos de Europa. A veces se ganaba la vida trabajando como cirujano militar, otras ejerciendo como médico itinerante. En ocasiones le llamaban para que atendiera a algún noble enfermo y recibía generosas recompensas por sus molestias. Otras, se veía obligado a vender remedios caseros en el mercado. De este modo recorrió los Países Bajos y Escocia, de allí viajó a Rusia y llegó hasta Constantinopla. Nunca tuvo el menor reparo a la hora de adornar la verdad y afirmaba haber viajado incluso más allá, hasta Egipto, Tierra Santa y Persia. Más tarde, en un arrebato de modestia nada característico, admitió: «No he visitado Asia ni África, aunque se haya afirmado lo contrario». En sus viajes adquiría conocimientos locales, especialmente sobre compuestos químicos y sus efectos, curas empleadas por las ancianas y prácticas alquímicas. Y allá donde iba, su recuerdo perduraba. Según uno de sus coetáneos: «Vivía como un cerdo y parecía un pastor de ovejas. Le encantaba codearse con la hez más disoluta y se pasaba la mayor parte del tiempo borracho». Pero otros que le conocieron se sintieron tan impresionados que le llamaron «el Hermes alemán», «el noble y bien amado príncipe del saber», «el rey de todo conocimiento». Paracelso inspiraría siempre respuestas igual de contradictorias y sus enseñanzas, curiosamente, son reflejo de ello. Aquella figura tosca e impertinente era, sin lugar a dudas, un charlatán, un matasanos de mercado, pero su legado científico, aunque deslavazado a veces y a menudo nada original, indicaba el camino hacia el futuro. Los suyos fueron los primeros pasos para salir de la ciénaga y llegar a la tierra firme del método científico. Quizá fuera el hombre necesario para tal tarea.

Tomemos, por ejemplo, su visita a Constantinopla en 1522. Durante el reinado de Suleimán el Magnífico, la capital otomana no era sitio adecuado para un infiel. Incluso los embajadores enviados desde Europa eran frecuentemente arrojados a los horrendos calabozos de Yedikule acusados de ser espías. (Cosa que, por supuesto, es lo que han sido siempre los diplomáticos, pero a Suleimán el Magnífico le importaban un ardite las lindezas de la diplomacia.) Fue allí, en Constantinopla, donde Paracelso redescubrió algunos de los secretos perdidos de la alquimia bizantina, introduciéndolos en Europa por vez primera. También se topó con algunos conocimientos científicos genuinos no menos sensacionales. Las campesinas practicaban una forma primitiva de medicina que parecía prevenir enfermedades como la viruela. Abrían una vena e insertaban en ella una aguja infectada con la enfermedad. Posteriormente, Paracelso fue el primer médico europeo en afirmar que, al ser introducido en el cuerpo en pequeñas dosis, «aquello que hace enfermar a un hombre también le cura». Pero, como siempre, el legado de Paracelso tenía una doble lectura. Hay quien ha visto en esta afirmación una formulación del principio de la inoculación alrededor de dos siglos antes de que surgiera en otros lugares; para otros anticipaba las prácticas más controvertidas de la medicina homeopática.

En 1521 Paracelso estaba presente en la Dieta de Worms, donde le pidieron a Martín Lutero que argumentara sus ataques contra la Iglesia Católica. Paracelso reconoció un alma gemela en el tozudo hijo de un minero que desafiaba al Papa y ridiculizaba la venta de indulgencias llamándolas «billetes para el cielo». Lutero se negó a retractarse, insistiendo: «Me mantengo firme; no puedo hacer otra cosa». Fue el detonante del Protestantismo que dividiría a Europa. Paracelso se sintió impulsado a contemplar su propia misión bajo la misma luz. No obstante, siguió siendo católico, si bien poco ortodoxo, y siempre se mantuvo alejado de toda controversia religiosa. Su campo de batalla fue la ciencia.

Aparte de su protesta, ¿qué más quería transmitir Paracelso al mundo? ¿El descubrimiento de nuevos métodos científicos (o viejos, practicados entre el pueblo y largo tiempo ignorados por el saber respetable); su predilección por la experiencia frente a la autoridad; la insistencia en aquello que funcionaba? A su modo y manera, se trataba

de formulaciones sin duda diferentes, pero difícilmente podían constituir una doctrina coherente.

Paracelso no tardó en enmendar el yerro proclamando como propia la idea de la iatroquímica. En realidad la idea no era suya, pero contribuyó tanto a hacerla prosperar que, a todos los efectos, le pertenecía. El término iatroquímica deriva del griego *iatros*, que significa médico, y su objetivo era situar la química en el corazón mismo de la práctica médica.

La química seguía siendo, por supuesto, alquimia, pero Paracelso declaró rotundamente que la alquimia perdía el tiempo al intentar producir oro. Habia que poner las técnicas de la alquimia al servicio de la medicina para hallar curas a males y enfermedades, preparando medicinas específicas para dolencias concretas. Así la medicina se convertiría en una ciencia, y dejaría de ser el dudoso arte que parecía ser entonces. El conocimiento médico quedaría registrado en libros que podrían ser consultados por todos los médicos, que a su vez podrían preparar cualquier remedio que necesitaran. Cada medicamento tendría un nombre claro, universalmente aceptado, e iría acompañado de una descripción simple y clara de cómo había que elaborarlo. No habría lugar a la ambigüedad y la metáfora que encenagaban los libros de texto alquímicos, debido a la exagerada profusión de teorías. A partir de ese momento, se pondría el énfasis en la práctica y la aplicación científicas de curas preparadas. No había necesidad ni de teorías ni de cuentos de viejas y curas herborísticas.

No hay duda de que Paracelso se contradecía, y por partida doble. En primer lugar, seguía creyendo que la alquimia produciría algún día oro, y a todo lo largo de su vida emprendió una y otra vez experimentos orientados a tal fin. También siguió creyendo firmemente las historias sobre remedios a base de hierbas y plantas empleados por la gente del pueblo. La distinción parece estar en que estos eran aceptables siempre y cuando fuera él el que los diera a conocer, pero no cuando eran utilizados por algún médico rival.

Como siempre, las percepciones de Paracelso eran una combinación de lo viejo y lo nuevo, de lo audaz y lo estúpido. Había que investigar a fondo los minerales para descubrir sus propiedades; sólo entonces sería posible emplearlos como curas apropiadas para enfermedades específicas. Insistía en que los compuestos debían ser prepa-

rados de un modo preciso, a partir de productos químicos puros, no mezclados a la buena de dios, como tendían a hacer los alquimistas. Esta insistencia llevaría más adelante a una de las percepciones más importantes de la historia de la química. De hecho, es tan importante que hoy nos parece obvia, pero en tiempos de Paracelso aún no había calado. No se sabía que las propiedades de los compuestos se veían afectadas por los elementos que formaban parte de ellos. Un hecho así nos hace entender a la fuerza hasta qué punto la química embrionaria de tiempos de Paracelso permanecía aún en la oscuridad. La alquimia sólo había llevado a la química al punto en que empezaba a arañar la superficie. La esencia de la realidad, la materia en sí, seguía siendo, en su mayor parte, desconocida.

Una vez más, Paracelso practicó lo que predicaba. Su estudio de los compuestos químicos fue metódico, e incluso en nuestros días la farmacología moderna sigue pertrechada con los compuestos que investigó y prescribió: sales de zinc y cobre, compuestos de plomo y magnesio, preparaciones de arsénico para afecciones dérmicas, y así sucesivamente. Pero al mismo tiempo, Paracelso insistía en desdeñar los avances de sus rivales. Desechaba la disección considerándola «anatomía muerta»; también ridiculizaba el efecto del funcionamiento interno del cuerpo sobre las enfermedades (salvo en los casos que él mismo había descubierto).

A pesar de sus coqueteos con la alquimia, Paracelso era sin duda un químico en potencia. Siempre creyó que la vida no era más que una serie de procesos químicos. El cuerpo no era otra cosa que un laboratorio. Cuando enfermaba, era debido a un desequilibrio o una disfunción químicos. Esto podía rectificarse introduciendo productos químicos compensatorios o propiciando una respuesta química apropiada. Hasta aquí, todo correcto. Pero, una vez más, un químico de gran visión se vio aherrojado por una teoría retrógrada. La visión de Paracelso de los elementos era una variante de las ideas tradicionales. Aceptaba la tierra, el aire, el agua y el fuego de Aristóteles. También aceptaba el desarrollo árabe de los tres principios: azufre (inflamabilidad o combustión), mercurio (volatilidad y su opuesto) y sal (solidez). Paracelso veía estos principios como fundamentales y los justificaba recurriendo a la descripción tradicional de cómo arde la madera en un fuego. El mercurio era el portador del principio de cohesión, por lo

que al desaparecer en el humo, la madera se desmoronaba. El humo representaba la volatilidad (el principio mercurial), las llamas generadoras de calor representaban la inflamabilidad (azufre) y las cenizas remanentes la solidez (sal). Estos tres principios no eran la materia (que consistía en los cuatro elementos), sino las formas en que funcionaba la materia.

En 1524 Paracelso volvió finalmente a su hogar en Villach, acompañado de una gran espada que afirmaba haber adquirido mientras servía en el ejército veneciano. (A partir de entonces, llevaba la espada dondequiera que fuese. Se convirtió en su talismán, su sello. Muchos retratos de Paracelso incluyen este símbolo freudiano, que según se dice llevaba puesto incluso en la cama.) Paracelso fue bienvenido al hogar por su padre, que era ahora un respetado cuidadano entrado en años de la comunidad local. A estas alturas, en buena medida a través del autobombo, Paracelso había empezado a adquirir cierto renombre, pero al tiempo que crecía su fama, otro tanto ocurría con su soberbia. El endurecido viajero y sabio no tardó en creer que podía hacer lo que le viniera en gana y decir lo que quisiera. En 1525 tuvo suerte de salir con vida de Salzburgo tras proclamar públicamente su apoyo a la Guerra del Campesinado. Las historias sobre sus viajes están repletas de episodios similares, algunos de ellos sin duda exageraciones, pero muchos con un tinte de verdad, lo que sugiere que podrían estar basados en incidentes genuinos. Los temas recurrentes son heroicos episodios de ingesta alcohólica y protestas desenfrenadas contra la autoridad.

En 1527 Paracelso apareció en Basilea. Una influyente personalidad local le había llamado allí como último recurso en un intento de salvar su tullida pierna derecha. Los médicos locales eran todos partidarios de la amputación, pero Paracelso consiguió disuadirles de tan drástica medida justo a tiempo y consiguió una curación espectacular. Sigue sin saberse exactamente cómo lo hizo, pero no cabe duda de que lo logró.

Paracelso se había granjeado un amigo importante. Frobenius era un editor acaudalado de opiniones humanistas, cuyo negocio le había puesto en contacto con muchas de las luminarias intelectuales de Europa. Mientras Paracelso estaba tratando a Frobenius, en casa de éste se alojaba casualmente el académico renacentista holandés Erasmo.

Erasmo era un hombre de vasta cultura, que se jactaba de su posición independiente. Su actitud, poco influenciada por las enseñanzas de la Iglesia Católica, tampoco coincidía con la de los reformadores, a menudo de mente estrecha, que se aliaron con Lutero. La actitud no partidista de Erasmo ayudó a despejar el camino para los trascendentales avances en filosofía, matemáticas y ciencia que habían de producirse en los siguientes cien años. Consciente de sus propias limitaciones, fue él quien acuñó la frase: «En el país de los ciegos el tuerto es el rey». Es evidente la relevancia de tal máxima respecto a la posición de Paracelso, aunque éste jamás la habría reconocido.

Erasmo y Paracelso simpatizaron de inmediato. Es difícil imaginar qué podían tener en común un anciano académico enfermo y el curtido alquimista itinerante con tendencia a la jarana. Puede que Erasmo permaneciera sentado con «el ceño fruncido y los ojos vidriosos» a lo largo de los desbarres *iatroquímicos* de su desharrapado amigo, pero evidentemente no ponía en duda su veracidad. Le pidió a Paracelso que le tratara la gota y una dolorosa afección renal, para la que Paracelso dio con una cura. Erasmo quedó tan impresionado por Paracelso, como médico y como académico, que le escribió: «No puedo ofrecer una remuneración equiparable a vuestro arte y conocimientos». Todo un halago, procediendo del mejor cerebro de la época. Erasmo incluso se ofreció a ayudar a Paracelso a encontrar un trabajo digno de su talento.

Merced a la recomendación de Erasmo y de Frobenius, Paracelso obtuvo el puesto de oficial médico de la ciudad y de conferenciante sobre medicina en la Universidad de Basilea. Acababa de cumplir treinta y tres años. Calvo, con sus amplios y toscos rasgos suavizados por la ausencia de barba y su aire vagamente-hermafrodita, empezaba a mostrar signos de su edad: los viajes y la dureza de su vida habían dejado su impronta en él. Pero ahora, al fin, estaba en situación de hacer grandes cosas, siempre y cuando fuera capaz de comportarse.

Ése fue el problema. Paracelso era congénitamente incapaz de hacer nada parecido. Al comienzo del curso clavó el programa de futuras conferencias en el tablón de anuncios de la puerta de la universidad. Anunció que, contrariamente a la tradición, sus conferencias serían abiertas para todo aquel que quisiera asistir a ellas, y que serían pronunciadas en alemán para que todos pudieran comprenderlas. In-

cluso los alquimistas locales y los despreciables barberos-cirujanos estaban invitados a asistir. Se produjo el inevitable escándalo entre las autoridades, que reconocieron de inmediato lo que había detrás de tal gesto. Diez años antes, Lutero había clavado sus *Noventa y cinco tesis* contra las indulgencias y las falsas afirmaciones de la Iglesia Católica en la puerta de la iglesia de Wittenberg. Lutero ya no predicaba en latín; prefería el simple y sencillo alemán del pueblo. «¿Por qué me llaman el Lutero médico?» preguntó Paracelso a las autoridades con falsa ingenuidad. «Quieren que los dos acabemos en la pira.» Pero sabía que sus opiniones sólo desafiaban a la ortodoxia médica, por lo que no había riesgo de que muriera quemado. Lo que buscaba era el papel de héroe. Quería alcanzar la notoriedad en toda Europa y su conducta en Basilea le ayudaría a hacerlo.

A pesar de su sensacional estrellato, las conferencias de Paracelso no fueron en absoluto un anticlímax. Desdeñando la toga académica para su conferencia inaugural, hizo acto de presencia con su delantal de alquimista de cuero. La sala estaba atestada de estudiantes, gente de la ciudad, académicos y médicos locales, que habían asistido a ver qué clase de demencia podía ofrecerles aquel descarado personaje. No quedaron defraudados. Paracelso empezó por anunciar que desvelaría el mayor secreto de la ciencia médica. Dicho y hecho, descubrió con teatralidad una bandeja de excrementos. Los médicos empezaron a abandonar la sala asqueados mientras Paracelso les gritaba: «Si no quieren conocer los misterios de la fermentación putrefactiva, son indignos de llamarse médicos». Paracelso creía que la fermentación era el proceso químico más importante de los que tenían lugar en el laboratorio del cuerpo humano.

A continuación, Paracelso pasó a desechar sin más ambages la teoría académica imperante sobre la salud corporal. (Esta vez fueron los académicos quienes abandonaron la sala en masa.) La medicina ortodoxa de la época se atenía a la teoría de los "cuatro humores", derivada de Hipócrates. Éstos eran la sangre, la flema, la cólera (bilis amarilla) y la melancolía (bilis negra). El equilibrio de estos humores en el cuerpo gobernaba las cualidades físicas y mentales. Eran responsables tanto del temperamento de una persona como de su aspecto. Una persona colérica se dejaba llevar fácilmente por la ira y propendía a tener la cara amarilla (especialmente en momentos de irritación, cuando la

sangre abandonaba su cara). Cuando predominaba la sangre, la persona tendía a tener un temperamento sanguíneo (de *sanguis*, sangre en latín) y rostro rubicundo. El hecho de que sigamos llamando sanguínea, flemática o biliosa a la gente es un residuo de esta teoría.

Cada humor tenía su asiento en uno de los principales órganos: el corazón (sangre), el cerebro (flema), el hígado (cólera) y el bazo (melancolía). Los cuatro humores derivaban claramente de los cuatro elementos: sangre (fuego), bilis negra o melancolía (tierra), y así sucesivamente. Cuando una persona enfermaba, se debía a un desequilibrio entre los humores. Por ejemplo, un paciente con fiebre tenía un exceso de calor, o fuego. Este elemento se correspondía con el humor sangre, por lo que para remediar la fiebre se sangraba al paciente, reduciendo así el calor de su cuerpo. (Tan poderoso era el atractivo de esta ingeniosa teoría que las sanguijuelas seguirían formando parte de la parafernalia del médico durante más de dos mil años, alcanzando su acmé en el siglo XIX, mucho después de que la teoría de los cuatro humores quedara desacreditada. Ningún médico victoriano digno de tal nombre hacía acto de presencia sin llevar sanguijuelas en su valija.)

Los cuatro humores estaban también relacionados holísticamente con las cuatro estaciones, las cuatro edades del hombre y los cuatro puntos cardinales. Incluso estaban controlados por los cuatro grandes planetas: la Luna, Marte, Júpiter y Saturno (incluso hoy en día se dice que una persona proclive a la melancolía tiene un temperamento saturnino). De este modo la medicina, la astronomía, la astrología, la psicología y la alquimia estaban amalgamadas en un mundo simbólico rico en resonancias.

Pero Paracelso no quería saber nada de eso. Había que liberar a la humanidad de tanto simbolismo metafísico y sacarla al aire libre de la modernidad. El cielo y la tierra no estaban acoplados y la humanidad no estaba en el centro de todo, reflejando a ambos. (Mientras Paracelso pronunciaba sus conferencias en Suiza, en otro lugar de Europa, en Polonia, Copérnico desplazaba también a la humanidad del centro de todas las cosas mediante su sistema planetario heliocéntrico. Aunque no se atrevió a publicar su teoría hasta el momento en que yacía en su lecho de muerte, dieciséis años después.)

La verdad, según Paracelso, residía en la iatroquímica. La enfermedad debía combatirse con medicinas apropiadas, que podían pre-

pararse a partir de fuentes minerales. Los hechos incontrovertibles de la iatroquímica reemplazarían a los insípidos "humores", que seguían encadenados a los cuatro elementos de Aristóteles. Visto *a posteriori*, el significado de este desplazamiento parece crucial para la química. A partir de ahora la investigación se centraría en las propiedades reales y diversas de los compuestos químicos, en vez de adscribir cualidades químicas al equilibrio de cuatro elementos en una sustancia. En vez de cuatro notas, la química dispondría de un teclado completo sobre el que tocar.

¿Así que Paracelso fue el padre de la química moderna? Pues no. Era demasiado efervescente y complejo para limitarse a lo puramente científico. En un ejemplo clásico de esquizofrenia intelectual, Paracelso inventó también una teoría que ahora nos parece el epítome de un peculiar medievalismo. Y lo que es más, creía en su teoría, y la usaba con fines médicos, aunque contradecía punto por punto sus pioneras teorías científicas.

La «doctrina de las signaturas» de Paracelso pretendía reflejar la superior sabiduría de la naturaleza. El deber del médico era intentar comprender el lenguaje de la naturaleza, que indicaba de modo simple cómo obtener curas para casos particulares. Las plantas ofrecían ciertas pistas, que el médico había de aprender a leer. Por ejemplo, una orquídea se asemeja a un testículo, lo que significaba que era un remedio para las enfermedades venéreas; las hojas del lilo tienen forma de corazón, y por lo tanto son adecuadas para las enfermedades del corazón; la celidonia amarilla era el remedio para la ictericia, y así sucesivamente.

Si hemos de creer a Paracelso, obtuvo su sabiduría «de los campesinos», aunque incluso sus coetáneos se mostraban escépticos respecto a esta fuente, convencidos de que los campesinos tenían demasiado sentido común para caer en semejante disparate. La doctrina de las signaturas muestra todos los indicios de ser uno de los grandes ataques de perversidad de Paracelso. No iba sólo a atacar a los medievalistas, demostraría que podía dejarles con un palmo de narices.

Y desde luego que los atacó. Sólo tres semanas después de su primera conferencia, Paracelso condujo a una multitud de exaltados estudiantes a la feria de San Juan, que se celebraba en la plaza frente a la universidad. Allí quemó públicamente las obras de Galeno y Avicena,

espolvoreando azufre y nitrato sobre las llamas. Hay quien dice que fue un acto simbólico: Paracelso intentaba demostrar su fe en el poder de los productos químicos sobre los trabajos del pasado. Todo aquel que haya arrojado un petardo que contenga estas dos sustancias en una hoguera comprenderá que la acción de Paracelso no fue nada parecido. Lo que buscaba era un efecto espectacular: fuego del infierno y condenación. «Si vuestros médicos supieran que su príncipe Galeno... arde en el infierno, desde donde me ha enviado cartas, harían la señal de la cruz con la cola de un zorro. Del mismo modo, vuestro Avicena se sienta en el vestíbulo del portal del infierno.» Aquí, por primera vez, escuchamos los auténticos desvaríos del charlatán-genio. Paracelso rara vez se mostraba reticente ante sus enemigos: «¡Ay de vuestros cuellos el día del juicio! Sé que el poder será mío. Míos serán también el honor y la gloria. No es que me alabe a mí mismo: es la naturaleza quien me alaba». Detrás de la fogata y los desvaríos se ocultaba un mensaje menos explícito. Las autoridades, adecuadamente escandalizadas, vieron con toda claridad qué se proponía Paracelso. No hacía ni seis años, en las puertas de Wittenberg, Lutero había quemado públicamente la bula papal de León X en la que éste le amenazaba con la excomunión. Y eso que Paracelso negaba ser un «Lutero médico».

Paracelso se refocilaba en su recién adquirida posición y no sentía el menor reparo en exponer exactamente lo que consideraba la verdad: «Todas las universidades y todos los escritores de la antigüedad juntos tienen menos talento que mi culo». Los estudiantes le veneraban, sus conferencias se convirtieron en acontecimientos públicos y su modo de beber en las tabernas se convirtió en un escándalo público. Milagrosamente, siguió escribiendo trabajos originales. Su secretario Oporinus recordaba:

> Dedicaba todo el tiempo a la bebida y la gula, día y noche. Era imposible verle sobrio una o dos horas seguidas... Aún así, cuando más borracho estaba y venía a casa a dictarme, era tan consistente y lógico que ningún hombre sobrio podría haber mejorado sus escritos.

Al parecer Oporinus las pasó canutas con su amo:

> Durante la noche, en todo el tiempo que estuve con él, jamás se desvestía, lo que yo atribuía a su embriaguez. A menudo llegaba a casa bebido, después de medianoche, se tiraba sobre la cama vestido con la espada puesta, que decía haber obtenido de un verdugo. Casi no había tenido tiempo de caer dormido cuando se levantaba, blandía su espada como un demente, la arrojaba al suelo o contra la pared, de modo que a veces temí que me matara.

En el trabajo era aún peor.

> Sus fogones ardían con un fuego constante, con sus álcalis, *oleum sublimati*, *rex praecipitae*, aceite de arsénico, *crocus martis* o su milagroso *opoldeltoch* y sabe Dios qué otra pócima. Una vez estuvo a punto de matarme. Me dijo que mirara el espíritu que había en su alambique y me acercó tanto la nariz a él que el humo penetró en mi boca y mi nariz. Me desmayé por la virulencia del vapor... Fingía que era capaz de profetizar grandes cosas y que conocía grandes secretos y misterios. Así que jamás osé meter las narices en sus asuntos, me daba miedo.

Merece la pena referir con cierta extensión el testamento del sufrido Oporinus. En él se traslucen todas las facetas del carácter de su maestro:

> Era un derrochador, de modo que a veces no le quedaba ni una moneda, pero a la mañana siguiente me mostraba una bolsa llena. A menudo no podía por menos que preguntarme cómo la habría obtenido. Todos los meses se hacía confeccionar una nueva casaca y regalaba la vieja al primero que pasaba; pero solía estar tan sucia que yo jamás acepté ninguna.

Es posible que Paracelso se identificara en ocasiones con Lutero, pero su referencia a que la naturaleza le alababa, junto con la aseveración de que el día del juicio "la monarquía" sería suya, así como "el honor y la gloria", sugiere alucinaciones aún más grandiosas. Así pues, no es de extrañar su actitud hacia la religión.

> Jamás le oí rezar o inquirir sobre la doctrina evangélica practicada en nuestra ciudad. No sólo despreciaba a nuestro buen predicador, sino que amenazaba con que algún día, como había hecho con Hipócrates y Galeno, les dejaría las cosas bien claras a Lutero y al Papa. Afirmaba también

> que hasta el momento nadie que hubiera escrito sobre las Sagradas Escrituras había comprendido su correcto significado.

Un teólogo recordaba: «Tuve varias discusiones religiosas y teológicas [con él]. Si había en él la menor traza de ortodoxia, no alcancé a percibirla. En lugar de ello, hablaba mucho de una magia que él mismo había inventado». Mientras tanto su fama siguió extendiéndose, y sus conferencias atraían multitudes cada vez mayores. Sus estudiantes mejor dotados estaban pendientes de sus palabras: la iatroquímica era el camino hacia el futuro y se consideraban a sí mismos sus discípulos. Ya nada podría detenerle. Al fin lograría lo que merecía y ocuparía su lugar como uno de los grandes hombres de su tiempo.

En medio de todo esto es difícil imaginar de dónde sacaba tiempo Paracelso para ejercer sus tareas mundanas como oficial médico de la ciudad. Pero lo sacaba de algún sitio y los médicos y farmacéuticos de la ciudad no tardaron en lamentar el día en que Paracelso había puesto pie en Basilea. No contento con dar conferencias sobre iatroquímica, se empeñó en poner ésta en práctica. Insistió en hacer una gira de inspección de todas las boticas locales, con resultados predecibles. Los estantes de infusiones, fumigaciones, ungüentos y bálsamos fueron condenados como inútiles; las prescripciones preparadas por los boticarios desechadas como «caldos infames». Para deleite de sus estudiantes, declaró: «Tras mi muerte mis discípulos saldrán a la superficie, os arrastrarán a todos a la luz y desvelarán vuestras sucias drogas, con las cuales habéis causado la muerte de príncipes». Empezó a preparar sus propias medicinas en su propia "cocina", con la ayuda del desdichado Oporinus, y a distribuir éstas gratuitamente entre los enfermos y necesitados.

A los médicos no les fue mejor. El que hubieran aprobado unos exámenes en Nuremberg no significaba que tuvieran licencia para despellejar a sus pacientes. Incluso sus pacientes más ricos y poderosos podían sentirse demasiado sobrecogidos ante ellos para poner en cuestión sus prácticas, pero Paracelso no. Las sangrías y torturas que infligían a los enfermos no eran más que tonterías. Su tratamiento de las heridas envolviéndolas con musgo o estiércol seco era positivamente dañino. Las píldoras, pociones y lociones que prescribían eran innecesarias. El objetivo de los médicos debía ser curar al paciente, no hacerse ricos y bombear dinero a los bolsillos de sus compinches los boticarios.

Pero sus consejos no eran siempre negativos. Los años que pasó tratando todo tipo de pacientes y afecciones en sus viajes a lo largo y ancho de Europa le habían dotado de considerable experiencia en el tratamiento práctico de las enfermedades. Sus teorías en este campo emanaban de un gran bagaje experimental, no desprovisto de ocasionales tintes de perversidad.

Incluso su famosa doctrina de las signaturas se hacía eco, de hecho, de una comprensión mucho más honda de la práctica correcta. La naturaleza tenía sus propios poderes y había que dejar que éstos actuaran sin interferencias. «Si impides la infección, la naturaleza sanará la herida por sí misma.»

Esta práctica podía ser intachable, pero dejaba medicamentos y pociones sin vender en los estantes de las boticas. La simplicidad del enfoque de Paracelso destruía también la onerosa mística del arte de la medicina. Antes, Paracelso había sido meramente objeto del ridículo y el escándalo. Ahora las cosas empezaban a ser más graves. Empezaban a tocarle el bolsillo a la gente. Pero la distribución gratuita de medicinas y de asesoramiento médico, igualmente gratuito, le hacían popular entre los pobres. Y Frobenius y sus colegas humanistas eran amigos poderosos. Aquel hombre podía tener sus debilidades, pero su pensamiento concordaba con las nuevas ideas que recorrían Europa. Allí había una escoba capaz de barrer las viejas supersticiones y prejuicios del pasado.

Entonces llegó el desastre. Sólo cinco meses después de que Paracelso pronunciara su primera conferencia en la universidad, Frobenius murió en el transcurso de un viaje a Frankfurt. Los enemigos de Paracelso se aferraron a su oportunidad, extendiendo el rumor de que Paracelso había envenenado a Frobenius con sus nuevos productos químicos. De hecho ocurrió todo los contrario. Paracelso había rogado encarecidamente al anciano Frobenius que no emprendiera el viaje de ida y vuelta a caballo hasta Frankfurt, de casi doscientos kilómetros. Su constitución era demasiado débil. La prognosis de Paracelso fue correcta: Frobenius murió de un ataque cardíaco, no por el efecto de productos químicos.

Pero los días de Paracelso en Basilea estaban contados. Las cosas llegaron a su punto culminante cinco meses más tarde, debido a un problema ante los tribunales. Paracelso había sido llamado para tratar

a un rico canónigo, que le había ofrecido la suma de 100 guilders, asombrosamente elevada, si tenía éxito. Paracelso le curó rápidamente con sus medicinas, tras lo que el canónigo le pagó tan sólo 6 guilders, afirmando que era más que suficiente a cambio del tiempo y el esfuerzo que había invertido en el caso. Paracelso le llevó ante los tribunales. Los magistrados locales, entre los que había varios humanistas, pondrían las cosas en su sitio.

Pero los tiempos habían cambiado para Paracelso. Esta vez le tocó el turno de sufrir las afrentas. En una explosión característica, denunció públicamente a los magistrados por corrupción y complicidad. Calumniar a los magistrados de la ciudad era una grave ofensa, punible con una larga sentencia de cárcel e incluso con la pena de muerte. Se dictó una orden de arresto contra Paracelso, pero afortunadamente recibió un chivatazo y consiguió huir de la ciudad al amparo de la oscuridad.

Los diez meses que pasó en Basilea fueron el cénit de su carrera. Una vez más estaba en la carretera. En ocasiones pasaba unos cuantos meses de comodidad en casa de un admirador, otras veces se veía reducido a ser poco más que un vagabundo que ofrecía «curas milagrosas». Un informe le describe vestido con «el atavío de un mendigo».

En 1528 Paracelso llegó al floreciente centro comercial de Nuremberg. Su reputación le había precedido y no tardó en ser denunciado ante las autoridades como impostor. Para refutar tal cargo, se dice que Paracelso demostró su talento curando algunos casos de elefantiasis que se habían resistido a todos los médicos locales. Si en verdad tuvo éxito en tales curas, fue un logro extraordinario, ya que no se encontró remedio alguno para esta afección hasta finales del siglo XIX. Pero según su biógrafo Hartmann, aún pueden encontrarse testimonios de la hazaña de Paracelso «en los archivos de la ciudad».

Dos años más tarde, Paracelso visitó de nuevo Nuremberg. (O tal vez se tratara de la misma visita, ya que es difícil seguir la pista a sus constantes desplazamientos. Además hay ciertas semejanzas con la historia anterior, aunque una vez más hay testimonios que avalan su veracidad.) Esta vez, se dice que Paracelso molestó a las autoridades ridiculizando en público las enseñanzas de Galeno y Avicena, que seguían siendo el núcleo del programa de estudios de la prestigiosa facultad de medicina local. Como resultado, a Paracelso se le pidió que

demostrara la superioridad de su nuevo método curando a algunos pacientes de sífilis, que empezaba a extenderse por el continente en las primeras décadas del siglo XVI. (En general, se cree que la enfermedad fue introducida en Europa desde el recién descubierto continente americano por marineros españoles, aunque algunos estudiosos creen hoy que la lepra mencionada en la Biblia era, en algunos casos, sífilis.)

En estos primeros días de la enfermedad (o de su virulenta reaparición) sus manifestaciones eran horribles y terriblemente dolorosas. La piel del paciente se cubría de pústulas, que se transformaban en llagas abiertas mientras la carne se pudría separándose de los huesos en medio de un hedor a supuración. Los catorce sifilíticos de Nuremberg habían sido confinados en una empalizada de cuarentena fuera de las murallas de la ciudad, al haber descartado los médicos locales toda posibilidad de tratamiento. Se dice que Paracelso curó a nueve de estos marginados. Y una vez más, hay pruebas de esta hazaña en los registros de la ciudad.

En 1530, Paracelso publicó una amplia descripción de la sífilis, la primera descripción realmente clínica de esta enfermedad. También afirmó que podía curarse administrándole al paciente dosis estrictamente limitadas de compuestos de mercurio, por vía interna, a intervalos determinados. Hoy se sabe que otros médicos habían empezado a emplear este tratamiento algunos años antes. Es difícil determinar si Paracelso estaba o no al corriente de ello. Los compuestos de mercurio seguirían siendo el tratamiento estándar para la sífilis; causaban casi tanto sufrimiento como la enfermedad, además de ser tan venenosos que en ocasiones acababan por matar al paciente. Fue este tratamiento el que inspiró el dicho popular de que «una noche con Venus conduce a una vida con Mercurio». Ésta siguió siendo una práctica estándar hasta que el revolucionario tratamiento con Salvarsan de 1909 sustituyó el mercurio por compuestos de arsénico.

Cuatro años más tarde, Paracelso estaba aplicando su método homeopático de inoculación a las víctimas de la plaga en Stertzing. Se dice que allí curó a pacientes (y/o los inoculó) administrándoles píldoras de pan amasado impregnado con una minúscula cantidad de heces de pacientes infectados.

Recién entrado en la cuarentena, Paracelso decidió que había llegado el momento de poner por escrito de un modo sistemático sus

vastos conocimientos médicos. Finalmente los publicó en 1536 bajo el nombre de *Die Grosse Wundartzney* (*El gran libro de la cirugía*). La obra no tardó en gozar de gran demanda y durante un tiempo a Paracelso las cosas le fueron razonablemente bien en el aspecto económico. Era tan famoso que hasta los príncipes le llamaban a consulta, pero su comportamiento notorio y provocador garantizó que también siguiera siendo un personaje infamante. Hasta a sus fieles discípulos les resultaba una persona difícil: «Farfulla entre dientes sin cesar. Cuando se dirige a otros, difícilmente pueden comprenderle. Pasa mucho tiempo ante su horno preparando polvos pero es incapaz de tolerar que nadie le ayude. Se irrita mucho si se le habla. De repente le dan ataques y grita como un animal herido. Se impacienta ante la menor equivocación de sus amanuenses».

Pero la calidad de su trabajo seguía sin tener parangón, como ejemplifican sus «enfermedades del tártaro», expresión con la que aludía a la gota, la artritis, las piedras en la vesícula y dolencias similares. Todas ellas eran frecuentes en tiempos medievales, debido a la dieta rica pero desequilibrada. Pocos escapaban a la dolorosa gota una vez entrados en años.

Según Hipócrates, la gota se debía a un desequilibrio entre los cuatro humores, que tenía como resultado una "defluxión" que restringía el flujo de humores al pie. Para Hipócrates, la gota, la artritis y enfermedades similares eran manifestaciones del proceso de envejecimiento, y por tanto incurables. Paracelso no estaba de acuerdo. Se trataba de enfermedades químicas, que podían tratarse mediante la iatroquímica. Eran el resultado de una acumulación de tártaro, que en la artritis bloqueaba las articulaciones y en la gota se depositaba en dolorosos nódulos en el pie. Ésta obedecía al mismo proceso que depositaba tártaro en los barriles de vino y sarro en los dientes. El tártaro del cuerpo procedía de los alimentos y los líquidos, y normalmente era eliminado en los procesos digestivos. En algunos casos la digestión era defectuosa, o bien el agua local tenía un exceso de tártaro. (Paracelso se jactaba de que en su Suiza nativa el agua era tan pura que nadie sufría de gota, artritis o piedras en la vesícula.) Si la enfermedad no estaba demasiado avanzada, era posible expulsar el tártaro ingiriendo una sustancia que reaccionara con él, como la sal de Rochelle (tartrato sódico potásico). En este punto hacía una descripción temprana, fasci-

nantemente detallada, de cómo un desequilibrio químico podía ser causa de una enfermedad: uno de los primeros ejemplos de etiología médica científica genuina.

Uno de los remedios más eficaces de Paracelso fue el láudano. Se trataba de una poción de opio crudo, que empleaba para aliviar toda una gama de trastornos. De hecho hubo momentos en que pareció considerarlo poco menos que una panacea. Afirmaba haber inventado esta medicina, pero probablemente la trajera de vuelta de sus viajes a Constantinopla. Sea como fuere, desde luego fue él quien le puso nombre, derivado de *laudare*, alabar. También conservó en secreto sus ingredientes durante muchos años. Cuando los pacientes acaudalados pedían tratamiento con aquella milagrosa y balsámica nueva medicina, Paracelso les cobraba una fortuna, afirmando que contenía pan de oro y perlas sin perforar. Según una descripción de la época, administraba el láudano en píldoras «que tenían la forma de excrementos de ratón». Posteriormente el nombre fue utilizado para describir una solución de opio en alcohol. El láudano de Paracelso siguió siendo un arma de importancia en el arsenal médico hasta finales del siglo XIX, aunque el exceso en su uso a menudo conducía a la adicción. Una de las bebidas favoritas de los poetas románticos fue el "opio", al que eran adictos De Quincey, Baudelaire y Coleridge. (Paracelso dista mucho de ser el último en considerar los narcóticos como una panacea; más de trescientos años más tarde, en Viena, el joven doctor Freud cometió el mismo error con la cocaína.)

Paracelso era igualmente arrogante en sus prescripciones de remedios químicos. El exceso de confianza en su infalibilidad hacía que frecuentemente tratara a sus pacientes con compuestos de mercurio y antimonio, a pesar de que estas sustancias eran tóxicos bien conocidos. Puede que los dignos médicos y boticarios que se oponían a los métodos de Paracelso no actuaran totalmente motivados por una superstición ignorante y por consideraciones egoístas.

En Paracelso podemos discernir cómo van emergiendo los elementos de la química a través de la tóxica nube de humo de la alquimia. ¿Pero qué hay de los elementos químicos en sí? Aquí también Paracelso se superó a sí mismo. La mena del zinc se conocía desde tiempos prehistóricos, y también el latón, una aleación de cobre y zinc. No obstante, es probable que Paracelso fuera el primero en dar-

se cuenta de que el zinc era metálico. También descubrió un método para aislar el arsénico metálico, mezclando el sulfuro con cáscaras de huevo, y describió el metal resultante como «blanco como la plata», aunque probablemente Alberto Magno le antecediera en el aislamiento de este elemento.

Es posible que Paracelso fuera el primero en describir las propiedades de otros dos elementos, el bismuto y el "kobold" (cobalto), aunque desde luego no fue su descubridor. Paracelso se topó por primera vez con el bismuto en las minas Fugger. Los mineros austríacos de la época creían firmemente en la teoría aristotélica de la evolución de los metales. Según ésta, el largo proceso de la transmutación natural daba lugar a tres tipos de plomo: plomo ordinario, estaño y bismuto. Este último era el más próximo a la plata. Como resultado, cuando descubrían una nueva veta de bismuto, los mineros tenían por costumbre exclamar: «Vaya por Dios, hemos llegado demasiado pronto». En cuestión de unos cuantos años, o eso creían, se habría convertido en plata.

Paracelso describió las propiedades del bismuto, aunque sin darse cuenta, por supuesto, de que se trataba de un elemento. Simplemente descubrió que era incapaz de descomponer aquella sustancia aún más con los medios a su disposición. La química no era aún una técnica coherente, sino más bien una creciente proliferación de técnicas. No obstante, resultaba evidente que algo empezaba a emerger de las cocinas del infierno de la alquimia: una disciplina totalmente diferenciada de la búsqueda del oro. Hay quien dice que Paracelso fue el primero en hacer referencia a esta disciplina denominándola química.

Paracelso fue también el primero en mencionar el metal cobalto, o "kobold". Los compuestos de cobalto se conocían desde la antigüedad. Los egipcios y los griegos los usaron para teñir cristal y joyas artificiales, dándoles un atractivo azul traslúcido, como puede apreciarse en las muestras encontradas en la tumba de Tutankhamon. La palabra deriva del griego *kobalos*, nombre que los supersticiosos mineros de la antigüedad daban a los duendes de los pozos subterráneos. A estas maliciosas presencias se les atribuían derrumbamientos y explosiones, y en ocasiones se les acusaba de hechizar a los mineros. (La palabra inglesa *goblin* tiene la misma raíz.) Los mineros, a lo largo de los siglos, llegaron a pensar que todos los compuestos del cobalto eran muy ve-

nenosos, y eran colocados en las minas por los *kobolds*. Incluso Goethe hace referencia a estos demonios en su *Fausto*. El cobalto había sido aislado por los alquimistas, si bien involuntariamente, en la Edad Media, pero Paracelso parece haber sido el primero en reconocer en él un nuevo elemento metálico.

Por primera vez en dos milenios empezaban a descubrirse otros elementos. Las nuevas técnicas explicaban el descubrimiento, por aquellos tiempos, de otro elemento metálico más: el antimonio. También éste era conocido desde la antigüedad, pero sólo en forma de sulfuro. Era empleado por las mujeres de Oriente Medio para oscurecer sus ojos y sus cejas para resultar más seductoras. Hay varias referencias a esta práctica en la Biblia, la más conocida de las cuales es la que menciona la mala reputación de Jezabel, que «se pintaba los ojos y adornaba su pelo, y permanecía en pie mirando por la ventana». (A través de la que fue posteriormente arrojada, siendo su cuerpo devorado por los perros.) El nombre en árabe de la sustancia con la que Jezabel se pintaba los ojos era *kohl*. Por una serie de equívocos, esta palabra acabó aplicándose a líquidos destilados, y finalmente al líquido destilado al-kohl, que había de convertirse en nuestro alcohol. Los orígenes de la palabra antimonio son aún más surrealistas. Implican al legendario abate y alquimista del siglo XV Basil Valentinus (que como hoy se sabe era el seudónimo de un tal Johan Thölde, un respetable concejal alemán del siglo XVI que practicaba la alquimia pero quería conservar su trabajo). Se dice que un día, tras concluir su tarea, Valentinus vació algunos recipientes que contenían antimonio a través de la ventana de su celda. Éste fue devorado por los cerdos, que se pusieron enfermos. Cuando se recobraron, comieron desordenadamente para compensar el peso que habían perdido. Pero, siendo como eran cerdos, y haciendo honor a su nombre, comieron en exceso, poniéndose francamente gordos. Valentinus pensó que podía ser una magnífica manera de engordar los cerdos del monasterio de cara a la Navidad. A continuación decidió ir un poco más allá. Como abate, decidió que a los monjes que tenía a su cargo les vendría bien engordar un poco, de modo que introdujo encubiertamente algo de antimonio en su dieta. Por desgracia, muchos de sus monjes, ascetas ellos, tenían el organismo tan debilitado por el ayuno que murieron antes de tener oportunidad de engordar. La sustancia que habían consumido recibió el nom-

bre de "anti-monakhos" (antimonjes, de ahí antimonio). Una historia plausible. Por desgracia, los aguafiestas modernos han señalado que el nombre de antimonio había sido mencionado por Constantino de África en su traducción de la farmacopea de Avicena, unos cuantos siglos antes de que naciera el legendario Valentinus.

A pesar del impagable trabajo de Paracelso en favor de la química, no es posible eludir el hecho de que era también en buena medida un alquimista en la vieja tradición de los hechiceros. A todo lo largo de su vida siguió buscando ávidamente la piedra filosofal, que estaba seguro era el elixir de la vida. En un momento dado incluso sugirió que la había encontrado y la había consumido. Viviría eternamente, le contaba a su público boquiabierto en la plaza del mercado antes de desplazarse a un nuevo destino.

Pero incluso en su práctica de la alquimia Paracelso fue capaz de mantener una elevada perspectiva científico-química. Desde su punto de vista, el universo había sido creado por un químico supremo. Creía que el mito de la creación, tal y como se relataba en la Biblia, no era más que un alegoría química que describía un gigantesco experimento de siete días. (Eso podría aclarar su afirmación de que sólo él comprendía las Sagradas Escrituras, además de explicar por qué guardó silencio al respecto. La idea de Dios el Alquimista podría no haber cuadrado con la teología vaticana.)

Dado que el universo había sido creado por un químico, obedecía las leyes químicas. La química consistía en desvelar los secretos de cómo funcionaba el universo. Para Paracelso el universo y la experimentación alquímica suponían «llevar a su extremo algo que aún no ha sido completado». Comparaba esto con el proceso de la digestión o de la cocina. Por desgracia, esta percepción científica embrionaria estaba también desfigurada por una gran profusión de las habituales estupideces metafísico-alegórico-místico-astrológicas, sazonadas por los típicos aires de grandeza de Paracelso. El verdadero conocimiento alquímico sólo podía ser impartido por un mago-profeta poseedor de poderes sobrenaturales. El conocimiento había sido transmitido de mago a mago desde el comienzo de los tiempos y, por supuesto, no había duda sobre quién era el mago de aquella era en particular. El público de los mercados al igual que los discípulos contenían la respiración en presencia de aquel ser maravilloso,

que en ocasiones parecía prácticamente poseído por el demonio. No por casualidad Goethe basó su *Fausto*, al menos en parte, en el personaje de Paracelso.

En 1538 Paracelso regresó de nuevo a su casa de Villach, sólo para descubrir que su padre había muerto cuatro años antes. Los buenos ciudadanos de Villach habían respetado al padre de Paracelso, pero no querían saber nada de su notorio hijo. Paracelso fue expulsado, ni siquiera pudo tomar posesión de la casa y propiedades que había heredado. Sin hogar, como siempre, siguió vagando de ciudad en ciudad, recorriendo Suiza, Austria y Alemania. «Ya no sé adónde encaminar mis pasos. Ni me importa, siempre y cuando pueda ayudar a los enfermos.» Pero los viejos hábitos perduran, según los informes de testigos presenciales: «Desafió a una posada llena de campesinos y bebió más que ninguno de ellos, hasta dejarlos inconscientes, metiéndose los dedos en la garganta de cuando en cuando, como un gorrino». Los años de vagabundeo y alcohol, de desesperación ocasional y pobreza habitual, por no mencionar su incansable autobombo y grandilocuencia, empezaban a cobrarse su precio. Mediaba ya los cuarenta, pero había envejecido más allá de su edad.

Paracelso sufría desde hacía mucho tiempo manías de grandeza divina y creía que sólo él comprendía la Biblia. Pero aparte de esto, prestaba poca atención a la religión convencional. Su alquimia era su religión y su metafísica incoherente era la fuente de su teología. Aún así, hay indicios de que en algún momento quizá experimentara una conversión a alguna creencia más ortodoxa. Hay indicios de una mayor hondura espiritual en sus escritos: «La hora de la filosofía [es decir, tanto de la alquimia como de la ciencia] ha llegado a su fin. La nieve de la desdicha se ha fundido. Ha llegado el verano y no sé de dónde ha venido». Llegó a aceptar su abandono y su pobreza como un signo. «Bendito sea aquel a quien Dios ha otorgado el don de la pobreza.»

En 1540, a los cuarenta y seis años de edad, consiguió al fin obtener un empleo en Salzburgo. Envejecido y decrépito, Paracelso entró al servicio de un príncipe-arzobispo, el duque Ernesto de Baviera quien, a pesar de su elevada posición eclesial, era también en cierto modo un aficionado al oscuro arte. Al cabo de un año, Paracelso había muerto.

Como cabía esperar de un mago que había ingerido el elixir de la vida, las circunstancias exactas de su muerte siguen siendo hasta cier-

to punto un misterio. Paracelso residía en la posada *El caballo blanco* de Salzburgo. Como de costumbre, no tardó en ganarse el antagonismo de los boticarios, médicos, y académicos locales que se cruzaron en su camino intelectual. Pero el duque siguió siendo amigo suyo, lo que fue fuente de cierta irritación entre los lugareños. Se dice que la noche del 21 de septiembre de 1541 Paracelso sufrió una grave caída cuando regresaba a la posada. Nada extraño, sospecharía uno. Pero no se sabrá jamás qué fue exactamente lo que ocurrió en la estrecha y sombría calleja esa noche. Se rumoreó que había tenido una trifulca con un grupo de matones, quizá contratados por los médicos locales para propinarle una paliza o algo peor. Sea como fuere, Paracelso murió tres días después, el 24 de septiembre.

No habían transcurrido dos años cuando Copérnico publicó su obra en la que situaba el Sol en el centro del sistema planetario, y la revolución científica se puso en marcha.

5. PRUEBA Y ERROR

Pasarían varios años antes de que se comprendiera plenamente el significado de la idea de Copérnico; a estas alturas empezaba a verse respaldada por una serie de anteriores trabajos científicos que hasta entonces habían sido ignorados o en gran medida olvidados.

La imagen, generalmente aceptada, de que la época medieval fue poco menos que incapaz de generar un avance científico real no es del todo precisa. Como en la mayoría de las grandes generalizaciones históricas, hubo excepciones. Se trata de un periodo que nos dio la carretilla y las obras maestras colectivas de las catedrales góticas, y que generó también la primera explicación científica del arco iris. Esta última fue obra del monje del siglo XII Dietrich von Freiberg, del que se sabe poco salvo que pudo ser pupilo de Alberto Magno en París. Hasta su nombre nos ha llegado en una variedad de versiones, desde Theodorus Teutonicus de Vriberg a Vribergensus a secas, y ni siquiera sabemos exactamente de qué Freiberg de Alemania procedía. Pero no hay dudas acerca de su *De Iride* (*Sobre el arco iris*). En él las matemáticas y la investigación científica se fundían para producir el primer gran trabajo sobre óptica desde Aristóteles. (Fue un terreno que había de inspirar las obras de las mejores mentes de los siguientes siglos: Descartes y Kepler en el siglo XVII, Newton y Kant en el XVIII y Gauss, «el príncipe de los matemáticos», en el XIX.) En una etapa en la que prácticamente no existía noción alguna acerca de la experimentación, salvo en los sótanos de los alquimistas, Dietrich von Freiberg concibió un experimento cuya originalidad y perspicacia quitan el aliento. ¿Cómo podía analizar qué causaba el arco iris? Estudiando una pequeña gota de agua suspendida en el aire sobre la que incidía la luz del sol. Para hacerlo, Dietrich se limitó a llenar de agua un recipiente esférico de cristal y a seguir el rastro de la luz difractada y reflejada al atravesarlo para estudiar el efecto arco iris. Por medio de este experimen-

to pudo ofrecer explicaciones teóricas de cómo el arco iris produce sus diferentes colores, por qué forma un arco, por qué el arco iris primario frecuentemente tiene un segundo arco superior, y por qué dos personas, una al lado de la otra, no ven en realidad el mismo arco iris. Un pensamiento teórico semejante, basado en la experimentación, resplandece como un faro en un mundo de oscuridad científica.

Un siglo más tarde apareció un pensador científico, filósofo y matemático cuyas ideas podrían haber cambiado el mundo, pero que por algún motivo, no lo hicieron. Nicolás de Cusa iba demasiado por delante de su tiempo; sus visionarias ideas científicas sólo se verían confirmadas más adelante. Sus técnicas experimentales se anticipaban a la limpieza, la precisión y la atención al detalle que caracterizan al moderno laboratorio químico.

Nicolás de Cusa nació en 1401 y era hijo de un pescador moderadamente próspero del Rin. No tardó en demostrar que poseía una mente excepcional, pero atrajo la atención por primera vez tras sus investigaciones sobre la Donación de Constantino, el documento del siglo IV por el cual el emperador cedía supuestamente el dominio de las iglesias Bizantina y Romana al Papa. Era considerada la prueba definitiva del derecho del Papa a la supremacía. Nicolás de Cusa demostró que el documento no era más que una falsificación que databa del siglo VII.

A los treinta y seis años fue nombrado miembro de la delegación que partió de Roma hacia Constantinopla para negociar una reunificación de las iglesias Bizantina y Romana, tarea que hasta entonces había frustrado a todos quienes la habían emprendido, incluido Tomás de Aquino. Sin embargo, la delegación de Nicolás de Cusa tuvo éxito y abrió el camino hacia un acuerdo. (No fue culpa suya que éste se mantuviera poco más de un año, hasta que los bizantinos decidieron que en realidad no habían acordado nada, poniendo así fin a toda esperanza de ayuda de Occidente y garantizando su caída en manos de los turcos otomanos quince años después.)

En 1440, a la avanzada edad de treinta y nueve años, Nicolás de Cusa fue ordenado sacerdote. Empezó a publicar trabajos de importancia en los que expresaba ideas muy heterodoxas. El primero fue *Idiota de Mente*, que cabría traducir como *Un idiota expresa lo que piensa*, aunque en aquellos tiempos un *idiota* era un lego o individuo

que no ocupaba cargo público alguno. El texto es un diálogo entre un filósofo, que representa los puntos de vista aristotélicos tradicionales, y el mencionado idiota. Cosa interesante, es el idiota el que formula los puntos de vista de Nicolás. Éstos reflejan una visión matemático-científica del mundo platónico. «La pluralidad de las cosas surge de esto, de que la mente de Dios entiende una primera cosa de una manera y una segunda de otra.» La matemática es la mente de Dios y ése es el modo en que funciona el mundo. El uso del número conduce al descubrimiento científico. Pitágoras creía que el mundo era, en última instancia, matemático; Nicolás de Cusa introdujo la idea de que las matemáticas aplicadas eran el modo de conocer el mundo. Esto trae consigo el conocimiento práctico. «Sólo la mente cuenta. Si se elimina la mente, los números no existen por sí mismos.» La medición, la equiparación de partes discretas del mundo con cantidades numéricas: ahí estaba la clave.

El idiota que pronunciaba estas palabras fue la salvación de Europa. Fue el tipo de hombre que rescató al pensamiento occidental del estancamiento. Un lego que actuaba en el mundo real del comercio y el trabajo práctico y que, con todo, pensaba también sobre filosofía. Sólo un hombre así podía dar a luz a la ciencia. Puede que Nicolás de Cusa fuera un sacerdote, y muy versado en teología, pero comprendía que el pensamiento seglar era el camino a seguir.

En esta fase, China iba muy por delante de Europa, pero a partir de este momento, el portador de la antorcha de la civilización sería Occidente. ¿Qué fue lo que falló en China? Los filósofos y los pensadores se habían alejado de los legos y los mercaderes. Los pensadores ya no se mezclaban con los productores. Nicolás de Cusa fue el heraldo de su unión en Europa, una unión que daría lugar al pensamiento científico.

Nicolás de Cusa creía que un hombre instruido era aquel consciente de su propia ignorancia. Semejante actitud tiene sus peligros. Puede conducir a un espiritualismo resignado (retirada del mundo, misticismo, estoicismo y similares), o a la introversión (en vez de conocer el mundo, el «conócete a ti mismo» de Sócrates), pero en este caso no fue así. Para Nicolás de Cusa era un estímulo en la búsqueda del conocimiento, que aludía también a la naturaleza provisional de ese conocimiento, siempre abierto a ser mejorado. «Del mismo modo que

un polígono inscrito en un círculo aumenta el número de sus lados pero nunca se convierte en un círculo, así la mente se aproxima a la verdad pero nunca coincide con ella... El conocimiento es, en el mejor de los casos, conjetura.» Una vez más reaparece el concepto profundamente científico de la teoría, tras una ausencia de alrededor de un milenio y medio.

A Nicolás de Cusa le gustaba emplear imágenes matemáticas para ilustrar su filosofía. Incluso comparaba la búsqueda de la verdad por parte de la humanidad con la cuadratura del círculo. (Este rompecabezas matemático había llegado a obsesionar a los matemáticos medievales. El objetivo era construir un cuadrado de área igual a la de un círculo empleando tan solo regla y compás. Hubo de transcurrir algún tiempo antes de que se demostrara que la empresa es imposible. Un círculo trazado con un compás tendrá siempre un radio de longitud mensurable, que por tanto podrá considerarse una unidad I. Por tanto su área es $\pi \times I^2 = \pi$. Por consiguiente, la arista de un cuadrado de idéntica área será igual a $\sqrt{\pi}$. Pero π es un número irracional: su valor es 3,141592653589793... y así hasta el infinito, sin secuencias repetitivas de números. Por lo tanto, es imposible cuadrar el círculo empleando una regla y un compás.)

Puede que las ideas científico-filosóficas de Nicolás de Cusa fueran excepcionalmente avanzadas, pero sus ideas científicas en concreto eran explosivas. Creía que la Tierra giraba sobre su eje, lo que le llevó a concluir que giraba en torno al Sol. Dedujo que las estrellas eran iguales que nuestro sol, y que también ellas debían tener planetas habitables en órbita. Ulteriores especulaciones le llevaron a la conclusión de que el universo era infinito. Y dado que carecía de centro alguno, en el espacio no existían el "arriba" y el "abajo". Algunas de estas ideas permanecerían por delante de su tiempo hasta el alba del siglo XX.

Irónicamente, Nicolás de Cusa llegó a muchas de estas conclusiones como resultado de la aplicación de un principio básicamente metafísico inventado por él mismo. Se trataba de su *coincidentia oppositorum*, es decir, que los extremos se tocan. (Tomemos, por ejemplo, opuestos tales como un círculo y una línea recta. Según Nicolás de Cusa éstos se volvían coincidentes cuando se extendían hasta el infinito: la circunferencia de un círculo de radio infinito es una línea recta.)

Aplicó este principio tanto geométrica como teológicamente, entremezclando a menudo ambas cosas. Sus ideas seguían siendo medievales en la medida en que contenían mucha teología. El factor significativo es que con su *coincidentia oppositorum* aplicó un nuevo modo de pensar a la resolución de problemas previamente insolubles. La *coincidentia oppositorum* era esencialmente una herramienta teórica —que no había sido empleada por Aristóteles y por tanto permitió a De Cusa pasar por alto las ideas de éste—.

Las ideas cosmológicas de Nicolás de Cusa no se basaban en pruebas experimentales, observaciones precisas o cálculos matemáticos. Su forma teológica, así como el oscuro principio original del que partían, pueden explicar en parte por qué Nicolás de Cusa no tuvo problemas con la Iglesia. Por el contrario: diez años después de ser ordenado fue nombrado obispo y posteriormente cardenal. No obstante, no permitió que tales cargos públicos le distrajeran de sus actividades intelectuales.

Puede que a muchas de las ideas de Nicolás de Cusa les faltara respaldo experimental, pero esto no se debió a falta de capacidad alguna en la esfera práctica. Cuando dirigía su mirada a asuntos prácticos no tenía parangón, su trabajo no conocía límites. Una vez más, lo que contenía la llave del conocimiento era la noción de la medición matemáticamente precisa. Midiendo los diferentes pesos de una bola de lana que absorbía agua del aire era posible determinar la humedad de éste. Virtiendo pesos iguales de agua en un recipiente cuadrado y otro circular era posible calcular el valor de π con un elevado grado de precisión. Pero no todos sus experimentos involucraban el uso de balanzas. Al igual que Roger Bacon antes que él, sugirió una muy necesaria modificación del calendario. (A estas alturas el defectuoso cálculo de la longitud del año había hecho que el calendario juliano se desajustara en casi una semana.) Nicolás de Cusa fue pionero en el desarrollo de gafas cóncavas para corregir la miopía, propuso la utilización del pulso como técnica diagnóstica y trazó uno de los primeros mapas fiables de Europa, incorporándole la latitud y la longitud. Pero su destreza práctica alcanzó su punto culminante en un experimento en el que se utilizaban balanzas y que tendría importantes consecuencias para la química. Éste implicaba pesar una planta en crecimiento día tras día, y lo llevó a cabo con tal precisión que logró descubrir que la

planta se alimentaba del aire, y también que el propio aire tenía peso. Era algo de lo que nadie antes se había dado cuenta. (Se creía que el aire, como uno de los cuatro elementos, casi por definición carecía de peso.) Fue el primer experimento formal realizado al estilo moderno en el campo de la biología. Sus implicaciones abrieron fisuras en todas las ideas aceptadas sobre la física, la biología y la química. Con el tiempo, transformaría nuestra comprensión de qué es exactamente la realidad. No obstante, era prácticamente imposible que tales cosas fueran percibidas en aquella época, fundamentalmente porque la ciencia tenía aún que desarrollar los conceptos con los que captar semejantes implicaciones. Probablemente sea esto, más que ninguna otra cosa, lo que explica por qué las ideas de Nicolás de Cusa pasaron prácticamente desapercibidas durante tanto tiempo. Ni siquiera Copérnico había oído hablar de ellas cuando desarrolló de modo matemáticamente detallado el modelo heliocéntrico del sistema solar que De Cusa había inferido.

Allá donde Nicolás de Cusa tuvo un golpe de intuición —al igual que muchos de los antiguos griegos—, Copérnico alumbró un modelo científico basado en observaciones detalladas, con respaldo matemático. Es esto, y el efecto revolucionario de su teoría, lo que le garantiza su puesto en el panteón científico. No sin justificación, su biógrafo Hermann Kersten afirma que Copérnico provocó «la mayor revolución intelectual de la historia de la humanidad». Sólo Darwin, Newton y posiblemente Aristóteles podrían considerarse competidores suyos en este sentido.

Consciente del enorme alcance de su teoría, Copérnico retrasó la publicación de su *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (*Sobre las revoluciones de los orbes celestes*) hasta el último momento. En mayo de 1543, Copérnico, a sus setenta y cinco años, yacía en su lecho de muerte tras sufrir un ataque de apoplejía. Según su fiel amigo Giese: «La versión publicada de su libro sólo llegó a sus manos en el último momento, el día de su muerte».

Unos años antes de la muerte de Copérnico, habían empezado a extenderse rumores acerca de su teoría. No sólo era contraria a la ortodoxia aristotélica de la Iglesia, también fue rechazada por Lutero cuya Reforma estaba dividiendo toda Europa central. Afortunadamente, en mayo de 1543 Copérnico estaba ya demasiado enfermo

para darse cuenta de que le habían añadido un prefacio a su libro, obra de un clérigo luterano llamado Osiander, encargado de la publicación de éste. El prefacio no iba firmado y durante años mucha gente dio por supuesto que había sido escrito por el propio Copérnico. En él se afirmaba que la teoría contenida en el libro no debía de tomarse por la verdad. No se trataba de una descripción del movimiento real de los planetas, sino de un método que hacía más fácil calcular el movimiento planetario para la predicción precisa de los eclipses y cosas así. Esto tuvo el efecto que probablemente buscaba. El libro generó escasa controversia tras su publicación y sus pocos lectores asumieron que ni el propio Copérnico creía en la teoría heliocéntrica. El editor puso un sobreprecio, probablemente deliberado, al libro, que no tardó en quedar descatalogado. La segunda edición apareció nada menos que en 1566, impresa en Suiza. Fue casi con seguridad una copia de esta segunda edición la que cayó en manos de Giordano Bruno, que por aquel entonces estudiaba en Nápoles. Toda revolución necesita sus propagandistas y Bruno habría de adoptar este papel en el caso de la revolución copernicana. (Aunque, como veremos, los motivos de éste distaban mucho de estar claros y el resultado no fue precisamente el que pretendía.)

Bruno nació en 1548 en la pequeña ciudad de Nola, a unos veinte kilómetros al este de Nápoles. (Nola, que se encuentra en la región de Campania, es, según la leyenda, el lugar donde se inventaron las campanas de iglesia en el siglo V, y de ahí la palabra italiana *campana* y las españolas campana y campanario, que significa una torre que aloja campanas.) Nola está también cerca del Vesubio, un volcán durmiente. Ya entrado en años, Bruno recordaba que siendo joven había subido al monte Vesubio. Desde la distancia, sus laderas parecían «oscuras y hoscas contra el cielo», pero al irse aproximando había visto que estaban cubiertas de florecientes viñedos, naranjos y olivos. «Asombrado por tan curiosa transformación, comprendí por primera vez que los ojos pueden engañarnos.» Según cuenta él mismo, esto le hizo desarrollar una mente especulativa, y no tardó en preguntarse: «¿Cuál es la base de la certidumbre?». No se puede negar su visión filosófica, pero sigue siendo problemático determinar hasta qué punto eran profundas sus dudas. Como veremos.

A los diecisiete años, Bruno estudiaba en Nápoles, en el renom-

brado Convento Dominicano. A pesar de su nombre, esta institución se atenía al prejuicio de su era: habría sido impensable que una mujer fuera admitida en un centro educativo. Bruno no tardó en contemplar otros reinos de lo impensable y se granjeó la reputación de defender opiniones heterodoxas que bordeaban lo herético. Leyó y asimiló los pensamientos de Erasmo (que estaba prohibido) y Paracelso (que era ridiculizado), y no tenía empaque en defender sus puntos de vista con apasionamiento. A pesar de su evidente inadecuación, Bruno fue ordenado en 1572.

A esas alturas había descubierto ya su principal fuente de inspiración: Nicolás de Cusa. Al parecer, Bruno leyó muchos de sus principales escritos durante este periodo. Mientras estaba aún en Nápoles adoptó, y proclamó, la visión heliocéntrica del sistema planetario de Nicolás de Cusa. Ésta quedó refrendada cuando leyó a Copérnico, pero Bruno fue más allá. Al igual que De Cusa, creía que cada estrella era similar a nuestro sistema solar y que el universo contenía toda una hueste de mundos habitados. También declaró que el universo era infinito. La visión cosmológica de Bruno es prácticamente idéntica a la de Nicolás de Cusa, pero su modo de expresarla refleja el cambio que se iba produciendo gradualmente en la visión del mundo. La cosmología de Bruno no estaba manifiestamente entreverada de consideraciones teológicas. A estas alturas ya habían empezado a arraigar las ideas del Renacimiento. El conocimiento podía expresarse en términos humanísticos racionales, un eco de la era clásica. Incluso en la propia ciencia se estaba abriendo camino una aproximación más científica. Todo esto hace que Bruno parezca bastante científico.

Por desgracia, el trabajo de Bruno no es todo lo que parece. En última instancia no era un científico, ni por temperamento ni por convicción. Era capaz de sobreponerse a su tempestuosidad napolitana cuando ponía sus ideas por escrito, pero en su mayor parte sus creencias más enraizadas permanecían ocultas bajo un barniz científico. Durante siglos Bruno fue considerado un gran propagandista de la revolución científica. La historia es lo que parece y las apariencias se convirtieron en el hombre. Sólo recientemente se ha descubierto que en realidad Bruno tenía un objetivo muy diferente al proyecto científico que simuló tener y que diseminó con efectos de tan gran alcance.

En algún momento de su estancia en Nápoles, Bruno se topó con

los trabajos de Hermes Trismegisto, el legendario alquimista "egipcio". Éstos le condujeron a una visión del mundo que iba mucho más allá que la del Renacimiento. El Renacimiento se veía a si mismo como una revitalización de la sabiduría clásica del mundo antiguo. Hermes Trismegisto expresaba un conocimiento aún anterior, el saber original, el que había inspirado a los propios escritores clásicos y había dado a luz al conocimiento antiguo. Hermes Trismegisto hablaba de la antigua sabiduría egipcia. Ésta era la *prisca theologia*, la teología prístina (o pura) que había inspirado todas las demás. En los escritos de Hermes Trismegisto podían encontrarse las ideas que posteriormente habían salido a la superficie con Pitágoras y Platón, ideas que habían encontrado su eco en las enseñanzas de Cristo. Incluso la Iglesia, un tanto a regañadientes, reconocía ciertos aspectos de esto. Por ello Hermes Trismegisto era honrado como un profeta gentil, un estatus similar al conferido a Platón y Aristóteles, que tanto habían contribuido a la teología cristiana aunque no pudieran ser considerados cristianos por razones históricas obvias. No obstante, el impetuoso Bruno fue un paso más allá. En secreto, creía que el Renacimiento estaba aún por llegar. Este sería testigo del renacer de la *prisca theologia*, cuando el cristianismo sería sobrepasado por la verdadera religión original de la historia, la teología pura del antiguo Egipto tal y como figura en los escritos del mítico mago Hermes Trismegisto.

Para quienes sentían tal inclinación, los escritos de Hermes Trismegisto constituían un importante basamento de dichas expectativas. Y no se trataba de ninguna interpretación abstrusa. Estaba todo allí, en el texto: la numerología, las ideas platónicas, las creencias cristianas. Sólo había una pega: lo que sabemos hoy, y al parecer Bruno no sabía, es que los escritos de Hermes Trismegisto no se remontaban al antiguo Egipto, como pretendían. De hecho habían sido redactados en tiempos romanos, cuando los conceptos neoplatónicos y cristianos formaban parte sustancial del escenario metafísico. No es por tanto de extrañar que esta hermética pócima de alquimia, misticismo y demás incluyera también esas nociones.

A la vista de las creencias secretas de Bruno es asombroso que sus puntos de vista parecieran, y sigan pareciendo, tan científicos. No puede negarse que así es y que eso es lo que les parecían a sus coetáneos, incluyendo a aquellos que se consideraban sus superiores, espe-

cialmente en su orden religiosa. Pero Bruno sentía aversión a aceptar todo tipo de superioridad en ningún terreno, especialmente en asuntos intelectuales. Se negaba a ser disuadido de sus «herejías científicas» por simples aristotélicos y no se esforzó en demasía por ocultar el hecho a sus superiores del Convento Dominicano. En 1576 se pusieron en marcha los engranajes para juzgar a Bruno por herejía, acusación que rara vez fracasaba y a menudo conducía a la pira. Afortunadamente, el proceso se desarrolló a ritmo napolitano, permitiendo a Bruno desaparecer antes de que las cosas se pusieran feas.

Como podemos ver en el caso de Bruno y Hermes Trismegisto, la química —en forma de alquimia— aún era capaz de proyectar su sombra sobre la revolución científica. En ese momento la química ocupaba una curiosa posición: estaba a la vez por delante de esta revolución y detrás de ella. El recurso al trabajo experimental por parte de la química marcaba el camino a seguir, pero las creencias teóricas que acompañaban a esta práctica se remontaban al chamán y al médico brujo. Como tal, podría decirse que la química representaba a la humanidad al completo, en todas sus fases de desarrollo. Esto habría sido un logro supremo en cualquier campo salvo en el de la ciencia.

La revolución científica que siguió a Copérnico se produjo fundamentalmente en el dominio de la física, donde el salto en el ámbito de la astronomía condujo a abundantes descubrimientos teóricos y tecnológicos en otros campos de la física. Esta revolución parecía no tener nada que ver con la alquimia, pero la predilección de Paracelso por los resultados y su estudio de causas y efectos en la iatroquímica mostraron que la química (o la alquimia) no estaba en realidad muy alejada de ella. Y ahora, del modo más disparatado, Bruno había demostrado también que ambas podían estar relacionadas. La ciencia, incluso como pantalla de las creencias alquímicas de Hermes Trismegisto, seguía siendo ciencia.

Sin duda la implicación entre estas dos ciencias en el pensamiento de Bruno no podía ser sino meramente contingente. Superficialmente se diría que sí, pero ese punto de vista es difícil de mantener a la luz de lo que vendría a continuación. Como veremos, la alquimia (no simplemente la química embrionaria, sino la brujería pura y dura) seguiría desempeñando un curioso y anómalo papel. Permanecería en un segundo plano a todo lo largo del curso de la gran revolución científica

que se inició con Copérnico y acabó con Newton. De hecho, el propio Hermes Trismegisto figura en los escritos de estos dos científicos supremos. Copérnico le menciona en lo que es virtualmente un himno al Sol al comienzo de su *De Revolutionibus*. Este pasaje merece ser citado extensamente porque muestra cómo la ciencia es capaz de inspirar emociones poéticas, filosóficas e incluso religiosas en sus practicantes, si bien éstas pueden no tener cabida en su ejercicio:

> En medio de todo mora el Sol. ¿Quién, en este bellísimo templo, podría poner a esta luminaria en otro o mejor lugar desde el que pueda a la vez iluminar el todo? Algunos, no inapropiadamente, lo llaman la luz del universo, el alma o el que gobierna. Trismegisto lo llama el Dios visible, la Electra de Sófocles el que todo lo ve. Así, el Sol, sentado en el trono real, timonea las revoluciones de la familia estelar.

Semejante lirismo podría excusarse por estar basado en orígenes no científicos, pero la mera mención de éstos en semejantes términos da lugar a especulaciones. (¿En qué creía realmente Copérnico?) Newton, por otra parte, era menos circunspecto, en ocasiones incluso citaba a Trismegisto en sus libros de notas. El Hermes Trismegisto de Newton (y, por propia intención, el mismo Newton) está relacionado con la alquimia, no con la ciencia. «Yo contaba con este arte y ciencia únicamente por inspiración de Dios, que se ha dignado a revelársela a éste su servidor. Ofrece a quienes saben cómo usar la razón los medios de conocer la verdad, pero no es nunca la causa de que hombre alguno persiga el error o la falsía.» Fe, "arte" metafísico, razón, una turbia corriente, omnipresente bajo las serenas aguas de la revolución científica. Incluso hoy, según los reduccionistas, seguimos siendo básicamente cavernícolas que habitan ciudades modernas. Si tal es el caso fisiológicamente (admitamos que es un modo un tanto exagerado de plantearlo), ¿qué hay de la mente? Los supuestos y creencias de antaño no siempre son abandonados en el momento mismo en que se hace evidente que han quedado superados. Nuestra mente, nuestro lenguaje, nuestras ideas, incluso nuestra inspiración, son todos sugeridos por nuestro pasado, lo anterior, lo aparentemente desechado. Tales cosas parecen desempeñar un falso papel en el pensamiento mismo que las ha sobrepasado. Un

ejemplo manifiesto de esto sigue siendo la función de la alquimia a lo largo del siglo siguiente.

Mientras tanto, el profeta de la revolución científica huía hacia el norte, a Roma, tras eludir a las autoridades del convento de Nápoles. (En una escena demasiado fácil de imaginar, de farisaico horror, la copia de Erasmo que Bruno guardaba en secreto apareció oculta en el retrete del convento.)

En 1576, Roma no era lugar para un pensador de mentalidad independiente, en especial para uno con la volubilidad temperamental sureña de Bruno. En su esfuerzo por combatir la reforma, la Iglesia Católica Romana había instigado la Contrarreforma. Las enseñanzas de la Iglesia en todos los temas eran consideradas sacrosantas e incuestionables, incluyendo el sistema planetario geocéntrico de Aristóteles. La Inquisición fue introducida de nuevo en Italia y el norte de Europa para erradicar a los protestantes y los herejes.

Como era de esperar, Bruno se encontró de nuevo en graves problemas. Los detalles siguen siendo un misterio. Al parecer Bruno fue denunciado como hereje ante la Inquisición romana y se puso en marcha el proceso de excomunión. Entonces, en el río Tíber apareció flotando el cuerpo de un hombre que había declarado contra Bruno. Fuera lo que fuese lo que pasó, Bruno decidió que lo mejor era poner tierra por medio, rápidamente y en secreto. En esta ocasión prescindió incluso de su hábito monacal, excomulgándose a sí mismo a todos los efectos.

Bruno inició entonces unos años de vagabundeo. Al parecer se ganó la vida de modos muy diversos, incluyendo la enseñanza de un sistema que él mismo había perfeccionado para aumentar la capacidad de memorización. En esencia, su sistema mnemotécnico consistía en *situar* cada recuerdo en una gran rueda que luego podía hacerse girar para recuperarlo. Pero esto era sólo el principio. Dentro de la primera rueda imaginaria había cinco ruedas concéntricas más. También éstas servían para almacenar recuerdos. Al hacer girar estas ruedas unas dentro de las otras, era posible crear combinaciones de recuerdos capaces de generar nuevos conocimientos.

Hasta aquí, todo bien (aunque un poco retorcido), pero tampoco las cosas eran exactamente lo que parecían. Tras esta técnica sistemáti-

ca de gran éxito yacía una estructura metafísica oculta. Las seis ruedas de Bruno derivaban de hecho de las enseñanzas del místico y (supuestamente) brillante alquimista español del siglo XIV, Ramón Llull. En los escritos de Llull, estas seis ruedas formaban un sistema místico-lógico para combinar el conocimiento, de modo que al final sus usuarios pudieran abarcar todas las cosas del universo en todas sus combinaciones. Del mismo modo, tenía ecos en prácticas alquímicas que pretendían lograr la transmutación en oro.

Una vez más, Bruno se encontraba en un punto de inflexión. El misticismo y la alquimia le condujeron a desarrollar un sistema mnemotécnico práctico y de notable éxito. Un siglo más tarde, los detalles de este sistema serían estudiados por Leibniz, el filósofo racionalista alemán, al que inspiraron para construir una de las primeras máquinas calculadoras, consistente en un sistema de ruedas concéntricas. Haciéndose eco de la confianza de Llull respecto a la aplicabilidad universal de su sistema, Leibniz estaba convencido de que algún día sería posible construir una máquina calculadora capaz de resolver todos los problemas matemáticos y lógicos. Incluso podría resolver las disputas morales: ambas partes se limitarían a introducir su argumentación y la máquina regurgitaría la respuesta correcta. De la alquimia mística a un sistema memorístico a una máquina calculadora y a los primeros atisbos del ordenador moderno, cada paso acompañado de (e inspirado por) sus propios errores conceptuales, que aún nos acompañan. Vemos los ordenadores actuales como moralmente neutros pero, fuera de toda lógica, conservamos el acechante temor a que algún día puedan controlar el mundo. La idea de que el ordenador pueda llegar a controlar el mundo es, en sus diferentes facetas, tanto nuestro temor como nuestra inspiración. No es difícil percibir en ella un eco de la inspiración de Bruno para su sistema memorístico y de las alucinaciones éticas de Leibniz respecto a su máquina calculadora.

Pero el sistema mnemotécnico de Bruno había de tener ulteriores ramificaciones, aún más extensas. Además de estar vinculado al sistema alquímico de Llull, mantenía una íntima conexión con un método de pensamiento también de gran alcance que él mismo desarrolló. Este método había de desempeñar un papel fundamental en su pensamiento y marca el inicio de un adelanto significativo en el pensamiento europeo.

Bruno veía su nuevo método de pensamiento sistemático como una forma de lógica creativa: un modo de pensar que generaría nuevos conocimientos. Tenía sus orígenes en la *coincidentia oppositorum* de Nicolás de Cusa, el método de ver las cosas según el cual los opuestos eventualmente se encuentran. Bruno fue un paso más allá. «La magia profunda consiste en extraer el contrario tras haber descubierto el punto de unión.» Los dos opuestos se combinan en el "punto de unión" y de éste es extraído su opuesto, "el contrario".

Poco más de dos siglos después, el filósofo alemán Hegel discerniría en este enunciado la semilla de su propio y grandioso método dialéctico. Al igual que en el método de Bruno, la dialéctica de Hegel implicaba la unión de dos opuestos para generar algo distinto. En el sistema dialéctico de Hegel los dos opuestos se convierten en la "tesis" y la "antítesis", y su "punto de unión" (Bruno) se convierte, para Hegel, en la "síntesis". Bruno extrae entonces "el contrario" de este "punto de unión". De modo similar, la síntesis de Hegel se convierte en una nueva tesis, que acto seguido genera su propia antítesis. Éstas se combinan para formar una nueva síntesis, y así sucesivamente. El método dialéctico de Hegel fue concebido para crear un vasto sistema que lo abarcara todo, explicando a Dios, el universo y todo lo demás. De nuevo la contribución de Bruno había sido clave. Lo que para De Cusa había sido un principio místico fue desarrollado por Bruno hasta convertirlo en un sistema dinámico de pensamiento. A continuación, Hegel ampliaría éste a un gigantesco sistema metafísico entrelazado (ecos de las ruedas dentro de las ruedas de Ramón Llull). En una elaboración final, Marx desarrolló la dialéctica hegeliana hasta el materialismo dialéctico, un extraviado intento de convertir en científico un método esencialmente no científico.

En 1579 Bruno llegó a Ginebra, un centro calvinista. Allí se convirtió a la fe protestante, pero los protestantes resultaron ser tan intolerantes como los católicos. En su lucha ideológica contra Roma, también ellos habían empezado a establecer rígidos principios doctrinales. Pretendían regresar a los fundamentos del cristianismo, abandonando lo que consideraban las frivolidades y la corrupción católicas. Resulta irónico que este enfoque conservador, de vuelta a los principios, significase que en cuestiones científicas su doctrina fuese idéntica a la de los católicos. El universo geocéntrico de Aristóteles y

los cuatro elementos básicos seguían siendo considerados parte de los cimientos de la filosofía natural. Cuando Bruno empezó a predicar la revolución copernicana no tardó en chocar con un profesor calvinista por el tema de Aristóteles. En esta ocasión fue detenido y encarcelado. Una vez más, las cosas se podían haber puesto feas para él, pero, sabiamente, Bruno optó por retractarse. Como resultado, sólo fue excomulgado y expulsado para siempre de la ciudad.

A estas alturas, Bruno había conseguido ser excomulgado por las dos facciones de la escisión cristiana. A un hombre temeroso de Dios como Bruno esto debiera haberle producido cierta preocupación sobre la suerte de su alma, pero Bruno estaba por encima de tales cosas. Pronto llegaría el momento en que los dos opuestos cristianos se recombinarían y de ese "punto de unión" surgiría el "contrario": la *prisca theologia* de Hermes Trismegistos, la verdadera y original religión del antiguo Egipto. Por fortuna, Bruno tuvo el buen sentido de guardar para sí tales pensamientos, al menos en su mayor parte. A partir de entonces, aparte de su notoriedad como propagandista de gentes como De Cusa y Copérnico, empezaron a correr rumores acerca de sus creencias ocultistas, acompañados de especulaciones sobre la posibilidad de que fuera un mago.

El deambular de Bruno le llevó hasta Toulouse, que por aquel entonces era una plaza fuerte católica fanáticamente intolerante. Hay dos razones que pueden explicar semejante insensatez: Ramón Llull había impartido clases allí y, cosa inusual, la universidad carecía de requerimientos religiosos respecto a sus docentes. Puede que Bruno tuviera un genio latino, pero tenía también encanto latino. Tras una entrevista en la que demostró su considerable capacidad intelectual y sus grandes conocimientos, las autoridades otorgaron a Bruno un puesto como profesor de filosofía. Dando muestras de un tacto poco frecuente en él, rehuyó la filosofía natural. Sus conferencias, centradas en *De Anima* (*Sobre el alma*) de Aristóteles, se mantuvieron dentro de la más estricta ortodoxia. En esta obra, Aristóteles declara que la unión entre el alma y el cuerpo es una unión no natural. La compara con la tortura infligida por los piratas del Tirreno, que ataban a sus cautivos a un cadáver. Una metáfora apropiada de la filosofía de su época, que seguía atada al cuerpo moribundo del aristotelismo. A finales del siglo XVI el Renacimiento se había impuesto por completo en las artes; en las cien-

cias no había hecho más que empezar, pero por lo que se refiere a la filosofía habría de esperar aún medio siglo.

Curiosamente, al mismo tiempo que Bruno daba sus conferencias en Toulouse, se encontraba también allí el filósofo portugués Francisco Sanches, escribiendo *Quod Nihil Scitur* (*Por qué nada puede ser conocido*). Esta casi olvidada obra maestra de profundo escepticismo filosófico argumenta que jamás podremos conocer realmente la verdad. Es posible dudar de nuestro conocimiento sobre cualquier cosa. Esta misma idea fue el punto de partida de Descartes, el pensador que puso en marcha el renacimiento filosófico del siglo XVII. La identidad de los opuestos de Nicolás de Cusa, el sistema de pensamiento predialéctico de Bruno, la duda metódica de Sanches: empezaban a emerger nuevas formas de pensar, intentos de romper la presa asfixiante de la lógica y la doctrina aristotélicas. Bruno y Sanches debieron de conocerse, pero serían totalmente opuestos en cuanto al temperamento y el pensamiento: el sosegado escéptico y el propagandista cabezota, la duda y la ciencia —no era el momento—. Como veremos, estos opuestos acabarían uniéndose en la filosofía de Descartes.

En 1581 Bruno se presentó en París. La fama de su sistema de memorización había llamado la atención de Enrique III, y a pesar de la heterodoxia de los puntos de vista de Bruno, éste fue incorporado a una corte que seguía siendo liberal a pesar de las crecientes tensiones del conflico entre católicos y protestantes en Francia. Dos años después Bruno viajó a Londres, donde fue asignado a la embajada francesa. Allí, al parecer, actuó como una especie de espía de medio pelo (y puede que aceptara ocasionalmente pagos como agente doble de los ingleses). En la Inglaterra isabelina, segura por protestante, Bruno se sentía en condiciones de exponer libremente sus puntos de vista antiaristotélicos. Viajó a Oxford, donde estuvo a punto de provocar una apoplejía a toda una asamblea de rectores y catedráticos con su despreciativo rechazo de sus anticuadas ideas. ¿No se habían enterado de que se estaba produciendo una revolución científica? También se sintió en libertad de publicar una serie de trabajos ocultistas, planteando puntos de vista menos científicos.

En Bruno, las creencias ocultistas y la ciencia genuina podían mantenerse totalmente separadas pero, como su sistema de pensamiento, ambos opuestos tenían un "punto de unión". El ejemplo más

notorio es su actitud hacia el sistema planetario copernicano. Es innegable que Bruno aceptaba la realidad científica de dicho sistema, pero al mismo tiempo creía también que era un símbolo místico-mágico del cosmos. Cómo podía coexistir el pensamiento científico de Bruno con semejante estupidez metafísica es casi tan misterioso como la estupidez en sí, pero coexistía. Cuando Bruno se limitaba a hablar de ciencia, lo hacía con sentido común, y como resultado de sus viajes por Europa muchos acabaron convenciéndose de la verdad de lo que exponía. Afortunadamente, la mayoría de estos conversos no eran conscientes de sus creencias esotéricas, o simplemente decidieron considerarlas una excentricidad.

Científicamente, Bruno había encontrado el modo de salir del cenagal aristotélico, tanto en el pensamiento como en la vida. En vez del ascetismo medieval Bruno predicaba el humanismo renacentista. Debíamos estar abiertos al mundo, no negarlo. Bruno no se casó nunca, pero los informes de la época sugieren que no mantuvo el celibato. Según su detractor Mocenigo: «Me dijo que las damas eran muy de su agrado, aunque no había llegado aún a la cifra de Salomón». Se puede afirmar con seguridad que Bruno no se aproximó siquiera a las setecientas esposas y trescientas concubinas del bíblico Salomón, pero al parecer le gustaban el vino, las mujeres y, aunque no el canto llano. Con su pensamiento sucedía lo mismo que con su vida. En vez de un mundo limitado bajo la bóveda giratoria de los cielos, Bruno predicaba el sistema solar y un universo infinito con el espacio lleno de sistemas similares. Y en vez de los cuatro elementos aristotélicos, predicaba el atomismo. El modo en que Bruno llegó a esta idea constituye toda una pequeña historia por derecho propio.

Como hemos visto, la teoría de que en última instancia la materia estaba formada por átomos indivisibles tuvo su origen en Leucipo y fue desarrollada en Grecia por Demócrito en el siglo V a. C. Sólo un siglo más tarde fue recuperada por el filósofo ateniense Epicuro, que nos legó el término "epicúreo", aplicable a todo aquel que crea en el disfrute sofisticado del buen comer y el buen beber. Tal imagen de refinado hedonismo no es un reflejo del todo justo de la filosofía de Epicuro. Propugnaba un mundo mecanicista y una búsqueda contenida de la felicidad. Para lograrla había que dejar de lado la política y adoptar una vida tranquila, lo que se conseguía controlando los

apetitos (especialmente aquellos de los que hace gala el epicúreo moderno).

El epicureanismo siguió siendo popular durante siete siglos y alcanzó su acmé durante el glorioso declive del Imperio Romano, cuando adoptó muchos de sus aspectos más hedonistas. Con el advenimiento del cristianismo, la austeridad y el arrepentimiento se convirtieron en la orden del día en Roma. Epicuro se convirtió en el Anticristo, una figura de monstruosa maldad cuya aparición anunciaría el fin del mundo.

Puede que la filosofía moral de Epicuro estuviera abierta a interpretaciones de lo más diversas, pero su filosofía natural era clara y científica. Además de aceptar un mundo puramente mecanicista, Epicuro adoptó también la teoría atómica de Demócrito. El mundo carecía de poderes sobrenaturales y consistía, en última instancia, en diminutas partículas materiales que no podían ser creadas ni destruidas.

A Epicuro no le habría sorprendido que su filosofía le sobreviviera durante tanto tiempo (aunque quizá no le hubiera agradado tanto la forma en que lo hizo). Durante toda su vida promovió asiduamente sus ideas y se dice que escribió más de trescientos tratados. Así es el destino: sólo sobreviven fragmentos de ellos. «La idea del bien es inconcebible si no incluye los placeres del gusto, el amor, el oído y la vista... Pero la virtud no es más que una palabra vacua a menos que signifique prudencia en la búsqueda del placer.»

Antes de que el trabajo de Epicuro se viera reducido a fragmentos, atrajo la antención del poeta romano del siglo I a. C. Lucrecio. Los romanos añadieron poco al pensamiento griego, aunque una serie de escritores propagaron las ideas griegas. El más destacado de ellos fue Lucrecio, cuya combinación de poesía, pensamiento físico y filosofía antimetafísica fue posteriormente considerada «casi tan insólita como la piedra filosofal». Tan excepcionales cualidades garantizaron que fuera sometido a soeces difamaciones por los cristianos, para los que la visión racional y científica era anatema. Nos vemos obligados a recurrir a San Jerónimo en busca de los pocos detalles biográficos que existen en torno a Lucrecio. Según San Jerónimo, Lucrecio padecía episodios de demencia, consecuencia de una poción amorosa que le administraba su esposa. Sólo en sus intervalos de lucidez era capaz de escribir poesía, que era "editada" por su amigo, el gran orador roma-

no Cicerón. A los cuarenta y cuatro años, en uno de sus accesos de locura, Lucrecio se suicidó. Demencia, excesos sexuales, la sugerencia de que fue otro quien escribió sus trabajos, suicidio, todo parece un poco excesivo. Pero se supone que los santos no mienten y que los poetas, incluso los filosóficos, rara vez llevan vidas intachables, de modo que quizá el cúmulo de calumnias de San Jerónimo se basara en un ápice de verdad.

Lucrecio creía que el universo había evolucionado física y biológicamente, y de modo similar, que la civilización era el resultado de una evolución sociológica. Fue el primero en dividir la historia en eras separadas de desarrollo humano. «La muerte, el aterrador mal supremo, no es nada para nosotros... dado que cuando llega, ya no existimos.» Cuando morimos, nuestra alma simplemente se desvanece «como el humo». «En breve tiempo, las generaciones de criaturas vivientes cambian, y como los corredores se pasan la antorcha de la vida.» La poesía es inequívocamente de Lucrecio, pero es prácticamente imposible discernir hasta qué punto las ideas son lucrecianas o puramente epicúreas. Quizá debiéramos limitarnos a reflexionar sobre el comentario más famoso de Lucrecio: «Nada surge de la nada».

Todos estos pensamientos, junto con toda una cornucopia de ideas, aparecen en su obra maestra *De Rerum Natura* (*Sobre la naturaleza de las cosas*), cuyo título es en sí un eco consciente del trabajo perdido de Epicuro *Sobre la Naturaleza*. La idea atómica ocupa un lugar destacado en los dos primeros libros de este poema de dimensiones épicas. Su precisión profética habla por sí sola. En ellos se dice que hay un número infinito de átomos en el universo. Éstos son de tipos diferentes, pero sólo hay un número determinado de tipos diferentes. Difieren en peso, tamaño y forma. Son todos diminutos, sólidos e indivisibles. No obstante, están compuestos de partes inseparables y los átomos de mayor tamaño tienen más de esas partes.

Este último punto, aparentemente contradictorio, era considerado por muchos un defecto de su teoría atómica. Si los átomos tienen partes, han de ser, al fin y al cabo, divisibles. La aparición de la física subatómica a comienzos del siglo XX no sólo aportó una solución de esta contradicción, sino que indicó la milagrosa presciencia de esta pre-ciencia. ¿Qué era en realidad esta temprana teoría atómica? No podía tener justificación experimental alguna. La teoría atómica fue el

resultado de una teorización pura (*theoria*: contemplación, especulación). Tan asombrosa percepción sólo pudo ser una coincidencia, pero, como veremos, cuando la teoría atómica hacía su aparición en el pensamiento científico anunciaba a menudo un cambio trascendental. Es como si la idea fuera una especie de talismán para la ciencia.

De Rerum Natura alcanzó gran renombre en la era romana e inspiró incluso a Virgilio, que se refería a Lucrecio cuando declaró: «Feliz aquel que puede descifrar las causas de las cosas». Pero durante el desmoronamiento del Imperio Romano, el gran poema de Lucrecio desapareció. Las últimas copias conocidas fueron supuestamente consumidas por las llamas mientras los visigodos avanzaban a través de los marmóreos salones saqueando la Ciudad Eterna.

A lo largo de la Edad Media, la existencia del poema sólo era conocida por referencias en las obras de otros. En 1417 salió a la luz el único manuscrito superviviente. Medio siglo más tarde, *De Rerum Natura* fue uno de los primeros libros no religiosos impreso con la nueva prensa de Gutenberg y se convirtió rápidamente en un éxito de ventas. Durante un tiempo, el poema de Lucrecio fue incluso más popular que la *Divina Comedia* de Dante. Se interpretaba fundamentalmente como una obra literaria, aunque su filosofía era sin duda atrayente para la mentalidad humanista. Por contraste, su filosofía natural, es decir la teoría atomista, fue considerada un anacronismo hasta que llegó a manos de Giordano Bruno.

Después de Nicolás de Cusa, Lucrecio se convertiría en la principal influencia en el pensamiento científico de Bruno, aunque Lucrecio y De Cusa son opuestos en todo menos en su ciencia. Lucrecio desdeñaba el pensamiento metafísico; el de Nicolás de Cusa rezumaba teología en todos los campos. ¡Sin embargo, Bruno fue capaz de seguir los pasos de ambos! Durante siglos sería considerado esencialmente un científico humanista de la cuerda de Lucrecio, con un cierto atisbo romántico de ocultismo. Sólo más adelante se hizo manifiesto que sus ideas científicas estaban construidas sobre una base de oscurantismo ocultista y metafísica. Pero no hay que olvidar que era el elemento lucreciano el que hacía público. Era éste el que caracterizaba la imagen pública tanto del personaje como de su ciencia, desde el sistema copernicano al atomismo. Y fue esto lo que había de causar la caída de Bruno.

Bruno abandonó Inglaterra antes de ser descubierto (como espía, contraespía, hereje, o lo que fuera) y regresó a París. Muy poco después: «Debido a los tumultos abandoné París y viajé a Alemania». Sus vagabundeos le llevaron hasta Marburg, Praga y Zúrich, trabando amistades en ruta, y más tarde disputas, con muchos de los mejores intelectos de su tiempo. Esos sabios prestaron atención a las ideas de Bruno, pero al final se vieron obligados a ignorar al hombre que las había dado a luz. La Iglesia, por otra parte, empezaba a adoptar una actitud exactamente opuesta.

En 1591, mientras visitaba la Feria del Libro de Frankfurt, Bruno recibió una invitación de Venecia para enseñar su sistema de memorización a un noble llamado Zuan Mocenigo. Bruno tenía cuarenta y dos años y llevaba doce lejos de Italia. Supuso que después de tanto tiempo no habría peligro para él en regresar.

Bruno viajó hasta Venecia, visitando de paso la vecina Padua, donde había oído decir que estaba vacante la cátedra de matemáticas. Quizá pudiera obtener una cátedra en condiciones, en vez de ofrecer cursos ocasionales de conferencias y hacer de tutor de nobles ignorantes. Pero no obtuvo el puesto (que al año siguiente fue ocupado por Galileo).

En Venecia, Bruno fue alojado en la mansión de Mocenigo. Ya desde el principio, no se llevaron bien. Mocenigo, que no era especialmente brillante, se sintió dolido y humillado por su incapacidad para comprender el sistema de Bruno, y no tardó en sentirse también celoso de su reputación cuando ésta empezó a extenderse por Venecia. Tras una serie de enfrentamientos cada vez más acalorados, Mocenigo denunció a Bruno a la Inquisición veneciana por defender teorías heréticas. Bruno fue arrestado y encerrado en un calabozo. (150 años más tarde, Casanova sería encerrado en los mismos calabozos por una acusación similar, aunque no tardó en ser protagonista de una fuga espectacular.) Bruno no sintió necesidad alguna de esforzarse por escapar. Los procedimientos judiciales eran razonablemente indolentes y se sentía más que capaz de defenderse a sí mismo.

No hay ningún retrato de Bruno en ninguna fase de su vida. Sólo durante su juicio en Venecia encontramos las primeras descripciones de su apariencia y, cosa muy apropiada, éstas parecen incompatibles. El funcionario del tribunal le describía como de mediana edad, fiso-

nomía media, con una barba de color castaño. Por el contrario, Ciotto, un librero local que fue citado como testigo, le describió como alto y delgado, con barba negra. Se cuenta que durante el juicio Bruno hablaba rápidamente, al estilo del sur de Italia, acompañando sus palabras con vívidos gestos y rápidos cambios de expresión. Parece probable que siempre hablara así. En otro contexto, algunos describieron su sinceridad y su suprema concentración a la hora de pronunciar conferencias, y cómo a veces, mientras disertaba, se mantenía distraídamente sobre una sola pierna. Semejante actitud transmite la impresión de que se trataba de un hombre plenamente convencido de lo que estaba diciendo. Cómo es posible que estuviera convencido de semejantes cosas, ahora que sabemos lo que *en realidad* pensaba, es harina de otro costal.

Ante el tribunal, Bruno se mostró dispuesto a reconocer que quizá hubiese cometido algunos errores teológicos sin importancia. Pero no eran nada serio, ya que se debían a sus investigaciones en el campo de la filosofía natural. Insistió en que no mantenía desacuerdo alguno con las enseñanzas de la Iglesia y, por increíble que parezca, lo creía de verdad.

Al fin podemos empezar a resolver la aparente inconsistencia de la mente de Bruno. Para él, desde luego, era posible creer lo que afirmaba, aunque habría sido muy imprudente por su parte explicar el porqué. Sus «errores teológicos menores» hacían referencia a su copernicanismo, sus creencias atomistas y cosas similares. No podían ser errores teológicos serios porque, de forma simbólica, estaban íntimamente relacionados con la antigua religión original egipcia que, en su opinión, pronto trascendería al cristianismo. Y, de ser así, no tenía querella alguna contra las enseñanzas de Cristo, porque también éstas derivaban de la «verdadera teología» original. Afortunadamente, Bruno mantuvo silencio sobre las sensacionales creencias que constituían la base de sus pecadillos científicos. Daba la sensación de que la Inquisición veneciana adoptaría una actitud tolerante hacia él. Entonces llegó el desastre.

El proceso había llegado a oídos de las autoridades papales y Bruno fue conducido a Roma para enfrentarse a la conocida Inquisición romana. Allí fue interrogado durante siete años. En un principio, Bruno adoptó su actitud anterior, pero al volverse más insistentes y agresi-

vos sus inquisidores empezó a mostrarse cada vez más obstinado. Quizá pensara que estaba condenado dijera lo que dijera, así que decidió que lo mejor sería reconocer sus herejías científicas menores (que ocultaban una multitud de herejías mayores). Según parece, despreció la ignorancia y el fanatismo de sus inquisidores, que se negaron a escucharle cuando intentó explicarles la incompatibilidad de la doctrina aristotélica con los descubrimientos más recientes de la ciencia natural. Al final, los exasperados inquisidores le exigieron que se retractara de todo. Sólo una retractación completa e incondicional de todas sus teorías sería aceptable. Ahora le llegó el turno a Bruno de sentirse exasperado. Insistió en que no había nada de lo que retractarse y que ni siquiera sabía de qué se suponía que tenía que retractarse. Al oír estas palabras, el papa Clemente XIII dio orden de que Bruno fuera entregado a las autoridades seglares, que habían de «encargarse de él del modo más misericordioso posible y sin verter su sangre». Por desgracia, estas palabras no eran más que un eufemismo hipócrita. Significaban que Bruno había de arder en la pira como hereje irredento.

El 17 de febrero de 1600, Bruno fue conducido al Campo de'Fiori y amordazado para que no pudiera dirigirse a la multitud de observadores. Fue atado a la estaca sobre un montón de leña al que luego pegaron fuego, y murió quemado vivo.

¿Qué temían que pudiera decir Bruno? Cuando le leyeron su sentencia de muerte, hizo gestos desafiantes hacia el tribunal y declaró: «Quizá vuestro miedo al dictar el veredicto sea mayor que el mío al recibirlo». En el momento culminante de su agonía en la pira ardiente, cuando le ofrecieron una cruz para que la besara, había retirado la cara bruscamente. Al parecer permaneció fiel a sus más hondas creencias "egipcias". Pero si hubiera hablado de ellas desde la pira ninguno de los presentes le habría comprendido, y menos aún le habría creído. No, al parecer, lo que las autoridades eclesiásticas temían era que repitiera sus herejías sobre la filosofía natural. Tenían miedo a la ciencia.

Hacía alrededor de medio siglo, Leonardo da Vinci había escrito «el sol no se mueve» en código en el margen de su libro de notas. Nicolás de Cusa también lo había sabido y Copérnico había dado finalmente respaldo matemático a esta verdad. No tenía nada que ver con la religión.

En su búsqueda de respaldo intelectual, la religión había subido a bordo a la filosofía. Los métodos empleados para refrendar las verdades de la filosofía natural se empleaban ahora en el campo de la teología. En el siglo XIII, Tomás de Aquino aportó nada menos que cinco pruebas de la existencia de Dios. Algunas de ellas son cuasicientíficas. Por ejemplo, el argumento de la Causa Primera: Dios como principio último de la cadena de causa y efecto. Pero la teología tomó de la filosofía algo más que el método; también se apropió de su contenido. Junto con la lógica llegaron la ética, la cosmología, la filosofía natural. No fue culpa de Aristóteles que su filosofía se convirtiera en palabra de Dios. Y aunque el cristianismo hubiera aceptado los átomos de Demócrito, en vez de los cuatro elementos de Aristóteles, el resultado final habría sido el mismo. La ciencia, como la ética, estaba tallada en piedra, era inmutable.

Es razonable plantear que, por lo que a la moral concierne, la humanidad ha progresado poco, o nada en absoluto, desde la Edad del Bronce. El héroe homérico y Arnold Schwarzenegger en *Terminator* se enfrentan a dilemas morales similares, aunque su armamento, así como la atención médica que pueden esperar, están a mundos de distancia. La condición científica humana, al contrario que la condición moral, no es inherentemente estática y mantener tal cosa sólo conduce al absurdo. Aunque la Iglesia hubiera admitido los átomos indivisibles de Demócrito, al final se habría encontrado en la posición de verse obligada a rechazar la existencia de Hiroshima.

Pero en la época de Bruno la ciencia estaba tan enmarañada como la religión. Ni la una ni la otra comprendía realmente lo que estaba sucediendo. El Papa afirmaba que los planetas giraban en torno a la tierra; Bruno entendía el sistema solar copernicano como un símbolo metafísico. A la mente humana le llevó tiempo librarse de tales equívocos. Lo que hacía falta era una nueva forma de ver el mundo.

6. LOS ELEMENTOS DE LA CIENCIA

En 1608 se descubrió, en el sentido más literal de la palabra, un modo totalmente nuevo de ver el mundo. Suele atribuirse la invención del telescopio al fabricante holandés Hans Lippershey, que vendía sus lentes como anteojos. A finales del siglo XVI se había convertido en una industria floreciente. La expansión de la imprenta por toda Europa había conducido a un incremento generalizado de la lectura, y al consiguiente aumento en la demanda de gafas. A su vez, el *boom* en la fabricación de lentes dio lugar al descubrimiento tanto del microscopio como del telescopio. Merced al conocimiento, a comienzos del siglo XVII la mente humana estaba en plena expansión, y como resultado indirecto de ello también se expandió el mundo, tanto a escala micro como a escala macro. Numerosos cambios, al parecer no relacionados entre sí, empezaban a influir en toda Europa en la visión del mundo. Con estos nuevos cambios vendrían nuevas preguntas. (Y a menudo eran viejas preguntas ya formuladas por los antiguos griegos: ¿Qué es este mundo que habitamos? ¿Cómo encajan las nuevas maravillas en los elementos que ya conocemos?)

En realidad, Lippershey no descubrió el efecto telescópico por sí mismo; de hecho lo hizo un anónimo aprendiz. Según cuenta la historia, este joven benefactor de la humanidad, ocioso y un tanto aburrido, estaba un día jugueteando con las lentes que debía haber estado puliendo. Se dio cuenta de que si se ponía dos lentes ante los ojos y ajustaba la distancia entre ellas, obtenía una imagen ampliada de la torre de una iglesia que había al otro lado de los prados. Lippershey comprendió de inmediato la importancia de este fortuito descubrimiento: montó las dos lentes en un tubo y puso a su invento el nombre de *perspicillium* (que significa «instrumento a través del que mirar»). El primero fue vendido al gobierno holandés como instrumento militar. Al igual que con tantos otros instrumentos militares, entonces

como ahora, no tardó en correrse la voz entre los posibles interesados en semejante información. Antes de un año había llegado a oídos de Galileo, en Padua.

Galileo fue el primero en promulgar los elementos de la nueva ciencia. Era ambicioso y siempre tuvo buen ojo para las oportunidades. Llevaba más de quince años como catedrático de matemáticas en Padua. A pesar de que tenía sólo veintiocho años en la fecha de su nombramiento, Galileo había tenido éxito donde Bruno había fracasado, en gran medida debido a la insistencia y el autobombo, y debido también a que convenció a protectores bien situados para que hablasen a su favor. En 1592, a los cuarenta y cuatro años, Bruno era una figura de estatura internacional, pero se había limitado a inquirir sobre el puesto. Era más conocido en el norte de Europa y carecía de protectores en Italia, aparte del traicionero y lerdo Mocenigo.

A finales del siglo XVI Padua era generalmente considerada la mejor universidad de Europa y atraía estudiantes de lugares tan distantes como Polonia e Inglaterra. (Fue uno de esos estudiantes quien le transmitió información sobre la Italia de la época a Shakespeare.) En el momento en que Galileo oyó hablar del *perspicillium*, se fijó, como era típico en él, en dos características cruciales del nuevo invento: en primer lugar, que nadie se había dado cuenta aún de todo el potencial científico de la idea; y, en segundo lugar, que el *perspicillium* tenía enormes posibilidades comerciales.

Los primeros *perspicillia* sólo lograban ampliar la imagen al triple. En cuestión de meses, Galileo había perfeccionado un instrumento capaz de multiplicar por diez el tamaño de la imagen. Luego regaló su nueva herramienta a la ciudad de Venecia, que por aquel entonces gobernaba Padua. Galileo explicó con orgullo que cualquier flota que intentara invadir Venecia podría ser vista en el momento mismo en que apareciera en el horizonte, lo que ofrecería a las autoridades encargadas de defender la ciudad más horas para prepararse frente al ataque.

No fue un acto de generosidad altruista por parte de Galileo. Agradecidas, las autoridades duplicaron de inmediato su salario, más bien magro, y le nombraron catedrático vitalicio. Además, Galileo había descubierto que se estaban fabricando *perspicillia* baratos en otros lugares de Italia, lo que limitaba seriamente la posibilidad de copar el mercado.

Cuando estos instrumentos baratos llegaron a Venecia, Galileo los desechó como simples juguetes, distinguiéndolos de lo que llamaba su propia invención, a la que bautizó con el nombre de "telescopio". La palabra procede de las palabras griegas que significan "a distancia" y "ver", aunque, al igual que la idea en sí, Galileo también le robó el nombre a otro.

Galileo Galilei era un extrovertido efervescente de barba roja cuyo carácter poco convencional y sus evidentes encantos enmascaraban una naturaleza compleja. A menudo andaba corto de fondos debido a su extravagancia, sus deudas familiares y una madre exigente que insistía en que la mantuviera en su Florencia natal. Cuando mamá se dignó finalmente a visitar Padua, se quedó horrorizada al descubrir que su profesor de matemáticas favorito vivía con una temperamental y vulgar veneciana llamada Marina, que tenía casi quince años menos que él y le había dado dos hijos. Galileo huyó a la cercana Venecia para alojarse en el palacio de su amigo el aristócrata Sagredo, mientras las dos mujeres de su vida se chillaban la una a la otra y acababan arrancándose el pelo a puñados. Galileo era un compañero ingenioso y erudito para sus amigos nobles, pero en su casa prefería rehuir las broncas y agravios de una escandalosa existencia doméstica. Se retiraba a su estudio durante horas, a veces durante días, y se enfrascaba por completo en la ciencia.

Probablemente Galileo fue el primero en comprender de qué iba realmente la nueva ciencia. (Esta intuición se aplicaría casi exclusivamente a la física, a cómo funcionaban las cosas. Sólo más tarde se extendería a la química, al estudio de la materia y los elementos.) Resulta significativo que la comprensión de Galileo se fundara en una excepcional capacidad práctica. Su percepción de lo que se podía hacer, y de cómo hacerlo, le convirtió en un inventor soberbio. Los inventos de Galileo fueron desde el primer termómetro a un instrumento para medir la velocidad del pulso, de una bomba de agua accionada por un caballo a un sector para calcular la trayectoria de las balas de cañón. Por desgracia, debido a su ineptitud financiera y a la falta de leyes sobre patentes, o simplemente a que sus inventos estaban por delante de su época, los brillantes dispositivos de Galileo jamás llegaron a alcanzar el enorme éxito financiero soñado por su inventor. Pero estos logros prácticos le reportaron un profundo conocimiento teórico sobre el funcionamiento de la física.

Alrededor de quinientos años antes, unos pocos pensadores griegos, en particular Arquímedes, habían postulado unos cuantos hechos y teoremas no relacionados entre sí, pero no existía un concepto global de la mecánica como tal. Fue necesaria la llegada de Galileo, que desarrolló la noción clave de "fuerza" para que quedara demostrado que había toda una rama de conocimientos teóricos y prácticos por investigar. Pero, ¿por qué era tan importante el concepto de la fuerza? Por parafrasear un ejemplo de un libro de texto del siglo XVII: imaginemos a un hombre reteniendo a un caballo. No era posible medir la energía necesaria para hacer una cosa así. Si por el contrario se ataban las riendas del caballo a una roca suficientemente pesada, la inconmensurable energía humana podía interpretarse ahora como una fuerza, mensurable en términos del peso de la piedra necesario para retener al caballo. Todo movimiento (o prevención de éste) era resultado de la acción de una fuerza y podía medirse. Se trataba de un modo totalmente nuevo de medir el mundo, que permitía obtener nuevas perspectivas sobre cómo funcionaba y emplear éstas en beneficio de la humanidad.

Galileo se convirtió en el principal explorador de este nuevo campo del conocimiento, que llamó *meccaniche* (o mecánica, del griego antiguo, "aparato o máquina"). Pero incluso aquí los viejos hábitos tardaban en morir: Galileo "mejoró" el concepto de impulso de Arquímedes, reclamándolo como propio. Al mismo tiempo, sus obras indican que conocía nada menos que tres de las leyes del movimiento, que Newton no formularía hasta más de setenta años después. En parte debido al modo en que Galileo veía a la ciencia, y en parte por el modo en que la ciencia se veía a sí misma por aquel entonces, no formuló ninguna definición concreta de la fuerza, ni tampoco formuló sus conocimientos sobre el movimiento en forma de leyes.

Con todo, estas omisiones resultan triviales cuando se comparan con su gran avance, que Galileo expresó del modo más claro posible. Constituye la clave de su triunfo y aún así es tan espectacularmente sencillo que hoy nos parece algo obvio. Galileo combinó las matemáticas y la física. Hasta entonces, estos dos campos del conocimiento habían sido tratados en gran medida como terrenos separados.

Esta separación era ya manifiesta en el siglo IV a. C., cuando la Academia de Platón puso el énfasis en la realidad abstracta y las mate-

máticas "puras", mientras que el Liceo de Aristóteles se concentraba en la realidad material, que analizaba por medio de la selección, la comparación y la clasificación. Podría dar la impresión de que Copérnico se anticipó a Galileo en la aplicación de las matemáticas a la física, pero no fue así. Copérnico consideraba que los movimientos celestes eran un problema matemático. Las nociones puramente mecánicas como el peso, el impulso y la fuerza no formaban parte de sus cálculos.

Sólo cuando Galileo combinó las matemáticas y la física fue posible concebir la idea de una fuerza mensurable. Y con ella nació la ciencia moderna. La aplicación del análisis matemático a los problemas de la física dio lugar a la ciencia experimental en el sentido moderno. Por primera vez los eventos materiales podían evaluarse, descomponerse en sus componentes y medirse, y todo en términos matemáticos exactos. Así pues, era posible comparar contingencias similares y, cuando casaban entre sí, podían formularse leyes generales. Galileo llamaba a tales pruebas *cimento*, "prueba rigurosa" en italiano. Un experimento era una prueba para ver cómo (o si) funcionaba un proceso determinado. El término experimento deriva, de modo similar, de una vieja palabra francesa que significa "someter a juicio", o "poner a prueba".

Todo esto representaba un salto adelante categórico. ¿O no? ¿Acaso no era lo que los alquimistas llevaban siglos haciendo? En efecto, lo era, y no todos los experimentos alquímicos habían estado desprovistos de todo contacto con las matemáticas. La mayoría de las recetas para los experimentos alquímicos incluían al menos alguna indicación de las "medidas" de los ingredientes requeridos, junto con detalladas descripciones de los procedimientos a seguir. Hasta este punto, la alquimia era innegablemente una ciencia experimental. Los caminos divergían en lo que se refiere a los resultados de estos experimentos. En la mayoría de los casos sólo se perseguía un resultado: el oro. Al no conseguirlo, el experimentador rara vez sentía la necesidad de tomar nota de lo que había obtenido. Y otros, que sí la sentían, tendían a proclamar resultados falsos, metafísicos. Sobre tan imaginarios cimientos difícilmente podía construirse una ciencia.

Se ha dicho que Galileo no fue el primero en realizar experimentos de estilo moderno, combinando las matemáticas y la física. Pocos

años antes que él, una serie de coetáneos suyos habían empezado a emplear métodos experimentales similares. Esta afirmación está más que ligeramente justificada. Como ya hemos visto, toda la estructura mental del medievo se estaba desmoronando. Las viejas certidumbres atribuidas a la autoridad (a saber, a Aristóteles) empezaban a considerarse cada vez más inciertas, lo que propició la aparición de nuevas ideas para reemplazarlas. La aplicación de las matemáticas a la realidad no era más que una de estas nuevas ideas. Tales nociones estaban "en el aire" y muchos otros pensaban en términos similares. La ciencia moderna estaba viendo la luz en toda Europa, como creación de una serie de individuos que pensaban de un modo científico cada uno por su cuenta.

Acostumbramos a decir que tal modo de pensar se "adelantaba a su tiempo". Esto no hace exactamente justicia a lo que estaba ocurriendo a comienzos del siglo XVII en Europa. Aunque crearan una era enteramente nueva, estos experimentadores y pensadores científicos, que a menudo trabajaron aislados unos de otros, no estaban tan por delante de su época. Por toda Europa, desde Polonia hasta el sur de Italia, empezaba a cuajar una nueva actitud mental. Una muestra de ello es que diversos individuos, que no tenían ni la más remota posibilidad de conocer el trabajo de los otros y menos aún de recurrir al plagio, realizaron varios descubrimientos importantes casi al mismo tiempo. Se trataba, en efecto, de algo novedoso. La ciencia no progresaba simplemente como resultado de grandes descubrimientos realizados por grandes hombres. Tan importante como el genio individual fue el advenimiento de un nuevo modo de pensar, capaz de llevar a varios pensadores al mismo descubrimiento a la vez. (Mientras que sin un nuevo modo de pensar no se hubiera logrado ningún avance trascendental: los cuatro elementos ya habían sido descubiertos, así que no había necesidad de ir más allá en ese terreno.) Sin este nuevo enfoque, toda idea sobre cosas como los elementos carecía de sentido. Con él, las mentes científicas no tardaron en realizar todo tipo de descubrimientos simultáneos.

Bastará con un ejemplo. Galileo dio por terminado su sector geométrico para calcular la trayectoria de proyectiles (balas de cañón) en 1597. Tan sólo un año después, un dispositivo asombrosamente similar fue desarrollado independientemente en Londres por el matemáti-

co isabelino Thomas Hood, aunque no consiguió rescatarle de la penuria. Mientras tanto el matemático holandés Dirk Borcouts, que mantenía correspondencia con Descartes, trabajaba también en su propio sector de bronce para calcular trayectorias. (Aún puede verse en el museo local.)

Entonces, ¿por qué es tan importante Galileo? Se diría que una multitud de tendencias diferentes se fundieron en su mente, que demostró ser extraordinaria tanto cualitativa como cuantitativamente. Su aplicación del análisis matemático, sus experimentos, su originalidad conceptual (por ejemplo, la idea de la fuerza), su consumada habilidad técnica, por no mencionar sus golpes de genio, fueron lo que le hizo destacar entre sus coetáneos. Galileo no era siempre el primero en dar con una idea (aunque pudiera pensar sinceramente lo contrario), pero su mente solía ser la mejor a la hora de plasmarla. Y se notaba en los resultados. Nada ilustra esto mejor que el uso que Galileo hizo del telescopio.

El tosco *perspicillium* original producía una imagen invertida, además de tener un factor de ampliación de sólo tres. Cuando Galileo acabó con él, había conseguido perfeccionar un telescopio capaz de una magnificación superior a un factor de treinta que producía una imagen en la posición correcta. Y mientras que otros vieron en el telescopio un dispositivo militar, Galileo comprendió rápidamente las posibilidades de su «invento mejorado». Levantó su telescopio al cielo de la noche e inmediatamente un nuevo universo le fue revelado. (Una vez más, Galileo no fue el primero en hacer esto. El inglés Thomas Herriot estaba usando ya un telescopio para cartografiar la superficie lunar. Este pionero de la época isabelina, en gran medida olvidado, era un hombre de múltiples facetas. Cruzó el Atlántico y emprendió uno de los primeros estudios antropológicos, la investigación de los «habitantes naturales» de Virginia. Junto a sir Walter Raleigh y el autor teatral Christopher Marlowe estuvo involucrado en la conspiración católica de 1605. Sus empresas intelectuales tenían similar alcance. Tras cartografiar la Luna, se convirtió en uno de los principales astrónomos de Europa; inventó una notación simplificada que transformó el álgebra y se convirtió en un defensor de la "ingesta" de humo de tabaco como una panacea. Herriot era un ejemplo típico de los "genios aficionados" que empezaban a surgir de resultas

del cambio cataclísmico que se estaba produciendo en la mentalidad europea.)

Allá donde prevalecía la libertad de pensamiento —especialmente en Inglaterra y Holanda— no tardaron en hacerse evidentes el progreso intelectual y la superación en campos que habían sido comparativamente abandonados durante el Renacimiento. Los logros de la filosofía, la literatura, las matemáticas y la física empezaron a sobrepasar a los de la pintura, la escultura y la arquitectura. Tras la estética, la ciencia: la forma empezaba a llenarse de contenido.

Cuando Galileo dirigió su telescopio hacia la Luna, se sorprendió al ver que su superficie tenía inconfundibles montañas y valles. Usando con ingenio las sombras proyectadas por las montañas, consiguió incluso calcular la altura de éstas. Luego enfocó su telescopio hacia el grupo de siete estrellas conocidas como las Pléyades. (Así llamadas por los antiguos griegos en honor a las siete hijas del dios Atlas, que se suicidaron de dolor tras la muerte de sus hijas, que formaban la constelación cercana de las Híades.) Galileo miró por su telescopio y descubrió que las siete Pléyades visibles con el ojo desnudo se convertían en más de cuarenta estrellas.

No obstante, Galileo realizó su principal descubrimiento cuando empezó a estudiar Venus. No tardó en darse cuenta de que Venus tenía fases, similares a las exhibidas por la Luna. En ciertos momentos estaba en cuarto creciente, en otros se convertía en media esfera, luego estaba en fase de plenitud. Al igual que en el caso de la Luna, la luz de Venus era evidentemente luz reflejada del sol y sus fases demostraban que giraba alrededor de éste. Se trataba de una prueba incontrovertible, fruto de la observación, de que Copérnico había tenido razón respecto al sistema solar.

Como señaló el filósofo de la ciencia del siglo XX Paul Feyerabend, las observaciones telescópicas de Galileo fueron aún más afortunadas de lo que el propio Galileo creía. «No sólo aumentaron el grado de conocimiento, cambiaron su estructura.» Nicolás de Cusa y Bruno habían sugerido que el universo era infinito, que las estrellas eran otros sistemas solares y que había otras tierras, pero sólo había sido fruto de la especulación. Hasta las mentes más avanzadas tendían a creer —incluso aceptando que Copérnico estuviera en lo cierto— que los cuerpos celestes eran diferentes a la Tierra, como había mantenido Aristó-

teles. Galileo había aportado pruebas de que no era así. La Luna era similar a la Tierra, y había incontables estrellas que resultaban invisibles al ojo desnudo. Todas ellas eran gigantescos cuerpos sólidos que se movían a través de la vastedad del espacio. Cuando Galileo dirigió su telescopio hacia el cielo nocturno, la estructura del universo cambió ante sus ojos. Las cosas nunca volverían a ser como habían sido.

Galileo fue el primer filósofo de la ciencia genuinamente original desde Aristóteles. Al igual que Pitágoras, creía que el mundo podía describirse en términos matemáticos y que las matemáticas eran la clave para investigar el mundo, pero consideraba que sólo ciertos aspectos del mundo podían describirse en términos matemáticos. Llamó a éstos «cualidades primarias: forma y tamaño, número, posición y movimiento». Todas estas cualidades eran objetivas, propiedades de los cuerpos. Por ejemplo, era posible medir el tamaño, la forma, la velocidad, etc., de una bala de cañón. Pero había cualidades secundarias, como el sabor, el olor, el color y el sonido. Éstas no eran mensurables, porque no pertenecían a los cuerpos en sí. Dichas cualidades sólo existían en la mente de la persona que observaba el cuerpo, eran meramente un efecto del cuerpo.

Esta distinción era crucial. La ciencia avanzaría a través de lo que era mensurable. Otras cualidades, aparentemente mensurables, serían descartadas como fenómenos meramente subjetivos. *A posteriori*, vemos que las cualidades primarias pertenecen a la física. Las cualidades secundarias entran más en el terreno de la química. Para definirse, para clarificar su visión, la ciencia tenía que imponerse ciertos límites. Para sentar las bases de la ciencia moderna había que separar aquello en lo que se podía pensar claramente de aquello en lo que no era posible hacerlo. Galileo restringía la ciencia a la pregunta «¿Qué ocurre?». Pasó por alto la pregunta concomitante: «¿Qué es?». La física puede funcionar sin la segunda pregunta, pero ésta es un elemento clave en el campo de la química. No obstante, a estas alturas, la visión de la química se había desdibujado hasta extremos exasperantes. Cabe decir que su único uso significativo era la fabricación de medicamentos. Todo gran avance teórico se veía coartado por la teoría de los cuatro elementos y la confusión de la alquimia. Antes de que la química pudiera avanzar, el hombre tenía primero que comprender, a través de la física, qué era la ciencia.

La ciencia se adentró entonces en un mundo incoloro, inodoro y desprovisto de sonidos, un universo en verdad yermo. Se diría que tan drástica reducción es invariablemente necesaria para que cualquier rama del conocimiento se convierta en una ciencia. En nuestros días, ahora que la economía aspira a convertirse en una ciencia, se ha visto obligada a reducir la riqueza de la naturaleza humana al *Homo economicus*. Esta especie tan limitada se define exclusivamente por lo que consume, lo que produce y por su constante ansia de más. Al parecer, la economía sólo puede aspirar a su salvación como ciencia reduciendo al ser humano a un simple tracto digestivo.

Tales reducciones del mundo a un esquema de cosas pueden tener graves consecuencias para nuestra visión de la condición humana. (¿Somos, en última instancia, únicamente consumidores, estadísticas en la gráfica de flujo de la existencia humana?) El reduccionismo científico que se inició con Galileo había de resultar altamente ofensivo para la psique humana, y sigue siendo inaceptable hoy en día, al menos en parte.

En comparación con el árido y aburrido mundo de la nueva ciencia, el viejo mundo medieval era excepcionalmente rico. Para empezar, tenía un significado global. El mundo había de ser contemplado, había que ponderar su significado más profundo. Existía un plan espiritual y ético oculto. El universo podía leerse como una obra de literatura: el libro de Dios. La metáfora y el simbolismo impregnaban todo su funcionamiento. Pero la nueva ciencia no tenía nada que ver con la crítica literaria. Su mundo carecía de objetivo pedagógico alguno, no ponía a prueba las almas ni ilustraba creencias metafísicas. Carecía de bagaje cultural aparente. El nuevo mundo científico era superficial y prosaico. Buscaba verdades simples, en vez de "la verdad". Se trataba de un universo desprovisto de significado último.

Constituía, en cierta medida, un renacimiento del antiguo pensamiento cosmológico griego. El propio término "cosmos" deriva de la palabra griega que significa "orden". La filosofía natural, según era practicada por los antiguos griegos, incluyendo a Aristóteles, buscaba el orden en el universo, no un significado. Es curioso que fuese precisamente esta ausencia de contenido teológico lo que la hizo aceptable para el cristianismo.

En tiempos de Galileo el mundo había sido ya plenamente explicado e interpretado por medio de una combinación de filosofía na-

tural cuasiaristotélica y de teología cristiana. La Biblia era la llave que daba acceso al mundo científico. En ella se afirmaba claramente que las estrellas habían sido creadas por Dios para iluminar a la humanidad. Así pues, no podía haber estrellas que fueran invisibles para el ojo humano, como afirmaba Galileo tras observarlas a través de su telescopio. Tales estrellas serían superfluas, desprovistas de significado, absurdas, epítetos todo ellos que difícilmente podían aplicarse a la obra de Dios. En cuanto a la herejía copernicana, que Bruno había defendido... Galileo fue convocado a Roma para que se explicara.

La disputa perduró una serie de años. En la Iglesia no todos se mostraban totalmente contrarios a la nueva ciencia; muchos pensaban que más pronto o más tarde habría que llegar a algún tipo de acomodo. Galileo sugirió una vía de escape. La Biblia no debía considerarse la verdad literal. De hecho era sólo un antiguo documento cuyo objetivo era servir como guía moral. Sus autores jamás pretendieron que fuera un texto científico. Pero en Roma, la discusión no se producía solamente en términos científicos, ni siquiera en términos religiosos. Se estaba librando una batalla política entre facciones rivales. Estaban en juego el poder, y también el alma, de la Iglesia.

En 1632 Galileo, que contaba ya sesenta y ocho años, fue llamado de nuevo a Roma. Esta vez se encontró con que tenía que enfrentarse a la Inquisición. Era plenamente consciente de que Bruno se había enfrentado a ese mismo tribunal tan sólo treinta y dos años antes, y con los mismos cargos. La efervescencia y la jactancia de Galileo se habían alimentado siempre de profundas incertidumbres interiores: no tenía madera de mártir. Cuando fue interrogado sobre la herejía copernicana, no tardó en vacilar. Finalmente capituló, antes de ser sometido a tortura. (En la obra *La vida de Galileo* de Bertold Brecht, Galileo es conducido a un calabozo por su inquisidor, que le muestra los instrumentos de tortura que hay dentro. Si bien esta escena no tiene base real, es metafóricamente precisa.) De rodillas, Galileo se vio obligado a proclamar que «abjuraba, maldecía y detestaba» su nueva ciencia. Copérnico estaba equivocado, la Tierra era el centro del universo. Pero en el momento de ponerse de nuevo en pie, se dice que murmuró entre dientes «*Eppur si muove*» (Pero se mueve). El decrépito y enfermizo Galileo escapó al fuego de la pira, pero aún así fue condenado

a cadena perpetua, pena que en la práctica se convirtió en un arresto domiciliario en las afueras de Florencia.

El escándalo se extendió rápidamente por toda Europa. En Holanda, el filósofo francés René Descartes estaba dando los toques finales a su *Tratado sobre el Universo*, en el que había llegado independientemente a las mismas conclusiones que Galileo. El enfoque de Descartes era diferente al experimentalismo de Galileo. Para el filósofo francés, la principal herramienta en la búsqueda del conocimiento era la razón. Para alcanzar una visión científica clara del mundo era necesario nada menos que una metodología del pensamiento totalmente nueva.

Desde temprana edad, Descartes había decidido dedicar su vida al pensamiento. Para hacerlo, requería de una existencia solitaria, no alterada por los clamores de la vida cotidiana —por no mencionar los tumultuosos acontecimientos históricos que se estaban produciendo en Europa—. El hundimiento del Sacro Imperio Romano en estados protestantes y católicos había fragmentado a Alemania, dejando un vacío de poder en el corazón del continente. Las rivalidades comerciales, dinásticas y religiosas explotaron en la Guerra de los Treinta Años (1618-1648), que no tardó en involucrar a distintos países, desde Suecia hasta Rusia, Francia y España. Este cataclismo dejaría finalmente asoladas grandes extensiones de Europa central, desde el Báltico hasta Baviera. Alemania quedó reducida a ciudades ennegrecidas por el humo y prados sin cultivar ocupados por cuervos carroñeros, y lo que quedaba de su población vagaba por las carreteras y los caminos a merced de las bandas de ladrones.

En cierto modo, la reacción de Descartes ante todo esto fue sorprendente. En su búsqueda de una vida tranquila, la mejor mente racional de Europa decidió que su mejor opción era alistarse en el ejército. En 1618, el año mismo en que el continente se vio sumido en la guerra, Descartes se alistó en el ejército del príncipe de Orange en Holanda. Pero Descartes, además de una gran mente racional, tenía también gran astucia. Sólo estaba dispuesto a sumarse a un ejército que supiera que no iba a ir a la guerra y, como oficial voluntario en un ejército así, sabía que podría hacer poco más o menos lo que le viniera en gana. Hasta qué grado estaba en lo cierto queda ilustrado por el hecho de que Descartes mantuvo durante toda su vida el estricto hábito

de no levantarse jamás antes de mediodía. Dedicaba las mañanas a yacer en la cama, pensando.

En 1620 Descartes fue asignado al ejército de Maximiliano, duque de Baviera. Éste estaba acampado en sus cuarteles de invierno en el nevado campo de Baviera. (Al igual que la caza, todo tenía su estación: en el siglo XVII, a ningún ejército digno de tal nombre se le habría pasado siquiera por la cabeza combatir una vez llegado el mal tiempo.) En palabras del propio Descartes: «Llegó el invierno, y me encontré en un lugar en el que no había ninguna compañía interesante. Por aquel entonces no me afectaba preocupación o pasión alguna, así que me dediqué a pasar el tiempo a solas con mis pensamientos, sentado en una estufa». Este último comentario no ha de tomarse literalmente: Descartes probablemente se refiriera a una pequeña habitación de las casas bávaras en las que hay una gran estufa cubierta de baldosines cerámicos.

En tan acogedoras circunstancias, Descartes inició un ejercicio mental que habría de revolucionar la filosofía occidental. Empezó a someter la totalidad de su existencia al escrutinio de la razón. ¿Cómo puedo saber algo sobre el mundo que me rodea? Empleando mis sentidos. Pero mis sentidos pueden engañarme. Un palo recto parece doblado cuando lo introduzco en el agua. ¿Cómo sé siquiera que estoy despierto, que la realidad en su conjunto no es un sueño? ¿Cómo puedo saber que no es una urdimbre de engaños tejida por algún astuto y malicioso demonio simplemente por el gusto de engañarme? Por medio de un proceso de interrogación persistente y extenso es posible cuestionar la totalidad del entramado de mi existencia y del mundo que me rodea. No hay certidumbre respecto a nada. Pero en medio de todo esto hay, no obstante, una cosa que sí es indudable. Por engañado que pueda estar en mis ideas sobre sí mismo y el mundo, sí que sé que estoy pensando. Formulando la frase más conocida de toda la filosofía, Descartes concluye: *Cogito ergo sum* (Pienso luego existo).

Una vez establecida esta certidumbre absoluta, Descartes procedió a reconstruir sobre ella todo lo que había cuestionado. El mundo, las verdades matemáticas, el invierno bávaro bloqueado por la nieve, la naturaleza de su existencia: puesto a prueba por la duda, todo le era restituido, más incuestionable que nunca, ahora que estaba sustentado por tan sólidos cimientos.

Como resultado de sus profundas meditaciones en pleno invierno bávaro, Descartes concibió la idea de una ciencia universal. Se trataría de una metodología del pensamiento capaz de abarcar todo el saber humano. Tal método cognitivo no sólo incluiría todo el conocimiento, también lo unificaría. El sistema estaría basado exclusivamente en la certidumbre. Libre de todo prejuicio y de preconcepciones injustificadas, partiría de principios básicos, que serían evidentes en sí mismos y sobre su base se desarrollaría.

Descartes era un matemático soberbio y original. (Las coordenadas cartesianas, empleadas para expresar la situación de objetos en el espacio tridimensional, fueron concebidas por él y llamadas así en su honor.) Así pues, quizá no sea de extrañar que la visión científica de Descartes, que todo lo abarca, se parezca tanto a las matemáticas. Descartes buscaba el rigor, la racionalidad y la certidumbre en la ciencia. Comparemos esto con Galileo, que ponía el énfasis en la experimentación a la que luego aplicaba las matemáticas. Incluso la división teórica de Galileo en cualidades primarias y secundarias había sido sugerida por consideraciones experimentales: ¿qué podía medirse y qué se resistía a su método experimental? Donde Galileo buscaba un método de experimentación, Descartes buscaba una metodología del pensamiento. Lo que era posible, por oposición a lo que era seguro. Ambos abordaban el mismo problema (la verdad científica), pero desde ángulos opuestos (práctica/teoría).

¿Cuál era exactamente la nueva metodología del pensamiento de Descartes? La esboza en su tratado *Discurso del método, para bien dirigir la razón y buscar la verdad en las ciencias*. La ciencia universal sólo puede desarrollarse pensando de determinada manera. Ésta se articula en torno a dos reglas básicas de funcionamiento mental: la intuición y la deducción. Define la primera como «la concepción, indubitable, de una mente despejada y atenta, que se forma exclusivamente a la luz de la razón». La deducción era la «necesaria inferencia a partir de otros hechos que se conocen con total certidumbre». El célebre método de Descartes —que acabó siendo denominado método cartesiano— se basaba en la correcta aplicación de estas dos normas del pensamiento.

Se trataba de un método lógico para el progreso científico. Explicaba la posición teórica del conocimiento científico, que se apoyaba

en «los hechos que son conocidos con certidumbre», es decir, los hechos que derivan de la observación y la experimentación.

Descartes abordó entonces su aproximación a lo segundo, aplicando su método al mundo. De ahí surgió la obra *Le Monde* conocida como *Tratado sobre el universo*. En éste y otros trabajos (*Dióptrica*, *Meteoros* y *Geometría*), Descartes se enfrenta a un amplio abanico de problemas científicos. En lugar de la confusa idea aristotélica de que el movimiento era una especie de "potencialidad" existente en un cuerpo, Descartes formuló tres claras leyes que establecían la inercia, el impulso y la dirección. También investigó problemas prácticos, como la refracción de la luz al pasar del aire al agua, de donde dedujo un principio que a continuación aplicó a la cuestión de cómo se forma el arco iris. (Mediante el ingenioso y exclusivo empleo de la razón, Descartes encontró la misma respuesta que Dietrich von Freiberg con sus humildes experimentos tres siglos antes.)

Descartes llegó a la conclusión de que el mundo funcionaba de un modo mecánico. Los objetos colisionaban y rebotaban. El cuerpo humano y los cuerpos celestes funcionaban como un mecanismo de relojería: una vez en marcha, los engranajes de causa y efecto giraban irreversiblemente. Al igual que Galileo, Descartes se preguntaba cómo funcionan las cosas, más que lo que son. Rehuía la segunda cuestión considerando la materia como algo que en última instancia «consiste meramente en su longitud, su altura y su anchura». Por supuesto, se trata de la materia vista a través del claro prisma de la física, en vez a través de las chapuceras recetas de la química. Aunque, cosa curiosa, al parecer hubo un tiempo en que Descartes creyó en los cuatro elementos de Aristóteles. «La mezcla primaria de estos cuatro compuestos da como resultado una mixtura que podría llamarse el quinto elemento.» Este quinto elemento era la materia en sí. Descartes estaba convencido de que cualquier análisis de los cuatro elementos de Aristóteles no tardaría en resultar irrelevante: en un universo mecánico, lo que importaba eran las propiedades físicas y el comportamiento de la materia. Tanto Galileo como Descartes veían el mundo como un mecanismo. Galileo concibió la idea de fuerza y creó la mecánica. Descartes intentaba explicar el mundo entero en términos de una «filosofía mecánica». Sea como fuere, era inevitable que ambos llegaran pronto a la conclusión de que Copérnico había tenido razón.

En cuanto Descartes se enteró de la suerte corrida por Galileo a manos de la Inquisición romana, recogió las páginas dispersas de su *Tratado sobre el universo* y las guardó bajo llave en un cajón. Al igual que Galileo, estaba convencido de que la Tierra y los planetas orbitaban en torno al Sol. No había más que dejar correr el tiempo hasta que la Iglesia llegara a la misma conclusión. (El papa Juan Pablo II presentaría excusas póstumas a Galileo en 1997.)

Galileo intentaba generar sus líneas maestras experimentales; Descartes su filosofía matemático-mecánica. Mientras un hombre estaba desarrollando ya una ciencia del pensamiento y la práctica que combinaba, e incluso dejaba atrás, los esfuerzos de ambos. Y fue esta combinación la que indicaría el camino a seguir. El responsable de ella fue el inglés Francis Bacon. Persona de excepcional talento, aunque un tanto desequilibrado, Bacon vivió cuando el brillo de la Inglaterra isabelina se desvanecía en el reino más sombrío de la era jacobina, ofreciéndole así un escenario adecuadamente glorioso, aunque peligroso, en el que poner en escena su caprichoso destino. (Era tal el talento de Bacon que algunos han creído que fue él, y no el comparativamente inculto Shakespeare, quien escribió las obras que éste firmó. A través de los siglos, esta teoría ha convencido a pensadores excéntricos de la estatura de Freud y Disraeli.)

Francis Bacon nació en 1561, cuando su padre sir Nicholas Bacon era Lord Custodio del Gran Sello, un cargo estatal de rango equivalente al de miembro del gabinete en nuestros días. Sir Nicholas era un hombre capaz y de principios que había ascendido desde una posición modesta entre la nueva meritocracia isabelina. Su hijo Francis siempre le admiró profundamente, a pesar del hecho de que parecía resuelto a seguir los pasos de su padre sin seguir su digno ejemplo. La madre de Francis era una mujer decidida y entrometida, de principios puritanos, y siempre preocupada por el bienestar moral de su hijo (y con razón). Las contradicciones de Francis Bacon, aunque imperceptibles al principio, no tardaron en ponerse en evidencia. Estudiante brillante, abandonó Cambridge a los quince años de edad proclamando su disgusto por el "infructuoso" aristotelismo imperante. Hay un retrato del joven Bacon que data de este periodo, obra del exquisito miniaturista Nicholas Hilliard, el primer gran pintor inglés. En la miniatura puede verse a un joven de pelo revuelto y gola isabelina, con

una arrogancia teñida de cierta incertidumbre. Hilliard era también un hombre de ingenio y no menos altivez, y al parecer simpatizó con su talentoso y joven modelo. Alrededor del retrato ovalado, Hilliard inscribió en latín el lema: «Ojalá pudiera dibujar su mente».

Bacon entró en la escena política isabelina henchido de las aspiraciones que sus capacidades y promesa alentaban. Pero estas aspiraciones habían de sufrir un fuerte revés cuando su padre murió intestado, dejando a Francis corto de dinero. Bacon, que tenía de por sí un temperamento extravagante, siguió padeciendo estrecheces económicas a todo lo largo de su vida, con consecuencias desastrosas. Sus expectativas no tardaron en fraguar en ambición.

La era isabelina fue el primer periodo de grandeza de la historia de Inglaterra. Como país provinciano en la periferia de Europa, hasta entonces el papel de Inglaterra en los asuntos internacionales había consistido esencialmente en hostigar a los franceses. El padre de Isabel, Enrique VIII, había roto amarras con la Roma católica, declarándose cabeza de la Iglesia Protestante de Inglaterra, cuando el Papa se negó a concederle el divorcio (de la primera de sus seis esposas). Un cuarto de siglo más tarde, la joven Isabel ascendió al trono. Era inteligente, hablaba con fluidez seis idiomas y tenía una belleza gélida, pero poseía «estilo para ganarse el corazón del pueblo» y dio paso a una era de confianza nacional. El Renacimiento había llegado ya a Inglaterra, pero bajo Isabel floreció de un modo peculiarmente inglés, mezclando elementos de humanismo y medievalismo (mezcla epitomizada en *Macbeth* de Shakespeare, con su maquiavélico Macbeth y las brujas medievales). El país floreció cultural, social y económicamente como nunca hasta entonces. La gran flota de Isabel, con marinos como Raleigh y Drake, empezó a crear un imperio ultramarino. Sólo el propio Shakespeare podía hacer sombra a autores teatrales del calibre de Christopher Marlowe y Ben Johnson. Y en el corazón de todo aquello se regía la espléndida corte de la Reina Virgen, que demostró ser tan astuta en la manipulación de sus consejeros políticos como caprichosa en el uso de sus favoritos (a menudo los mismos hombres).

Cuando Francis Bacon se convirtió en protagonista significativo de la escena política, Inglaterra había sobrevivido ya a la llegada de una armada que representaba el poderío de la católica España. Pero el país empezaba a bullir con gruñidos de descontento. La espectacular

pelirroja que había ascendido al trono treinta años antes se había convertido en una solterona vanidosa y envejecida de pelo teñido, rostro empolvado de blanco y vestidos extravagantes repletos de perlas. La corte de Isabel estaba minada de intrigas y sus jóvenes favoritos eran cada vez menos dignos de confianza.

En un mundo así había poco margen para el honor o la dignidad, y Bacon no tardó en aprender a prescindir de ambos. Leyó *El príncipe* de Maquiavelo y se sintió fatalmente atraído por el oportunismo sin principios del italiano, enmascarado bajo la forma de filosofía política. Tras ofender inadvertidamente a Isabel, Bacon se congració con el Conde de Essex, el favorito del momento. Afortunadamente no se vio implicado en el complot cuando el malhumorado e impetuoso conde encabezó una insurrección contra Isabel. Escandalizado por la traición de Essex, Bacon no percibió conflicto de intereses alguno en redactar el informe judicial que condujo a la decapitación del que había sido hasta entonces su amigo.

En 1603 Bacon negoció con éxito la transferencia del poder de Isabel a Jaime I, una hazaña que requería en igual medida nervios de acero y falta de escrúpulos. Con una obsequiosidad que despertó náuseas incluso entre los ambiciosos cortesanos de la época, Bacon se ganó los favores de sir George Villiers (posteriormente Duque de Buckingham), el favorito del nuevo rey. Como lo formuló secamente el propio Bacon: «Es a través de las indignidades como llegan los hombres a las dignidades». No tardó en llegar a las alturas de los nombramientos políticos, con un alto cargo a la vista. En 1618 había sobrepasado incluso a su padre, convirtiéndose en Lord Canciller, el más alto cargo judicial del país. Ahora disponía de dinero para permitirse sus extravagantes caprichos y, aún así, siempre gastaba de más. Su mansión de St. Albans, a unos treinta kilómetros al norte de Londres, se convirtió en un lugar muy frecuentado. Según su amigo, el biógrafo de la época John Aubrey: «Cuando su señoría estaba en su casa de Gorhambury, se diría que la corte estaba en St. Albans, de tan elegantemente como vivía. Sus criados vestían librea con su escudo (un jabalí)... Ninguno de sus servidores debía aparecer ante él sin calzar botas de cuero español».

Como comentaba el propio Bacon: «El mundo fue hecho para el hombre, no el hombre para el mundo». El adulador prosperó, igual

de extravagante a la hora de dar como a la de recibir, pero bajo tanto servilismo, y los consiguientes espectáculos, había otro individuo oculto. Como señaló su médico William Harvey: «Tenía un ojo delicado y vivaz... era como el ojo de una víbora». Su madre, como era de esperar, tenía otras cosas que decir y le reprochaba que no asistiera a la iglesia. Pero era también consciente de que en Gorhambury ocurrían cosas de lo más irregulares. Discutió violentamente con él a causa de cierto «orgulloso, ignorante y extravagante individuo» que Bacon mantenía como «compañero de carruaje y cama». A sus ojos puritanos, Gorhambury estaba repleto de «avaros seductores e instrumentos de Satán». No hay duda de que Bacon era homosexual. El matrimonio que contrajo a los cuarenta y cinco años con Alice, la hija de facciones enjutas de un acaudalado regidor, tuvo motivaciones transparentemente mercenarias. El matrimonio jamás llegó a consumarse y Alice se vio arrastrada a una vida de infidelidad constante. (Bacon la excluyó de su testamento, dejando Gorhambury a su camarero jefe. Fue inútil: no habían transcurrido diez días desde la muerte de Bacon cuando Alice se casó con el camarero, al que dejó «ciego y sordo con un exceso de Venus», según el fantasioso Aubrey.) La madre de Bacon rogó a éste en vano que renunciara a tan «supremamente abominable y horrendo pecado». En los tiempos isabelinos la homosexualidad era considerada contraria tanto a la naturaleza como a la crianza: una ofensa odiosa, que hubiera podido costarle algo más terrible que la desgracia pública. Pero la homosexualidad de Bacon nunca fue utilizada por ninguno de sus enemigos, muchos de los cuales se los había granjeado en su retorcido camino hacia la cima. Sólo cabe asumir que el chismorreo sobre el tema fuera un secreto bien guardado en aquella época, por improbable que pueda parecer.

A muchos les resulta difícil ver cómo un hombre así pudo convertirse, como sin duda ocurrió, en una persona que enalteció un gran periodo. Al parecer, la vida y el hombre interior (el que tenía «ojos de víbora») coexistieron sin transformarse mutuamente. Desde luego influyeron la una sobre el otro (a veces de modo catastrófico), pero el hombre esencial y la mente esencial permanecieron de algún modo separados. Esto, aparte del carácter de la época, hace difícil emitir un juicio sobre la conducta de Bacon, incluso en sus peores momentos. Nadie en el país contaba con semejante ramillete de talentos y en cual-

quier otra época podría haberse convertido en Lord Canciller por méritos propios. Tal y como estaban las cosas, no es fácil imaginar de qué otro modo podría haber alcanzado tan elevado cargo. Habiendo llegado al fin a «obtener dignidades» logró implantar grandes reformas que tuvieron el efecto de reactivar el sistema legal, pasado de moda y corrupto, además de encontrar tiempo para dedicarse a sus escritos. Como veremos, fue durante su etapa como alto cargo cuando concibió buena parte de la filosofía por la que aún es recordado. Fue el hombre renacentista ejercitando sus poderes al máximo. Pero, siendo como era miembro del renacentismo inglés, prefirió conservar ciertas curiosas costumbres medievales, como aceptar sobornos de aquellos cuyos casos juzgaba. Como Lord Canciller, Bacon era el primer juez del país. El puesto significaba que era también el funcionario civil por excelencia. Cuando el rey viajaba al norte para visitar su Escocia natal, Bacon ocupaba el puesto de regente. En esos momentos, era virtualmente rey de Inglaterra.

Cuanto más alto están desde más alto caen. En 1621 Bacon fue acusado de aceptar sobornos. Su defensa fue característica de su intachable dignidad interior y, al mismo tiempo, de su tortuosidad y falta de principios. Confesó libremente que había aceptado sobornos, llegando al punto de admitir que en ocasiones había incluso aceptado sobornos de ambas partes de un caso. Pero insistía en que en ninguna ocasión había permitido que hacerlo influyera en su veredicto final, que siempre había permanecido por encima de tan mercenarias consideraciones. Las autoridades y el rey no se mostraron muy impresionados. Bacon fue desposeído de su cargo y encerrado en la Torre de Londres. Además se le prohibió ejercer cualquier otro cargo público y se le impuso una multa de 40.000 libras (una suma colosal, suficiente para comprar cuatro grandes propiedades en el campo). Pero dos días después el rey le hizo liberar de la Torre y canceló la multa. Esto sugiere que era consciente de las buenas cualidades de Bacon, de las contribuciones que había hecho desde su cargo, y que estaba al corriente de que, en realidad, había sido derribado por sus enemigos.

Bacon se retiró en desgracia a su propiedad de Gorhambury, donde dedicó todo su talento a actividades intelectuales. Tenía ya sesenta años y le quedaban cinco de vida. Las obras que produjo durante este periodo indican que todos sus esfuerzos, e incluso su éxito, en el cam-

po de la política habían sido poco más que un pasatiempo para su excelso talento: la debilidad (y el desperdicio) de uno de los intelectos más grandes de su época.

Antes de su caída, Bacon había escrito ya ensayos, poesía, filosofía y tratados de historia de la mayor calidad. De hecho, su gran obra de filosofía científica, el *Novum Organum*, fue escrita mientras era Lord Canciller. El título hace referencia directa al *Organon* de Aristóteles, la obra en la que esbozó la forma de alcanzar la sabiduría a través de la deducción lógica. El objetivo de Bacon era nada menos que establecer un método enteramente nuevo para alcanzar el conocimiento. Sustituiría al método aristotélico, que había perdurado durante dos mil años, y establecería por primera vez un sólido fundamento para el avance del conocimiento científico.

Hasta entonces, la ciencia se había caracterizado por dos enfoques. «Quienes han abordado la ciencia han sido, o bien hombres de experimentación u hombres de dogmas. Los experimentadores son como la hormiga, sólo recolectan y usan; los razonadores son como arañas que fabrican sus telas a partir de su propia sustancia. La abeja adopta el camino intermedio: recoge materiales de las flores del jardín y los prados, pero los transforma y digiere merced a su propio poder.» Por desarrollar el tema: el primer método era el empleado por los "empiristas", que se limitaban a amontonar un amasijo de hechos no relacionados. (Para Bacon la alquimia entraba dentro de esta categoría.) El segundo, el enfoque aristotélico, era más sistemático, pero igualmente errado. Los aristotélicos confiaban en la lógica deductiva, donde la conclusión deriva necesariamente de ciertas premisas. Por ejemplo, dados los dos enunciados:

Todos los planetas orbitan en torno al Sol.
La Tierra es un planeta.

Por lógica deductiva, se sigue necesariamente que:

La Tierra orbita en torno al Sol.

Aquí el razonamiento pasa de los enunciados generales a los particulares. Bacon estaba convencido de que el conocimiento científico

sólo podía moverse en dirección opuesta: de los casos particulares a los principios generales. Los casos particulares se ponen a prueba por medio de experimentos y a partir de ellos puede desarrollarse una teoría general. Por ejemplo: observados en condiciones de vacío, dos objetos de pesos diferentes caen siempre exactamente a la misma velocidad. De ello deducimos que todos los objetos caen a la misma velocidad. Anteriormente, Aristóteles había mantenido que los objetos más pesados caían más deprisa que los más ligeros —una conjetura plausible que fue aceptada durante más de dos mil años—. Hasta que Galileo realizó el célebre experimento de dejar caer objetos de diferente peso desde lo alto de la torre de Pisa, no fue refutada. (Aunque la demostración completa de la conjetura de Galileo no fue posible hasta que tales experimentos pudieron realizarse en condiciones de vacío.)

Bacon mantenía que la ciencia sólo podía crear un cuerpo de conocimiento por medio de la lógica inductiva. Describió este método como la inferencia de principios generales a partir de la observación de muchos casos particulares. Por ejemplo, tras observar que el sol sale cada mañana, inducimos el principio de que saldrá todas las mañanas. Pero incluso así era necesario proceder con cautela. Aristóteles había señalado falacias en la lógica deductiva. Bacon demostró que la lógica inductiva podía también ser presa de "falsas ideas" y "prejuicios". Estas imágenes, «falacias de la mente», como él las llamaba, pertenecían a cuatro categorías distintas.

«Las falacias de la tribu tienen su fundamento en la propia naturaleza humana... el conocimiento humano es como un espejo deformante que, al recibir los rayos de manera irregular, distorsiona y empaña la naturaleza al mezclar con ella su propia naturaleza.» Por ejemplo, hay una propensión universal hacia una simplificación excesiva. Asumimos que en las cosas hay un orden mayor que el que realmente existe. De modo similar, los acontecimientos espectaculares o sensacionales, que pueden perfectamente no ser representativos, tienden a influir sobre nuestro juicio más que los rutinarios. (Contrariamente al mito popular, las serpientes venenosas son en su mayor parte criaturas retraídas.)

«Las falacias de la caverna son las imágenes del individuo.» Estos son los prejuicios y las peculiaridades que derivan de nuestra particu-

lar crianza, educación y experiencia. Al evaluar las cosas, una persona puede concentrarse en las semejanzas, otra en los detalles, otra en la totalidad. Cada uno de nosostros «tiene una caverna o madriguera propia, que refracta y deforma la luz de la naturaleza».

Las falacias de la plaza del mercado son el resultado de nuestra interacción con otros, donde «la elección errada e inapropiada de las palabras obstruye prodigiosamente el conocimiento». Son las falsas concepciones debidas a nuestra utilización del lenguaje. Tales errores no son necesariamente resultado de un mal uso del lenguaje en sí, pueden incluso ser resultado del propio lenguaje. «Las palabras fuerzan y se sobreponen claramente al conocimiento y todo lo confunden, y conducen al hombre a innumerables controversias vanas y ociosas fantasías.» Esta comprensión de cómo el propio lenguaje puede llevarnos por el camino equivocado estaba trescientos años por delante de su tiempo. Hasta Wittgenstein, este problema no sería plenamente abordado por la filosofía. (Un único ejemplo de la época será suficiente. El mismo año en que Bacon estaba escribiendo estas palabras, Descartes estaba sentado en su "estufa" poniendo en duda el entramado del mundo y nuestra existencia en él. Lo único que no fue capaz de poner en duda fue el postulado «Yo pienso, luego existo». De hecho, lo único que no pudo cuestionar fue el proceso mismo de pensar. La incorporación del "Yo" a este proceso le fue impuesta por la propia sintaxis del lenguaje en el que estaba pensando.)

La cuarta falsa imagen de Bacon fue lo que denominó «falacias del teatro». Ésta consistía en los «diversos dogmas de las filosofías». Declaró: «Todos los sistemas recibidos no son más que piezas de teatro que representan mundos que ellas mismas han creado». Incluía entre estas imposturas «muchos principios y axiomas de la ciencia que han sido aceptados por tradición, credulidad y negligencia». El ataque contra los axiomas incuestionados de la ciencia aristotélica es evidente. El conocimiento "recibido" es la antítesis de la ciencia, que progresa a través del descubrimiento. Se trataba de una percepción muy importante para cualquier nueva filosofía de la ciencia, y no es coincidencia que surgiera en una era en que otras ramas del conocimiento se estaban expandiendo más que nunca. A estas alturas la combinación del Renacimiento y la difusión de las imprentas había dado lugar a una nueva población urbana educada (en Londres, el público que aprecia-

ba el ingenio y las referencias de Shakespeare). Al mismo tiempo, los horizontes físicos se iban expandiendo también al embarcarse Europa en una era sin precedentes de descubrimientos geográficos. (En 1522 la expedición de Magallanes completó la primera circunnavegación del globo. Cuando Bacon estaba escribiendo su *Novum Organum*, casi un siglo más tarde, el 80% de las costas navegables de América, África y la India habían sido ya cartografiadas por exploradores europeos, se había avistado Australia y la única masa terrestre importante del globo aún por descubrir era la Antártida.) Aún faltaba tiempo para tan milagrosa expansión de las fronteras del conocimiento científico, pero Bacon estaba preparando las ayudas para la navegación. Ésta era la filosofía hacia la que se iban dirigiendo a su propio modo, en la práctica y poco a póco, los científicos de toda Europa. El conocimiento científico era acumulativo: progresista por naturaleza, no conservador.

Bacon entendía perfectamente que la razón deductiva sólo podia funcionar si se aplicaba correctamente. Las generalizaciones prematuras a partir de tan sólo unos pocos casos no servían de nada. Cada generalización había de estar perfectamente basada en observaciones relevantes. Sólo entonces podía ser aceptada, permitiendo a la ciencia progresar, por «ascenso gradual», a generalizaciones de una naturaleza cada vez más general. Pero la inducción siempre se basaba en el «mayor peso del caso negativo». Cualquier caso negativo particular refutaba cualquier generalización. En la ciencia, lo particular tenía más peso que lo general. Esto era crucial.

El método inductivo de Bacon estaba muy bien, pero en la práctica el experimentador a menudo empieza por plantearse una teoría, que después pone a prueba por medio de la experimentación. En la realidad, el punto de partida es con frecuencia la corazonada, la intuición, el destello de percepción. Durante muchos años, los estudiosos se preguntaron a menudo cómo era posible que Bacon hubiera pasado por alto un detalle tan simple. Sólo recientemente ha quedado claro que Bacon, a pesar de toda su insistencia, no era un gran experimentador. Sí que realizaba experimentos, pero hoy sabemos que muchos de los que describía "derivaban" de otras fuentes, aunque sus extraordinarias florituras literarias (y sus lucidos atisbos) ocultaran a menudo este hecho. La comprensión del "experimentalismo" por parte de Bacon no tenía parangón. Tomemos, por ejemplo, sus co-

mentarios sobre la alquimia. Bacon reconocía que la investigación sobre la materia (o lo que nosotros llamaríamos química) era una actividad fundamentalmente práctica, y que en su tiempo la única gente que realmente sabía algo al respecto eran los alquimistas. Así pues, si había que abordar la alquimia de un modo racional, transformándola en una ciencia, habría que hacerlo sobre la base de las técnicas y los descubrimientos de los alquimistas. No podía partirse de un esquema racional impuesto sobre la base de principios y leyes importados de alguna otra esfera. Ése era el camino que debía seguir la química.

A pesar de la profunda comprensión del proceso experimental de que hacía gala, Bacon se mantuvo sorprendentemente al margen de los avances que se estaban produciendo a su alrededor. Por aquel entonces trabajaban en Inglaterra varios experimentadores de primerísima línea. Entre ellos estaba el médico y físico William Gilbert. Tras la demostración de Galileo en la torre de Pisa, Gilbert demostró de nuevo cómo la experimentación podía desbancar a la autoridad aceptada. Estaba generalmente admitido que el ajo tenía el poder de destruir el magnetismo. Gilbert demostró la falsedad de tal afirmación por el simple expediente de frotar un imán con dientes de ajo machacados, demostrando que seguía siendo capaz de atraer clavos. Tales demostraciones eran constantemente necesarias para que la teoría progresista del conocimiento reemplazase a la conservadora. Para nosotros es prácticamente imposible concebir la profundidad del cambio que esto implica. Un paradigma, un modelo mental, un fundamento —llámenlo como quieran— tenía que ser vuelto del revés. Previamente, la ciencia había sido considerada una especie de juego, una especie de solitario en el que cada movimiento se realizaba de acuerdo con un conjunto de reglas. Pero ahora las reglas ya no eran aplicables. Imaginemos lo difícil que nos resultaría aceptar un juego en el que las reglas fueran inventándose sobre la marcha.

Los antiguos griegos habían descubierto que si se frotaba ámbar con lana, éste era capaz de atraer objetos y materiales ligeros. Gilbert fue el primero en estudiar esta propiedad de un modo científico, descubriendo que también la poseían el cristal de roca y ciertas gemas. Gilbert llamó a esta fuerza "electrónica", palabra derivada del griego *elektron*, que significa ámbar. Éste es el origen de la palabra electricidad. Gilbert descubrió también que las agujas de las brújulas se incli-

nan verticalmente, además de girar horizontalmente, lo que le llevó a sugerir que la propia tierra era un gigantesco imán esférico y que las agujas de las brújulas apuntaban hacia el polo magnético del planeta.

Durante muchos años Gilbert vivió solo en su casa de Londres, que usaba como laboratorio. Medio siglo después de su muerte, su casa ardió en el Gran Incendio de Londres y muchas de sus notas desaparecieron. Afortunadamente, sobrevivió suficiente evidencia para ofrecer una indicación de la olvidada talla intelectual de Gilbert. Dos siglos antes que Faraday, Gilbert tenía una vaga idea del gran papel oculto que las fuerzas electromagnéticas desempeñaban en el mundo. Aunque Copérnico había probado convincentemente que los planetas orbitaban en torno al Sol, y Kepler había demostrado matemáticamente que esas órbitas eran elípticas, nadie sabía en realidad cómo se mantenían los planetas en sus órbitas. Fue Gilbert quien sugirió que la responsable podía ser algún tipo de fuerza magnética. *A posteriori*, es fácil apreciar que la trascendental idea de la gravedad de Newton, formulada medio siglo más tarde, era en cierto modo una extensión de esta propuesta simple y no verificada de Gilbert. Su nombre quedaría inmortalizado en la unidad de fuerza magnetomotriz, que durante muchos años fue llamada gilber, aunque hoy en día haya sido sustituida por el amperio.

Sorprende que Bacon criticase e ignorase en igual medida el trabajo experimental de Gilbert. No obstante, hay ciertos motivos comprensibles que explican su actitud. Al parecer, las teorías de Gilbert iban mucho más allá de los resultados de sus experimentos, construyendo una estructura científico-metafísica en torno a su electricidad. Puede que Bacon pensara que la "electricidad" en sí era poco menos que metafísica, un simple fenómeno marginal, de poca importancia para la ciencia. Bacon quizá tuviese razón al oponerse a esta forma de ciencia, aunque en ciertos aspectos estuviera equivocado respecto a su contenido. La ciencia necesitaba desprenderse de la influencia metafísica de Aristóteles, de hecho de toda la metafísica, antes de poder seguir su camino. Sólo entonces podría llegar a una explicación genérica del mundo —como la gravedad— que se asemejara en su universalidad a la metafísica.

La otra laguna de Bacon sencillamente quita el aliento. Sir William Harvey, que descubrió la circulación de la sangre, fue durante un

tiempo médico personal de Bacon. Pero éste no estaba al tanto del descubrimiento de Harvey, que representó el fin de Galeno y la medicina medieval. Se ha esgrimido que Harvey no publicó su *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis* (*Sobre los movimientos del corazón y la sangre*) hasta 1628, dos años después de la muerte de Bacon. No obstante, llevaba muchos años trabajando sobre el tema, e incluso empezó a pronunciar conferencias públicas sobre él una docena de años antes de llevarlo a la imprenta. No puede uno por menos que preguntarse de qué hablarían estas dos grandes personalidades científicas cuando se reunían para una consulta. Harvey realizó su descubrimiento precisamente a través de las técnicas de observación y experimentación que Bacon había recomendado. Galeno afirmaba que la sangre se filtraba de acá para allá. Al ligar una arteria, Harvey observó que se hinchaba de sangre por el lado que venía del corazón. Cuando se trataba de una vena, se hinchaba por el lado más alejado del corazón. Concluyó que la sangre era bombeada por el corazón (en vez de filtrarse a través de sus paredes por orificios diminutos, como había mantenido Galeno) y fluía alejándose de él a través de las arterias.

Pero la omisión no estuvo sólo del lado de Bacon. Harvey estimaba a Bacon por su ingenio y su estilo, pero desconcertantemente concluía: «Escribe de filosofía como un Lord Canciller». En otras palabras, sus teorías científicas (o filosofía natural) no eran más que bobadas pomposas. Pero Harvey era un tipo curioso. Años después, durante la guerra civil, participó en la batalla de Edgehill como médico de Carlos I. Se dice que mientras la batalla rugía a su alrededor, Harvey pasó el tiempo tranquilamente leyendo un libro, a la espera de ser convocado por el rey.

Bacon, por otra parte, era mucho más impetuoso. Cuando emprendía sus propios experimentos, era al parecer un tanto manazas. Y fue esto lo que le condujo a la muerte. En marzo de 1626, mientras viajaba a través de la nieve en su carruaje, se le ocurrió una idea para un experimento. ¿Podría la refrigeración impedir que la carne se pudriera? Saltó del carruaje, le compró una gallina a una mujer a la puerta de su cabaña e inmediatamente empezó a rellenarla de nieve. Como resultado cogió un resfriado, que no tardó en transformarse en una pulmonía. En el plazo de dos semanas estaba muerto.

Si Copérnico puso en marcha la revolución científica, Bacon puso en marcha la revolución mental que había de acompañarla. Su estilo y amplitud de miras habían de ser una inspiración para las generaciones venideras, que aportaron los mayores logros de esta revolución. «Si un hombre parte de certidumbres, acabará con dudas; pero si se contenta con comenzar con dudas, acabará en certidumbres.» «Malos descubridores son quienes piensan que no hay tierra allá donde no alcanzan a ver más que mar.» «El silencio es la virtud de los estúpidos.» Pero a pesar de toda su brillantez, fue el ejemplo de Bacon lo que mayor influencia ejerció. Mientras era Lord Canciller fue nombrado par y adoptó el título de Lord Verulam. Si aquella ciencia recién nacida, con sus humildes experimentos, estaba a la altura de un lord, estaba a la altura de cualquier caballero. La ciencia se volvió aceptable, incluso se puso de moda, entre las clases inglesas educadas. (¡En efecto, hubo un tiempo en que el esnobismo fue un acicate para la ciencia!)

Bacon estaba convencido de que algún día la ciencia aportaría inmensos beneficios a la humanidad. A lo largo del siglo XVII, las primeras fases de la revolución científica dieron a luz una serie de importantes descubrimientos, como el telescopio, el microscopio y la máquina calculadora, por mencionar sólo unos cuantos. Pero en su mayor parte, éstos sólo auxiliaron a la ciencia; dieron lugar a grandes logros en el campo del conocimiento, pero no tuvieron repercusión en el mundo en general. En aquellos primeros días la ciencia tenía poco efecto. La idea de Bacon de que la ciencia mejoraría el mundo iba muy por delante de su tiempo. (Habrían de pasar casi doscientos años antes de que la máquina de vapor contribuyera a traer la Revolución Industrial.) Y, al igual que su tocayo del siglo XII, Roger Bacon, Francis Bacon tenía también una idea asombrosamente precisa de cuáles serían esos beneficios. En *The New Atlantis* (*Nova Atlantis*), que fue publicada por primera vez tras su muerte, Bacon esboza con cierto detalle su prototipo de visión de una utopía científica. La misma palabra utopía se había incorporado al lenguaje hacía sólo medio siglo, cuando sir Thomas More publicó *Utopia*, cuyo título procedía del griego "ningún lugar". La Utopía de More era un paraíso social, legal y político. Bacon fue el primero en comprender el papel que la invención científica desempeñaría en aquel mundo feliz.

En *The New Atlantis*, el narrador describe cómo su barco pierde el curso y acaba embarrancando en una costa desconocida. Allí descubre la Nueva Atlántida, donde la ciencia ha producido beneficios espectaculares para sus habitantes. Hay máquinas capaces de viajar bajo el agua, otras que pueden volar. Se han descubierto medicinas capaces de curar enfermedades y prolongar la vida. Hay iluminación artificial y la gente puede hablar a larga distancia por medio del sonido transportado a través de tuberías. Se puede controlar artificialmente el clima; los desastres naturales como los terremotos y las inundaciones pueden predecirse. Se cruzan animales para crear nuevas especies, que se usan para probar nuevas medicinas y productos químicos. Y se han construido edificios que se yerguen a gran altura en la atmósfera.

Pero lo más intrigante es la parte de la visión en la que se equivocó. A saber, la sociedad científica. En ella, entre otros beneficios de la ciencia, la gente vivía en armonía. Nadie robaba a su vecino, ni usaba la violencia contra él. El sexo sólo se practicaba dentro del matrimonio y la sociedad estaba «libre de toda contaminación y suciedad» (en fin, aquí está hablando en términos morales, más que ecológicos). De hecho, no había crimen de ninguna clase, ni promiscuidad en absoluto.

Las observaciones morales de Bacon podrían deberse a su desafortunada recomendación respecto a las mujeres, que sólo es profética si pensamos en una república islámica fundamentalista. En los acontecimientos públicos, e incluso en las celebraciones familiares, la mujer había de permanecer oculta tras una celosía, «donde permanece sentada pero sin ser vista». Podemos asumir que la homosexualidad de Bacon y los problemas con su madre debieron de tener algo que ver con esto. Con todo, tales actitudes no se circunscribían a los hombres con madres dominantes y propensión hacia los sirvientes varones con «botas de cuero español». Como ha señalado recientemente la historiadora de la ciencia Margaret Wertheim, esta aviesa e innecesaria misoginia impregnaría cada vez más profundamente los círculos científicos.

Es difícil comprender que alguien con tan profundo conocimiento de la perversidad humana (tanto desde dentro como desde fuera) pudiera creer en semejante bazofia utópica. Pero quizá no fuera más que una idea sobre la dirección moralmente beneficiosa hacia la que la ciencia nos estaba conduciendo. Después de todo, se trataba de la primera visión general del futuro científico y no sería la última en exhibir

tan ingenuo optimismo. Sólo en la segunda mitad del siglo XX nos deshicimos de los últimos residuos de nuestra fe en la ciencia como fuerza moralmente benéfica. Incluso hoy en día, cuando la sociedad depende más que nunca de la ciencia, nos sigue resultando difícil aceptar que la propia ciencia sea moralmente neutral. Es sólo la intervención humana la que confiere a la ciencia la capacidad para hacer el bien o el mal, utilizándola para crear una cura para el sida o para conseguir clones de Saddam Hussein.

No obstante, la idea central de *Nova Atlantis* es pura fantasía: la sociedad se mantiene en marcha merced a una orden cuasimonástica de científicos altruistas y absolutamente inverosímiles que son tratados con reverencia y respeto por los meros mortales que se benefician de su genio. Estos científicos viven y trabajan en paz y armonía en la Casa de Salomón, donde cuentan con la ayuda de ayudantes de laboratorio asombrosamente útiles, mientras todos luchan por descubrir nuevos beneficios científicos que conferir sobre la sociedad. Irónicamente, fue este empalagoso e imposible ideal utópico de Bacon el que produjo un efecto más profundo. La Solomon House serviría de inspiración para los fundadores de la Royal Society que, durante el siglo siguiente y bajo la presidencia de Newton, se convertiría en la institución científica líder en Europa.

7. UNA CIENCIA RENACIDA

La ciencia iba clarificando su propia imagen, e incluso en el turbio dominio de la química la influencia de este proceso no tardó en hacerse sentir.

El médico flamenco Jan Baptista van Helmont nació en 1577. Tras obtener el título de medicina y viajar por toda Europa, se retiró a su propiedad de Vilvoorde, justo al norte de Bruselas. Allí llevó una existencia en gran medida solitaria y entregada a sus intereses científicos, mientras seguía siendo a la vez un místico devoto, convencido de que todo conocimiento era un don de Dios. Se refería a sí mismo llamándose «filósofo del fuego».

Aunque guiado por ideas místicas, en general van Helmont no permitió que éstas interfiriesen en su aproximación científica a los experimentos. Esta separación entre religión e investigación científica empezaba a ser cada vez más imperante. Es perceptible en Galileo, Descartes y Bacon, que escribieron sobre una ciencia y una filosofía que se desarrollaban en un mundo mecánico en el que esencialmente no había necesidad de Dios. A pesar de todo, los tres siguieron siendo creyentes. Como decía Bacon: «Los conocimientos del hombre son como las aguas, algunos descienden de lo alto y otros brotan de debajo; unos aportados por la luz de la naturaleza, otros inspirados por la revelación divina». Su ciencia chocaba a menudo con la religión oficial, pero siguieron convencidos de que era la ciencia la que estaba en lo cierto. La religión acabaría por aprender a dar acomodo a sus descubrimientos, pensaban. Su actitud era similar a la de los primeros filósofos musulmanes: las leyes de la naturaleza y las matemáticas eran el modo en que funcionaba la mente de Dios. Aprender más sobre ellas era comprender más cosas sobre Dios.

Van Helmont, profundamente místico, persistió en esta tradición, aunque era propenso a lapsus ocasionales. No es de extrañar, ya que

su principal fuente de inspiración era Paracelso. La inclinación de van Helmont por el lado místico de las actividades de su mentor le llevó a afirmar que había encontrado *la Piedra* e incluso que había conseguido utilizarla con éxito en la transmutación. Es difícil reconciliar semejante falsedad con sus trabajos genuinamente científicos, que eran un modelo de exactitud y escrupulosas conclusiones. Quizá pensara que potenciaba su estatus místico.

El experimento más memorable de van Helmont fue una variante del realizado dos siglos antes por Nicolás de Cusa. Van Helmont introdujo 200 libras (90,72 kg) de tierra seca en un gran recipiente de barro; seguidamente la regó y plantó en ella un brote de sauce que pesaba exactamente 5 libras (2,268 kg). Cubrió el recipiente para evitar cualquier acumulación de polvo y continuó el riego diario, empleando sólo agua destilada. Este énfasis en las mediciones exactas, las condiciones de limpieza en el trabajo y la pureza de los ingredientes estaba sin duda inspirado por la práctica alquímica de Paracelso (y por tanto, seguía involuntariamente la afirmación de Bacon de que la química sólo podría avanzar aprendiendo de la práctica alquímica). Al cabo de cinco años de riegos, el sauce se había convertido en un árbol de tamaño considerable, que van Helmont desarraigó y pesó. Descubrió que el árbol pesaba 169 libras y 30 onzas (77 kg 508,9 g). A continuación secó la tierra remanente, la pesó y descubrió que sólo había perdido 2 onzas (50,7 g) de peso. Por aquel entonces el mecanismo del crecimiento biológico era desconocido. Así que van Helmont llegó a la razonable conclusión de que el árbol y todo su considerable follaje estaban compuestos por entero de agua. Ésta simplemente había sido convertida por el árbol en su propia sustancia. Como resultado, van Helmont abandonó la idea de Paracelso sobre los tres elementos (mercurio, azufre y sal), rechazó la teoría aristotélica de los cuatro elementos de los que ésta procedía, y volvió a los orígenes mismos de la teoría elemental. Van Helmont creía que su experimento con el sauce demostraba que en última instancia, todo estaba hecho de agua, conclusión a la que Tales había llegado más de un milenio antes. El experimento de van Helmont es generalmente considerado la primera aplicación de la medición a un experimento que involucraba tanto a la química como a la biología, por lo que marcó el inicio de la bioquímica.

Por una de esas rarezas de la comprensión humana, la conclusión equivocada a la que llegó van Helmont tras este experimento condujo a uno de los avances más importantes en el terreno de la química. Van Helmont no tardó en decidir que aunque el agua fuera el único elemento, el aire debía desempeñar un papel significativo en la transformación del agua. Esto le llevó a emprender una investigación sobre el aire y sus propiedades. ¿Qué era exactamente el aire? Hasta ese momento, nadie había abordado la cuestión de un modo plenamente científico. ¿Cómo era posible investigar una sustancia tan insustancial? El aire era aire, y no había más que hablar. Los alquimistas que se inclinaban sobre sus malolientes calderos en ebullición habían tomado conciencia de que existían otros "aires", y habían notado también que ciertas sustancias como los perfumes y diversos aceites producían "vapores". (Cualquier ciudadano medieval que viviera en una calle con una alcantarilla al aire libre habría sido perfectamente consciente de ello: el avance de la ciencia y el del sentido común rara vez se ha producido de consuno). Los alquimistas reconocían que estos vapores no eran lo mismo que el aire y a menudo se referían a ellos llamándolos "espíritus". Este nombre, con sus evidentes resonancias metafísicas, no tardó en quedar asignado a los líquidos que se evaporaban fácilmente. El uso cotidiano fue reduciendo su aplicación a uno de los líquidos más volátiles utilizado habitualmente en los laboratorios, a saber, el alcohol. Éste es el origen del uso del término "bebidas espirituosas" para hacer referencia a las bebidas alcohólicas.

Van Helmont comprendía el significado de este conocimiento alquímico, un tanto confuso, sobre los "aires", los "vapores" y los "espíritus". Había una serie de sustancias distintas que eran similares al aire. En el transcurso de sus investigaciones realizó un experimento que implicaba la quema de 62 libras (28,12 kg) de carbón vegetal. Esto generaba un vapor con una apariencia físicamente idéntica al aire, pero con propiedades muy diferentes. Por ejemplo, si el gas se recogía en un recipiente y se introducía en él una vela encendida, ésta se apagaba. Tras quemar el carbón, van Helmont recogió 1 libra (0,4536 g) de cenizas. Llegó a la conclusión de que el carbón original había contenido 61 libras (27,6896 kg) de esta sustancia similar al aire, al que llamó *spiritus sylvester* (el espíritu de la madera), hoy conocido como dióxido de carbono.

Van Helmont descubrió que el *spiritus sylvester* tenía las mismas propiedades que otra sustancia similar al aire producida por la fermentación del vino y la cerveza, la combustión del alcohol y otros procesos. Llegó a la conclusión de que todos aquellos vapores eran el mismo. Posteriores experimentos le llevaron a la conclusión de que había una gran variedad de sustancias similares al aire, todas ellas con propiedades distintas. Algunas eran combustibles, otras tenían olores picantes característicos, otras eran absorbidas por los líquidos. Pero a van Helmont le fue imposible investigar a fondo esta aparente variedad de sustancias similares al aire, más que nada por la ausencia de aparatos herméticos sofisticados en los que recogerlas y estudiarlas. Mantuvo la incertidumbre respecto a su identidad, llegando finalmente a otra conclusión errónea que había de resultar extremadamente fructífera para la química.

Van Helmont decidió que aquellos vapores, que carecían de forma, color, y a veces de olor, eran de hecho una forma de pre-materia. Eran la sustancia informe a partir de la cual se formaba la materia. Según la antigua mitología griega, el cosmos ("orden") había sido creado a partir de una sustancia similarmente informe y desordenada llamada caos, así que van Helmont decidió llamar "caos" a estos vapores o sustancias similares al aire. En flamenco, la primera consonante de esta palabra se pronuncia de un modo marcadamente gutural, y éste es el origen de la palabra "gas".

Empezaban a emerger principios fundamentales diferenciados sobre la naturaleza de la materia. Primero habían estado los líquidos y los sólidos, ahora había también gases. Los experimentos de van Helmont le llevaron hasta la frontera de otra división significativa de la materia. En línea con su insistencia en la exactitud experimental, van Helmont se convirtió en un entusiasta del uso de balanzas para medir la pérdida o el aumento de peso. Descubrió que ciertos metales podían disolverse en aguas fuertes (ácidos). Producían entonces "aguas sabrosas" (soluciones que tenían colores o sabores que podrían "saborearse"). Finalmente, incluso era posible recuperar de esta solución exactamente el mismo peso de metal que se había disuelto en ella. Esto hizo que van Helmont percibiera una de las propiedades fundamentales de la materia. A pesar de su transformación durante los experimentos, la materia nunca se destruía.

El trabajo pionero de van Helmont en el campo de la bioquímica le llevó también a investigar la digestión humana. Concluyó que un "ácido hambriento" del estómago reaccionaba con la comida, y que la digestión era un proceso de fermentación (que producía el mismo gas que la fermentación y la combustión de la madera). Van Helmont estuvo a punto de hacer un descubrimiento vital, realizado algunos años más tarde por su discípulo Franciscus Sylvius, que en 1658 se convirtió en catedrático de medicina en Leyden, una de las universidades punteras de Europa en aquel momento.

Durante el siglo XVII los recién independizados Países Bajos se convirtieron en un paraíso de tolerancia religiosa y libertad de pensamiento. La fuerza motriz de la sociedad era la emergente clase media protestante, que estaba más interesada en el comercio que en librar guerras destructivas contra los católicos. También aquí, como en la antigua Grecia y las ciudades estado de la Italia del Renacimiento parecía existir un vínculo entre la democracia (o algo parecido) y el desarrollo intelectual. Fue en Holanda (y en cierta medida, en Inglaterra) donde el renacimiento intelectual alcanzó sus primeros grandes logros. En Holanda vivieron los filósofos Descartes y Spinoza, publicaron los filósofos ingleses Hobbes y Locke; y allí se refugió el enciclopedista Bayle huyendo de la opresiva Francia de Luis XVI. Los holandeses también contribuyeron a la revolución intelectual que florecía dentro del refugio seguro de sus fronteras. El científico holandés Huygens se convertiría en el único rival cuya talla podía aproximarse a la de Newton en el campo de la óptica. Y Sylvius hizo fructificar el tesoro de ideas químicas promovidas por van Helmont.

Para Sylvius, la digestión era un proceso químico "natural", en la que participaban la saliva ácida, la bilis alcalina y los recién descubiertos jugos pancreáticos, que por sus reacciones y gusto eran considerados "ácidos". (Al igual que en el caso de las "aguas sabrosas", el sentido del gusto seguía siendo una importante ayuda en el laboratorio.) La digestión era interpretada como una guerra química. Los ácidos y álcalis producidos por el cuerpo descomponían la comida ingerida, reaccionando con los álcalis y ácidos en ella contenidos y, finalmente, estas fuerzas opuestas se neutralizaban unas a otras. Durante el proceso se producía una efervescencia gaseosa (como todos sabemos) y el calor generado por estas reacciones calentaba la sangre. Sylvius se dio

cuenta de que vertiendo vinagre ácido sobre caliza alcalina se obtenía gas, y de que ambos productos acababan por neutralizarse el uno al otro. Examinando de cerca estas reacciones, y sacando las pertinentes conclusiones, Sylvius amplió las fronteras del conocimiento químico. Reparó en que muchas sales naturales eran resultado de la reacción entre ácidos y álcalis. Dado que las sales eran compuestos, diferían de los productos químicos que no podían descomponerse. Una vez más, el experimentalismo se abría paso a ciegas hacia una distinción esencial (la distinción entre elementos y compuestos tal y como los entendemos hoy en día).

El trabajo de Sylvius fue impulsado un paso más allá por su discípulo, un oscuro boticario alemán llamado Tachenius, que posiblemente viviera una vida harto interesante antes de su muerte en Venecia alrededor de 1670. (Lo único que se conoce de él son algunos detalles, uniformemente aburridos, aportados por sus enemigos.) Tachenius llegó a la conclusión de que su maestro Sylvius había pasado por alto un punto vital en su trabajo sobre los ácidos y los álcalis. ¡Allí estaba la clave de todo! Tachenius estaba convencido de que los dos principios, ácido y álcali, abarcaban todas las reacciones químicas. De hecho, se inclinaba a creer que eran los dos elementos básicos. Se trataba de una distinción importante, aunque no fuera tan fundamental como sugería Tachenius. Desgraciadamente, usar esta creencia como herramienta analítica resultaba difícil, sobre todo porque entonces no existía una auténtica definición de qué era un ácido o un álcali. Un ácido sólo se clasificaba como tal en términos de si producía efervescencia en contacto con un álcali y viceversa, una definición puramente circular.

A pesar de que su ambicioso pupilo alemán intentara robarle sus hallazgos, Sylvius siguió pronunciando conferencias en Leyden y realizando trabajos experimentales y teóricos de gran altura. No obstante, su destino era verse inmortalizado por un brillante acierto de matasanos: afirmó haber inventado un curalotodo para los trastornos renales. Se trataba de alcohol de cereal aromatizado con bayas de enebro, llamadas *genever* en holandés. Nuestra versión del término es ginebra.

La distinción ácido-álcali era la clave para una ciencia de la química práctica. Pero Sylvius percibió otra distinción más, que había de te-

ner ramificaciones en la química teórica, y también en la filosofía natural. Según Descartes, el cuerpo era un mecanismo esencialmente mecánico. Para Sylvius era igual de evidente que podía ser considerado un dispositivo químico. De resultas del trabajo de van Helmont, Sylvius y Tachenius, la química empezaba a emerger como ciencia diferenciada.

Antes de la muerte de van Helmont, los científicos habían empezado a estudiar el aire. En 1643 el físico italiano Evangelista Torricelli realizó un experimento crucial. En pocas palabras, cogió un largo tubo de ensayo de cristal y lo llenó de mercurio. Tras tapar con el pulgar el extremo abierto, invirtió el tubo y lo introdujo en un recipiente lleno también de mercurio. Comprobó que el mercurio del tubo descendía siempre hasta un determinado nivel, aproximadamente a 76 centímetros por encima de la superficie del mercurio que había en el exterior del tubo, la que permanecía expuesta al aire. Torricelli llegó a la conclusión de que debía de ser el peso del aire exterior lo que mantenía el mercurio del interior del tubo a un nivel más elevado que el del mercurio de fuera. Torricelli había descubierto la presión atmosférica. A lo largo de los siguientes días, Torricelli se dio cuenta de que la altura del mercurio dentro del tubo variaba ocasionalmente, en pequeña medida. Había inventado el primer barómetro del mundo, un instrumento para medir la presión del aire. La noticia no tardó en llegar a oídos del célebre matemático, fanático religioso e hipocondríaco francés Blaise Pascal, que captó de inmediato el significado del descubrimiento de Torricelli. Sugirió que se realizara un experimento similar en lo alto del Puy de Dôme, a casi 1.500 metros sobre el nivel del mar en las montañas del centro de Francia. Por desgracia, Pascal no podía realizar el experimento él mismo no fuera a ser que el aire de la montaña exacerbara su delicado estado de salud. Así pues, fue su paciente cuñado Périer quien se ocupó de la tarea, descubriendo que a esa altura el nivel de la columna de mercurio del tubo era considerablemente más bajo que a nivel del mar, lo que demostraba que la presión atmosférica disminuía con la altitud. En otras palabras: la cantidad de aire que ejercía presión disminuía con la altitud. Tres siglos antes de que se lanzaran al espacio los primeros cohetes, se sabía que la atmósfera de la tierra sólo llegaba hasta una distancia finita por encima de la super-

ficie. Cabe decir que el experimento de Torricelli condujo al descubrimiento del espacio exterior.

Estaba ya claro que los gases eran exactamente lo mismo que los sólidos y los líquidos. Al igual que éstos, tenían peso, aunque eran mucho más difusos (o estaban menos condensados). Los gases eran una forma de la materia.

La existencia de la recién descubierta presión atmosférica sería demostrada de modo espectacular por el ingeniero e inventor alemán Otto von Guericke, que se instaló en Magdeburgo con su joven esposa y familia en 1627. Cuatro años más tarde, al ser invadida y arrasada por completo la ciudad protestante por el católico ejército del Sacro Emperador Romano, se vio obligado a huir entre escenas de salvajismo y confusión. Al final de la Guerra de los Treinta Años, Guericke regresó y dedicó su capacidad como ingeniero a supervisar la reconstrucción de Magdeburgo, convirtiéndose después en alcalde de la ciudad durante más de un cuarto de siglo. Guericke fue el primero de una nueva raza: el científico espectáculo. (En sexto curso tuve como profesor a un ejemplar superviviente de esta raza. Era famoso en el centro por sus espectaculares demostraciones de las explosiones producidas por la combinación del oxígeno y el hidrógeno, que disparaban con regularidad las alarmas y hacían acudir a los bomberos.)

Guericke tenía la profunda intuición e ingenio de un experimentador altamente cualificado, junto con una tendencia a las demostraciones teatrales que habría sido la envidia de cualquier presentador de circo. Pero las exhibiciones de Guericke servían para ilustrar temas científicos importantes. No deja de ser comprensible que en una Alemania que había sido reducida a un erial, el tópico filosófico del momento fuera la naturaleza del vacío. ¿Podía existir semejante cosa? Según Aristóteles era imposible y su opinión había sido aceptada, como voz de la "autoridad", por filósofos posteriores, que nos legaron la frase: «La naturaleza aborrece el vacío». Guericke decidió resolver la cuestión de forma experimental. En 1650 inventó una bomba de aire consistente en un pistón y un cilindro con una válvula unidireccional de mariposa. La bomba extraía el aire de un recipiente del mismo modo en que una bomba de bicicleta moderna bombea éste al interior de un neumático. La energía para accionar esta máquina era suminis-

trada por el herrero local (ayudado por sus asistentes, ya que la cosa iba poniéndose cada vez más difícil). Guericke utilizó su nueva bomba para extraer el aire del interior de un recipiente de hierro. A continuación, para rematar la faena, recurrió a un razonamiento aristotélico para demostrar que el recipiente contenía un vacío. Según Aristóteles, si existiera algún vacío, el sonido no podría atravesarlo. Guericke demostró que si tañía una campana dentro del recipiente, no se oía nada. Posteriormente, demostró también que una vela no podía arder en el vacío y que un perro moría si se le confinaba dentro de él. (Tuvieron que transcurrir algunos años antes de que nadie comprendiera realmente el motivo por el que Rover se había convertido en un mártir de la ciencia.)

La exhibición más famosa de Guericke fue la realizada el 8 de mayo de 1654 ante el emperador Fernando III, que atrajo multitudes de toda Sajonia. Esta vez, empleó para el experimento dos grandes hemisferios huecos de cobre, moldeados con precisión para que encajaran herméticamente el uno en el otro (que recibirían el nombre de hemisferios de Magdeburgo). El emperador observaba, sentado en un trono sobre una plataforma situada por encima de la multitud que se había reunido en la soleada plaza, ante el edificio del Parlamento. Todos presenciaron expectantes cómo Guericke engrasaba los bordes de los dos hemisferios y los encajaba cuidadosamente. Entonces el herrero empezó a bombear vigorosamente el aire del interior del globo de cobre sellado. Al cabo de un rato se le unió un ayudande al irse haciendo cada vez más laboriosa la tarea de accionar la bomba. Acto seguido, la multitud vio desconcertada cómo era conducida a la plaza y uncida a uno de los hemisferios del globo de cobre una reata de ocho caballos. Luego un segundo grupo de ocho caballos fue uncido al otro hemisferio. A una señal de Guericke, los dos grupos de caballos empezaron a tirar en direcciones opuestas, intentando separar los dos hemisferios. Se hizo el silencio mientras los potentes caballos de tiro tiraban con todas sus fuerzas, pero por mucho que les fustigaran no consiguieron separar los hemisferios. A continuación Guericke se dirigió al emperador y a la multitud. No se trataba de un truco, les dijo. Lo único que mantenía unidos los dos hemisferios era la presión del aire que los rodeaba. El vacío del interior del globo significaba que no había fuerza que contrarrestara la fuerza exterior, aún mayor que la de

dieciséis caballos. El emperador se quedó asombrado, una emoción que tuvo un claro eco en las expresiones boquiabiertas de sus súbditos, que empezaron a aplaudir. Pero Guericke levantó la mano, silenciando a su público. La representación no había concluido aún. Los caballos fueron liberados de sus arneses y retirados. A continuación, Guericke manipuló la bomba. La multitud se inclinó hacia adelante con curiosidad. Se produjo un repentino sonido siseante mientras el aire del exterior rellenaba el vacío del globo hueco. Entonces, sin previo aviso, los dos hemisferios de cobre se separaron por sí mismos. Ahora que no había vacío y la presión atmosférica interior era la misma que la exterior, no había nada que los mantuviera unidos.

La demostración de Guericke alcanzó tal fama que éste lo repitió por toda Alemania. Su hazaña con los hemisferios de Magdeburgo se difundió por Europa, se representó en grabados y, cuando una versión distorsionada cruzó el Canal hasta Inglaterra, se dice que dio lugar a la rima infantil de Humpty Dumpty.

Humpty Dumpty estaba sentado en una tapia
Humpty Dumpty sufrió una gran caída
ni todos los caballos ni todos los hombres del rey
pudieron recomponer a Humpty.

No fue la primera vez —ni habría de ser la última— que los ingleses parecieron malinterpretar por completo lo que ocurría en Europa.

Como resultado del trabajo experimental de gentes como van Helmont, Torricelli y Guericke, las propiedades desconocidas de la materia, por no mencionar sus poderes ocultos, empezaban finalmente a ponerse de manifiesto. La gente se sentía intrigada, en la misma medida en que la filosofía natural de milord Verulam (Francis Bacon) había intrigado a caballeros de mente inquisitiva en Inglaterra y otros lugares. Daba la impresión de que en la propia materia se ocultaba toda una ciencia por derecho propio. El campo de la química estaba ya maduro para la intervención de una gran mente científica, que hizo su aparición en la persona de Robert Boyle.

Considerado por muchos el fundador de la química moderna, Robert Boyle nació en 1627 en un remoto castillo del sudoeste de Irlanda. Era el decimocuarto hijo del irascible y anciano Conde de Cork.

quien, como Lord Canciller de Irlanda, se afanaba en adquirir propiedades que finalmente se extendieron sin solución de continuidad desde el mar de Irlanda hasta el Atlántico. (Las prácticas que recientemente habían puesto fin a la judicatura de Bacon en Inglaterra seguían floreciendo al otro lado del mar.)

El joven Robert no tardó en dar pruebas de que poseía una mente excepcional: a los ocho años hablaba latín y griego con fluidez. De resultas de ello fue enviado a Inglaterra, junto con su hermano de doce, a estudiar en Eton. Allí, el niño prodigio, que sufría de mala salud y tartamudeaba se vio sometido al método educativo favorito del más prestigioso de los centros docentes de Inglaterra: azotes regulares y entusiastas con una vara para todos los pupilos, independientemente de su edad, nivel social o habilidad intelectual. Como resultado, el traumatizado Boyle "olvidó" la mayor parte del latín y se sumió en episodios de alicaimiento suicida, que continuaron aquejándole hasta la adolescencia. Robert y su hermano mayor Francis fueron enviados a realizar una prolongada gira por el continente acompañados de un tutor. A los catorce años, estando en Ginebra, Boyle vivió una experiencia que había de transformar su vida. En plena noche le despertó una tormenta eléctrica que, en la mente del joven Boyle, no tardó en alcanzar proporciones escatológicas. Temblando en su cama, imaginaba en el exterior de las contraventanas «llamaradas de ese Fuego que había de consumir el mundo... Aprensión de que el Día del Juicio fuera inminente». Le invadió el miedo de que su alma no estuviese en condiciones de enfrentarse a una ira aún mayor que la de su padre o la de un director de Eton. En su angustia, hizo votos de que «si sus miedos de esa noche quedaban frustrados, la vida que le restase sería empleada de manera más religiosa y diligente». Llama la atención que Boyle hablara de sí mismo en tercera persona en las memorias de sus atribulados años de juventud. El juramento adolescente de Boyle suena bastante razonable, pero no lo era. Sus palabras vinieron acompañadas de un ataque de fervorosa religiosidad y el habitual voto de castidad. En la mayoría de los casos, semejantes ímpetus juveniles son rápidamente olvidados, pero la religiosidad y castidad de Boyle serían una característica inmutable a lo largo de toda su vida.

Esta combinación de fanática devoción y pensamiento científico original no era infrecuente durante este periodo. Y la fe obsesiva no

era en absoluto una afectación de genialidad. Van Helmont, Pascal, Spinoza y Newton consideraban como un solo hombre que su pensamiento religioso era su contribución principal. Una curiosa aberración que les hacía presuponer que se les recordaría por sus aportaciones a la filosofía, las matemáticas o la ciencia (entre las más extraordinarias jamás hechas), sino por su teología (que en su mayor parte no era tal cosa). De igual modo, al parecer todos permanecieron célibes. Si bien muchos consideran que esta inacción no era más que una excentricidad inofensiva que no concernía a nadie más, los efectos de ésta desautorizan tal opinión. Combinados con la heterofobia de Bacon, el puntilloso celibato, la misoginia y la hipocresía que prevalecían en la comunidad científica (especialmente en Inglaterra) habían de tener un efecto incalculable sobre la nueva revolución en el conocimiento. Las mujeres llegaron a ser tan temidas que fueron implacablemente excluidas. A la mitad de la población se le impidió hacer la más mínima aportación. Sólo hay que pensar en las meteduras de pata que podrían haberse evitado, las teorías trascendentales que se podrían haber desarrollado antes... Se podría haber aplicado el doble de fuerza de trabajo a la resolución de todos estos problemas.

Robert Boyle continuó su gran viaje, recibiendo mientras tanto una magnífica educación de su tutor privado. A Boyle le agradaba que su tutor prestara más atención a su «rendimiento escolar que a las ganancias que podría haber obtenido de la forma tediosa y dilatoria habitual de docencia» que había experimentado en el colegio. Libre de las limitaciones de los programas o la ortografía, Boyle pudo enfrascarse en su propio patrón de lectura. Su precocidad renació, esta vez bajo una apariencia científica. En Italia pudo leer los trabajos de Galileo pocos meses después de que éste muriera. Desde tan temprana edad, Boyle comprendió la importancia fundamental de la experimentación. Leyó también a Descartes, asimilando su visión mecánica del mundo. Si Boyle hubiera estudiado en cualquier universidad de Europa, una instrucción así no habría estado a su alcance. Incluso en esta fase tan tardía, el aristotelismo seguía estando a la orden del día. La falta de formación ortodoxa fue una gran ventaja para Boyle. Pero incluso un jovenzuelo célibe tiene que tener sus diversiones. En Marsella llegó tarde a un viaje en barco a los arrecifes de coral, que en aquellos días de delfines eran la principal atracción turística. No obs-

tante, tuvo «el placer de ver a la flota de galeras del Rey hacerse a la mar, y a alrededor de 2.000 pobres esclavos tirar de los remos para moverlas».

Cuando Boyle regresó a Inglaterra encontró al país sumido en un conflicto entre parlamentarios y monárquicos. La clase media emergente, que buscaba más poder democrático para el Parlamento, había entrado en conflicto con la monarquía que creía en el «derecho divino de los reyes» para gobernar como les viniera en gana. La guerra civil tendría como resultado la ejecución de Carlos I en 1649 y el establecimiento de la Commonwealth: la primera revolución que tuvo éxito en Europa. Los familiares de Boyle eran, en su mayor parte, monárquicos, aunque su hermana favorita, Katherine, era una ardiente parlamentarista. Por su parte, Boyle hizo todo lo que pudo por rehuir la guerra, estableciéndose en el Dorset rural.

A estas alturas, Boyle era un joven alto, un tanto frágil, con mala vista y rasgos largos y enjutos enmarcados por una peluca rizada que le llegaba hasta los hombros, siguiendo la moda del periodo. En Dorset, Boyle se embarcó en sus primeros experimentos químicos serios y también escribió ensayos —uno de los cuales, según se dice, inspiró *Los viajes de Gulliver* de Jonathan Swift—. Ocasionalmente, Boyle viajaba a Irlanda para administrar las propiedades que había heredado de su padre. Durante estos viajes no podía continuar sus experimentos por la sencilla razón de que en Irlanda no había equipamientos para la práctica de la química. En 1656, a los veintinueve años de edad, Boyle se mudó a Oxford. La ciudad había sido una plaza fuerte de los leales a la monarquía durante la guerra civil y había atraído a muchos refugiados importantes del Londres parlamentarista. Entre ellos había una serie de estudiosos interesados en el nuevo experimentalismo, que ahora estaba de moda como resultado de los escritos de Bacon. Ellos, y otros filósofos naturales, empezaron a reunirse de modo informal para discutir las últimas actividades científicas. Boyle no tardó en sumarse a las reuniones de este grupo, que servía como centro de fomento e intercambio de información. El grupo acabó siendo conocido como la Facultad Invisible. En 1662, dos años después de la restauración de Carlos II, a este grupo de académicos, en su mayor parte monárquicos, se le otorgó un privilegio real y pasó a ser conocido como la Royal Society. La sociedad clavó sus colores antia-

ristotélicos en el mástil con su lema: "*Nullius in verba*" (Nada sólo por la palabra, es decir, nada por mera referencia a las autoridades aceptadas). El experimentalismo estaba a la orden del día y ellos habían puesto su fe en el enfoque científico.

En Oxford, en la casa de High Street donde residía, Boyle instaló un laboratorio. Para ayudarle en su trabajo de experimentación contrató a un irritable estudiante universitario de la ciudad, de cara picada por la viruela y corto de fondos, llamado Robert Hooke. A pesar de sus diferencias, el aristócrata de veintinueve años y el quisquilloso hijo de clérigo de veintiuno no tardaron en establecer una profunda relación de trabajo que había de durar toda una vida. Por primera vez, Boyle había encontrado su igual intelectual.

Hooke acabó convirtiéndose en un físico destacado de su era, sólo superado por Newton, lo que fue causa de gran desconsuelo para el primero. Varios años antes de que Newton publicara su trascendental trabajo sobre la gravedad, Hooke había escrito a Newton sugiriéndole una teoría propia de la gravitación —aunque hay que decir que era deficiente y tenía poco respaldo matemático real—. En un terreno diferente, el trabajo pionero de Hooke con el microscopio sobre organismos vivientes le condujo a acuñar el término "célula".

Boyle había oído hablar de las demostraciones públicas de Guericke y de los hemisferios de Magdeburgo, así que con la ayuda de Hooke acometió la tarea de diseñar una bomba mejorada, conectada a un recipiente de vacío. Gracias a este sistema, Boyle demostró la predicción de Galileo de que en el vacío dos objetos cualesquiera caerían exactamente a la misma velocidad. En ausencia de toda resistencia del aire, una pluma caía a la misma velocidad que un trozo de plomo, contrariamente a lo que afirmaba Aristóteles. Boyle y Hooke confirmaron también el descubrimiento de Guericke de que el sonido no se transmitía a través del vacío. Realizaron además dos descubrimientos sorprendentes: era posible percibir la corriente eléctrica a través del vacío y los insectos no morían en él, aunque sí otros animales. Estos experimentos sobre la ausencia de aire llevaron a Boyle a hacerse preguntas sobre la naturaleza del propio aire. Tras llevar a cabo pruebas con ratones y aves, concluyó que el aire era inhalado y después exhalado por los pulmones de los animales para eliminar impurezas del cuerpo. Boyle condujo sus experimentos de un modo metódico, con

Robert Boyle

el objetivo de investigar y agotar todas las posibilidades. De este modo, probó definitivamente que el aire no era una entidad mística que de alguna manera impregnaba el mundo entero. El aire no era un elemento esencial de la naturaleza como creían los aristotélicos; era simplemente una sustancia con propiedades definidas. Por ejemplo, hacía que el hierro se oxidara y volvía verde una esfera de cobre. Además, si se le comprimía, parecía tener elasticidad. Llegado a este pun-

to, Boyle concluyó que el aire era un fluido elástico con partículas reactivas que flotaban en él.

Van Helmont y otros habían reparado ya en que existían diferentes gases (cómo el *spiritus sylvester*), pero Boyle fue el primero en recolectarlos y estudiarlos como entidades distintas del aire. Comprobó que todos poseían la propiedad de la elasticidad. Por aquel entonces, Hooke estaba realizando sus famosos experimentos con muelles metálicos, que darían como fruto la ley de Hooke sobre la elasticidad de los cuerpos. Esto indujo a Boyle a llamar a la elasticidad gaseosa «muelle del aire», y a continuación ideó un experimento para medir este efecto.

Boyle cogió un tubo de cristal de 17 pies (5,6 m) en forma de J y sellado en su extremo inferior. Atrapó algo de aire en el extremo sellado usando mercurio. Luego comprobó que si duplicaba el peso de mercurio en el tubo, el volumen de aire atrapado se reducía a la mitad. Si triplicaba el peso, el volumen se reducía a un tercio. Pero si reducía la presión a la mitad, retirando la mitad del mercurio, el volumen de aire de duplicaba. De esto extrajo la ley de Boyle, según la cual el volumen de un gas varía en proporción inversa a la presión a la que está sometido. Boyle comprendió entonces que si era posible comprimir un gas, éste debía de estar formado por partículas separadas que se movían en el vacío. Aumentar la presión simplemente hacía que se juntaran más.

Quince años más tarde, la ley de Boyle fue descubierta independientemente por el científico francés Edmé Mariotte, pero con el importante añadido de que la temperatura del gas debía permanecer constante en todo momento. Si un gas se calienta, se expande por sí mismo, y se contrae cuando se enfría. Es prácticamente seguro que Boyle también se dio cuenta de ello, pero con atípico descuido olvidó mencionarlo en el informe sobre su experimento. Una saludable lección: por este motivo, la ley de Boyle es conocida como ley de Mariotte en toda Europa.

De hecho, hoy se sabe que tanto Boyle como Mariotte fueron precedidos por el último de los grandes científicos griegos, Herón de Alejandría, que vivió alrededor del siglo I d. C. Contradiciendo las teorías aristotélicas sobre los cuatro elementos, Herón llegó a la conclusión de que el aire era, de hecho, una sustancia aparte. Demostró que el

agua era incapaz de penetrar en un vaso invertido lleno de aire: el agua sólo ascendía en su interior en la medida en que se permitía al aire escapar. También se dio cuenta de que el aire podía comprimirse, y de ello dedujo que debía de estar compuesto de partículas individuales separadas por el espacio, como haría Boyle mil quinientos años más tarde. Herón también se dio cuenta de que cuando se calentaba el vapor, las partículas que lo componían se agitaban más. En otras palabras, cuando se calentaba el vapor, su presión aumentaba: el principio de la máquina de vapor. Herón no tardó en apreciar las posibilidades de esta fuente de energía, e incluso las demostró ideando la primera máquina de vapor del mundo. Consistía en una esfera hueca con dos tubos doblados a cada lado que contenía algo de agua. Cuando el agua de la esfera se calentaba hasta el punto de ebullición, el vapor salía por los tubos, haciendo girar la esfera. (Este principio sigue utilizándose en los aspersores rotatorios para el riego.) El mecanismo de Herón no sólo estaba muy por delante de su tiempo, sino que, como muchas invenciones similares fue considerada absolutamente inútil e innecesaria por sus coetáneos. ¿Para qué demonios servía diseñar una máquina que hiciera un trabajo cuando era mucho más fácil conseguir que lo hiciera un esclavo?

La originalidad de Boyle se pone de manifiesto en el modo en que desarrolló estas ideas redescubiertas independientemente. Si el aire y otros gases estaban compuestos de partículas separadas por un vacío, ¿qué eran los líquidos y los sólidos? Cuando el agua se evaporaba, se convertía en un gas, partícula a partícula. El vapor de agua se comportaba como cualquier otro gas, lo que significaba que también estaba formado por partículas separadas por el vacío. Si eso ocurría cuando el agua se transformaba en un gas, parecía probable que sucediese lo mismo cuando adoptaba el estado líquido, e incluso cuando era hielo sólido. Y si esto era aplicable al agua, posiblemente lo fuera a todas las demás sustancias. El razonamiento de Boyle estaba cogido con alfileres y tenía escaso o nulo respaldo experimental, pero confirma sus cualidades como pensador científico original. Sin ser plenamente consciente de lo que hacía, Boyle estaba preparando el terreno para la reintroducción de la teoría atómica.

La obra maestra de Boyle, considerada como el inicio de la nueva química, fue *The Sceptical Chymist* (*El químico escéptico*), publicada

en 1661. De hecho, su propio título condujo a la eliminación del "al" de alquimia, dando lugar al término química. La nueva ciencia se desligaba de su esotérico pasado oriental.

Por estas fechas, Boyle inició también la práctica de redactar sus experimentos de un modo claro y fácilmente comprensible, de modo que pudieran ser comprendidos, repetidos y confirmados por los demás científicos. Era exactamente lo opuesto al secretismo alquímico y constituyó un importante avance para la ciencia en su conjunto. Con su ejemplo, Boyle estaba haciendo por la ciencia lo que los antiguos griegos habían hecho por las matemáticas. Las verdades matemáticas, descubiertas por medio del razonamiento deductivo, eran confirmadas por medio de pruebas. Ahora las verdades de la ciencia, descubiertas por medio de razonamientos inductivos, tenían sus propios mecanismos de verificación. De una práctica secreta llevada a cabo en un sombrío cubil, la nueva química se transformó en una ciencia universal que podía practicarse en cualquier laboratorio y en cualquier lugar.

The Sceptical Chymist lanza un ataque contra la teoría aristotélica de los cuatro elementos y la derivada de los tres elementos de Paracelso. En su lugar, Boyle afirma que los elementos son partículas primarias. Según su famosa definición, lo que quería decir con elementos era: «ciertos cuerpos primitivos simples, o absolutamente carentes de mezcla, que, al no estar compuestos de cualesquiera otros cuerpos, ni unos de otros, constituyen los ingredientes de los que están compuestos todos los llamados cuerpos perfectamente mezclados, y en los que en última instancia éstos se descomponen». En otras palabras, toda sustancia que no pudiera descomponerse en una más sencilla era un elemento. Por vez primera surge una interpretación de los elementos que se corresponde con la idea que hoy tenemos de ellos.

A partir de este punto, Boyle estableció otra distinción fundamental. Los elementos se podían combinar en grupos para formar un compuesto. (Aquí surge por primera vez la idea que daría lugar al concepto moderno de molécula.) Boyle no se limitaba a teorizar. Su larga experiencia y habilidad en el laboratorio le habían llevado a darse cuenta de que esas agrupaciones de moléculas existían en forma de compuestos estables. (Por ejemplo, cuando el hierro se disolvía en un ácido dando lugar a una sal compuesta, ésta era una sustancia estable,

pero también era posible descomponerla y recuperar el hierro.) Boyle llegó a la conclusión de que las propiedades de todos estos compuestos dependían del número y posición de los elementos que contenían. Una vez más, su descripción es asombrosamente precisa: un destello de percepción que llevaría, más adelante, a la teoría molecular.

A pesar de su brillante capacidad teórica, Boyle y sus colegas creían fundamentalmente en la experimentación. *"Nullius in verba"*, como decretó la Royal Society. No en los libros, sino en el laboratorio. Rechazaban todos los sistemas, como el de los cuatro elementos, pero Boyle y sus colegas creían de hecho en su propio sistema global. Según éste, el mundo estaba compuesto de corpúsculos que se comportaban de un modo mecanicista. Aunque puede argumentarse que es menos metafísico que las ideas aristotélicas, este sistema mecánico-corpuscular era, no obstante, fundamentalmente metafísico. ¿Cómo se podía poner a prueba semejante idea en un laboratorio? Era, estrictamente hablando, acientífica, pero contó con la enorme ventaja de ser adoptada por la ciencia. Al contrario que los cuatro elementos, el sistema mecánico-corpuscular explicaba una amplia variedad de fenómenos científicos. En otras palabras, funcionaba (aunque la ciencia no supiera exactamente por qué).

Si se examina minuciosamente, la idea de "elemento" de Boyle, junto con la de lo que era un compuesto, únicamente indicaba el camino que conducía a las ideas modernas. No estaba plenamente articulada. ¿Por qué no? Según la definición de Boyle, un elemento era una sustancia que no podía descomponerse en sustancias aún más primarias. Como consecuencia, cuando se decidía que una sustancia era un elemento, esto sólo podía ser una conclusión provisional. Siempre era posible que alguien descubriera algún modo de descomponer aún más la sustancia en cuestión. (Hasta el advenimiento de la ciencia nuclear del siglo XX, la química no dispuso de una definición inatacable de lo que es exactamente un elemento.)

Esto dejaba a Boyle en una situación anómala. Aunque había definido lo que era un elemento, en realidad no sabía lo que era. Incluso era posible que al ir mejorando las técnicas químicas todas las sustancias hasta entonces consideradas elementos indivisibles pudieran finalmente descomponerse en sólo cuatro elementos, muy similares a la tierra, el aire, el fuego y el agua, pero Boyle estaba convencido de que

no era ése el caso. Desde luego parecía improbable, mas su posición incómoda condujo a Boyle a una grotesca malinterpretación, que podría haber minado toda su contribución a la ciencia. Como resultado de su experiencia en el laboratorio, Boyle había alcanzado la convicción de que los metales no eran en realidad elementos. Aún no había hallado el modo de descomponerlos en sus sustancias primarias, o elementos, pero estaba seguro de que algún día sería posible hacerlo. Ahora bien, esto coincidía exactamente con lo que creían los alquimistas. Si los metales no eran sustancias primarias, podían descomponerse en sus elementos constituyentes, que podrían volver a unirse —o transmutarse— para dar lugar a otro. El plomo podía convertirse en plata, la plata en oro.

Llegados a este punto, sería reconfortante poder decir que Boyle era consciente de la posibilidad teórica de tales empresas alquímicas y que dejó allí la cosa. Pero no. Como Paracelso, Bruno, van Helmont y otros tantos pioneros de la química que les precedieron, a Boyle también se le contagió el microbio de la alquimia. Durante muchos años, los historiadores de la ciencia prefirieron pasar por alto este hecho desagradable, mencionándolo sólo de pasada, como si fuera una especie de desafortunado gaje del oficio de los químicos de la época. Y en efecto, eso era. Es difícil imaginar a Galileo, Descartes, Spinoza o Pascal entregados a tales prácticas. Los físicos, matemáticos y filósofos parecían inmunes a este contagio metafísico en particular. (Aunque no siempre fue así, como veremos.)

Tristemente, un reciente examen detallado de los papeles de Boyle indica que su trabajo alquímico no era ninguna aberración caprichosa. Creía a pies juntillas en lo que estaba haciendo. Sus libros secretos de notas, escritos en código, desvelan una persistente e intensa búsqueda de la piedra filosofal, aunque, al contrario que van Helmont, nunca llegó a afirmar que hubiera dado con tan huidiza entidad. Por el contrario, Boyle realizó sus experimentos alquímicos con su habitual y escrupuloso rigor científico, intentando repetir, una a una, todas las pruebas supuestamente exitosas que llegaban a sus manos. Apelando al razonamiento inductivo, argumentaba que, de tener éxito, «este único ejemplo positivo probará más ajustadamente la realidad de lo que llaman piedra filosofal que todos los engaños y ficciones por medio de los cuales los químicos embaucadores han engañado a los poco

habilidosos y a los crédulos». Boyle era un químico demasiado bueno como para aceptar toda la alquimia: «Ya que los escritos nos presentan, junto con diversos experimentos productivos y extraordinarios, teorías que o bien, como las plumas de pavo real, resultan espectaculares pero no son ni sólidas ni útiles, o bien, como los simios, si tienen alguna apariencia de racionalidad, están empañadas por uno u otro absurdo que, atentamente examinado, las hace resultar ridículas». Sin embargo, su fe en el aspecto «productivo y extraordinario» de la alquimia seguía presente. Incluso usó su influencia en la Royal Society para presionar en favor de la derogación de la ley contra la alquimia dictada cuatro siglos antes por Enrique VIII, que prohibía expresamente la fabricación de oro por transmutación. Es significativo el hecho de que Boyle no estuviera en contra de esa ley debido a la futilidad de la actividad que prohibía. Por el contrario, opinaba que la fabricación de oro por este método sería muy beneficiosa para el país. Inspirado por la habitual combinación de ignorancia y avaricia, el Parlamento derogó la ley contra la alquimia en 1689. Inmediatamente, Boyle animó a los científicos de todo el país a que se incorporaran a tan importante búsqueda.

La clave de la desconcertante obsesión de Boyle parece estar en su ferviente religiosidad. Además de ocuparse de la filosofía natural, Boyle publicó también varios trabajos sobre religión. Empleó su fortuna privada para financiar traducciones de la Biblia al irlandés y al turco, con la pretensión de disuadir del catolicismo a los irlandeses y a los turcos del islam, ambas, en su opinión, herejías peligrosas. También creó un fondo para establecer con regularidad los ciclos de Conferencias Boyle, que han seguido pronunciándose en la Royal Society hasta nuestros días. A pesar del escenario, la intención expresa de estas conferencias es «demostrar la verdad de la religión cristiana a notorios infieles».

Boyle creía que el mundo funcionaba de acuerdo con «esos dos grandes y católicos principios, la materia y el movimiento». Este universo de relojería había sido puesto en marcha por el Creador. Así, el estudio científico de la naturaleza era un deber religioso, pero Dios y el alma humana eran incorpóreos, lo que los distanciaba del mundo mecánico-corpuscular. No obstante, Boyle parecía creer que la piedra filosofal interactuaba de algún modo con ambos mundos. Podía atraer-

ángeles, por ejemplo. Y, de ser descubierta, sería una poderosa arma contra el ateísmo. Al ir envejeciendo, Boyle empezó a mostrarse cada vez más obsesionado con el ateísmo, cuya presencia detectaba continuamente en lugares públicos y en las tendencias de la sociedad en general. Esto significaba que la práctica de la alquimia era también un deber religioso, igual que la práctica de la ciencia.

En 1668, Boyle se mudó a Londres, donde vivió en una casa de Pall Mall con su hermana favorita, lady Katherine Ranelagh. Por aquel entonces Pall Mall era un frondoso suburbio entre los frutales de Bond Street y los jardines reales. Nell Gwynn, la querida del rey, vivía un par de puertas más allá, desde donde «atraía la atención hacia sí» cuando Carlos paseaba con sus perros por el parque real. Boyle había alcanzado ya gran renombre. Le había sido ofrecida la presidencia de la Royal Society, pero se había visto obligado a rechazar tan gran honor debido a que la naturaleza del juramento presidencial entraba en conflicto con sus principios religiosos. Su casa era una meca de distinguidos visitantes extranjeros, como el filósofo racionalista alemán Leibniz, e incluso un dignatario chino que se había convertido al cristianismo. Leibniz, el Leonardo del renacimiento intelectual, sentía reverencia por Boyle, pero le reprendía por no publicar suficientes trabajos. A pesar de la diligencia de Boyle a la hora de transcribir sus experimentos, se mostraba curiosamente anárquico cuando de publicarlos se trataba. Su influencia, y su estatura intelectual, habrían mejorado considerablemente sólo con que hubiera dedicado más tiempo a una exposición sistemática de sus hallazgos.

Hasta el final, el trabajo de Boyle siguió siendo de primera categoría. Su mayor contribución a la química de laboratorio fue el descubrimiento de un método para distinguir entre ácidos y álcalis. Descubrió que el jarabe de violetas se volvía rojo en contacto con los ácidos, verde con los álcalis, y permanecía inmutable ante las soluciones neutras. Al fin se había descubierto una definición apropiada de los ácidos y los álcalis. Como de costumbre, esto se había descubierto en el laboratorio, no a través de la teoría. La distinción analítica de mayor influencia en el campo de la química fue una definición práctica, de trabajo.

Boyle murió en 1691, a los sesenta y cuatro años de edad. Newton había publicado ya los *Principia*, su revolucionaria obra sobre la grave-

dad que ofreció la primera explicación general de cómo funcionaba el mundo mecánico-corpuscular, de las fuerzas que lo mantenían unido. Pero la gravedad sólo abordaba las propiedades físicas de la materia. Newton era consciente de ello e intentó remediar la laguna. Incorporó a su trabajo sobre la luz, *Opticks*, una serie de cuestiones relacionadas con una amplia gama de temas científicos. Indicaban el camino a seguir sugiriendo futuras líneas de investigación para la ciencia, incluyendo la química. «¿No tienen las pequeñas partículas de los cuerpos ciertos Poderes, Virtudes o Fuerzas, por las que se atraen a distancia... la una a la otra para dar lugar a una gran parte de los fenómenos de la Naturaleza?» Estos «poderes de atracción» parecían ser algo más que las fuerzas por las que los «cuerpos actúan uno sobre otro por las atracciones de la gravedad, el magnetismo y la electricidad».

El problema era que la trascendental visión del mundo de Newton había establecido un estándar nuevo para la ciencia. Se esperaba que todo nuevo avance científico incorporase el rigor mecánico y la exactitud matemática de la física newtoniana. Pero Newton operaba en el mundo cuantitativo más que en el cualitativo, al que pertenecía aún la química. Y aun en sus conceptos fundamentales, la química seguía en gran medida sin cuantificar. La idea de elemento químico de Boyle acababa de surgir y distaba mucho de ser plenamente comprendida. En tales circunstancias no podía esperarse un análisis cuantitativo exacto de las complejas reacciones químicas que experimentaban los elementos.

Dicho análisis fue la aproximación ortodoxa de Newton a la química, que tardaría tiempo en trascender. Su otra aproximación a los problemas cualitativos de la materia fue un completo y absoluto desastre. No sería exagerado decir que probablemente fuera el mayor desperdicio de una gran mente de toda la historia de la ciencia.

Newton se sumergió en la alquimia. Al contrario que Boyle, cuyos trabajos alquímicos habían tenido un ápice de justificación científica a nivel teórico, los de Newton no tenían ni la más mínima. Su precipitado descenso al subterráneo mundo de la alquimia fue metafísico de principio a fin. Desde su inspiración a los resultados deseados, sus móviles no fueron jamás científicos. Al igual que Boyle, Newton estaba obsesionado con la religión. Estaba especialmente interesado en la Santísima Trinidad, que en su opinión era una concepción equivoca-

da. Esto era una grave herejía. (Aunque tenía también su lado menos serio. Newton pertenecía al Trinity College de Cambridge. Como miembro del Trinity tuvo que jurar solemnemente que defendería al centro y lo que éste representaba. Newton optó, con gran tacto, por jurar que creía en la existencia de sus empleadores.)

Al menos la mitad de la vida intelectual de Newton se desperdició en actividades no científicas. Además de sus ideas heréticas sobre la Santísima Trinidad, Newton dedicó años a abstrusos cálculos matemáticos relacionados con el Antiguo Testamento, obteniendo fechas exactas para acontecimientos cómo la Creación, el arca de Noé y el viaje de los argonautas. También aprendió hebreo para leer a Ezequiel verso a verso con el fin de reconstruir un plano exacto del templo de Jerusalén. (Aunque estaba perfectamente dispuesto a recurrir a las traducciones al griego o al latín cuando éstas se ajustaban mejor a sus propósitos.) Con ayuda del simbolismo encarnado en el templo y las descripciones del Libro de las Revelaciones, descubrió que podía profetizar las fechas exactas de acontecimientos tales como la segunda venida de Cristo y el fin del mundo. Una de las mentes matemáticas más trascendentales de todos los tiempos estaba convencida de que éste era el gran trabajo intelectual por el que sería recordada por una posteridad agradecida.

Todo esto estaba íntimamente relacionado con las aspiraciones alquímicas, más modestas, de Newton. La alquimia era la "magia" del reino espiritual incorporada al mundo; comprender esto era comprender el funcionamiento del mundo espiritual. Comparada con la enormidad de sus profecías, se diría que la alquimia de Newton era una simple minucia. Pero sólo hasta que salen a la luz los hechos. Newton poseía nada menos que 138 libros de alquimia y escribió más de 650.000 palabras sobre el tema. Evidentemente no se trataba de un simple entretenimiento. Su implicación experimental era sencillamente gigantesca. A pesar de su aproximación secretista al tema, Newton llegó a construir su propio horno en el jardín de su residencia universitaria con el fin de llevar adelante sus investigaciones alquímicas. Según su desesperado ayudante: «Se tomaba tan en serio sus estudios que comía muy frugalmente, a menudo se olvidaba de hacerlo... rara vez se iba a la cama antes de las tres o cuatro de la mañana, a veces no hasta las cinco o las seis... solía emplear unas seis semanas en su labo-

ratorio, donde el fuego no se apagaba casi ni de noche ni de día, y él pasaba una noche en vela y yo la siguiente, hasta que daba por finalizados sus experimentos químicos... No fui capaz de averiguar cuál era su objetivo». A juzgar por los libros de notas de Newton, sus motivos para realizar estos experimentos eran totalmente metafísicos. Incluso la transmutación de los metales bajos era considerada desde una perspectiva metafísica. Aquello no era química, era brujería.

Con todo y con eso, Newton estaba convencido de que en el corazón de la materia yacía algún tipo de estructura. Tenía que haber leyes últimas que gobernaran aquella sustancia, el cuerpo mismo del mundo que habitamos. Pero como hemos visto la ciencia de la química no estaba aún suficientemente adelantada para hacer frente a tales interrogantes, al contrario que la física, donde Newton había tenido mayor éxito que ningún otro. Por supuesto, las motivaciones de Newton, en lo que a la química se refiere, no eran científicas y su aproximación mental era, cuando menos, cuestionable. La estabilidad mental de Newton era precaria en el mejor de los casos, pero fue el fracaso de sus investigaciones alquímicas, junto con su enamoramiento no asumido de un joven matemático suizo, lo que finalmente le trastornó del todo. En 1693, a los cincuenta años de edad, Newton sufrió «una indisposición que le afectó seriamente a la cabeza, haciéndole velar unas cinco noches en total», según uno de sus colegas de Cambridge. Después huyó de Cambridge y estuvo desaparecido durante varios meses. La siguiente noticia que hubo de él fue una carta garabateada y llena de borrones escrita en la Bull Tavern de Shoreditch, al este de Londres, dirigida a su amigo el filósofo John Locke. En ella se excusa por «haber sido de la opinión de que intentábais involucrarme con mujeres». Semejante acusación habría afectado con especial virulencia a Newton, que llevaba una vida de estricto celibato asegurándose así de que no tendría que admitir sus inclinaciones homosexuales reprimidas ni siquiera ante sí mismo.

Todo esto tuvo sus efectos sobre el mundo científico en general. Que Newton ocupara la presidencia de la Royal Society garantizó que la misoginia ocupara los altares de tan venerable institución científica. Hooke, el secretario de la sociedad, ya había fomentado esta tendencia cuando juró que nunca contraería matrimonio. Al parecer, los miembros de esta augusta institución consideraban que incluso el me-

nor indicio de estar liado con una mujer era intolerable. Como observó la actual historiadora de la ciencia Londa Schiebinger: «Durante casi trescientos años la única presencia femenina en la Royal Society fue un esqueleto preservado en la colección anatómica de la sociedad».

El sendero de la alquimia conducía a la demencia, y no sólo para la química. Los elementos que había definido Boyle tendrían ahora que ser descubiertos en un sentido estrictamente literal.

8. COSAS NUNCA VISTAS

Como hemos visto, los antiguos conocían ya nueve elementos y a finales de la Edad Media se descubrieron tres nuevos. Por supuesto, sólo *a posteriori* podemos reconocerlos como elementos. Sus descubridores no los identificaron como tales porque no sabían lo que era un elemento. Hasta 1661 no llegó la definición de Boyle, según la cual un elemento era una sustancia que no podía descomponerse en sustancias más simples.

Alrededor de ocho años más tarde Hennig Brand descubrió el primer elemento nuevo en Hamburgo, donde aisló el fósforo. Fue un acontecimiento de importancia en la historia de la química no sólo porque fuera el primer descubrimiento de un elemento desde la Edad Media (hecho que Brand no podía conocer), sino porque fue la primera vez que se descubría un elemento que previamente no había existido en estado libre. Se trataba de algo jamás visto sobre la tierra. (El fósforo se da en estado libre, pero sólo en algún meteorito ocasional.)

Hennig Brand era también, hasta cierto punto, una rareza. Se le considera, alternativamente, el último alquimista y el primer químico. Nacido en Hamburgo a comienzos del siglo XVII, sirvió como oficial subalterno en el ejército, posiblemente al final de la Guerra de los Treinta Años. Al abandonar el ejército se estableció como médico, a pesar de carecer de titulación alguna. Una fuente le describe como «un médico inculto que no sabía una palabra de latín». Afortunadamente, Brand se casó con una mujer acaudalada, lo que le permitió dedicarse a lo que realmente le interesaba: enredar en su laboratorio. Si esta actividad implicaba simplemente viejas recetas alquímicas o exigía diestros análisis químicos sigue siento motivo de disputa. Sea como fuere, Brand respaldaba desde luego la visión baconiana de que había mucho que aprender de los alquimistas. Como tantos antes que él, incluso pensaba que podía haber un punto de verdad en el asunto de la trans-

mutación. Empezó a estudiar la doctrina de las signaturas de Paracelso, que sugería que la naturaleza revelaba sus secretos en forma simbólica. Según este modo de pensar, un objeto natural que tuviera el color del oro podía perfectamente contener oro. Por un golpe de fortuna (o de intuición ingeniosa), Brand llegó a asociar esta idea con una perla de antigua sabiduría alquímica, que afirmaba que la piedra filosofal estaba contenida en las excreciones del cuerpo humano. ¡Eureka! Sólo había una sustancia que respondiera a ambas pistas, la orina.

Brand comenzó una prolongada y extensa investigación de las propiedades de la orina humana, que debió de poner a prueba la paciencia de su acaudalada esposa, por no hablar de sus vecinos. Recolectó cincuenta cubos de orina humana, que luego dejó evaporar y pudrirse hasta que «crió gusanos». Después la hirvió hasta obtener un residuo pastoso. Tras dejar éste en el sótano durante algunos meses, descubrió que había fermentado y se había vuelto negro. Sin duda con todo el vecindario alzado ya en armas, Brand procedió a calentar el concentrado negro de orina junto con el doble de su peso en arena en una retorta, cuyo largo cuello sumergió en una cubeta llena de agua. El destilado final acumulado bajo el agua del recipiente era una sustancia cerúlea y transparente. Al sacarla del agua brillaba en la oscuridad, e incluso a veces se inflamaba espontáneamente, desprendiendo un denso humo blanco. Decidió llamar a esta nueva sustancia fósforo, del griego *phos* ("luz") y *phoros* ("traer").

Por difícil que resulte de creer, el prolongado experimento descrito más arriba fue uno de los secretos mejor guardados de la ciencia del siglo XVII. Brand demostró orgulloso las propiedades de la nueva sustancia a sus amigos de Hamburgo, pero se negó a divulgar el secreto de cómo la había obtenido. La noticia del descubrimiento de Brand y de las propiedades milagrosas del fósforo no tardaron en extenderse por toda Alemania.

Las espectaculares exhibiciones de Guericke con sus hemisferios de Magdeburgo habían generado gran entusiasmo popular por los experimentos científicos en Alemania. En ese momento muchos científicos se ganaban la vida recorriendo las diversas cortes y haciendo demostraciones de las últimas maravillas de la ciencia. El fósforo era ideal para tales propósitos. Otros incluso pensaron que la nueva sustancia podía tener usos militares.

En Hamburgo, Brand recibió la visita de un tal Dr. Johann Krafft de Dresde, que le convenció para que se desprendiera del secreto del fósforo a cambio de 200 táleros. A partir de ese momento, Krafft empezó a realizar giras con el fósforo por las cortes de toda Europa. Cuando visitó la corte de Carlos II en Londres, Boyle fue invitado a presenciar el experimento. Krafft se negó a transmitirle el secreto a Boyle, pero a través de un comentario casual de Krafft y mediante una cuidadosa observación de su experimento, éste obtuvo algunas pistas. En cuestión de pocos meses, ayudado en parte por un químico alemán llamado Ambrose Godfrey Hanckwitz, Boyle había descubierto por su cuenta cómo obtener el fósforo. Escribió una descripción minuciosa, paso a paso, de su experimento, la selló en un sobre y depositó éste en la Royal Society. Entretanto, Godfrey Hanckwitz había prescindido de la parte alemana de su nombre, se estableció en Londres y empezó a producir fósoforo para su distribución en toda Europa. En pocos años había ganado una fortuna y se había hecho tan famoso que una carta dirigida simplemente al «Sr. Godfrey, famoso químico de Londres», llegaba a sus manos.

Al mantener en secreto el proceso, Boyle ayudó mucho a Hanckwitz (que por supuesto le había ayudado a su vez a él). No obstante, esta actitud por parte de Boyle fue atípica. Su hábito de anotar sus experimentos de modo claro y comprensible formaba parte de su voluntad de que todo conocimiento científico fuera compartido, preferiblemente a través de instituciones como la Royal Society. De ese modo, los científicos de todas partes podrían beneficiarse de los últimos adelantos: el sueño utópico de Bacon, la Solomon House, se materializaría en forma de instituciones científicas en toda Europa.

Para Boyle, que era un hombre rico con buenas rentas, esto no representaba ningún problema pero, como es natural, otros intentaban sacarle beneficios a sus descubrimientos. ¿Debía la ciencia convertirse en comercio, o debía usarse en beneficio de todos? Esta pregunta sigue siendo importante incluso en nuestros días (por ejemplo, respecto a las patentes de los genes empleados en la "creación" de animales nuevos). Tales complicaciones se veían multiplicadas por cuestiones de prioridad. La revolución científica del siglo XVII hizo que un número creciente de científicos tuvieran que enfrentarse a los mismos problemas, obteniendo sus propias soluciones similares independiente-

mente los unos de los otros. ¿Quién había sido el primero? Si un investigador hacía público su descubrimiento obtenía el crédito por él, pero entonces todo el mundo lo conocía. Si no lo publicaba, otro podía hacer el mismo descubrimiento por su cuenta y atribuirse el mérito.

Las leyes de patentes seguían en pañales. Anteriormente, el derecho exclusivo sobre un proceso solía ser otorgado por el monarca o gobernante de turno. El dogo de Venecia le había otorgado a Galileo los derechos en exclusiva sobre una bomba de agua que había inventado. Estos derechos se cedían a perpetuidad, pero sólo dentro de la República Veneciana. Con la difusión de la revolución científica por toda Europa, tales disposiciones fueron haciéndose cada vez más inviables. En 1623, el gobierno británico aprobó el *Statute of Monopolies*, que decretaba que podían concederse «escrituras de patente» durante un periodo de hasta catorce años, que cubrirían «inventos de nuevas manufacturas». Mientras tanto, habían surgido academias científicas por toda Europa. La Royal Society fue precedida por la *Accademia dei Lincei* en Italia; posteriormente, de los encuentros informales convocados por gente como Descartes y Pascal surgió la *Académie Royale des Sciences* de París; y Leibniz desempeñó un papel clave en la creación de la Academia de Berlín. Los científicos demostraban sus nuevos descubrimientos ante los miembros reunidos de las academias, y en cierta medida estas instituciones actuaban como depositarias y coordinadoras de los nuevos conocimientos. Pero esto fue haciéndose cada vez más difícil cuando tales conocimientos eran teóricos o no se habían hecho públicos.

El ejemplo más notorio al respecto fue sin duda la disputa de prioridades entre Newton y Leibniz sobre quién había inventado el cálculo. Cuando Newton publicó su *Opticks* en 1704, añadió un apéndice en el que definía el «método de fluxiones» (cálculo) que había inventado treinta años antes. Desafortunadamente, su archirrival Leibniz había publicado su propia versión del cálculo veinte años atrás. Comenzaron a cruzarse acusaciones de plagio. Por desgracia, las reacciones de los dos personajes en disputa no tardaron en caer muy por debajo de la conducta que cabría esperar de unos genios (que, en el mejor de los casos, no suele ser particularmente encomiable). Los hechos eran simples. En efecto, Newton le había enseñado a Leibniz unos papeles anteriores que hacían alusión a su método de fluxiones.

Pero el cálculo de Leibniz era radicalmente diferente, y no sólo en su notación (que es la que usamos hoy en día). Leibniz cometió el error táctico de acusar a Newton de falta de honradez. Newton siempre tuvo una actitud particularmente paranoide respecto a ese tipo de acusaciones, dado que vivía con el oculto terror de que algún día pudieran acusarle de herejía por el asunto de la Santísima Trinidad. Cuando se enteró de las acusaciones de Leibniz, Newton se puso literalmente enfermo de ira. Aún así, propuso honorablemente que se encargara del arbitraje un comité de la Royal Society. Leibniz estuvo de acuerdo, al parecer indiferente al hecho de que por aquel entonces Newton fuera el presidente de la entidad. Entonces Newton se apoderó del informe del comité y lo reescribió a su favor (aunque no en su nombre). Leibniz rechazó amargamente el veredicto hasta su muerte en 1714, pero la ira de Newton, una vez despierta, no era fácil de aplacar. Siguió mancillando el nombre de Leibniz cada vez que tenía oportunidad de hacerlo. Los visitantes hablaban de sus extemporáneas diatribas contra el filósofo alemán, y los posteriores trabajos científicos de Newton incluían invariablemente un párrafo iracundo e irrelevante dirigido contra su difunto adversario.

Si era así como se desarrollaban las matemáticas, ¿qué esperanza había para la ciencia? En tal caso, la química partía con clara desventaja. La física y las propiedades físicas eran fáciles de medir y describir con exactitud. Los cambios químicos eran menos accesibles a una descripción precisa. *A posteriori*, es fácil darse cuenta de que en muchos casos los químicos trabajaban a ciegas. Simple y llanamente no sabían qué era exactamente lo que ocurría en el transcurso de sus experimentos. Todo lo que sabían era que pasaba algo y que aparecía un producto.

Éste fue en buena medida el caso de Brand y su método para producir fósforo. No podía tener ni la más remota idea de cuál era la composición química de la orina. Su intención inicial había sido "concentrar" el oro de la orina (por evaporación y destilación), y después "reforzarlo" amalgamándolo con alguna otra sustancia dorada de las que los alquimistas sospechaban hacía tiempo que podían contener oro (es decir, arena). El fósforo había sido el resultado accidental de una técnica sofisticada, aunque erróneamente orientada. Irónicamente, Leibniz también desempeñó un papel en esto. Pocos años antes de

que Krafft le comprara el secreto a Brand, Leibniz viajó a Hamburgo mientras trabajaba para el Duque de Hanover (padre de Jorge I). Leibniz convenció a Brand de que ofreciera el secreto al duque y le llevó de vuelta a Hanover, con la intención de producir fósforo en cantidades masivas. No está claro qué había pensado hacer Leibniz con todo el fósforo que esperaba producir. En un momento dado llegó a sugerir que podría utilizarse para iluminar las habitaciones durante la noche, pero le respondieron que no era una idea práctica (en caso de no haber resultado envenenados por los vapores, los ocupantes de la habitación hubieran quedado ciegos sin ningún lugar a dudas). Inasequible al desaliento, Leibniz garantizó a Brand un abastecimiento regular de grandes cantidades de orina procedentes de un campamento militar cercano, cuyos soldados eran famosos por la cantidad de cerveza que bebían. Leibniz oyó decir después que los mineros de las montañas de Harz eran aún más renombrados por el consumo de cerveza durante su caluroso y agotador trabajo. Tras obtener permiso del desconcertado duque, Leibniz consiguió un suministro prácticamente ilimitado de orina humana en los montes de Harz. Ésta era transportada en barriles con carros y caballos a lo largo de 100 km de caminos impracticables hasta donde había puesto a trabajar al desdichado Brand. Por desgracia, Leibniz tuvo que partir a resolver asuntos diplomáticos urgentes en nombre de su empleador y, al parecer, olvidó por completo su proyecto sobre el fósforo. Lo que pudiera pasar con Brand y su creciente lago de orina humana sigue siendo un maloliente misterio.

El secreto de la producción del fósforo sería finalmente comprado en 1737 por la Académie Royale des Sciences de París, que inmediatamente lo puso a disposición de todos los científicos. Medio siglo después, el químico sueco Karl Scheele descubrió que el fósforo era un componente de los huesos, y descubrió un método de obtención de éste más sencillo y menos desagradable. Poco después, el fósforo empezó a usarse en las primeras cerillas, y en 1855 el fabricante sueco J. E. Lundström patentó los fósforos de seguridad, que no tardaron en hacerle ganar una fortuna. Pero todo esto ocurrió demasiado tarde para que Scheele se beneficiara de su descubrimiento: había muerto más de medio siglo antes, a los cuarenta y tantos años de edad.

Scheele probablemente fuera el descubridor científico más desafortunado de todos los tiempos. Durante su vida, comparativamente

corta, desempeñó un papel fundamental en el descubrimiento de más elementos que ningún otro científico antes o después de él. Pero en el caso de los siete elementos por él descubiertos, su papel fue eclipsado, cuestionado o pasado por alto.

Lo curioso es que a Scheele no pareció importarle. Era un hombre modesto, insuperable en su oficio, el de humilde farmacéutico. Nació en 1742 en Stralsund, en lo que es hoy la costa nordeste de Alemania. A comienzos del siglo XVIII seguía siendo la Pomerania sueca, territorio conquistado durante la Guerra de los Treinta Años. A pesar de su nombre alemán, Scheele se consideraba sueco y escribía sus trabajos científicos en su idioma.

Scheele fue el séptimo de once hijos y, al no disponer de dinero para su educación, entró como aprendiz de un boticario a los catorce años. Fue una elección inspirada. El obsesivo interés de Scheele en la materia prima de la química significaba que jamás olvidaba una propiedad, y su intuición respecto a los constituyentes de los elementos químicos no tenía parangón. Scheele no tardó en atraer la atención y finalmente obtuvo un puesto como ayudante de boticario en la capital, Estocolmo. Esto puede sonar a poco, pero en 1775, a los treinta y dos años, fue elegido miembro de la Academia Sueca de las Ciencias, siendo el primer ayudante de boticario (y el último) en alcanzar tan alto honor.

Poco tiempo después, Scheele se mudó a la pequeña ciudad de Köping (pronunciado "sherping") situada en el centro de Suecia, a orillas de un lago. El farmacéutico local había fallecido y le había legado la botica a su viuda, Sara Pohl. Scheele compró el negocio y montó un laboratorio, donde trabajaba en sus experimentos. Inasequible al aplastante tedio provinciano de Köping, se enfrascaba en su tarea, y la viuda Pohl y la hermana de ésta llevaban la casa y el negocio. De vez en cuando recibía la visita de distinguidos químicos suecos y extranjeros, lo que despertaba gran recelo entre los habitantes del lugar. Le llegaron por correo ofertas de cátedras en Berlín, Estocolmo y Londres, pero fueron ignoradas. El farmacéutico de farmacéuticos no sentía la menor inclinación a convertirse en un simple catedrático entre catedráticos.

Durante muchos años, Scheele padeció un doloroso reumatismo y una serie de otras afecciones. Éstas se debieron, casi con seguridad, a

sus prácticas en el laboratorio. Scheele estaba firmemente decidido a analizar él mismo las propiedades de las muchas sustancias que aisló y descubrió. Sus notas de laboratorio incluyen hasta una precisa descripción del sabor del cianuro de hidrógeno, un producto extremadamente tóxico que puede producir una muerte terrible y dolorosa incluso por inhalación o absorción a través de la piel. (También revelan que pudo haberse envenenado identificando por su sabor y olor las propiedades del sulfuro de hidrógeno, un gas cuyas propiedades letales y olfativas podrían asemejarse a las de un cruce entre una mofeta y una serpiente de cascabel.)

Probablemente éste fuera el periodo más emocionante de la exploración química. Libres del corsé de la alquimia, los químicos podían explorar las posibilidades de una ciencia enteramente nueva. Los elementos aún no descubiertos se extendían ante ellos como las notas del teclado de un piano. Podían tocar algunas de esas notas elementales, así como una serie de acordes correspondientes a los compuestos, pero al ir explorando el teclado con sus manos, tomaron conciencia gradualmente y por vez primera de la vastedad de la música y las posibilidades tonales que se abrían ante ellos. Scheele amplió estas posibilidades en mayor medida que sus coetáneos. Identificó toda una gama de ácidos animales, vegetales y minerales, además de descubrir e identificar los constituyentes de una variedad de importantes compuestos.

Pero el intrépido Scheele sobrevivió, lo que le permitió dirigir su atención a los elementos. En 1770, se convirtió en el primer químico en producir cloro, un elemento gaseoso. Cualquiera que haya visitado una piscina habrá tenido ocasión de experimentar los efectos lacrimógenos del cloro, incluso extremadamente disuelto: sólo es posible imaginar los efectos que tendría sobre Scheele, el aparato de pruebas humano. Por desgracia, en este caso la intuición química de Scheele le falló. No reconoció al cloro como un elemento y siguió convencido de que el gas que había obtenido era un compuesto que contenía uno de los gases presentes en el aire. Sólo treinta años más tarde, Humphry Davy, el químico inglés que inventó la lámpara de seguridad para los mineros, descubriría que aquel gas era un elemento. De hecho, fue Davy quien le puso por primera vez el nombre de cloro (de la palabra griega que significa "verde claro") debido a su apariencia.

Davy se convirtió en una especie de némesis de Scheele. El inglés también ganó por la mano a Scheele en el descubrimiento del bario. Scheele realizó todo el trabajo experimental clave, identificando la barita (hidróxido de bario). Treinta años más tarde, Davy puso los toques finales a su trabajo aislando un metal blanco-plateado, el bario, que recibió su nombre del griego *barys*, que significa "pesado". Hoy, el bario se utiliza en aleaciones para absorber las impurezas en las válvulas de vacío.

Con el descubrimiento del molibdeno, que había de convertirse en un ingrediente importante del acero empleado para hacer cañones de rifles, se produjo una secuencia de acontecimientos descorazonadoramente similar. Scheele estaba convencido de haber obtenido una sustancia que contenía un nuevo elemento, que podría aislarse, probablemente, a altas temperaturas. Dado que no disponía de horno, le pasó la sustancia a su amigo el joven químico Peter Hjelm, a quien se atribuye hoy el descubrimiento del molibdeno. Por esras fechas, a Scheele también se le ocurrió la feliz idea de transmitirle a su amigo el mineralogista Johann Gahn el secreto que dio lugar al manganeso, que toma su nombre, erradamente, del griego *magnes*, palabra latina que significa imán, y tiene la propiedad de disolver el agua.

Como puede verse por estos ejemplos, en aquellas fechas Suecia estaba desarrollando una avanzada y competente comunidad de químicos. Estos pioneros desempeñaron un trascendente papel en el desarrollo de la química. Pero esto distaba mucho de ser la única contribución de Suecia. Simultáneamente, Linneo sentaba los cimientos de la botánica moderna; Celsius establecía la escala termométrica y, dos siglos antes que Ford, el inventor Polhem concebía la cadena de montaje. Comparativamente hablando, la contribución de Suecia a esta etapa de la revolución científica fue tan buena como la de cualquier otro país. El siglo XVIII había de ser también la edad de oro de Suecia. A finales de este periodo, la Revolución Industrial empezaba a extenderse por Europa, y Suecia producía más de un tercio del hierro en bruto del mundo. La Compañía Sueca de las Indias Orientales empezó a comerciar en lugares tan remotos como Japón. Y, nada dispuesto a quedarse atrás, el célebre escritor místico Swedenborg escribió varios volúmenes en los que describía con lóbrego detalle sus viajes a lugares aún más remotos, a través del cielo y el infierno. Hasta el rey,

Gustavo III, colaboró en una ópera. (El hecho de que posteriormente le pegaran un tiro en el Palacio de la Ópera de Estocolmo no tuvo nada que ver con la acogida de su trabajo por parte de la crítica.)

Mientras tanto, en la desolación provinciana de Köping, Scheele seguía con sus ingratas investigaciones sobre los elementos químicos. A estas alturas, la química sueca empezaba a atraer visitantes del extranjero. Fueron a visitarle dos estudiantes españoles, los hermanos José y Fausto de Elhúyar. Durante su encuentro, Scheele les explicó cómo había obtenido de la scheelita (que llevaba su nombre), una sustancia que llamaba "ácido túngstico". Alrededor de un año más tarde, los hermanos Elhúyar consiguieron aislar de éste el elemento tungsteno, que significa "piedra pesada" en sueco. Este elemento se usaría en el futuro en filamentos ligeros. Los Elhúyar emigraron posteriormente a América, donde Fausto se convirtió en Director General de Minas de México.

El trabajo más importante de Scheele se produjo en un campo que había de ser crucial para el siguiente gran paso adelante de la química: los gases. Scheele consiguió demostrar que el aire contenía dos componentes diferentes, sólo uno de los cuales podía mantener la combustión. A éste lo llamó "aire de fuego", y al otro "aire viciado". Del segundo consiguió aislar el elemento nitrógeno, sin saber que el químico escocés Daniel Rutherford, tío del novelista Walter Scott, ya lo había hecho cuatro años antes. Pero el descubrimiento del "aire de fuego" fue el mayor logro de Scheele. Se trataba del oxígeno. Como hoy sabemos, este elemento desempeña un papel crucial en muchas de las reacciones químicas más importantes de la naturaleza. Era el elemento que había de ser la llave de la química del futuro. Scheele produjo "aire de fuego" por primera vez en 1772 calentando óxido de mercurio, que cede fácilmente su oxígeno revirtiendo a mercurio. Incluyó una descripción de este experimento en el único libro que publicó, *Tratado químico sobre el aire y el fuego*. Debido a una serie de torpezas, ninguna de ellas atribuible a Scheele, la edición se retrasó y el libro no apareció hasta 1777. A esas alturas, el químico inglés Joseph Priestley había publicado ya una descripción del mismo experimento, apropiándose así del descubrimiento elemental más importante realizado hasta el momento.

Inasequible al desaliento, Scheele siguió con sus meticulosas investigaciones, produciendo gran cantidad de trabajos originales que

estaban muy por delante de su tiempo. Un ejemplo fue el descubrimiento del efecto que la luz tiene sobre compuestos que contienen plata. Medio siglo después, el artista e inventor francés Louis Daguerre emplearía este efecto en el desarrollo de la fotografía (que, literalmente, significa "escribir con la luz").

Pero la implicación directa de Scheele en el análisis químico finalmente se cobró su precio. En 1786, a los cuarenta y tantos, cayó gravemente enfermo. Los síntomas sugieren que se trataba de un envenenamiento por mercurio. En su lecho de muerte se casó con la viuda Sara Pohl para que pudiera heredar de nuevo la botica y, en cuestión de días, falleció. Scheele había mantenido una desinhibida correspondencia con científicos destacados de toda Europa. Probablemente jamás llegue a saberse con detalle hasta qué punto fue enorme su generosidad intelectual. Al igual que sus descubrimientos, su influencia en el desarrollo de la química parece destinada al olvido.

Durante este periodo se descubrieron otros dos elementos importantes.

Hacía mucho tiempo que a los mineros alemanes venía engañándoles una mena que se asemejaba mucho a las de cobre, pero al contrario que la mena de cobre, que teñía el cristal de azul al disolverla en un ácido, esta mena teñía el cristal de verde. Consiguientemente, esta mena era conocida por los mineros como Kupfernickel: literalmente "cobre del viejo Nick" (cobre hechizado por el Diablo, o falso cobre). En 1751 el mineralogista Axel Cronstedt consiguió aislar de la mena de Kupfernickel un metal que no se parecía en nada al cobre. Era duro, blanco-plateado y era atraído por un imán, una propiedad no conocida en ninguna otra sustancia salvo el hierro. Cronstedt recurrió al viejo apelativo de los mineros, llamando a su descubrimiento simplemente níquel. No obstante, durante muchos años los científicos europeos se negaron a aceptar que el níquel fuera un elemento, manteniendo que era una mezcla de hierro (de ahí la atracción magnética) y otros metales como el cobalto o el cobre (los cuales, mezclados con el hierro, se suponía que eran los responsables del color verde). Sólo al ir mejorando los análisis químicos pudo demostrarse que Cronstedt tenía razón.

El propio Cronstedt desempeñó un importante papel en esta mejora. Anteriormente los minerales se clasificaban en función de sus

propiedades físicas —peso, color, dureza y así sucesivamente—. Cronstedt introdujo el soplete en el análisis de los minerales. Consistía en un largo tubo de cristal que se estrechaba en un extremo. Soplando a través de la boca ancha era posible producir un chorro fino de aire concentrado. Cuando este chorro se dirigía hacia una llama aumentaba el calor de ésta y permitía dirigir el chorro caliente hacia el objeto a analizar. Cronstedt aprendió a distinguir los diferentes colores que adoptaba la llama cuando se proyectaba sobre un mineral. Esto le permitió identificar características tan importantes como el gas que surgía de la mena, el color de su óxido y la naturaleza de los metales que contenía. Usando el soplete, Cronstedt realizó un estudio sistemático de los minerales, convirtiéndose así en el padre de la mineralogía moderna (literalmente, el estudio de sustancias extraídas por la minería).

Un siglo después de que Cronstedt descubriera el níquel, éste fue usado por los suizos para acuñar monedas. Siete años más tarde, en 1857, Estados Unidos incorporó níquel a la moneda de cobre de un centavo. Ésta fue llamada originalmente "níquel". Pasaría un cuarto de siglo antes de que apareciera la primera moneda de níquel de cinco centavos, con una parte de níquel por tres de cobre: el moderno níquel estadounidense. (Que por mucho que muestre la cabeza del presidente, su nombre sigue procediendo del viejo Nick, el diablo.)

Otro elemento importante descubierto durante este periodo tiene una de las historias más pintorescas de todos los elementos. En 1735, un marino francés que caminaba a lo largo de la playa de un estuario de la costa del Pacífico de Columbia encontró varios nódulos de arcilla grisácea del tamaño y peso de balas de cañón. Dentro de ellos encontró depósitos de un metal mate plateado. El marinero francés llevó de vuelta al barco varios de aquellos nódulos, donde fueron examinados por un científico que casualmente había a bordo. Se trataba de Antonio de Ulloa, un joven prodigio matemático de diecinueve años de edad que participaba en un proyecto patrocinado conjuntamente por los gobiernos español y francés. Este proyecto consistía en dos expediciones —una de ellas a Laponia, la otra a Ecuador— para medir los grados locales del meridiano. Estas mediciones pretendían servir de ayuda a la Académie Royale des Sciences de París para determinar la forma y dimensiones exactas de la Tierra.

En el viaje de vuelta el barco francés que llevaba a Ulloa atracó en Louisberg, en la isla de Cabo Bretón, frente a la costa canadiense. Allí descubrieron que el puerto había sido capturado por los británicos, que estaban ahora en guerra con Francia, pero no con España. Los papeles de Ulloa, que incluían el secreto de la forma de la Tierra y la descripción de un metal hasta entonces desconocido, fueron requisados y enviados al almirantazgo en Londres. Ulloa, por lo demás, fue tratado con la cortesía y hospitalidad debidas a un caballero neutral que estaba de visita y se le otorgó un salvoconducto para volver a Ingalterra. Cuando llegó a Londres solicitó al almirantazgo la devolución de sus papeles. El almirantazgo decidió que la forma terrestre y un nuevo metal más escaso que el oro carecían de importancia alguna, y devolvió los papeles a Ulloa, que se los llevó a casa y los publicó. El nuevo metal fue descrito como *Platina del Pinto* ("plata pequeña del río Pinto"), y se le atribuyó escaso valor. Al contrario que el oro y la plata, no era maleable y, por tanto, resultaba inútil para la elaboración de ornamentos. Pocos años después el Director General de Minas de México, un tal Fausto de Elhúyar, descubrió una solución a este problema. En una carta a su hermano José, que ahora vivía en Nueva Granada (Columbia), Fausto le explicaba que cuando los depósitos esponjosos del nuevo metal se martillaban y luego se prensaban muy fuertemente, el metal se volvía tan maleable como el oro. La nueva *platina del pinto* no tardó en incorporarse a la fabricación de chucherías. Se descubrió que su resistencia a los ataques químicos era aún mayor que la del oro; como resultado, no tardó en ser incorporada a diversos aparatos químicos.

El nombre original del metal, acortado a platina, fue finalmente alterado por el químico ingés Davy, que lo convirtió en *platinum*, para que el nombre latino femenino concordara con el de otros metales recientemente descubiertos, como el bario y el molibdeno. La idea de un metal femenino era evidentemente anatema para el victoriano *establishment* científico inglés. Esto representó el inicio de una tendencia turbadora en Gran Bretaña. A todos los elementos descubiertos desde 1839, un par de años después de que la reina Victoria accediera al trono británico, se les aplicó la terminación neutra del latín *ium*, o la terminación neutra griega *on* en el caso de los gases nobles o inertes. Esta nomenclatura asexuada se extendió incluso al *curium* (curio), que re-

cibió su nombre de madame Curie. La única excepción a esta regla es el elemento astatinio, que tiene terminación femenina en inglés (astatine) y deriva del griego *astatos*, que significa "inestable". Quizá esta elección de género no tuviera una intención despectiva, pero no puede uno por menos que pensar que dice algo acerca de la sociedad predominantemente masculina formada por los químicos.

9. EL GRAN MISTERIO DEL FLOGISTO

La ciencia de la química empezaba a colmarse de posibilidades. Sus seguidores estaban descubriendo una excitante gama de nuevos elementos y compuestos. El proceso se veía acelerado por el avance de la experimentación en el laboratorio, pero lo más importante era que los ingredientes y técnicas más recientes se empleaban de un modo racional, metódico. La química no era ya una ciencia embrionaria aunque, por el momento, su desarrollo siguiera siendo en buena medida fragmentario, el resultado de experimentos descoordinados, realizados independientemente por pioneros químicos. La ciencia en desarrollo carecía de un principio unificador. Además, conservaba ciertas peculiaridades desconcertantes que desafiaban toda explicación. Una de ellas era el fuego.

El misterio de la combustión había sido objeto de profundas especulaciones filosóficas desde los antiguos griegos. Para Heráclito, el fuego era el principio subyacente a toda sustancia y todo cambio. Otros filósofos griegos posteriores habían sugerido que las sustancias inflamables contenían en su seno el elemento fuego, considerado uno de los cuatro elementos fundamentales. Ese elemento inflamable era liberado por una sustancia cuando ésta era sometida a las condiciones apropiadas, como el calor, una chispa o un rayo. Entonces se manifestaba en forma de llamas. Cuando los alquimistas transformaron los cuatro elementos en tres (mercurio, azufre y sal), el azufre se convirtió en el elemento combustible. Paracelso explicó cómo intervenían estos tres elementos en la combustión de la madera: la presencia de azufre permitía a ésta arder, el elemento mercurial aportaba la llama y los residuos se convertían en ceniza debido a la presencia de sal.

Hasta la segunda mitad del siglo XVII no se propuso una nueva explicación del fuego. El hombre que formuló la idea fue uno de los impostores más conocidos de la historia de la ciencia. Johann Becher na-

ció en 1635 en la pequeña ciudad alemana de Speyer, en las riberas del Rin. Los caóticos años finales de la Guerra de los Treinta Años le privaron de educación, y cuando cumplió los trece echó a andar por los arruinados yermos de Alemania en busca de fortuna. Llegó hasta Suecia y después Italia, adquiriendo sobre la marcha una educación rudimentaria. Ésta incluía diversos conceptos alquímicos y un conocimiento superficial de las prácticas comerciales, pero por encima de todo, la capacidad para presentarse como una persona llena de confianza en sí misma y una gran vista para sacarle partido a las oportunidades.

Como resultado de la Guerra de los Treinta Años, el mapa alemán se parecía más que nada a un frágil búcaro multicolor que se hubiera dejado caer desde gran altura. Los territorios donde se hablaba alemán contituían un mosaico de fragmentos desperdigados en estados diminutos. Para sobrevivir, cada uno de estos estados tenía que controlar su economía y explotar sus recursos de la mejor manera posible. Los negocios como la fabricación de cerveza, la industria textil y la cerámica florecieron como hongos. Y, para supervisar estas microeconomías, cada gobernante requería de consejeros y expertos. A los veintiséis años, Becher consiguió infiltrarse con malas artes en la corte del Elector de Mainz haciéndose pasar por uno de esos expertos. A continuación se convirtió al catolicismo para casarse con la hija de un rico y poderoso consejero, que le otorgó un título en medicina como regalo de boda. Con ese respaldo, Becher consiguió que le nombraran catedrático de medicina de la Universidad de Mainz y médico personal del Elector. Poco después de cobrar su salario anual, decidió que era el momento de trasladarse a Baviera. Allí consiguió embaucar a todos para obtener un puesto aún mejor pagado como consejero jefe del Elector de Baviera, y procedió a poner en práctica sus conocimientos económicos. Sugirió que para Baviera el camino hacia la prosperidad económica estaba en restringir el comercio con Francia, especialmente el de la seda, y establecer una industria local. Viéndose en la ruina, los comerciantes del lugar hicieron todo lo posible por oponerse a este plan, mientras Becher construía a toda prisa una fábrica de seda. No tardó en decidir que en Baviera no era lo bastante apreciado, recuperó su inversión y siguió camino hasta Viena. Tras jactarse de su experiencia en la gestión de dos estados, fue contratado por el Emperador de-

Austria como consejero económico en jefe. Su primer movimiento fue la creación de una gran fábrica de seda, que no tardó en llevar a la bancarrota a su rival bávara antes de enfrentarse a dificultades financieras propias. Luego propuso la excavación de un canal que uniera el Danubio y el Rin para facilitar el comercio entre Austria y Holanda, propugnó la adopción de un lenguaje universal (llegando a compilar incluso un diccionario de diez mil palabras), y esbozó un proyecto para transmutar las arenas del Danubio en oro por medios alquímicos. A estas alturas, el emperador empezaba a cansarse de semejante aluvión de proyectos fantásticos: cuando el asunto de las arenas del Danubio resultó infructuoso, ordenó que Becher fuera escoltado hasta los calabozos.

Sin amilanarse, Becher apareció un año más tarde en Holanda con un proyecto para el establecimiento de un negocio de fabricación de seda en Haarlem. La tozuda persistencia con la que se aferraba a su obsesión por la fabricación de seda sugiere que Becher creía realmente que podía convertirse en una fuente de riquezas. También parecía estar igualmente convencido de que la transmutación en oro era posible. De no ser así, resulta difícil explicar la insensatez de su siguiente movimiento. Becher se presentó muy seguro ante la Asamblea holandesa, donde expuso un ambicioso plan para transmutar las grandes franjas de arena de la costa holandesa en oro. La Asamblea, compuesta en gran medida por hombres de negocios realistas, se mostró escéptica. Becher procedió a realizar entonces un experimento preliminar a modo de demostración. Empleando arena y una pequeña cantidad de plata, logró de algún modo producir oro. Como resultado, la Asamblea holandesa respaldó con entusiasmo el proyecto. Becher aclaró que para comenzar la producción en masa necesitaría una considerable cantidad de plata para obtener cantidades realmente significativas de oro a partir del ilimitado suministro de arena. Pocos días antes de la fecha estipulada para que comenzara la producción a gran escala, Becher desapareció a bordo de un barco en dirección Londres. No está nada claro cómo logró llevarse consigo la plata, pero las autoridades holandesas estuvieron pendientes de su paradero durante bastante tiempo.

Becher se estableció en Londres como experto en minería, un tema sobre el que, sorprendentemente, había adquirido considerables

conocimientos durante su gestión de las economías estatales. Representando esta vez un papel auténtico, llegó incluso a viajar a las minas de Cornwall y Escocia. Pero los viejos hábitos son difíciles de erradicar. A su vuelta a Londres, Becher escribió un tratado en el que describía un reloj que funcionaba mediante el movimiento perpetuo, y lo presentó ante la Royal Society. Muy para su sorpresa y decepción, su subsiguiente solicitud para convertirse en miembro de la sociedad fue rechazada.

Es difícil discernir una mente científica en medio de tanto batiburrillo, pero los trabajos de Becher hablan por sí mismos. En medio de su enloquecido programa de trabajo, Becher encontró tiempo para leer y comentar con perspicacia los trabajos de van Helmont y Boyle, dos grandes químicos coetáneos suyos. En particular, señaló que Boyle no había conseguido generar una teoría verdaderamente científica de los elementos. Puede que las ideas de Boyle sobre la indivisibilidad de los elementos fueran asombrosamente proféticas, pero de hecho carecían de respaldo experimental convincente. (Sólo *a posteriori* podemos afirmar que sus ideas estaban bien orientadas.)

La obra maestra de Becher, *Physica Subterranea* fue publicada en Viena en 1667 (durante un momento de sosiego entre el fiasco de la seda y el proyecto de la arena del Danubio). En ella, Becher plantea su propia teoría de los elementos, que tendría un profundo efecto sobre la química de los siguientes cien años.

Como tan a menudo ocurre con personajes tan contradictorios, Becher se reconcilió con los aspectos irreconciliables de su comportamiento mediante una profunda fe en Dios. El mundo había sido creado por Dios el Químico, que mantenía su creación por medio de un proceso continuo de alteración y transformación, cambio e intercambio. (Llega incluso a compararlo con el funcionamiento de una economía estatal bien gestionada, aunque no extiende la analogía hasta el punto de incluir el negocio de la seda.) Segun Becher, todas las sustancias sólidas consistían en tres tipos de tierra: la *terra fluida* era el elemento mercurial, que aportaba fluidez y volatilidad; la *terra lapida* era el elemento solidificador, responsable de la fusibilidad o cálidad de enlace; y el tercer elemento era la *terra pinguis* (literalmente "tierra grasa"), que aportaba a la materia sus cualidades aceitosas y combustibles. Ésta era el principio de la inflamabilidad. Funcionaba como si-

gue: un trozo de madera se compone originalmente de ceniza y *terra pinguis*; al quemarse la madera, la terra pinguis es liberada y deja atrás la ceniza.

Además de en Dios, Becher creía en la química. Su reafirmación de esta creencia es una de las más conmovedoras de toda la historia de la ciencia: «Los químicos son una extraña clase de mortales, que impelidos por un impulso casi maníaco buscan su placer entre humos y vapores, hollín y llamas, venenos y miseria, y aún así, entre estos males vivo tan placenteramente que antes moriría que cambiar de lugar con el rey de Persia».

El grado de entrega y fidelidad de Becher a esta romántica doctrina es harina de otro costal. Johann Becher murió sin un penique en Londres en 1682. Se dice que se reconvirtió al protestantismo en su lecho de muerte.

La *Physica Subterranea* de Becher circuló ampliamente por toda Europa y fue reeditada varias veces. En 1703, Georg Stahl, catedrático de medicina de la recién fundada Universidad de Halle, preparaba su tercera edición en Alemania. Delante del texto de Becher, Stahl insertó una introducción escrita por él mismo. En ella ampliaba la idea original de Becher sobre la *terra pinguis*, garantizando así el papel central de ésta en el desarrollo de la química a todo lo largo del siglo XVIII.

Al igual que su mentor Becher, Stahl era un personaje extraño, aunque de un pelaje totalmente diferente. De personalidad puntillosamente misantrópica, Stahl era un firme creyente en el Pietismo —una secta protestante de inclinación puritana— a pesar de lo cual se casó cuatro veces. Bien es verdad que esto no se debió por completo a su deseo de compañía física: sus esposas tenían el inquietante hábito de morirse. Su estéril actitud hacia la sociedad (fructífera, no obstante, por lo que se refiere a la ciencia de ese periodo) queda resumida en su lema personal: «Defienda lo que defienda la opinión general en cualquier disputa, es lo equivocado».

A comienzos del siglo XVII Alemania entraba en un periodo de recuperación económica, auxiliada en gran medida por los avances en la industria minera. Stahl se había sentido atraído por la *Physica Subterranea* débido a su tema central, la minería (como su título indica), pero cuando leyó la teoría de Becher sobre el papel de la *terra pinguis*

en la combustión vio de inmediato que no era más que el germen de una idea que no había sido plenamente desarrollada. Stahl amplió esta idea y la aplicó al campo minero.

El proceso final en la minería de metales era la fundición, lo que implicaba calentar la mena mineral con carbón vegetal para obtener así el metal fundido. La técnica de la fundición era conocida desde la prehistoria, pero lo que ocurría en realidad durante este proceso seguía siendo en gran medida un misterio. Stahl se dio cuenta de que el proceso estaba ya maduro para su análisis desde un punto de vista químico, que bien podría conducir a avances en la técnica minera. Fue la noción de *terra pinguis* de Becher lo que sugirió a Stahl la idea de que la fundición era lo contrario a la combustión. En la combustión, una sustancia como la madera liberaba *terra pinguis* para convertirse en ceniza. En la fundición, la mena absorbía *terra pinguis* del carbón para convertirse en metal. Para Stahl, esta percepción quedó confirmada por el hecho de que también explicaba la oxidación de los metales. Al oxidarse, el metal liberaba su ardiente *terra pinguis* y quedaba reducido a un residuo o escoria similar a las cenizas. Así que la oxidación no era más que una combustión que se producía a menor velocidad.

El papel de la *terra pinguis* había quedado ampliado hasta más allá de la concepción original de Becher, así que Stahl rebautizó a ésta con el término "flogisto" (del griego *phlogios*, que significa "ígneo"). La teoría del flogisto de Stahl parecía explicar, de un modo plenamente científico, varios de los grandes misterios de la transformación de la materia. Muchos químicos de toda Europa empezaron a pensar que la clave de los cambios químicos podría estar en la teoría del flogisto. También se enfrentó a todo tipo de objeciones: los críticos señalaban que ni la combustión ni la oxidación se producían en ausencia de aire. ¿Por qué no se consideraba al aire el ingrediente esencial del proceso, en vez de a ese misterioso flogisto? Stahl reconocía el problema y, en parte, estaba de acuerdo con sus críticos. En efecto, el aire era esencial para el proceso: actuaba como portador del flogisto de una sustancia a otra.

La crítica más penetrante fue la del gran rival de Stahl, Hermann Boerhaave, catedrático de medicina de Leiden. En 1732 Boerhaave logró fama y fortuna escribiendo el primer libro de texto fiable de la

química moderna, *Elementa Cheniae*, aunque el único motivo por el que emprendió tal tarea fue que algunos de sus estudiantes habían publicado un libro de anotaciones lleno de errores sobre sus conferencias, y se hizo tan popular que amenazaba con arruinar su reputación. Y no era poca cosa, ya que en su tiempo Boerhaave gozaba de una fama en toda Europa que estaba a la altura de la de Newton. Puede que la historia revisara su derecho a tal reputación cuando quedó claro que, en realidad, Boerhaave no había realizado ningún descubrimiento científico original importante, pero en todo caso su inmensa erudición y capacidad de debate no habían sido sobreestimadas. Stahl tuvo ocasión de comprobarlo en carne propia cuando Boerhaave se opuso a su teoría del flogisto. Si la oxidación era lo mismo que la combustión, por qué el proceso no iba acompañado de llamas ni de calor, preguntaba Boerhaave. Esto sugirió a Stahl uno de sus razonamientos más ingeniosos. Según Stahl, la combustión y la oxidación eran simplemente el mismo proceso a diferentes velocidades. Cuando ardía la madera, el flogisto escapaba a tal velocidad que calentaba el aire que lo transportaba y se hacía visible en forma de llama.

Habían de llegar razonamientos aún más dañinos. Era innegable que ciertos materiales combustibles, como el papel, la madera y la grasa respondían a la teoría del flogisto. Buena parte de su sustancia desaparecía tras la combustión, dejando atrás sólo trazas de hollín o cenizas. Obviamente, esto se debía a la liberación del flogisto. Sin embargo, no ocurría lo mismo en la oxidación de los metales. Hasta los alquimistas se habían dado cuenta de que cuando un metal se oxidaba hasta su desaparición, el óxido resultante pesaba más que el metal original. Y el proceso inverso no hacía más que confirmar esta evidencia. El propio Stahl había observado que cuando se calentaba óxido de plomo hasta convertirlo en plomo, éste pesaba menos que su óxido, cuando según la teoría había absorbido flogisto y por tanto debería pesar más. Incluso Stahl estaba perplejo.

No obstante, los defensores de la teoría del flogisto no tardaron en dar respuesta a las críticas. (Después de todo, el futuro fundamento de la química estaba en juego. ¿Quedaría reducida de nuevo esta ciencia a un simple amasijo de datos acumulados?) Para los defensores de Stahl, la respuesta estaba clara. Evidentemente existían dos tipos de flogisto. El primero —presente en sustancias como el papel o la gra-

sa— tenía peso; el segundo —como el de los metales— no lo tenía. Por el contrario, tenía peso negativo. Esto significaba que cuando se unía a los metales los aligeraba, haciendo que pesaran menos.

Otros sostuvieron que en realidad no existía el problema. Simplemente, el metal no ganaba peso cuando se convertía en óxido. Esta afirmación parecía contradecir buena parte de las pruebas experimentales, incluyendo las obtenidas por el propio Stahl, aunque no todos los químicos estaban de acuerdo con la validez de tales pruebas. Irónicamente, esto se debía a los progresos en las prácticas de laboratorio, en especial en los métodos de calentamiento. Los químicos habían empezado a usar poderosas lupas para concentrar los rayos solares, que producían un calor tan intenso que a menudo vaporizaba en parte los óxidos metálicos. Como consecuencia, el óxido remanente a menudo pesaba menos que el metal original.

El calibre e ingenio de las argumentaciones sobre la teoría del flogisto indican el nivel de sofisticación que había alcanzado ya la química. Era ya una ciencia por derecho propio y sus hallazgos y teorías estaban abiertos al debate racional. Cosa extraña, en ese punto no era realmente importante qué facción estaba en lo cierto y cuál estaba equivocada. Era el debate en sí lo que ampliaba la comprensión química. (Curiosamente, el argumento que más descabellado parecía, el peso negativo, ha adquirido hoy respetabilidad en la física cuántica.)

Al propio Stahl no le preocupaba especialmente la anomalía del peso, que parecía desmentir la existencia del flogisto. De hecho, a muchos químicos de la época no les convencían los argumentos basados en mediciones. Galileo había comprendido la importancia de las mediciones en el campo de la física, y Boyle hecho hincapié en la necesidad del método experimental en el de la química, pero la importancia de las mediciones en los experimentos no era en absoluto universalmente aceptada por los químicos. Aunque la química se había librado al fin del variopinto revestimiento de la alquimia, seguía siendo esencialmente una ciencia de las transformaciones: cambios cualitativos y como tales, categóricamente diferentes de los cambios cuantitativos de la física. La medición seguía sin ser considerada clave para la química.

Stahl se inclinaba por explicar el flogisto como un principio inmaterial, como el calor. Simplemente fluía de una sustancia a otra (trans-

portado por el aire que las rodeaba), por lo que la cuestión del peso era irrelevante. Una actitud acorde con la visión religiosa de Stahl, cuya fe pietista casi mística le llevó a oponerse con virulencia al ateísmo y el materialismo y a adoptar una filosofía vitalista: la materia inanimada sólo podía recibir vida, o vitalidad, del espíritu. Parte del plan científico oculto de Stahl era descubrir el mecanismo de interacción entre el espíritu y la materia. La teoría del flogisto aportaba precisamente esa explicación: el flogisto era el principio vital que animaba la materia con el fuego. El hecho de que esta visión medievalista subyaciera a la aproximación científica de Stahl no debe hacernos subestimar su ciencia. Después de todo, tal misticismo parece positivamente pedestre comparado con las creencias religiosas de Newton, uno de los pocos coetáneos de Stahl que superaban a éste en prestigio. A su modo, hasta el extremismo de Newton era compatible con la ciencia. A finales del siglo XVII los científicos tendían a ser aún extremadamente religiosos. La idea central que vinculaba la ciencia a su religión era altamente seductora y, en esencia, idéntica a la de los primeros matemáticos musulmanes. Creían que al desvelar las leyes de la ciencia estaban descubriendo cómo funcionaba la mente divina. Dios había creado el mundo y las leyes de la naturaleza eran nada menos que su manera de pensar.

Al margen de todas las objeciones, la teoría del flogisto fue rápidamente aceptada por muchos químicos progresistas. Simple y llanamente, explicaba demasiadas cosas como para desecharla. Desde el punto de vista de Stahl explicaba mucho más que la combustión: en ella radicaba la diferencia entre ácidos y álcalis, quizá la clave de toda reactividad química. Incluso podía explicar los colores y olores de las plantas. Tales especulaciones nos parecen sin duda peregrinas, pero Stahl estaba convencido de que había un «ciclo del flogisto» en la naturaleza y citaba evidencias experimentales en apoyo de su opinión. La madera contenía flogisto, como quedaba demostrado cuando ardía. Del mismo modo, la explicación más convincente del célebre experimento del sauce de van Helmont era que el árbol absorbía flogisto del aire al crecer. Visto *a posteriori*, es fácil encontrar fallos en la línea argumental de Stahl, pero en ella está el embrión de la idea de la fotosíntesis, el proceso biológico fundamental que permite a las plantas verdes crecer con ayuda del dióxido de carbono absorbido del aire.

Este proceso no sería desentrañado hasta cincuenta años después de la muerte de Stahl.

A estas alturas, la teoría del flogisto había sido aceptada por químicos de toda Europa. Parece bastante sorprendente, dado que el flogisto no había sido aún aislado; ni siquiera había sido detectado transitoriamente en ningún experimento. En realidad, no lo fue del todo. La sugerencia de van Helmont de que además de sólidos y líquidos podía haber un tercer estado de la materia llamado "gas" fue en buena medida desechada. Los químicos tendían a centrar su atención en los sólidos y los líquidos. Cuando la madera ardía dejando atrás sus cenizas, se ignoraban el humo y los vapores. Una vez comprobado que el óxido era más pesado que el aire, ni siquiera se consideró la posibilidad de que ese peso extra pudiera proceder del aire.

Tal estado de cosas no varió hasta que los químicos llevaron a cabo un examen sistemático de los gases que componen el aire. Los resultados iniciales fueron espectaculares. Uno de los primeros químicos en analizar los gases del aire consiguió aislar rápidamente el "flogisto". Esta investigación fue realizada por el químico inglés Henry Cavendish.

En un país y una era que vio nacer a todo tipo de personajes excéntricos, se puede considerar a Cavendish el excéntrico de los excéntricos. Su comportamiento dejaba a todos los demás rezagados en la distancia. Además, poseía la mente científica más magnífica de Inglaterra desde Newton.

Cavendish era un aristócrata de pura cepa: Por una parte descendía de los duques de Devonshire y por la otra de los duques de Kent. Su frágil madre se retiró al sur de Francia para darle a luz, pero sólo sobrevivió dos años más. Siguiendo esa curiosa característica de los genios, Henry fue criado en una familia monoparental. Su padre, lord Charles Cavendish, un experimentador entusiasta y de talento (su trabajo fue alabado nada menos que por Benjamin Franklin), no tardó en reclutar a su descendiente, que a esas alturas era ya un tanto extraño, como ayudante de laboratorio. El joven Henry tenía una aflicción que le agobiaría toda la vida: una voz peculiar, chirriante, con la que lograba articular poco más que breves balbuceos. Tal vez como consecuencia, desarrolló una aversión a la charla que no tardó en convertirse en

aversión hacia cualquier contacto con la gente. Tendía a evitar a los hombres, o se limitaba a ignorarlos. De las mujeres huía activamente, tapándose los ojos, lo que sugiere que durante su breve maternidad lady Cavendish había conseguido inducir en él ciertas perturbaciones freudianas.

Cuando a los cuarenta años Cavendish heredó una de las mayores fortunas de Inglaterra, se mudó de inmediato a una casa de campo en Clapham Common, a las afueras de Londres, un lugar que distaba mucho de estar de moda. Convirtió la mayoría de las habitaciones en grandes laboratorios y empleaba una entrada lateral para rehuir a los visitantes y sirvientes. Su ama de llaves, que tenía órdenes estrictas de no aparecer jamás ante él, recibía sus instrucciones diarias por escrito, en forma de notas. Siempre cenaba solo, en una mesa servida con platos protegidos por campanas de plata. Cuando un director del Banco de Inglaterra tuvo la temeridad de acercarse a preguntarle qué debía hacer con los millones (la cuenta de Cavendish era por aquel entonces el mayor depósito existente en el Banco de Inglaterra), Cavendish le echó con cajas destempladas. Le dijo al baquero que no volviera a molestarle con su presencia y que se limitara a hacer su trabajo.

Además, Cavendish había empezado a llamar la atención cuando salía a caminar por la calle, cosa que le irritaba sobremanera. No era de extrañar, ya que insistía en vestir raídas ropas heredadas, muchas de las cuales habían pasado de moda el siglo anterior.

Cavendish había sido excepcionalmente prometedor desde el principio, y sus trabajos científicos no tardaron en dar fruto. Fue elegido miembro de la Royal Society a la singular edad de veintiún años como resultado de unos pocos trabajos publicados. Curiosamente, se convirtió en asistente habitual a las reuniones de la Sociedad, hábito que mantendría durante el resto de sus días aunque, como observó uno de sus colegas: «Pronunció menos palabras en público en el transcurso de toda su vida que cualquier otro hombre que haya vivido ochenta años, sin excluir a los monjes de La Trapa». Su reticencia trapense no significa que permaneciera enteramente silencioso. Según otro colega, tenía el hábito de emitir «un chillido agudo... mientras caminaba en silencio arrastrando los pies de habitación en habitación».

Por curioso que pueda parecer, este comportamiento es prueba de la total dedicación de Cavendish a la ciencia. Estaba dispuesto a so-

Henry Cavendish

portar estas reuniones sociales, que evidentemente le producían gran angustia, con tal de mantenerse al tanto de los avances científicos. Era firme partidario de compartir públicamente los últimos descubrimientos en bien de la ciencia en su conjunto. Pero para ser alguien que se pasó la mayor parte de la vida en el laboratorio, sus trabajos publicados fueron comparativamente pocos y muy espaciados. Por fortuna, uno de ellos incluía su pionera investigación sobre los gases.

A Cavendish le intrigó el gas que se producía cuando ciertos ácidos reaccionaban con metales. Este gas había sido previamente aisla-

do por Boyle, y en época más reciente por Joseph Priestley, coetáneo de Cavendish, pero dado que Cavendish fue el primero en investigar en profundidad sus propiedades de un modo científico, el descubrimiento suele asociarse con él. Cavendish también fue pionero en el pesaje de volúmenes dados de diferentes gases al objeto de descubrir sus respectivas densidades. Al principio efectuaba el pesaje mediante una vejiga, cuya capacidad conocía, llena de diferentes gases. Más adelante inventó un ingenioso aparato que garantizaba una mayor pureza de los gases que habían de ser pesados. Cavendish descubrió que el nuevo gas, producido cuando ciertos ácidos reaccionaban con metales, tenía sólo la catorceava parte de la densidad del aire. Observó además que si se aplicaba una llama a una mezcla de este gas con aire, el gas ardía. Así pues, lo llamó «el aire inflamable procedente de los metales». Cavendish pensó, erróneamente, que el "aire inflamable" procedía de los metales y no del ácido. Al igual que la mayoría de los químicos de su época, suscribía la teoría del flogisto, convencido de que los metales consistían en una mezcla de éste con óxidos metálicos. Esto, junto con la excepcional ligereza del "aire inflamable", le llevó a la extraordinaria conclusión de que había conseguido aislar el flogisto.

Pero este único paso atrás vino acompañado de un significativo paso adelante. Priestley había señalado que cuando hacía arder una mezcla de aire y "aire inflamable" en una redoma, se depositaba humedad sobre el cristal. Cavendish se aferró a este dato, generó mayores cantidades de humedad y descubrió que se trataba de agua. Esto significaba que el agua era de hecho una combinación de dos gases: aire y "aire inflamable". El agua ya no podía considerarse un elemento. Fue el clavo final que selló el féretro de la teoría aristotélica de los cuatro elementos.

Alrededor de la misma época (1784-85), James Watt, que desarrolló la máquina de vapor, realizó también el mismo experimento. Esto condujo a una desagradable trifulca sobre prioridades, a la que Cavendish y Priestley se vieron arrastrados a regañadientes. Cada vez se realizaban más descubrimientos simultáneamente. (El desarrollo de la máquina de vapor por parte de Watt, por ejemplo, fue coetáneo con varios proyectos similares.)

La ciencia estaba convirtiéndose en un cuerpo de conocimiento que a menudo espoleaba a quienes trabajaban en su seno en la misma

dirección, lo que induce a pensar que los descubrimientos científicos están en cierta medida predeterminados. Si Cavendish (o Boyle, o quien fuera) no hubiera descubierto el "aire inflamable", más pronto o más tarde lo habría descubierto algún otro. La ciencia podía considerarse ahora un fenómeno cultural e histórico, en vez de ser la creación de genios individuales que trabajaban cada uno por su cuenta.

No fueron Cavendish ni Priestley ni Watt quienes le dieron a este gas recién descubierto su nombre actual. Éste surgió una década después, cuando el gran químico francés Lavoisier lo llamó "hidrógeno" (del griego *hydro*, "agua", y *-genis*, "generador, hacedor").

Cavendish hizo importantes descubrimientos sobre la composición de los gases (incluso sugirió la existencia de gases nobles o inertes un siglo antes de que esta clase de gases fueran descubiertos). También realizó experimentos eléctricos que estaban muy por delante de su tiempo. (¡Dado que aún no se había inventado ningún método para medir la corriente eléctrica, se sometía a descargas y estimaba el dolor!) Además, generó una auténtica colección de resultados experimentales, que en su mayoría quedaron registrados sin publicar en sus libros de notas de laboratorio. Pero esta retención de información no fue ninguna excentricidad perversa. Cavendish se imponía unos estándares muy elevados y se negaba a publicar ningún trabajo que no estuviera a la altura de ellos o que siguiera intrigándole.

Quizá el más grande de sus experimentos fuera pesar el mundo (¡nada menos!). En él se hace evidente el excepcional calibre de su trabajo. La fórmula de Newton para la atracción gravitatoria incluía los pesos de los dos objetos implicados, la distancia entre ellos y una constante gravitatoria, G, cuyo valor era aún desconocido. (Así pues, la fórmula de Newton ofrecía una relación proporcional, no cifras exactas.) Cavendish concibió un brillante experimento para descubrir el valor de G. Sujetó una bola de plomo a un extremo de una varilla horizontal y otra al extremo opuesto. El punto central de la varilla horizontal estaba suspendido de un delgado alambre de modo que pudiera moverse libremente. De este modo pudo estudiar cómo se veían afectadas las bolas en suspensión libre por la atracción gravitatoria de otras dos bolas de plomo estacionarias de mayor tamaño. Era tal la precisión requerida en las diminutas mediciones involucradas que el experimento de Cavendish fue posteriormente reconocido como «el

comienzo de una nueva era en la medición de fuerzas pequeñas». Cavendish fue el primero en experimentar con la minúscula atracción gravitatoria entre objetos pequeños. Dado que conocía el peso de las diferentes bolas de plomo, y una vez medida la atracción gravitatoria entre ellas, Cavendish disponía de todas las cifras de la fórmula de Newton, y pudo calcular el valor de G. Ahora, introduciendo éste en la ecuación, podía calcular la atracción entre la tierra y un objeto situado en su superficie (cuyo pequeño peso era fácil de medir). Así logró determinar el desconocido peso de la tierra. El resultado que obtuvo fue de $6{,}6 \times 10^{24}$ kilogramos, un resultado de tal precisión que no fue mejorado hasta el siglo XX. Condujo, además, a una importante conclusión del trabajo iniciado por Newton un siglo antes.

Tras setenta y nueve años de solitaria buena salud, Cavendish cayó enfermo y su estado se deterioró rápidamente. Su estilo de vida perduró hasta el fin. Según el historiador de la química contemporáneo, Tomas Thomson:

> Cuando descubrió que se estaba muriendo, dio instrucciones a su sirviente de que le dejara solo y no regresara hasta transcurrido un cierto tiempo por él especificado, al cabo del cual esperaba no seguir vivo. Su sirviente, consciente del estado de su amo y preocupado por él, abrió la puerta de la habitación antes de que concluyera dicho plazo y se acercó a la cama a echarle un vistazo al moribundo. Cavendish, que aún estaba consciente, se sintió ofendido por la intromisión y le mandó que saliera de la habitación con tono destemplado, ordenándole que no se le ocurriera volver bajo ningún concepto antes del momento señalado. Cuando volvió en el momento preciso, encontró muerto a su amo.

Cavendish no dejó ninguno de sus millones a la ciencia. Contrariamente a la creencia popular, el Laboratorio Cavendish de Cambridge, fundado sesenta y un años después de su muerte en 1871, fue de hecho financiado por uno de sus parientes, aunque de este modo el nombre de Cavendish llegó a asociarse a la excelencia científica. El centro también quedó asociado al propio Cavendish, y no sólo a través de una falsa idea generalizada. El primer director del Laboratorio Cavendish, el gran pionero del electromagnetismo James Maxwell, no tardó en recopilar los trabajos no publicados de aquél, e incluso reprodujo varios de sus experimentos eléctricos. Éstos demostraron que

Cavendish se había anticipado a buena parte del trabajo de los dos pioneros en este campo, Faraday y el propio Maxwell. Los experimentos coincidieron con el primer periodo de trabajos científicos memorables realizados en el Cavendish. (El segundo se produciría una generación más tarde con la decisiva investigación de Rutherford sobre la estructura del átomo. El tercero fue el descubrimiento de la estructura del ADN por Crick y Watson en 1953. Ningún otro laboratorio del mundo ha podido igualar aún semejantes logros.)

Cavendish parecía haber descubierto el flogisto, lo que apoyaba la teoría elemental de las «tres tierras» propuesto por Becher. Pero ésta era, esencialmente, de una derivación de la teoría aristotélica de los cuatro elementos, desmentida por el descubrimiento de Cavendish de que el agua estaba compuesta de dos gases separados. ¿Qué era exactamente el flogisto? ¿Podía constituir la clave de la auténtica naturaleza de los elementos?

Obviamente, la respuesta estaba en ulteriores investigaciones sobre los gases y la combustión. El tema empezaba a atraer también la atención por razones más prácticas. La invención de una máquina de vapor mejorada por parte de Watt había introducido un nuevo concepto de energía. Por primera vez en la historia, la humanidad no dependía ya de sus propios músculos ni de los animales (ni de los caprichos del viento o los molinos de agua) como fuente de energía. Ahora se podía generar a voluntad energía potencialmente ilimitada. Comenzaba la era de las máquinas, que en Gran Bretaña empezaba a dar lugar a la Revolución Industrial. Los trabajadores rurales, mal pagados, abandonaban el campo para trabajar en las fábricas, a menudo en condiciones aterradoras. (A ojos del poeta Blake, éstas se convertirían en las «oscuras fábricas satánicas» que desfiguraban «la verde y agradable tierra de Inglaterra».) La descomposición social resultante trajo consigo el descontento y la puesta en cuestión de los valores tradicionales. Un síntoma fue la expansión de sectas religiosas disidentes, como los unitarios, cuya forma extrema de protestantismo les ponía fuera del alcance de la autoridad de la Iglesia Protestante de Inglaterra. Entre los líderes más influyentes del Movimiento Unitario estaba Joseph Priestley, uno de los pocos científicos de la época con los que Cavendish mantenía una esporádica correspondencia.

Priestley nació en 1733, sólo dos años después que Cavendish. También su madre murió cuando era niño y, como Cavendish, sufrió durante toda su vida una limitadora tartamudez. En otros aspectos eran de lo más opuestos. A Priestley le importaban mucho las tribulaciones de sus hermanos humanos. Al igual que Newton antes que él, consideraba que su trabajo religioso era más importante que su trabajo científico. Y en este caso, tal valoración probablemente se ajustara a la realidad. Puede que los experimentos de Priestley cambiaran el curso de la química, pero su compasión por el prójimo, de inspiración religiosa, levantó a la nación en armas.

Priestley fue, ante todo, un ministro unitario y en un principio se interesó por la ciencia sólo como entretenimiento. En 1765 sus simpatías hacia los oprimidos colonos americanos le pusieron en contacto con el patriota americano Benjamin Franklin, otro excelente científico con fuertes creencias religiosas. No obstante, y paradójicamente, fue el ejemplo de Franklin lo que animó a Priestley a tomarse más en serio la ciencia.

Dos años después, Priestley pasó a ejercer su ministerio en Leeds, donde vivía junto a una gran fábrica de cerveza. Allí inició un estudio sistemático de los gases. Las burbujeantes tinas de cerveza en fermentación que había en el portal de al lado representaban un generoso abastecimiento del gas entonces conocido como "aire fijado" (dióxido de carbono). Priestley recogió el gas y observó sus propiedades. Un ratón introducido en él no tardaba en morir. Del mismo modo, una llama se apagaba y, al pesarlo, el gas resultó ser más pesado que el aire. Para obtener una muestra más pura de "aire fijado", Priestley recurrió al viejo método de añadir caliza a una retorta de ácido sulfúrico. El gas de la efervescencia salía del recipiente sellado a través de un tubo, que penetraba en un recipiente con agua y terminaba en el interior de una jarra también llena de agua y vuelta del revés. El gas burbujeaba hasta el interior de la jarra, desplazando el agua. Priestley percibió otra característica del "aire fijado": parte del gas parecía disolverse en el agua. El resultado era un «vaso de agua chispeante en extremo agradable». Priestley había descubierto lo que hoy llamamos agua de soda. (Incluso antes del nacimiento de la nación, un simpatizante americano había inventado el proceso que algún día daría al mundo la Coca Cola.)

Priestley siguió ahora una pista ofrecida por Cavendish, y empezó a recoger sus gases empleando mercurio en vez de agua. Esto le permitió descubrir, e investigar, una serie de gases nuevos que anteriormente había sido imposible recolectar, ya que eran solubles en agua. De este modo, Priestley aisló los gases que hoy conocemos como óxido de nitrógeno, amoníaco, cloruro de hidrógeno (ácido clorhídrico) y dióxido de azufre. Ninguno de estos gases parecían ser elementos y todos, excepto el amoníaco, se acidificaban al disolverlos en agua.

Fue el uso del mercurio lo que en 1774 condujo a Priestley a su descubrimiento más importante. Al calentarlo en presencia de aire, el mercurio forma un óxido de color rojo ladrillo. Priestley introdujo una muestra de éste en una redoma. Luego sometió la muestra a un calor concentrado enfocando sobre ella una lupa de 30 centímetros de diámetro que acababa de adquirir (y estaba impaciente por usar). Descubrió que empezaban a aparecer glóbulos plateados de mercurio en medio del óxido rojo. Simultáneamente, al descomponerse, el óxido emitía un gas. Cuando Priestley lo recogió descubrió que parecía ser un "aire superior", que poseía algunas notables propiedades.

> En este aire, una vela ardía con una llama de asombrosa potencia y un trozo de madera con brasa chisporroteaba y ardía con prodigiosa rapidez, exhibiendo una apariencia muy similar a la del hierro al rojo y desprendiendo chispas en todas las direcciones. Pero para completar la prueba de la superior calidad de este aire, introduje en él un ratón; y con una cantidad que, de haber sido aire común le habría hecho morir en alrededor de un cuarto de hora, vivió... una hora entera.

De hecho, podría haber vivido aún más tiempo si Priestley no le hubiera dejado morir de frío inadvertidamente. Incluso probó él mismo aquel nuevo aire: «La sensación que le produjo a mis pulmones no fue sensiblemente distinta a la del aire común, pero sí que tuve la impresión durante algún tiempo de que mi pecho estaba especialmente ligero y relajado». ¡Se había emborrachado de oxígeno! De resultas de ello predijo que el gas podía tener futuro como vicio de moda entre los ricos ociosos, como una especie de precursor suave de la cocaína.

Priestley explicó la química de esta droga recién descubierta en términos de la teoría del flogisto, en la que creía firmemente. Dado que los objetos ardían tan fácilmente en su presencia, eso significaba

que liberaban muy deprisa su flogisto. La explicación del fenómeno parecía estar clara. El nuevo gas era una forma de aire desprovista de flogisto, y por eso lo absorbía tan rapidamente. Por esta razón, Priestley llamó a su nuevo gas "aire deflogistizado".

Cuando Priestley, firme partidario de la ciencia compartida, visitó París en 1774, transmitió su descubrimiento del "aire deflogistizado" al químico más grande de la época, Antoine Lavoisier. Este gesto tuvo consecuencias de gran alcance en la historia de la química.

De hecho, es la razón por la que tan a menudo sigue atribuyéndosele a Priestley el descubrimiento del oxígeno, aunque hoy se sabe que Scheele había realizado exactamente el mismo experimento con el óxido de mercurio dos años antes en Suecia. Puede que el descubrimiento de Priestley no fuera estrictamente original (salvo para él), pero fue él quien lo transmitió a la ciencia, sobre la que ejercería un enorme efecto.

Semejante adjudicación de paternidades no carece de precedentes. Algo parecido ocurrió con varios descubrimientos realizados por el matemático alemán del siglo XIX Karl Gauss, que junto con Arquímedes y Newton es en general considerado como uno de los tres matemáticos más grandes de todos los tiempos. Gauss mantuvo en secreto, en libros de notas no publicados, la parte más osadamente original de su trabajo. Así, no se hizo público que había logrado avances significativos en la teoría de los números, que había descubierto la geometría no euclidiana cuando aún estaba en plena juventud, que había fundado la teoría de los nodos, cuyo significado sólo ahora empezamos a comprender plenamente, e incluso había inventado el telégrafo. Casi todos estos descubrimientos fueron atribuidos a otros, que los realizaron posteriormente y de forma independiente, pero fueron quienes los difundieron y contribuyeron a ulteriores adelantos en sus respectivos campos. Los descubrimientos son para todos o no son nada. (Hasta los mantenidos en secreto por motivos comerciales o militares acaban siendo finalmente de dominio público.)

La insaciable curiosidad de Priestley y su fe en la experimentación le llevaron a realizar, y a difundir, toda una serie de descubrimientos en el terreno de la química. Su coetáneo Davy llegó a afirmar: «Ninguna otra persona descubrió jamás tantas sustancias nuevas y curiosas». La fama de Priestley se extendió por todas partes. Su agua de soda,

que se negó a patentar, se puso de moda como producto saludable en toda Europa (aunque su adopción por la marina británica como cura para el escorbuto resultó ser un fracaso). Otro monumento perdurable en su recuerdo es el nombre que le puso a la savia de una planta brasileña que acababa de llegar a Europa. Cuando descubrió que aquella resina borraba las marcas de lápiz, la llamó *rubber* (goma de borrar).

Pero su renombre como científico no era equiparable a su fama política y religiosa, aunque ésta era menos bienvenida. En 1776 aplaudió la Declaración de Independencia de los colonos americanos y la Revolución Francesa de 1789 evocó en él una respuesta similar. Por fin, esperaba, podría haber sociedades justas en este mundo. El sentimiento anti francés estaba en plena ebullición y dos años después la casa de Priestley en Birmingham fue incendiada al grito de «Rey y Patria» por una turbamulta incitada por las autoridades. Priestley escapó y se fue a vivir a Londres, donde era rehuido. En reconocimiento a su apoyo a la revolución fue nombrado ciudadano honorario de Francia. Esto pesó mucho en su contra cuando Francia se declaró una república, guillotinó al depuesto Luis XVI y finalmente le declaró la guerra a Gran Bretaña. Priestley decidió emigrar a Estados Unidos. En abril de 1794, a los sesenta y un años, empaquetó sus aparatos de química y se embarcó hacia Nueva York. Mantuvo hasta el final la tolerancia y el optimismo característicos que su mente racional y sus creencias religiosas potenciaban. «No fingiré que abandono este país... sin pena», declaró. Pero «cuando llegue el tiempo de la reflexión, mis compatriotas, estoy seguro de ello, me harán justicia».

Cuando Priestley partió hacia América, seguía convencido de que el flogisto explicaba el problema de la combustión. Otros habían empezado a ponerlo en duda.

10. LA SOLUCIÓN DEL MISTERIO

Cuando Priestley le hizo una demostración de su "aire deflogistizado" a Lavoisier en París, éste captó de inmediato el enorme alcance del descubrimiento. Puede que Priestley fuera un soberbio experimentador, pero Lavoisier tenía una comprensión teórica superior de la química. Nadie le igualaba a la hora de usar su conocimiento enciclopédico de la química para establecer una estructura científica en este campo, lo que sólo ahora, con la plétora de nuevos descubrimientos, empezaba a ser posible. Iban surgiendo patrones, similitudes que apuntaban hacia grupos de sustancias relacionadas, posiblemente producto de tipos similares de elementos.

La química estaba madura para la aparición de una mente científica suprema.

No en vano, Lavoisier ha llegado a ser conocido como el Newton de la química. Pero no era ningún pionero obsesionado. Durante sus breves cincuenta años de vida no sólo fundó la química moderna, sino que también encontró tiempo para ocupar (simultáneamente) varios cargos administrativos del más alto nivel, además de aportar avances tecnológicos a una serie de campos diferentes: aerostatismo, un mapa mineralógico de Francia, iluminación callejera urbana, por mencionar sólo unos cuantos. Pero, ¿quién era este coloso francés? El historiador de la ciencia Charles C. Gillespie definió a Lavoisier como «el espíritu de la contabilidad llevado al nivel de la genialidad». La definición no deja de estar justificada. Para tratarse de alguien que tanto había logrado en tantos campos, que llevó una vida tan variopinta durante uno de los periodos más excitantes de la historia francesa, quedan sorprendentemente pocos rastros de su personalidad. El hombre que lo hizo todo no era nada. Era simplemente Lavoisier.

Antoine Lavoisier nació en 1743 en el seno de una familia acaudalada de clase media alta. Mientras crecía, empezaron a aparecer

los primeros volúmenes de la *Encyclopédie*; el logro supremo de la Ilustración francesa, que había empezado con gente como Descartes. Pretendía ser un «diccionario racional» cuyo objeto era propagar el florecimiento generalizado de las artes y las ciencias que se estaba produciendo en toda Europa. Sus colaboradores incluían a la crema de los intelectuales franceses del siglo XVIII: Voltaire, Rousseau, Montesquieu, el matemático d'Alembert, el filósofo Condillac, el propio Diderot. Cosa interesante, fue Diderot quien insistió en que a partir de ese momento el futuro de la ciencia yacía en la experimentación, no en las matemáticas. La perspectiva de Newton empezaba a perder terreno ante el enfoque práctico de Cavendish y Priestley, que había de tener una profunda influencia sobre el joven Lavoisier.

La *Encyclopédie* pretendía combatir la asfixiante represión de la Iglesia y el *ancient régime*, cuyos epítomes eran Luis XVI y la ruinosa extravagancia de su gigantesca corte de Versalles (con más de diez mil habitaciones y armarios, pero ningún retrete). Con todo, la célebre amante de Luis, madame de Pompadour, no se refería a la fontanería cuando declaró con despreocupación: «*Après nous le déluge*» («Después de nosotros, el diluvio»). A menos que la Ilustración se difundiera y se produjeran cambios generalizados, Francia se encaminaba hacia una catástrofe social de grandes proporciones.

Lavoisier mostró tan excepcional talento que a los veintitrés años de edad fue elegido miembro de la Académie des Sciences (anteriormente Académie Royale des Sciences). Su siguiente paso fue, hasta cierto punto, una conmoción para sus ilustrados colegas académicos. Decidió sumarse a una de las instituciones más opresivas que operaban bajo el *ancient régime* (e invertir su herencia en ella), la Ferme Générale. Se trataba de una organización de gestión privada que recaudaba ciertos impuestos del gobierno a cambio de una comisión. Como resultado, los métodos canallescos empleados por los ávidos recaudadores de impuestos de la Ferme Générale convertía a ésta en una de las instituciones más detestadas en un país en el que todas las formas de autoridad eran cada vez más despreciadas. Desde luego, Lavoisier no fue un recaudador, sólo asumió un puesto administrativo en la Ferme, pero debía de ser perfectamente consciente de lo que pasaba a su alrededor. La excusa que se ofrece habitualmente es que Lavoisier

quería que su inversión generara suficientes ingresos para continuar sus investigaciones científicas.

Pero el primer y principal beneficio que Lavoisier obtuvo de este puesto no había de ser financiero. A los veintinueve años se casó inesperadamente con la hija de uno de los trece socios más antiguos de la Ferme. Se dice que la que había de ser su esposa, Anne-Marie, fue casada precipitadamente por su padre con el fin de eludir la presión real para que la casara con un aristócrata indigente de cincuenta años, al que la atónita joven describía a su padre como *une espèce d'ogre* («una especie de ogro»). A pesar de las circunstancias, el matrimonio apresurado de un soltero tan codiciable con una niña de trece años parece sugerir, como mínimo, debilidad de carácter o un descarnado oportunismo por parte de Lavoisier. Sea como fuere, tales reservas se desvanecen a la luz de cómo fue el matrimonio. Aunque no tuvieron hijos, Antoine y Anne-Marie Lavoisier serían una pareja fervorosamente unida durante el resto de sus días. Fue un matrimonio que dio forma a la vida de ambos. Anne-Marie se convertiría en la compañera científica de su marido. Era algo más que una colaboradora. Aprendió inglés para poder mantenerle informado de los últimos trabajos sobre química presentados ante la Royal Society. Colaboró también en muchos de sus más importantes experimentos, que ocasionalmente montaba ella misma e invariablemente anotaba. Y al parecer hacía grandes contribuciones durante sus discusiones sobre teoría de la química. (Incluso se han sugerido similitudes con la asociación entre Pierre y Marie Curie durante el cambio del siglo siguiente, pero se diría que esto es exagerar un poco las cosas.)

Una cosa es segura, sin el apoyo de Anne-Marie, Lavoisier desde luego no habría tenido ni el tiempo ni la energía necesarios para sacar adelante con éxito su carrera administrativa. Fue ella quien le permitió acumular la fortuna que financió sus proyectos científicos y humanitarios. Entre estos últimos están la granja modelo que estableció en sus tierras de Orléans y la organización para la lucha contra el hambre que movilizó en toda la región. Al menos parte de lo que obtenía de los impuestos lo devolvía en forma de obras de caridad.

Las habilidades que Lavoisier exhibió en su trabajo para la Ferme no tardaron en promoverle al cargo de socio del más alto rango. En la Académie des Sciences empezó a ser nombrado miembro de diversos

El célebre retrato de Antoine Laurent de Lavoisier y su esposa, pintado por David en 1788

comités. Del mismo modo, las mejoras por él sugeridas para la industria de las municiones acabaron convirtiéndole en director de la Administración de la pólvora. Este último puesto incluía una gran residencia en el Arsenal de París, donde instaló un laboratorio soberbiamente equipado.

Fue allí donde Lavoisier y su mujer posaron para el célebre retrato realizado por David, el mejor artista de la época. A pesar de su formalidad como retrato de sociedad del «gran científico y su esposa», es también el retrato de una devoción obsesiva, si bien un tanto desprovista de emoción. Lavoisier está escribiendo sentado a su mesa cubierta de terciopelo rojo, sobre la que hay varios aparatos de cristal. Anne-Marie está inclinada sobre él, con la mano levemente apoyada sobre su hombro, mientras él, con el rostro medio vuelto, mira hacia ella. Él va tocado con una elegante peluca, luce un fino pañuelo de cuello de encaje y puñetas a juego, pantalones bien cortados hasta la rodilla y medias a juego; ella lleva un vestido largo de salón con vuelo de tafetán y cintas azules. Los aparatos de cristal destacan brillantes y precisos. Se tiene la sensación de que incluso la enorme y frágil redoma que yace tumbada junto al zapato de hebilla de él no corre riesgo alguno de romperse. Es un retrato del científico como hombre de raciocinio, que realiza sus experimentos, meticulosamente medidos, en un laboratorio limpio y bien iluminado con ayuda de su esposa, respetablemente ataviada. No pudo ser siempre así: tuvo que haber días de frustración y vapores acres, de sujetarse la cabeza con las manos y de tubos rotos rodando por la superficie de las mesas. Pero los días del acechante alquimista solitario entre los asfixiantes humos de su cubil habían pasado para siempre. La química era ya una ciencia civilizada.

Según Anne-Marie, Lavoisier consiguió tanto en la vida adhiriéndose a la más estricta rutina. Todas las mañanas se levantaba a las seis y trabajaba en su ciencia hasta las ocho. Las siguientes horas de luz se dividían entre sus negocios en la Ferme Générale, la Administración de la pólvora y los comités de la Académie des Sciences. A las siete de la tarde se retiraba para dedicar otras tres horas a los estudios científicos. El domingo, su *jour de bonheur* («día de la dicha», como lo llamaba él), estaba dedicado por entero a realizar experimentos. No obstante, esta rutina no podía ser tan inflexible, ya que los Lavoisier eran famosos por las cenas que ofrecían en su residencia del Arsenal. A ellas asistían destacados científicos e intelectuales (incluyendo ocasionalmente a Thomas Jefferson y Benjamin Franklin). Después del café y el coñac, los invitados eran conducidos al laboratorio, donde se les ofrecía una demostración de los últimos hallazgos de Lavoisier.

Lavoisier adoptó desde el principio un enfoque moderno respecto a la química. El epítome de éste fue su fe en la balanza (aparato que era el mecanismo de pesaje más preciso disponible por aquel entonces). La química no tenía nada que ver con misteriosas transformaciones; todo cambio podía explicarse y también medirse. Al mismo tiempo, pensaba que la química estaba gravemente constreñida por las teorías tradicionales, que en realidad no explicaban nada y parecían estar impidiendo ulteriores avances. A la luz de estas revelaciones, resulta un tanto sorprendente que Lavoisier se sintiera inicialmente inclinado a creer en la teoría de los cuatro elementos. Había llegado a adoptar este punto de vista a causa de la evidencia experimental. Había visto con sus propios ojos cómo el agua, al ser hervida durante horas y más horas en una redoma, producía finalmente un pequeño sedimento. El agua parecía contener tierra, y también podía evaporarse convirtiéndose en aire. Pero aún le asediaba la duda. La realidad era que la teoría de los cuatro elementos no explicaba en absoluto el comportamiento químico y sencillamente no llevaba a parte alguna.

En 1770, Lavoisier decidió someter esta aparente transformación del agua en tierra a pruebas exhaustivas bajo las más estrictas condiciones científicas. Para ello usó un "pelícano", un recipiente sellado en el que se podía hervir el agua. Dentro del pelícano, el vapor de agua pasaba a un tubo en el que se condensaba, y luego el agua condensada regresaba al recipiente de agua hirviendo, de modo que en el proceso no se perdía nada. Antes de comenzar el experimento, Lavoisier pesó por separado el agua y el pelícano. Después el agua fue hervida en el pelícano sellado durante nada menos que 101 días. Como antes, acabó apareciendo un sedimento. Entonces Lavoisier pesó el agua y descubrió que pesaba exactamente lo mismo que al principio. Cuando pesó el pelícano, descubrió que pesaba ligeramente menos que antes, y que la diferencia equivalía exactamente al peso del sedimento. La "tierra" no procedía del agua, había sido extraída del cristal por el agua hirviente. El último respaldo posible a la teoría de los cuatro elementos se vino abajo.

Dos años después, Lavoisier dirigió su atención al frustrante problema de la combustión. Realizó un experimento calentando plomo en un recipiente sellado que contenía una cantidad limitada de aire. Al princi-

pio, en la superficie del plomo se formaba una capa de mineral calcinado, y luego dejaba de hacerlo. Según la teoría ortodoxa del flogisto, el plomo había liberado el suyo para convertirse en escoria, hasta que el aire del recipiente hubo absorbido todo el flogisto posible; más tarde el proceso se había detenido porque el aire se había saturado de éste.

A continuación Lavoisier pesó el aparato entero (que contenía plomo, óxido, aire, etc.), y descubrió que pesaba exactamente lo mismo que antes de calentarlo. Después pesó el plomo y su recubrimiento de escorias y descubrió, como habían hecho otros antes que él, que pesaba más que el metal que había pesado anteriormente. Pero si el metal había ganado peso al transformarse parcialmente en óxido, alguna otra cosa del recipiente tenía que haber perdido una cantidad similar de peso. Sólo podía ser el aire. Si la cantidad de aire había mermado, tenía que haber un vacío parcial en el recipiente al final del experimento. Lavoisier repitió el experimento y descubrió que al abrir el recipiente sellado se producía un ligero siseo de aire que entraba en él. ¡En efecto, contenía un vacío parcial!

El experimento de Lavoisier demostró que la conversión de un metal en su óxido no tenía nada que ver con la pérdida de un misterioso flogisto (que tenía peso negativo, o alternativamente era algún "principio" inmaterial y por tanto no tenía nada que ver con la pérdida o ganancia de peso). Había demostrado que de hecho el metal se combinaba con una sustancia material que tenía peso, y que esa sustancia era una parte del aire.

Fue entonces cuando Priestley llegó a París y mostró a Lavoisier el nuevo gas elemental que había descubierto, al que llamaba "aire deflogistizado". Lavoisier consideraba a este inconformista ministro inglés poco más que un aficionado, un individuo bien intencionado de admirables principios liberales, pero para nada un científico de primera línea. Era sin duda un experimentador de cierto talento, pero carecía de comprensión teórica sólida de la ciencia. Como tantos otros ingleses, era un pragmático más que un hombre de razón. No estaba a la altura de un teórico francés. Puede que Priestley se hubiera topado con ese nuevo gas, pero no tenía ni idea del significado de lo que había descubierto. Lavoisier lo percibió de inmediato. ¿Cómo iba a ser ese gas "aire deflogistizado", si él había demostrado ya que no existía el flogisto ni nada parecido?

En cuanto Priestley regresó a Inglaterra, Lavoisier repitió su experimento y obtuvo el llamado "aire deflogistizado". Luego realizó algunos experimentos más sofisticados y descubrió que éste estaba presente en todo el aire. Llevó a cabo una prueba con una vela encendida. Puso ésta sobre un flotador en un cuenco lleno de agua. A continuación, Lavoisier colocó sobre la vela un vaso de cristal invertido, introduciendo el borde de éste justo por debajo de la superficie del agua. Mientras la vela ardía, el agua iba ascendiendo gradualmente en el interior del vaso: la vela estaba consumiendo algo del aire. Pero Lavoisier comprobó que la vela siempre se apagaba cuando el agua había subido hasta ocupar una quinta parte del vaso. Era obvio que el aire estaba formado por dos gases, en proporciones de uno a cuatro. El quinto, el que se consumía en la combustión era el llamado "aire deflogistizado" de Priestley. Lavoisier comprendió que lo que ocurría durante la combustión era en gran medida lo contrario a lo que postulaba la teoría del flogisto. Cuando algo ardía, no liberaba el mítico flogisto, sino que se combinaba con el llamado "aire deflogistizado", que representaba una quinta parte del aire.

Lavoisier decidió rebautizar a este elemento con el nombre de "oxígeno" —del griego *oxy-* que significa "ácido" y *-gen*, que significa "generador o productor"—. Era un término racional para el nuevo gas: los experimentos de Lavoisier le habían convencido de que este gas elemental estaba presente en todos los ácidos. (Esto parecía ser cierto por aquel entonces. Sólo quedó desmentido cuando Davy descubrió que el cloro era un elemento, una generación después de que Scheele descubriera ese gas verde y picante. Davy demostró después que el ácido clorhídrico contenía hidrógeno y cloro, pero no oxígeno, con lo que quedó claro que el nombre estaba errado, pero ya era demasiado tarde para cambiarlo. Así que el oxígeno se sumó a la larga serie de definiciones erróneas de implantación universal, junto con las Indias Occidentales, la Revolución Cultural y similares.)

Por fin quedaba desmentida la teoría del flogisto. Lavoisier publicó un trabajo describiendo el papel del oxígeno en el proceso de combustión. Taimadamente, omitió mencionar en modo alguno el papel vital que el trabajo de Priestley había desempeñado en tan trascendental descubrimiento, e incluso llegó al extremo de sugerir implícitamente que él, Lavoisier, había descubierto el oxígeno. (Lavoisier sabía que era

un gran químico, pero anhelaba atraer la imaginación del público descubriendo un elemento.) Se dice que madame Lavoisier celebró la publicación del trabajo de su marido con una «ceremonia científica racional». Cien años después de la muerte de Becher, que concibió la teoría original del flogisto, la señora Lavoisier se vistió con ropajes de sacerdotisa griega y quemó ceremonialmente las obras de Becher y Stahl en un altar ante una agrupación de luminarias de la ciencia.

A pesar de este gesto teatral, no todos quedaron plenamente convencidos. Con el advenimiento de la Revolución Industrial, la ciencia se había convertido en un fenómeno social, y como tal, empezaba a verse arrastrada por las rivalidades nacionalistas europeas. (Decididos a mantener su ventaja industrial, los británicos intentaron bloquear la exportación de maquinaria nueva, tecnología de fabricación e incluso trabajadores especializados hasta bien entrado el siglo XIX.) Para los alemanes, la teoría del flogisto era obra de su gran químico Stahl. ¿Qué sabrían de ciencia los franceses? Era imposible que Lavoisier estuviera en lo cierto. Entretanto, los ingleses se mantenían tan distantes como siempre de tales pendencias entre continentales: tanto Priestley como Cavendish siguieron tercamente aferrados a la teoría del flogisto que su trabajo tanto había hecho por confirmar.

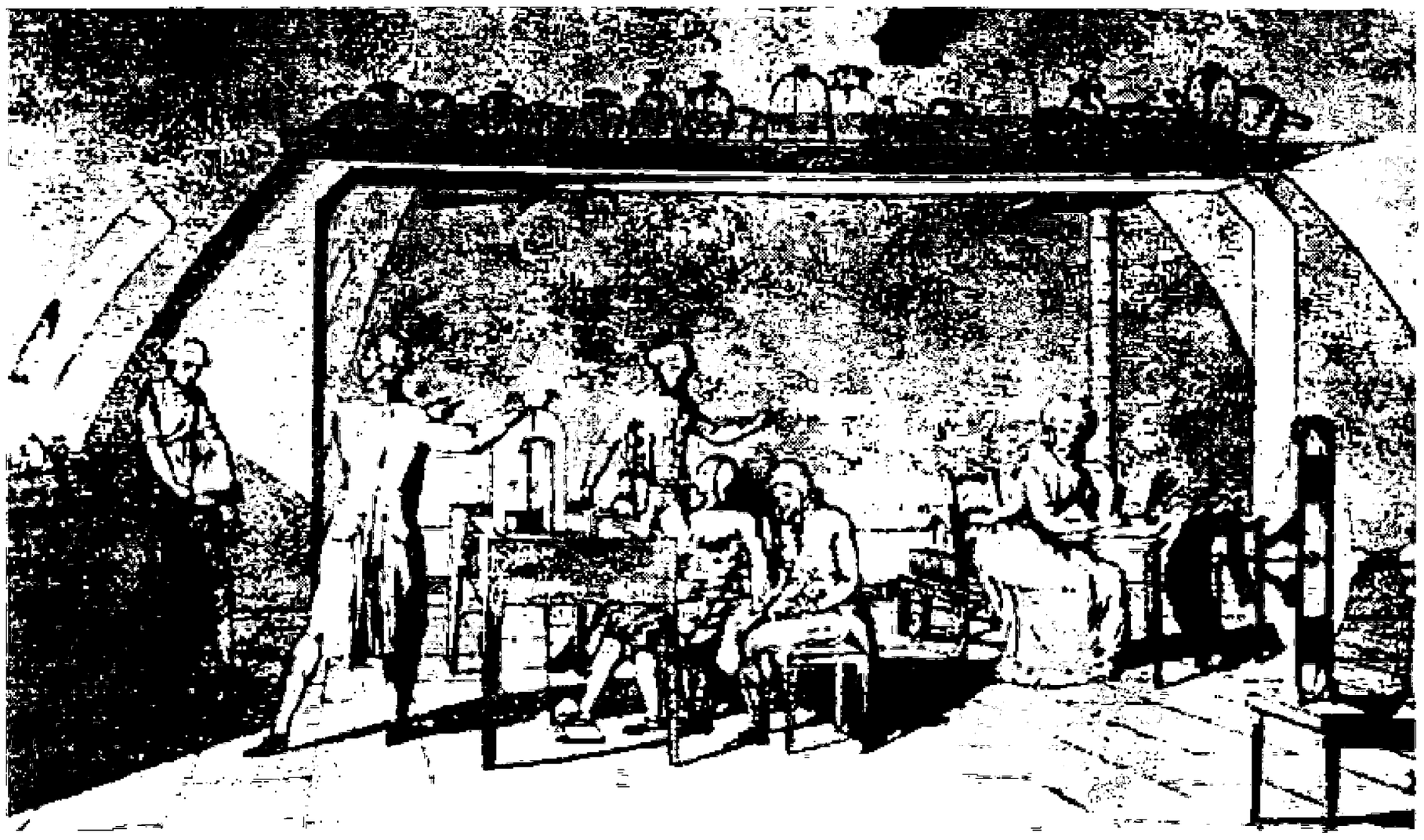
La combustión era considerada uno de los principales procesos químicos; su similitud con la oxidación ya había sido señalada por Stahl. Lavoisier realizó entonces una serie de experimentos que demostraron que la respiración era también un proceso similar. El aire inhalado contenía una proporción mucho mayor de oxígeno que el aire exhalado. Durante la respiración, «se inhalaba oxígeno y se exhalaba "aire fijado" (dióxido de carbono)». Hay varios dibujos de Lavoisier realizando estos famosos experimentos con un conejillo de indias humano. El sujeto del experimento está sentado en una silla con el torso desnudo, conectado a una máquina. Una máscara horrenda le cubre estrechamente el rostro, ocultando toda la parte delantera de su cabeza, que parece la de un maniquí de sastre. De la parte delantera de la máscara sale un tubo que atraviesa varias retortas, mientras Lavoisier dirige a sus asistentes con peluca y librea y madame Lavoisier toma notas sentada a su mesa.

Como en todos los experimentos de Lavoisier, todo era medido con exactitud. El sujeto fue sometido al experimento a temperaturas

ambientes de entre 77° F y 54° F (22,2° C y 12,2° C), «con comida», «sin comida», «trabajando sin comida» y así sucesivamente. Lavoisier actuaba sobre el principio de que las sustancias que participaban en una transformación química podían ser transformadas, pero que su peso total sería siempre el mismo. Éste había sido el secreto de su descubrimiento de que hervir agua en una retorta no produce tierra. Es la idea que yace tras la ley de la conservación de la materia. Este supuesto básico de los experimentos de Lavoisier había de convertirse en una de las piedras angulares de la química del siglo XIX.

Además de indicar dónde se encontraba el futuro de la química, Lavoisier había resuelto también uno de los grandes enigmas del pasado de ésta, la combustión, demostrando que con ello se resolvía mucho más que el misterio del fuego. La combustión era una oxidación, una adición de oxígeno, que en el caso del fuego producía cenizas, en el de la oxidación "escoria", en la respiración "aire fijado" (dióxido de carbono), y así sucesivamente.

Como podemos apreciar por los términos empleados, la química se tambaleaba ahora hacia un cenagal de nomenclaturas contradictorias. Los nombres científicamente creados, como el del oxígeno (por erróneo que fuera), se usaban junto con otros teóricamente especulativos como "aire fijado" y residuos de nombres alquímicos como el de



El laboratorio de Lavoisier

escoria o cal —¡que en latín (*calx*) significa meta!—. Del mismo modo, empezaron a aparecer en diferentes libros de texto los términos "aire deflogistizado" y oxígeno, ambos para designar la misma sustancia en relación con diferentes teorías. Y éstos no eran más que los nombres de gases simples. Para sustancias y compuestos más complicados, el legado de la nomenclatura era aún más desconcertante: algunos nombres derivaban de términos empleados en el estudio de la naturaleza y la minería, otros de efectos o propiedades (reales o imaginarias) y, aún más, de las prácticas alquímicas. Los distintos idiomas tenían nombres diferentes para las mismas sustancias y las diversas especialidades, del mismo modo que la medicina y la geología poseían también sus propios términos. Había tintura de esto, aceite de aquello, esencia de lo de más allá, azogue e hidrargiro eran dos de los muchos nombres del mercurio, el litargirio era lo que hoy conocemos como óxido de plomo, y alumbre era el nombre popular del sulfato de aluminio y potasio. Las dos últimas sustancias aportan una pista del camino a seguir. En el libro del que Lavoisier fue coautor en 1787, *Método de nomenclatura química*, se proponía un sistema lógico de nomenclatura. En el futuro, todos los compuestos debían ser bautizados racionalmente, en función de los elementos que contuvieran. Por ejemplo, el nombre ácido clorhídrico indicaría que esta sustancia estaba compuesta de hidrógeno y cloro; una nomenclatura semejante traslucería la composición química. Y su efecto transformaría nuestra forma de interpretar lo que ocurría en las reacciones químicas. Por ejemplo, sabríamos que cuando se añade zinc al ácido clorhídrico, la reacción química resultante da lugar al compuesto cloruro de zinc, y por deducción lógica, el gas desprendido en esta reacción efervescente sería obviamente hidrógeno. La química iba progresando a través de experimentos medidos, realizados científicamente, y ahora éstos podían describirse por medio de un lenguaje científico.

Es casi imposible sobrevalorar la importancia de semejante paso. El lenguaje se convierte en un instrumento científico por derecho propio (por ejemplo en su capacidad para predecir la presencia del hidrógeno como resultado de la reacción entre el zinc y el ácido clorhídrico). Sólo faltaba una cosa para apuntalar definitivamente el nuevo lenguaje, y Lavoisier la publicó dos años más tarde en su *Tratado elemental de química*. En él definió los elementos que habían de consti-

tuir la base de su nuevo lenguaje químico, aunque al mismo tiempo era consciente de las insuperables dificultades que planteaba.

> Me contentaré por tanto con decir que, si con el término elementos queremos expresar la moléculas simples e indivisibles que componen los cuerpos, es probable que no sepamos nada de ellos. Pero si, por el contrario, con el término elementos o principios de los cuerpos expresamos el último punto alcanzado por el análisis, todas las sustancias que no hemos sido capaces de descomponer aún son elementos para nosotros. No podemos afirmar que los cuerpos que consideramos simples no estén compuestos de dos o incluso un mayor número de principios pero, dado que estos principios no están separados, o más bien, dado que no tenemos medios para separarlos, son para nosotros como sustancias simples, y no debemos dar por supuesto que son compuestos hasta que la experimentación y la observación hayan demostrado que lo son.

Esencialmente, esto no es más que un refinamiento de la definición de Boyle, formulada un siglo antes, pero hay un significativo cambio de actitud. Aquí queda reflejado el nuevo pragmatismo inspirado por el progreso y la fe en la técnica experimental. Lavoisier reconoce que es posible que nunca descubramos exactamente qué es un elemento, que nos vemos obligados a confiar en que algo parece ser un elemento a la luz de la práctica experimental. La química empezaba a reconocer lo que no conocía, y por tanto a alcanzar una percepción más profunda de lo que realmente conocía. También éste fue un avance revolucionario en el método científico. Anteriormente, los elementos se definían teóricamente. Los filósofos naturales de antaño estaban convencidos de que sabían exactamente qué era un elemento, y cuáles eran (tierra, aire, etc.). Pero esta confiada definición teórica desbordaba con mucho toda capacidad práctica de confirmarla. Ahora existía una definición, pero sólo a modo de guía ideal, lo que también servía como saludable recordatorio de lo inadecuado del conocimiento práctico del momento. No constituía ningún corsé, como el concepto de los cuatro elementos. Apuntaba incluso la posibilidad de que tales definiciones teóricas ideales fueran en última instancia inalcanzables, por lo que no tendrían cabida en una ciencia experimental.

Sin duda, no es una coincidencia que el mayor filósofo del periodo estuviera formulando en ese mismo instante la contrapartida metafísi-

ca de tales ideas. A casi mil setecientos kilómetros de distancia, en las gélidas costas del Báltico, en Königsberg, Immanuel Kant empezaba a esbozar un mundo filosófico que consistía en dos componentes: "fenómenos" y "noumena". Los primeros, la apariencia de las cosas, son percibidos a través de nuestros sentidos, que los sopesan y así sucesivamente. Los segundos consituyen el núcleo incognoscible, el verdadero mundo que hay más allá del alcance de nuestros sentidos: la verdad que sustenta y da lugar a los fenómenos. Desde entonces, buena parte de la filosofía ha sido un intento de conciliar esta distinción, cuyas ramificaciones son tanto epistemológicas como científicas. De modo similar, la ciencia no ha dejado de ser una batalla ininterrumpida entre el progreso guiado por la teoría y el guiado por la evidencia, entre intentos de percibir la verdad interior y de determinar la verdad exterior del mundo que nos rodea. ¿Qué constituye exactamente un elemento? ¿Cuáles son los elementos?

Tras haber propuesto una respuesta provisional para la primera pregunta, Lavoisier apuntó audazmente su respuesta a la segunda. La lista de los elementos que Lavoisier elaboró en su *Tratado elemental de química* es sorprendentemente acertada. En total, nombró treinta y tres elementos. Desde entonces se ha comprobado que ocho de ellos, incluyendo la "magnesia" y la "cal" son compuestos (óxido de magnesio y óxido de calcio, respectivamente). Sólo dos estaban radicalmente descaminados. Estos eran los elementos que bautizó como "luz" y "calórico" (calor). Aunque en tiempos se pensó que eran sustancias materiales, hoy se sabe que se trata de formas de energía. Irónicamente, Lavoisier sugirió que el "calórico" era un "fluido imponderable" o principio, es decir, exactamente lo mismo que el flogisto. ¡Un misterioso "principio" fue reemplazado por otro que también, en ocasiones, tenía "peso negativo"! Aunque su efecto no era tan fundamental como el del flogisto, la noción del "calórico" paralizaría la investigación del calor durante medio siglo más.

Pero tales críticas quedan más que contrapesadas por la contribución positiva de Lavoisier. Su definición de lo que era un elemento mostraba el camino a seguir para la futura exploración de los elementos. Puede que Lavoisier no descubriera personalmente ninguno (muy para su disgusto), de igual modo que no fue el responsable único de ningún gran descubrimiento. Da igual que no fuera el único en des-

truir el flogisto, ni el precursor de la ley de la conservación de la materia, ni siquiera el químico que formuló la definición de un elemento químico (aunque hubiera querido convencernos de lo contrario). Lo que aportó Lavoisier fue un enfoque revolucionario que convirtió a la química en un cuerpo de conocimiento científico sobre el mundo real de una vez por todas.

1789 fue también la fecha de otra revolución. El 14 de julio, el pueblo de París tomó la Bastilla. Había comenzado la Revolución Francesa, poniendo en marcha los acontecimientos que condujeron finalmente a la ejecución de Luis XVI en la guillotina y a la proclamación de la república. Lavoisier se encontró de repente en una posición muy delicada. Como científico había hecho tanto como el que más por promover la reforma ilustrada, pero también era miembro de dos instituciones fuertemente vinculadas al *ancien régime*: la Académie des Sciences y la detestada Ferme Générale. La euforia revolucionaria inicial no tardó en dar paso al inevitable derramamiento de sangre. Lavoisier siguió siendo director de la pólvora bajo el nuevo régimen y timoneó su carrera administrativa lo mejor que pudo a través de los cada vez más procelosos y traicioneros mares del cambio revolucionario. Curiosamente, fue su pertenencia a la Académie des Sciences lo que le puso en peligro.

Varios años atrás, un joven y ambicioso periodista había presentado un trabajo en la Academia con la esperanza de ser admitido en tan prestigiosa institución. El trabajo trataba sobre la naturaleza del fuego. En él, el periodista afirmaba haber realizado un experimento que "demostraba" cómo se extinguía una vela ardiendo en un espacio cerrado. Según el trabajo, esto ocurría porque el aire, calentado por la llama, se expandía, y por tanto la presión en torno a ésta aumentaba, reduciendo su tamaño hasta finalmente hacerla desaparecer. Tan ingeniosa explicación podría haber atraído algo de atención en la era del flogisto, pero a la luz de los descubrimientos de Lavoisier era, por supuesto, una absoluta estupidez. Le cayó en suerte al académico Lavoisier informar al descaminado periodista de que su trabajo estaba tan desprovisto de mérito científico que, en términos actuales, «ni siquiera estaba equivocado». El periodista se sintió profundamente insultado por tan desdeñoso rechazo. Lavoisier se había ganado un enemigo que no le olvidaría.

El nombre del periodista era Jean-Paul Marat. En 1791, Marat se había convertido ya en un miembro destacado de los jacobinos, extremistas defensores de lo que no tardaría en convertirse en el Terror. En 1791, Marat atacó públicamente a Lavoisier en el periódico jacobino *L'Ami du Peuple* (*El amigo del pueblo*). Describió a Lavoisier como un «charlatán... aprendiz de alquimista» que «afirma ser el padre legítimo de todo descubrimiento. Dado que no tiene ideas propias, depende por completo de las ideas de otros». Puede que esta drástica interpretación de la contribución de Lavoisier contuviera un punto de razón, pero pronto quedó claro que a Marat le interesaba algo más que administrar un correctivo de cara a la posteridad. Estaba mucho más interesado en la suerte inmediata de aquel «banquero acaparador... recaudador de impuestos en jefe... ese pequeño lord, que tiene unos ingresos anuales de 40.000 libras». Marat concluía declarando: «Ojalá le hubieran colgado de una farola durante la noche».

En el plazo de dos años, Marat llevó a los jacobinos al poder y el Terror alcanzó su apogeo. Aunque Marat no tardó en ser asesinado, Lavoisier fue detenido. A pesar de los frenéticos esfuerzos de madame Lavoisier, su marido fue juzgado. El juez expresó su opinión de que «la república no tiene necesidad alguna de científicos», y sentenció a Lavoisier a muerte. Fue guillotinado ese mismo día. Cuando su compañero de Academia, el célebre matemático francés Joseph-Louis Lagrange se enteró de la noticia, su comentario se convirtió en un amargo epitafio: «Sólo un minuto para cortar esa cabeza y cien años podrían no darnos otra como ella».

11. UNA FÓRMULA PARA LA QUÍMICA

Priestley tuvo noticias de la muerte de su gran rival al llegar a América. A pesar de las rotundas pruebas experimentales aportadas por Lavoisier, Priestley siguió convencido de que la teoría del flogisto era la correcta hasta el fin de sus días. Como observó burlón el físico alemán Max Planck: «Una teoría científica nueva no triunfa convenciendo a sus adversarios y haciéndoles ver la luz, sino más bien porque sus opositores finalmente acaban muriéndose».

Mientras tanto, otros se entregaron sin dilación a la tarea de construir sobre los cimientos de la nueva química que Lavoisier había sentado. El avance más llamativo llegó de la mano del inglés John Dalton. Se ha dicho, no sin justificación, que Dalton sólo aportó una idea a la ciencia, y que el resto de su trabajo fue tan mundano como el propio hombre. Pero la idea que aportó fue la más profunda y perdurable jamás incorporada a la química. No era original, pero la aplicación que Dalton hizo de ella sí que lo fue.

John Dalton nació en 1766 en la remota aldea de Eaglesfield, al borde del distrito de los lagos, cuya abrupta belleza sería "descubierta" pocos años después por el poeta romántico Wordsworth. Por todas partes se extendía un paisaje sublime que aún no había sido descubierto. Un paralelismo apropiado: la química estaba en un estado similar y Dalton sería su Wordsworth, pero Dalton sería un poeta de la ciencia, de intelecto preciso en vez de refinado embelesamiento. Su padre era un tejedor de creencias cuáqueras. Dalton abandonó la escuela cuáquera a los once años de edad, pero volvió a ella un año después para impartir clases. Se expresaba pobremente y no es de extrañar que tuviera problemas de disciplina con los pupilos que eran mayores que él. Pocos eran lo bastante perceptivos para discernir su entusiasmo, que una vez inflamado se volvía obsesivo. Todo empezó con la meteorología. El esmirriado y delgaducho pro-

fesor se obsesionó con el registro de minúsculos detalles del clima diario: tales eran los prosaicos narcisos de su inspiración. (Dalton mantendría meticulosos registros meteorológicos durante casi sesenta años; anotó los últimos datos el mismo día que murió. Estos fueron amorosamente preservados para la posteridad hasta 1940, cuando los detalles de un jueves lluvioso de 1796 —y otras incontables y preciosas observaciones— fueron convertidos en confeti por una bomba nazi.)

Dalton parecía tener especial habilidad, y considerable talento, para desperdiciar su entusiasmo científico en temas inapropiados. A pesar de que era daltónico, su interés por los fenómenos meteorológicos le llevó a describir la aurora boreal. Su talento poético y su visión defectuosa redujeron la manifestación a «un fluido elástico que comparte las propiedades del hierro, o más bien del acero magnético, y que, sin duda debido a sus propiedades magnéticas, asume la forma de rayos cilíndricos».

Hasta superados los treinta, Dalton no orientó su atención seriamente hacia la química. Por aquel entonces llevaba una vida retirada en Manchester. Allí dirigía un pequeño centro especializado en temas científicos, donde la instrucción era impartida fundamentalmente con equipamiento casero. Fiel a su obsesión meteorológica, empezó a estudiar la composición del aire, lo que a su vez le condujo a una minuciosa investigación del comportamiento y la composición de los gases. Aceptando la idea de Boyle de que los gases estaban formados por partículas diminutas, no tardó en descubrir una propiedad fundamental de los gases que hasta hoy conocemos como la ley de Dalton. Ésta afirma que cuando se mezclan dos o más gases, su presión conjunta será igual que la suma de las presiones de cada uno de los gases por separado en el mismo volumen.

Una década antes, en 1788, el químico francés Louis-Joseph Proust había descubierto otra importante propiedad de los gases que, según pudo comprobar, era también aplicable a los compuestos de otras sustancias. Su ley de las proporciones exactas afirmaba que todos los compuestos estaban formados por elementos en proporciones simples en peso. En otras palabras, un compuesto podía contener dos elementos en la relación 3:1, pero no en proporciones complejas como, por ejemplo, 3,2:1 ó 2,8:1.

Dalton identificó la similitud entre estas partículas últimas, indestructibles, y los átomos "indivisibles" de Demócrito, y decidió bautizarlas con ese nombre. El concepto no era un simple plagio de la antigua idea de los griegos, que tan milagrosamente había sido preservada y transmitida por las obras de Epicuro, más tarde por Lucrecio y finalmente a través de la única copia medieval superviviente de su *De Rerum Natura*. Tampoco era idéntico a ninguna de las versiones posteriores de esta idea, surgidas en los siglos XVII y XVIII, como la de Boyle, ninguna de las cuales mejoró significativamente la noción griega. Todas estas ideas tuvieron un carácter marcadamente especulativo y teórico. El concepto de átomo propuesto por Dalton fue científico y práctico, y sirvió para explicar los resultados experimentales que habían llevado a Proust a formular su ley de las proporciones exactas. La noción de Demócrito era teórica, aunque también postulaba un tamaño y forma para los átomos. (Por ejemplo, los átomos del agua eran redondos y lisos, lo que hacía que el agua fuera fluida y no tuviera ninguna forma permanente.) Los átomos de Dalton, por el contrario, sólo tenían que ver con el peso. Y aunque no tenía modo alguno de determinar el peso real de los átomos, descubrió que podía determinar su peso relativo en función de su presencia en los compuestos. La de Dalton era una teoría cuantitativa que combinaba el concepto original de Demócrito con la aplicación a la química de la medición cuantitativa de Lavoisier.

La teoría atómica de Dalton mantenía que los elementos estaban compuestos de minúsculos átomos indestructibles. Partiendo de Lavoisier, mantenía que todas las sustancias compuestas eran simples combinaciones de esos átomos. Esta idea trascendental transformó nuestra comprensión de la materia. Durante los dos siglos posteriores a su formulación, la ciencia progresó más allá de todo lo imaginable. A la luz de posteriores descubrimientos, la teoría de Dalton ha sido enmendada, pero su premisa básica sigue siendo fundamental para nuestra comprensión actual de la física y la química. De hecho, el físico cuántico del siglo XX Richard Feynman afirmó que si la especie humana hubiera de desaparecer y pudiera transmitir sólo una frase de conocimiento científico, ésta debía comenzar diciendo: «Todas las cosas están hechas de átomos...».

Una vez establecido que los diferentes átomos elementales tenían peso relativo, el siguiente paso era escoger un átomo de referencia. El

hidrógeno era el elemento más ligero, así que Dalton le asignó un peso relativo de 1. Esto significaba que los pesos de todos los demás elementos podían calcularse en función de éste. Como ejemplo, Dalton empleó el agua, que como ya se había determinado era un compuesto de hidrógeno y oxígeno en una proporción de 8:1 en peso. Partiendo del supuesto de que el agua estuviera formada por un átomo de oxígeno y uno de hidrógeno, esto significaba que un átomo de oxígeno pesaba ocho veces más que uno de hidrógeno. Así pues, Dalton asignó al oxígeno un peso atómico de 8. (Ahí se equivocó: el peso atómico del oxígeno es 16. El agua contiene dos átomos de hidrógeno, pero Dalton no lo sabía.) De este modo, elaboró una tabla de pesos atómicos, listando cada elemento en función de su peso relativo respecto al del hidrógeno.

La importancia trascendental de la teoría atómica de Dalton fue rápidamente reconocida en todo el mundo científico. Aparte de pronunciar una serie de conferencias con su habitual estilo tedioso, Dalton siguió llevando una vida sencilla de cuáquero en Manchester, rehuyendo los honores públicos. Pero éstos le llovieron, los quisiera o no. Fue elegido miembro de la Royal Society en secreto, en contra de sus deseos expresos. La pertenencia a tales instituciones iba en contra de su religión. Las notificaciones por correo de su elección a prestigiosas academias de toda Europa fueron ignoradas.

Dalton murió en 1844 a los setenta y siete años de edad, mundialmente famoso a pesar de todos sus intentos de rehuir tal desgracia. Su deseo de tener un sencillo funeral cuáquero atrajo a más de cuarenta mil personas y un centenar de carruajes. Gran Bretaña había entrado en la era victoriana: la respetabilidad, la reverencia por los hombres ilustres famosos y las ceremonias piadosas (especialmente los funerales) eran clave en el carácter distintivo de la emergente clase media. Además, durante la Revolución Industrial, Manchester había pasado de ser una pequeña ciudad con mercado a ser la segunda ciudad de Gran Bretaña: el centro de su industria de manufactura, con una población superior a 300.000 habitantes. (Londres, la mayor ciudad del mundo de la época, tenía una población de alrededor de dos millones. No obstante, Manchester era una ciudad puntera en otro sentido: fue el primer lugar de la tierra que experimentó un crecimiento desmesurado como resultado del rápido crecimiento industrial, un

fenómeno que había de generalizarse en todo el globo durante el siglo siguiente.)

El funeral de Dalton fue una manifestación de orgullo cívico, y también una celebración de la ciencia que éste había hecho posible. La ciencia se había vuelto respetable, incluso ilustre. No obstante, uno de los deseos de Dalton fue respetado: sus ojos fueron preservados con la esperanza de que algún día se descubriera cuál había sido la causa de su daltonismo. Ciento cincuenta años después de su muerte, las muestras de ADN mostraron que le faltaban los genes que producen el pigmento sensible al verde en un ojo normal.

Hacía falta un refinamiento más antes de que fuera posible librar a la química de las limitaciones de su propia historia. Éste llegaría de la mano del más grande de una larga línea de químicos suecos, Jöns Berzelius. Mientras que Dalton rehuía los honores, al parecer a Berzelius le agradaba acumularlos. Al final de su ilustre carrera había sido honrado por nada menos que noventa y cuatro academias, universidades y sociedades, y el rey de Suecia le había nombrado barón. Para entonces, su libro de texto de química había sido traducido a todos los principales idiomas y era considerado el trabajo de referencia. Los pronunciamientos de Berzelius sobre los últimos adelantos químicos iban a misa. (Incluso cuando eran equivocados, lo que ocurrió a menudo durante su conservadora senectud. En su opinión, ni el cloro ni el nitrógeno eran elementos, y no había más que hablar.)

Pero el trabajo anterior de Berzelius compensa sobradamente su inflexibilidad en la vejez. De joven fue un estudiante sorprendentemente mediocre, que se salvó del fracaso por lo prometedor que resultaba en el campo de la física. Sólo al final de sus estudios empezó a florecer como químico, pero la amplitud de sus conocimientos científicos había de ser crucial para él. Su primer trabajo importante lo realizó en el terreno de la electroquímica, en cuyo desarrollo desempeñó un importante papel. La creación de este nuevo campo había sido posible gracias a la invención de la pila eléctrica en 1800 por el italiano Alessandro Volta, de cuyo nombre deriva el de voltio. Usando la nueva "pila voltaica" (como fue llamada inicialmente) Berzelius hizo pasar una corriente a través de soluciones de diferentes compuestos, con lo que éstos se dividían: una parte se dirigía hacia el ánodo (terminal

positivo) y otra al cátodo (terminal negativo). Por ejemplo, en el caso del sulfato de cobre, el cobre era atraído por el cátodo. Dado que una carga eléctrica negativa atrae una carga positiva, Berzelius comprendió que el componente cobre del sulfato de cobre tenía carga positiva. Este proceso acabaría recibiendo el nombre de electrólisis (literalmente "escición eléctrica"). Ulteriores experimentos sobre otros compuestos dieron resultados similares, lo que llevó a Berzelius a proponer una teoría de gran alcance. Al parecer, todos los compuestos eran duales, con un componente negativo y otro positivo que se mantenían unidos por sus respectivas cargas opuestas.

De este modo, Berzelius pudo elaborar una lista de elementos en la que el oxígeno, el más negativo, estaba en un extremo y los metales alcalinos, altamente positivos, en el otro. Había descubierto un modo completamente nuevo de ordenar los elementos, uno que no parecía guardar ninguna relación precisable con sus pesos atómicos. Berzelius había sido uno de los primeros en aceptar la teoría atómica de Dalton, lo que le había llevado a embarcarse en una exploración exhaustiva de los pesos atómicos. En 1810, Dalton había conseguido determinar el peso atómico de veinte elementos. Berzelius descubrió que las cifras de Dalton eran de precisión variable. (El daltonismo, su tozuda insistencia en construir sus propios aparatos y su torpeza de nacimiento limitaban la eficacia de Dalton como experimentador: su fuerte era la capacidad para percibir un patrón teórico en medio de un montón de datos.) Berzelius, por el contrario, era un experimentador tenaz y meticuloso. En 1818 había determinado ya el peso atómico de cuarenta y cinco de los cuarenta y nueve elementos aceptados como tales. Había analizado también más de dos mil compuestos en un intento de confirmar su teoría del dualismo. Desafortunadamente, había descubierto que ciertos compuestos no parecían poseer la naturaleza dual positivo/negativo. Esto era especialmente patente en el caso de los compuestos orgánicos, aquellos que contienen carbono, a menudo en estructuras complejas, y que constituyen la base de los organismos vivos.

No obstante, esta anomalía no hizo que Berzelius abandonara su teoría dualista, que a pesar de todo parecía constituir la clave de las reacciones químicas. En vez de ello, insistía en que los compuestos orgánicos, por estar vivos, estaban sometidos a una "fuerza vital" que ac-

tuaba por encima de las leyes de la química. Esta doctrina, conocida como vitalismo, había de resultar notablemente persistente. La similitud entre la "fuerza vital" y el flogisto es evidente. La imposibilidad de detectarla en ningún experimento la hacía vulnerable ante la teoría opuesta del materialismo, que afimaba que todo lo que existe es materia o depende de ella. Puede que hoy en día la "fuerza vital" haya desaparecido de la ciencia, junto con otras manifestaciones del mundo del espíritu, pero el materialismo también tiene sus dificultades. Puede que todo sea materia pero, ¿qué es exactamente esa "materia" y cómo podemos llegar a saber algo con seguridad acerca de ella? ¿Cómo pueden nuestros órganos de los sentidos, y su prolongación en forma de instrumentos científicos, ofrecernos un acceso directo a la materia? Vemos con nuestros ojos, no a través de ellos. El instrumento registra sólo aquello que está construido para registrar, lo que no tiene por qué asemejarse necesariamente a la realidad que está examinando. De hecho, lo que registra no puede, en absoluto, ser idéntico a esa realidad. Lo que nos retrotrae al problema previsto por Lavoisier cuando definió los elementos, el problema filosófico planteado por Kant con sus fenómenos y nuomena. No hay forma de saberlo. Cuando la ciencia emplea explicaciones o teorías que van más allá de las evidencias experimentales, queda abierta a la crítica. La ciencia es lo que funciona, no una explicación filosófica del mundo.

¿Significa esto que la ciencia debe basarse siempre en los resultados experimentales, ignorando teorías como la del flogisto o incluso la "fuerza vital" que pueden, durante un periodo limitado, ofrecer explicaciones fructíferas? En tiempos de Berzelius la química empezó a basarse en una entidad en particular, que se convirtió en un componente esencial de todos los experimentos. Y perduró casi tanto tiempo como el flogisto y la "fuerza vital". La entidad en cuestión era el átomo. Durante un siglo, a partir del momento en que Dalton propuso su teoría atómica, nadie pudo aportar pruebas concretas de que el átomo como tal existiera. En los primeros años del siglo XX, pensadores tan eminentes como el filósofo y científico austríaco Ernst Mach (en cuyo honor lleva su nombre la velocidad del sonido, mach 1) aún defendían plausiblemente la inexistencia del átomo. No se trataba de reaccionarios. Reconocían que el concepto del átomo había tenido un valor inmenso para la ciencia durante el siglo precedente,

pero insistían, correctamente, en que no dejaba de ser un concepto. La ciencia puede ser "lo que funciona", pero los cimientos sobre los que está construida siguen siendo un tanto escuálidos. (Hasta la aparición del trabajo de Einstein en 1905 no se demostró de hecho la existencia del átomo.) La alquimia hizo mucho en nombre de la química durante un tiempo en que la ciencia avanzaba a paso de tortuga, aunque sus hechicerías puedan parecer hilarantes en la actualidad. Ahora que la ciencia avanza con la velocidad de una liebre, nuestras alquimias y presupuestos atómicos injustificados e inconscientes serán sin duda ridiculizados mucho antes. Todos seremos carcamales a los ojos de nuestros nietos.

El meticuloso análisis de los compuestos químicos condujo finalmente a Berzelius a descubrir tres nuevos elementos (serio, selenio y torio). Su fiel equipo de ayudantes añadió media docena más. Pero no todos los grandes avances científicos se producen a través de descubrimientos, ni siquiera por medio de conceptualizaciones originales (con o sin base). Lavoisier había establecido la infraestructura de la química y Berzelius añadió los toques finales al proyecto. La química estaba ahora sólidamente instaurada como ciencia internacional pero, al contrario que las matemáticas, carecía de un lenguaje internacional. Cuando Lavoisier decretó que los compuestos debían ser nombrados en función de sus constituyentes elementales, este proyecto se enfrentó a la dificultad de que los elementos tenían diferentes nombres, profundamente arraigados, en los distintos países. Por ejemplo, en Alemania, el hidrógeno se llamaba (y se sigue llamando) *Wasserstoff* ("materia del agua", una versión alemana de la palabra griega empleada por Lavoisier, que significa "generador de agua"). Lavoisier había indicado el camino a seguir empleando para los nombres de nuevos elementos, como el hidrógeno y el oxígeno, términos de antiguas descripciones griegas sobre sus propiedades distintivas. Berzelius empleó su influencia para promover esta idea en todo el mundo científico, insistiendo en que en los trabajos científicos debían emplearse los antiguos nombres griegos o latinos de los elementos. Así, oro (*or* en francés, *guld* en sueco, *gold* en inglés) se convirtió en la palabra latina *aurum*; y plata (*argent* en francés, *Silber* en alemán, *silver* en inglés), se transformó en *argentum*.

Pero esto fue sólo el principio. Desde los tiempos más remotos los alquimistas habían representado las reacciones por medio de fórmulas, empleando símbolos secretos, jeroglíficos y pictografías para representar los ingredientes iniciales y los productos finales. Lavoisier había comprendido la utilidad de tales fórmulas, siempre y cuando los símbolos fueran conocidos por todos. Desafortunadamente, los símbolos por él adoptados eran casi tan impenetrables como los jeroglíficos de los alquimistas. Dalton vio la necesidad de utilizar un simbolismo mucho más sencillo. Dado que visualizaba los átomos como diminutas entidades circulares, decidió, comprensiblemente, representar los elementos en forma de círculos. El hidrógeno estaba representado por un círculo con un punto central; el azufre llevaba una cruz en el centro; el mercurio tenía puntos alrededor del interior de la circunferencia, que hacían que ésta pareciera un engranaje; el cobre tenía una c en el círculo, como el símbolo del *copyright* ©. Los compuestos se representaban como grupos de círculos inscritos unidos en racimos. Esto daba lugar a patrones complejos de círculos rayados, manchados, punteados y sombreados que podían parecerse a cualquier cosa, desde el hombre de Michelin a una formación de bolas de *snooker*. Estos patrones tenían el mérito de exhibir cierta precisión pictórica, pero habrían desconcertado a muchos criptógrafos expertos, por no hablar de un químico que intentara interpretar una fórmula.

Fue Berzelius quien vio la respuesta más sencilla. Decidió que, en todas las ecuaciones químicas, el elemento debía representarse por las letras iniciales de su nombre latino o griego clásico. Por ejemplo, el hidrógeno sería H, el oxígeno O, y así sucesivamente. Si dos elementos tenían la misma inicial, se añadiría una segunda letra diferenciadora procedente de sus respectivos nombres clásicos. Así, *aurum* (oro) se convirtió en Au, y *argentum* (plata) en Ag. Ahora era posible escribir en una forma simbólica sencilla, en vez de representar, los compuestos. Por ejemplo, el monóxido de carbono tendría la fórmula CO. Y cuando en un compuesto había más de un átomo, se decidió que debía indicarse por medio de un subíndice numérico. Así pues, el dióxido de carbono sería CO_2; y el amoníaco (que contiene un átomo de nitrógeno y tres de hidrógeno) NH_3.

Al fin la química disponía de su propio lenguaje universal, como las matemáticas. Y era, a su modo, matemático. Al contrario que la

nomenclatura descriptiva de Lavoisier, que sólo podía predecir a qué productos químicos daría lugar una reacción, esta nueva formulación matemática predecía además las cantidades relativas que se producirían. Por ejemplo, la nomenclatura descriptiva de Lavoisier mostraba que:

zinc + ácido clorhídrico = cloruro de zinc + hidrógeno

Pero la fórmula de Berzelius ilustraba con precisión las proporciones relativas requeridas por la reacción (y las producidas por ella):

$$Zn + 2ClH = Cl_2Zn + H_2$$

Las fórmulas químicas, al igual que las fórmulas matemáticas, tenían que estar equilibradas.

Para la química, esto fue equivalente a cuando las matemáticas pasaron de la numeración romana a la árabe (la opacidad de XL x V = CC daba paso a la claridad de 40 x 5 = 200).

Las matemáticas habían penetrado al fin hasta el corazón mismo de la química, permitiendo a ésta percibir con precisión lo que estaba haciendo.

12. LA BÚSQUEDA DE UNA ESTRUCTURA OCULTA

Siguiendo los pasos de Lavoisier, el enfoque sistemático y las nuevas técnicas experimentales no tardaron en conducir al descubrimiento de toda una hueste de nuevos elementos. En vida de Berzelius (1779-1848) se aislaron nada menos que treinta y dos elementos nuevos, con lo que el total pasó a ser de cincuenta y siete. Sólo el científico británico sir Humphry Davy descubrió seis elementos. De ellos, los más importantes fueron aislados por electrólisis. En octubre de 1807 Davy construyó la batería más potente hasta la fecha, formada por 250 placas. Esto le permitió hacer pasar una fuerte corriente eléctrica a trayés de una solución acuosa de potasa, un compuesto que sospechaba desde hacía tiempo que contenía un elemento desconocido. Al principio la corriente sólo hacía que el agua se descompusiera, así que eliminó el agua y repitió el experimento empleando una fusión ígnea de potasa (es decir, potasa fundida). De este modo, Davy consiguió separar diminutos glóbulos de un metal alcalino al que llamó potasio. Si se introducía un glóbulo de éste en agua, echaba a arder y se desplazaba por la superficie emitiendo un fuerte sonido siseante. En términos químicos, esto significaba que la forma aislada de este metal era tan reactiva que extraía el oxígeno del agua, liberando un siseo de gas hidrógeno que se inflamaba debido al calor de la reacción. Esa misma semana Davy aisló otro álcali mediante la eletrólisis, esta vez a partir de la sosa cáustica. A éste le puso el nombre de sodio. En aquellos tiempos, el descubrimiento de estos metales alcalinos altamente reactivos produjo casi tanta sensación como el descubrimiento del fósforo un siglo y medio antes, y por razones similares. Las conferencias sobre ciencia se habían puesto otra vez de moda entre la sociedad cultivada. Una "demostración" espectacular de uno de estos elementos recién descubiertos siempre causaba gran expectación, y lograba a menudo que unas cuantas damas del público se desmayaran.

El ocio forzoso de mujeres inteligentes pero con una inadecuada formación, y su consiguiente hambre de conocimientos, hacía que estos acontecimientos fueran una forma de educación popular. Siempre había una nutrida asistencia de damas, aunque toda implicación más profunda por parte de éstas era considerada socialmente inaceptable. No obstante, el ejemplo pionero de madame Lavoisier fue seguido por unas cuantas almas intrépidas. Hay que destacar a Ada Lovelace, la hija desatendida de Byron, que escribió el primer programa para el ordenador original de Babbage, la "máquina analítica"; Sophie Germain, quien a pesar de ser en gran medida autodidacta, atrajo la atención del gran Gauss y sigue siendo la mejor mujer matemático jamás surgida en Francia; y Caroline Herschel, la astrónomo germanobritánica que descubrió nada menos que ocho nuevos cometas y revisó el clásico *Observations of the Fixed Stars* de John Flamsteed para la Royal Society (aunque, por supuesto, no se le permitió convertirse en miembro de la institución). Todo esto sirve sólo como indicación de lo que podrían haber sido las cosas si la ciencia no hubiera avanzado con un ojo firmemente cerrado.

Hoy se sabe que el aluminio es uno de los metales más abundantes en la corteza terrestre, pero durante siglos permaneció oculto. El brillante químico teórico Georg Stahl, que desarrolló y puso nombre a la teoría del flogisto, probablemente fuera el primero en sospechar que había un elemento hasta entonces desconocido en el alumbre (sulfato de aluminio y potasio). No obstante, habría de transcurrir un siglo y medio antes de que su corazonada fuera confirmada. En 1827 el químico alemán Friedrich Wöhler consiguió finalmente, con inigualable ingenio experimental, aislar el aluminio metálico. (Básicamente, el experimento de Wöhler consistió en calentar cloruro de aluminio deshidratado con el hiperreactivo potasio metálico, que arrancó el cloro al aluminio.) Wöhler emprendió entonces la tarea de analizar las propiedades de aquel metal cristalino de color blanco plateado.

El método de Wöhler para aislar el aluminio era tan dificultoso, y las propiedades del nuevo metal tan resplandecientes, que durante algunas décadas el aluminio fue más valioso que el oro. Treinta años después de su descubrimiento, cuando se exhibió una brillante barra de aluminio en París, Napoleón III ordenó que le hicieran un juego de

cubiertos del nuevo metal. Su intención era agasajar a las cabezas coronadas de Europa con cuchillos y tenedores que hoy no serían aceptables ni en la cantina de una cárcel.

Además de aislar el aluminio, el otro gran logro de Wöhler fue la síntesis de la urea, un producto de la materia viva, a partir de materiales no vivientes. Esta creación de materia orgánica a partir de materia inorgánica desmintió la teoría, ampliamente aceptada, del vitalismo (y la existencia de la "fuerza vital"), aunque pasarían muchos años de obstinación antes de que se aceptara que la vida no existía.

Se descubrían nuevos elementos casi cada década. Esta profusión de elementos novedosos con su amplia gama de propiedades diferentes no tardó en plantear interrogantes.[1] ¿Cuántos elementos había exactamente? ¿Se habían descubierto ya la mayoría de ellos o resultaría al final que había innumerables elementos? Esto condujo a especulaciones aún más profundas. De algún modo, tenía que haber cierto tipo de orden fundamental entre los elementos. Dalton había descubierto que los átomos de diferentes elementos tenían diferentes pesos, pero sin duda tenía que haber algo más. Berzelius había señalado que los elementos parecían tener distintas afinidades eléctricas. Del mismo modo, había grupos de diferentes elementos que exhibían propiedades similares: metales que resistían la corrosión (como el oro, la plata y el platino), metales alcalinos combustibles (como el potasio y el sodio), gases incoloros e inodoros (como el hidrógeno y el oxígeno) y así sucesivamente. ¿Existiría algún tipo de patrón fundamental detrás de todo esto?

En buena medida, la química había alcanzado su estatus científico y su éxito continuado a través de la experimentación, y tales formulaciones teóricas eran consideradas meras especulaciones. ¿Por qué iba a existir un orden natural en los elementos? Al fin y al cabo, ¿había alguna evidencia de que fuera así? El anhelo de orden es una característica humana básica, y no es menos intenso entre los científicos, por lo que estas especulaciones empezaron a gozar de respaldo, aunque sólo fuera a través de pruebas fragmentarias.

La primera fue aportada por Johan Döbereiner, catedrático de química en la Universidad de Jena. Döbereiner era hijo de un cochero, y en gran medida autodidacta. Consiguió obtener un puesto de

farmacéutico y asistía entusiasmado a las conferencias locales sobre ciencia. La precocidad de sus conocimientos químicos llamó la atención de Karl August, duque de Weimar, lo que le permitió obtener un puesto en la Universidad de Jena. Allí, Goethe —que estaba tan interesado en la ciencia que en un momento dado consideró más importantes sus actividades en este campo que su poesía— asistía a sus conferencias con regularidad.

Merece la pena examinar aquí el interés de Goethe, ya que es indicativo del nivel y alcance de la curiosidad científica entre los aficionados, nada infrecuente entre la gente educada de la época tanto en Europa como en América. Las especulaciones científicas de Goethe son especialmente conocidas debido a su genio literario, y por este motivo sus errores conceptuales son objeto a menudo de un respeto que no merecen. A pesar de que Newton había demostrado sobradamente que la luz blanca contenía luz de todos los colores, Goethe insistía en que era un color por derecho propio. Mantenía que, de hecho, todos los colores eran una mezcla de luz y oscuridad, infundida de un medio turbio que otorgaba a la grisura resultante su resplandor coloreado. (Posteriormente, el filósofo Schopenhauer, un pensador científico de cierto mérito, que debiera haber estado al cabo de la calle, defendería también esta fantasía.) Otras aventuras científicas de Goethe incluyeron una prolongada búsqueda de la "planta ur" a partir de la cual se habían desarrollado todas las demás, así como la invención de la "morfología", el estudio de la "unidad" subyacente en la diversidad de toda vida animal y vegetal. Tales propuestas eran meramente especulativas, basadas en poco más que en la intuición de una imaginación fértil. (Aún así, su similitud con la idea de que existía un patrón detrás de los elementos es notable.) Goethe estaba equivocado, y por lo tanto expuesto al ridículo *a posteriori*, pero no es difícil percibir en su pensamiento un paso tentativo hacia la idea de la evolución, que Darwin formularía menos de un cuarto de siglo después de su muerte.

Goethe no era el único que se tomaba en serio su afición. Entre los hombres pensantes (y unas cuantas mujeres pioneras), la especulación científica teórica empezaba a generalizarse cada vez más, espoleada en gran medida por los logros de la Revolución Industrial. Pero esta misma revolución también trajo consigo sus siniestras fábricas satánicas y

la perspectiva de un futuro de miseria y ruptura social. Del mismo modo, el aficionado a la ciencia que trabajaba solo en su laboratorio haciendo caso omiso a la teoría, adquirió su propio lado oscuro, que jugaba con el miedo a lo desconocido. Mientras Goethe estaba aún en la flor de la vida, Mary Shelley escribió *Frankenstein*, un prototipo del científico loco y su demoníaca creación cuya potencia ha perdurado hasta nuestros días.

Entretanto, el profesor de química de Goethe, Döbereiner, desarrollaba sus propias ideas morfológicas. En 1829, Döbereiner se dio cuenta de que un elemento recientemente descubierto, el bromo, tenía propiedades que estaban a mitad de camino entre las del cloro y las del yodo. Y no solo eso, su peso atómico estaba exactamente a mitad de camino del de ambos elementos.

Döbereiner empezó a estudiar la lista de elementos conocidos, anotada con sus propiedades y pesos atómicos, y finalmente descubrió otros dos grupos de elementos que exhibían el mismo patrón. El estroncio estaba a mitad de camino (en su peso atómico, color, propiedades y reactividad) entre el calcio y el bario; y de modo similar, el selenio podría situarse entre el azufre y el telurio. Döbereiner bautizó a estos grupos con el nombre de tríadas y emprendió un extenso estudio de los elementos en busca de otros ejemplos, pero no consiguió encontrar ninguno más. La «ley de las tríadas» de Döbereiner, que parecía aplicarse tan sólo a nueve de los cincuenta y cuatro elementos conocidos, fue desechada por sus coetáneos como una simple coincidencia.

Y eso fue todo, al menos de momento. La química ya había sufrido suficiente por culpa de teorías erradas (los cuatro elementos, el flogisto, etc.). El camino a seguir residía ahora en la experimentación.

Transcurrieron treinta años antes de que a la ley de las tríadas de Döbereiner le siguiera otro intento significativo de descubrir un patrón en los elementos. Por desgracia, éste procedió de un científico cuya brillantez sólo era comparable a su carácter caprichoso. Alexandre-Emile Béguyer de Chancourtois nació en París en 1820. Su primer amor fue la geología, que le llevó a expediciones a lugares tan remotos como Turkestán, Armenia y Groenlandia. Regresó convencido de que la geología de un país era lo que determinaba el estilo de vida de sus

habitantes. En otras palabras, de que la principal influencia sobre el comportamiento local eran los depósitos de carbón o azufre, más que, por ejemplo, el clima, la estructura social o las características raciales. Pero estos inicios tan poco prometedores resultaron ser el comienzo de la geografía humana, y hoy se reconoce a Chancourtois como uno de los fundadores de la disciplina. Posteriormente, fue nombrado inspector general de minas de Francia. Su enfoque heterodoxo le llevó a introducir amplias medidas de seguridad y métodos de ingeniería moderna a expensas de los indignados propietarios de las minas. Chancourtois no dedicó su considerable talento a la química hasta después de cumplidos los cuarenta. En 1862 publicó un trabajo describiendo su ingenioso "tornillo telúrico", que demostraba que, en efecto, parecía haber algún tipo de patrón unificador en los elementos. El "tornillo telúrico" de Chancourtois consistía en un cilindro sobre el que había trazada una línea en espiral descendente. A lo largo de la misma, Chancourtois inscribió cada uno de los elementos a intervalos regulares, en función de su peso atómico. Le llamó la atención descubrir que, a cada dieciséis unidades de peso atómico las propiedades de los elementos correspondientes tendían a exhibir llamativas similitudes con los que estaban por encima de ellos en el cilindro. El trabajo de Chancourtois fue publicado en su momento, pero desafortunadamente optó por revertir a términos geológicos al referirse a ciertos elementos. En un momento dado, llegó incluso a introducir su propia versión de la numerología (la alquimia de las matemáticas, en la que determinados números tenían su propio significado esotérico). Como si esto no fuera suficiente, los editores omitieron publicar la ilustración del cilindro de Chancourtois, haciendo que el artículo fuera virtualmente incomprensible salvo para el más tenaz e informado de los lectores. (Como veremos, sólo había una persona que perteneciera a esta categoría, pero el trabajo de Chancourtois le inspiró tanto que acabaría por transformar el rostro de la química.)

Es evidente que el tema tendía a atraer a cierto tipo de pensadores científicos inmunes al ridículo. En 1864 el joven científico inglés John Newlands elaboró su propio patrón de los elementos, aun sin estar al corriente de las crípticas investigaciones de Chancourtois. John Newlands, hijo de un ministro presbiteriano, nació en Londres en 1837. Su madre tenía ascendencia italiana, algo de lo que estaba especialmente

orgulloso. A los veintitrés años, Newlands interrumpió sus estudios científicos para navegar hasta Palermo, donde Garibaldi había izado la bandera italiana como anuncio de la liberación y unificación de Italia. Un vez allí, Newlands se ofreció como voluntario del ejército de Garibaldi, los célebres Camisas Rojas. Italia se unificó y fue gobernada por italianos por vez primera desde el Imperio Romano. Europa iba consolidándose en grandes bloques nacionales de poder: la unificación de Italia coincidió con la unificación de Alemania, que llevaba fragmentada desde la Reforma. La Europa occidental moderna empezaba a tomar forma en la estela de la Revolución Industrial, en la que se establecieron siderurgias, industrias mineras y fábricas químicas desde Suecia hasta Grecia.

Tras su retorno de Italia, Newlands empezó a estudiar los elementos y realizó descubrimientos que coincidían en cierta medida con los de Chancourtois, aunque representaban un avance significativo respecto a las ideas del francés. Newlands descubrió que si listaba los elementos en orden ascendente de pesos atómicos, en líneas verticales de siete, las propiedades de los elementos correspondientes a las líneas horizontales eran notablemente similares. Tal y como lo planteó él: «En otras palabras, el octavo elemento a partir de uno dado es una especie de repetición del primero, como la primera octava en una escala musical». Bautizó esto como «ley de las octavas». En su lista, el metal alcalino sodio (el sexto elemento más pesado) estaba junto al muy similar potasio (el decimotercero más pesado) en sentido horizontal. Del mismo modo, el magnesio (décimo) estaba alineado con el calcio (17°), muy parecido. Cuando Newlands amplió su tabla para incluir todos los elementos conocidos, descubrió que los halógenos, cloro (15°), bromo (29°) y yodo (42°), que exhibían propiedades de graduación similares, pertenecían todos a la misma columna horizontal, mientras que el trío compuesto por el magnesio (10°), el selenio (12°) y el azufre (14°), que también poseían similares propiedades, correspondían a la misma línea vertical. En otras palabras, su ley de las octavas parecía integrar también las similitudes desperdigadas que indicaba la ley de las tríadas de Döbereiner. Por desgracia, la ley de las octavas de Newlands tenía también sus fallos. Las propiedades de algunos elementos, en especial de los de peso atómico más elevado, sencillamente no casaban. Aún así, la ley de las octavas de Newlands re-

presentó sin duda un adelanto respecto a cualquier otra idea precedente. De hecho, hoy en día, muchos la consideran la primera indicación sólida de que existía un patrón general para todos los elementos. En 1865, Newlands comunicó sus hallazgos a la Chemical Society de Londres, pero sus ideas estaban muy por delante de su tiempo. Los ilustres allí reunidos se limitaron a ridiculizar su ley de las octavas. En medio del jolgorio general, uno llegó incluso a preguntarle si había probado a organizar los elementos por orden alfabético. Hubo de transcurrir un cuarto de siglo antes de que el logro de Newlands fuera reconocido, cuando la Royal Society le condecoró con la Medalla Davy en 1887.

Döbereiner había detectado semejanzas entre grupos aislados de elementos. Chancourtois había discernido cierto patrón de propiedades recurrentes. Newlands había ampliado estas propiedades e incluso incorporado los grupos de Döbereiner. Aún así, su ley de las octavas no funcionaba de un modo global. Esto se debía en parte a los cálculos errados de diversos pesos atómicos en su época, y en parte a que Newlands no dejó margen para elementos aún por descubrir. Pero también obedecía a que el sistema de las octavas de Newlands simple y llanamente no encajaba.

Empezaba a resultar cada vez más obvio que había algún tipo de patrón en la organización de los elementos, pero la respuesta era evidentemente más compleja. La química parecía estar muy cerca de atisbar el plano de los elementos mismos en los que se basaba. Euclides había sentado las bases de la geometría, la gravedad de Newton había explicado el mundo en términos físicos y Darwin había aclarado el origen de las especies. ¿Podría la química descubrir el secreto que explicaba la diversidad de la materia? Ahí, posiblemente, estaba la clave que permitiría unificar todo el conocimiento humano. El siguiente hombre en intentar resolver este problema poseía la mente química mas sobresaliente desde Lavoisier.

13. MENDELÉIEV

Dimitri Ivanovich Mendeléiev nació el 8 de febrero de 1834. O el 27 de enero, según el viejo calendario juliano que seguía en vigor en Rusia. A estas alturas, Europa había adoptado el calendario gregoriano, dejando a Rusia doce días por detrás del resto del mundo. Este retraso era sintomático de toda una cultura. En la década de 1830 Rusia vivía fundamentalmente en pleno aislamiento feudal. La mayoría de sus habitantes eran siervos que seguían siendo propiedad no remunerada de los terratenientes. El zar (nombre derivado del de César, como el calendario juliano) era el representante de Dios sobre la tierra, y gobernaba por derecho divino. En la Rusia imperial no había habido Reforma (ni siquiera un renacimiento).

Dimitri Ivanovich Mendeléiev nació en Tobolsk, en Siberia occidental, y era el menor de catorce o diecisiete hijos (nadie parece conocer la cifra con certeza). Su padre era director de la escuela local, pero se quedó ciego el año en que nació Dimitri, por lo que fue la madre quien tuvo que hacerse cargo de la familia. Afortunadamente, Maria Dmitrievna, de soltera Kornilov, era una mujer excepcional. Los Kornilov eran una familia de comerciantes que había desempeñado un papel destacado en la apertura de Siberia al exterior. El padre de Maria había creado allí fábricas de papel y cristal, y había fundado el primer periódico de aquella provincia de 12.800.000 kilómetros cuadrados. Uno de los antecesores de Maria se había casado con una belleza tártara perteniente al pueblo kirguis, y a la vista de tan amplio margen para la expresión genética no era de extrañar que unos cuantos hermanos poseyeran rasgos mongoloides, aunque Mendeléiev no los tuviera.

Con el fin de obtener ingresos para la familia, Maria reabrió la fábrica de cristal de su padre, situada en una remota aldea a treinta y dos kilómetros al norte de Tobolsk. Allí construyó una iglesia de madera

para los trabajadores y fundó un colegio para educar a sus hijos. Los primeros recuerdos de Mendeléiev eran del gran resplandor rojo que producían los hornos de la fábrica, iluminando el cielo de la noche sobre la impenetrable oscuridad de los bosques siberianos.

Mendeléiev fue al colegio en Tobolsk, donde resultó ser un mal estudiante. En aquellos días la educación consistía en una base sólida en lenguas muertas. El latín y el griego antiguos permitían comprender los ideales clásicos en los que se basaba la civilización. Tales nociones eran más o menos tan relevantes en la Siberia de mediados del siglo XIX como, en opinión de muchos, Shakespeare y Goethe en la vida moderna y Mendeléiev desarrolló una aversión hacia la alta cultura que le duraría toda la vida. Afortunadamente, recibió algunas clases privadas de un decembrista exiliado llamado Bessagrin, que se había casado con una hermana mayor de Mendeléiev.

Los decembristas eran los restos de la fracasada Revolución de Diciembre de 1825, instigada por un grupo de oficiales del ejército que eran intelectuales liberales (curiosamente, en este caso, no se trataba de una contradicción en los términos). La revolución, con sus incendiarias exigencias de un gobierno constitucional, había sido rápidamente sofocada. Los cabecillas habían sido condenados a muerte y el resto de sus colegas exiliados a Siberia.

Bessagrin instiló en Mendeléiev un profundo interés por la ciencia, además de reforzar las ideas liberales puestas en práctica por la propia madre de éste. Mendeléiev empezó a realizar sus propios experimentos y no tardó en ser evidente que tenía un cerebro excepcional. (Ya entrado en años, a Mendeléiev le gustaba presumir de sus orígenes siberianos, afirmando que había crecido entre primitivos tártaros en la remota Siberia oriental, y que no había hablado ruso hasta los diecisiete años. Debido a su extravagante e hirsuta apariencia, la historia era a menudo aceptada sin la menor vacilación.)

A partir de 1847 la familia padeció una serie de catástrofes sucesivas. El padre de Mendeléiev murió, y al año siguiente la fábrica de cristal ardió hasta los cimientos. En 1849, cuando Dimitri Mendeléiev tenía quince años, su madre partió con los dos hijos que aún permanecían con ella —Dimitri y Liza— hacia Moscú. Era un laborioso viaje de más de dos mil kilómetros, que a menudo implicaba pedir transporte a los conductores de carros de caballos. Maria Mendeléieva tenía ya

cincuenta y siete años, y tras sacar adelante sin ayuda a su enorme familia, gestionando a la vez una fábrica y organizando el bienestar de sus trabajadores estaba más cansada y envejecida de lo habitual para su edad. Pero estaba empeñada en que su brillante Dimitri recibiera la educación que su talento merecía.

En Moscú, la solicitud de ingreso en la universidad de Mendeléiev chocó contra la burocracia. La incorporación desde las provincias se hacía de acuerdo con un sistema de cuotas, pero los pioneros de Siberia carecían aún de ellas. Cuando su madre presentó solicitudes en otras instituciones educativas, le informaron de que las calificaciones siberianas no eran reconocidas en Moscú. Como último recurso, los Mendeléiev recorrieron otros seiscientos kilómetros desde la capital hasta San Petersburgo.

Allí las cosas fueron más o menos igual: reglamentos insensatos administrados por funcionarios kafkianos. Afortunadamente, Maria descubrió que el director del Instituto Pedagógico Central, el principal centro de formación para maestros de escuela superior, era un viejo amigo de su marido fallecido. Donde la burocracia frustraba, prevaleció el "enchufismo". Mendeléiev obtuvo una plaza para estudiar matemáticas y ciencias naturales además de una pequeña beca del gobierno, suficiente para proveerle del necesario sustento.

A las diez semanas de la incorporación de Mendeléiev al Instituto Pedagógico Central, su madre estaba en el lecho de muerte. Sus últimas palabras a su hijo favorito fueron típicamente categóricas: «Huye de las ilusiones, concéntrate en el trabajo y no en las palabras. Busca con paciencia la verdad científica y la divina». Mendeléiev jamás olvidó sus palabras. Siete años más tarde las citaría en un tratado científico que dedicó a su memoria, añadiendo: «Dimitri Mendeléiev considera sagradas las últimas palabras de una madre agonizante».

Poco más de un año después de la muerte de la madre, murió también su hermana Liza. Al año siguiente, Mendeléiev sufrió una hemorragia de garganta, y fue ingresado en el hospital del instituto. Nunca había sido un niño especialmente sano y le diagnosticaron una tuberculosis. En opinión de los médicos, le quedaban pocos meses de vida.

Tras alcanzar este dickensiano nadir, Mendeléiev empezó a interpretar el papel que le correspondía. Pasaba largos periodos en la cama, y al parecer en el instituto era considerado una especie de mas-

cota. El huérfano fue adoptado por la ciencia. Mendeléiev se levantaba de la cama para trabajar en los laboratorios del centro, donde pronto empezó a realizar experimentos originales. Luego volvía a la cama para registrar los resultados en escritos que enviaba a publicaciones científicas de San Petersburgo. Algunos de sus trabajos fueron publicados cuando apenas había cumplido los veinte años y seguía siendo un estudiante. Su originalidad se debía al talento de Mendeléiev, pero éste no podría haberse expresado plenamente de no haber sido por la excepcional calidad de la enseñanza impartida en el Instituto Pedagógico Central. La sede se encontraba en los mismos edificios que la Universidad de San Petersburgo y muchos de los catedráticos hacían doblete como conferenciantes en el instituto.

La ciudad de San Petersburgo había sido creada de la nada por Pedro el Grande unos 150 años antes, en medio de las marismas de la costa del Báltico. El gobernante pretendía que fuera la «ventana a Europa» de Rusia. En la década de 1850 San Petersburgo empezaba a emerger como uno de los centros intelectuales de Europa y su universidad era el centro académico más destacado del país, con una importante facultad de ciencias. El catedrático de física era Emil Lenz, hoy recordado especialmente por la ley de Lenz, uno de los principios fundamentales de la inducción electromagnética. El departamento de química estaba encabezado por A. A. Woskressensky, cuyas conferencias sobre los elementos eran renombradas por su amplitud de miras. Ahora que se descubrían elementos nuevos cada pocos años, la química empezaba a reemplazar a la física en la predilección del público. Las conferencias de Woskressensky llegaban incluso a detallar las propiedades de elementos tan raros como el uranio y el rutenio (ambos descubiertos durante la década anterior). Mendeléiev absorbía con entusiasmo una enciclopédica riqueza de conocimientos químicos, pero su mente no se quedó empantanada en tamaña acumulación de datos. Incluso en aquellos primeros días, tenía una asombrosa habilidad para vincular partículas de conocimiento supuestamente aisladas. Era esta habilidad, en apariencia caprichosa, la que explicaba la originalidad de sus publicaciones científicas. Pero bajo esta brillantez superficial se estaba desarrollando un talento mucho más profundo: la capacidad de discernir un patrón en el aluvión de materiales aparentemente no relacionados.

En 1855 Mendeléiev obtuvo la calificación de profesor, junto con la medalla de oro como mejor estudiante del año. Su primera asignación fue un puesto de enseñante en Simferopol, Crimea. Normalmente, esta decisión se atribuye a la benevolencia de las autoridades: el templado clima del sur sería bueno para su salud. De hecho, fue exactamente al contrario. Puede que a Mendeléiev le gustara jugar a ser la mascota del instituto, pero también tenía un lado menos adorable. Cuando se sentía frustrado, explotaba con facilidad y en sus pataletas era capaz de calentarse hasta el punto de bailotear de ira al estilo de Rumpelstiltskin. Al parecer, en una ocasión desahogó su ira contra un funcionario del Ministerio de Educación. La venganza es un plato que se toma frío: el funcionario se guardó la ofensa y cuando Mendeléiev se graduó hizo que le enviaran a Simferopol. Mendeléiev partió hacia el sol lleno de esperanza.

Llegó a Simferopol y se topó con la guerra de Crimea en pleno auge. Toda la región había sido transformada en un vasto campamento militar y el instituto de Simferopol llevaba meses cerrado. Mendeléiev estaba desamparado, sin trabajo ni perspectivas de remuneración alguna. La consiguiente danza de Rumpelstiltskin bajo el sol ardiente no debió de sentarle bien a un hombre en su estado.

No obstante, de todo aquello había de salir algo bueno. Fue en Simferopol donde Mendeléiev conoció al hombre al que llegaría a considerar su salvador. El renombrado cirujano Perogov trabajaba en el hospital militar de la localidad. Le hizo un chequeo a Mendeléiev y diagnosticó que su enfermedad no era fatal. Lleno de entusiasmo por esta noticia, Mendeléiev no tardó en regresar a San Petersburgo. Allí, a la excepcional edad de veintidós años, fue nombrado *privat Dozent* (enseñante sin cargo ni salario, que dependía del dinero pagado por los estudiantes que asistían a su curso) en la Universidad de San Petersburgo. Entretanto, Mendeléiev continuó sus investigaciones en los laboratorios de la universidad, pero iba sintiéndose cada vez más frustrado.

A pesar de su recién hallado estatus cultural, San Petersburgo seguía estando atrasada en muchos campos. A efectos prácticos, ni allí ni en ningún otro lugar de Rusia había la menor oportunidad de realizar investigaciones científicas avanzadas. En 1859, Mendeléiev obtuvo una beca del gobierno para estudiar dos años en el extranjero. Si-

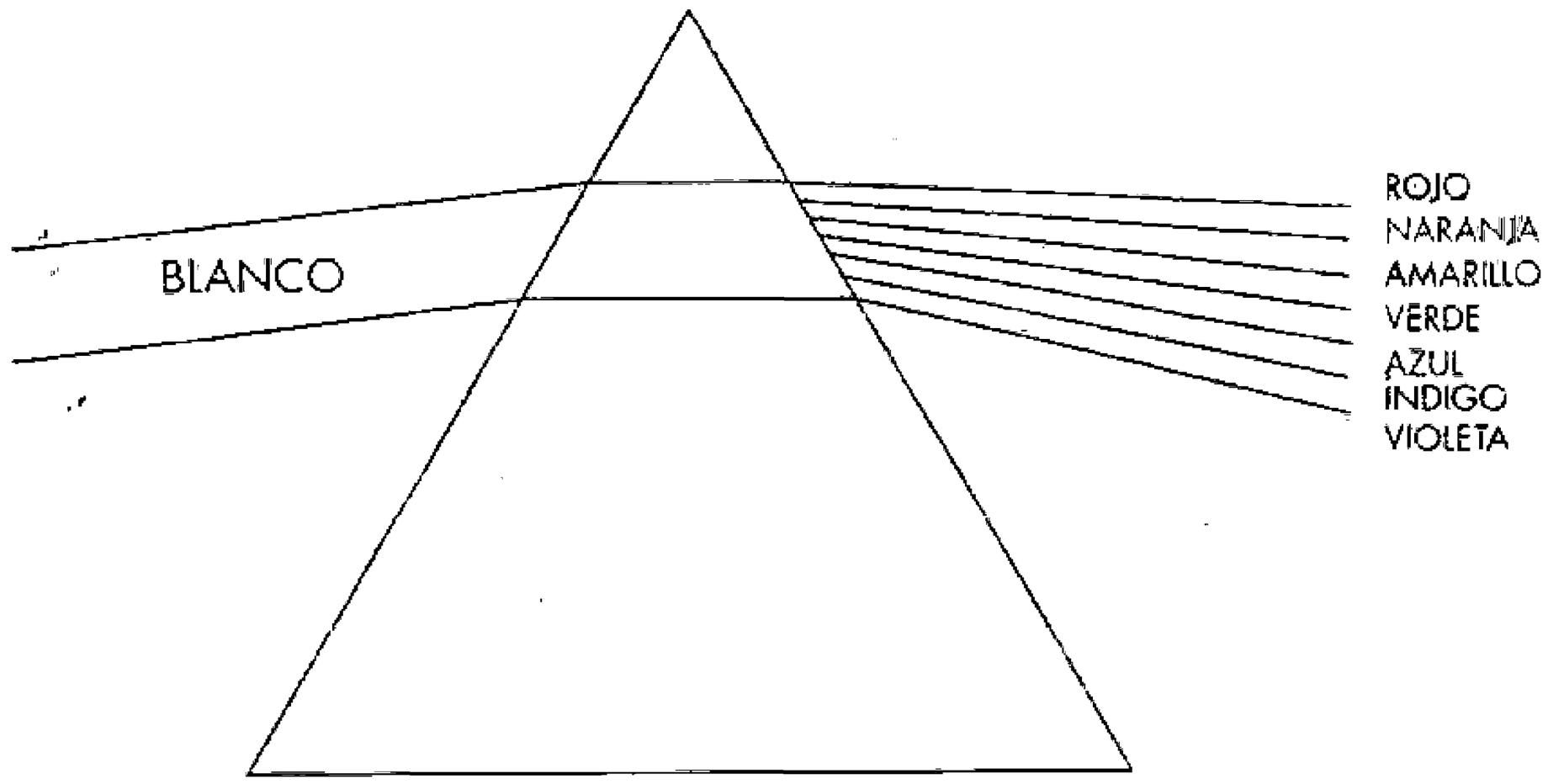
guiendo el consejo de su amigo, el químico y compositor Borodin, Mendeléiev se encaminó primero a París, donde estudió con Henry Regnault, el mejor experimentador de su tiempo. Fue Regnault el primero en establecer que el cero absoluto se correspondía con –273°C y, casi con seguridad, obtuvo otros muchos resultados experimentales muy por delante de su época. Desgraciadamente, sus extensos libros de notas de laboratorio fueron destruidos durante el periodo de anarquía que se impuso cuando los comuneros se apoderaron de París en 1871. Regnault fue incapaz de reconstruir su trabajo experimental antes de su muerte ocho años después, pero mantuvo hasta el final que había descubierto el principio de la conservación de la energía mucho antes que Joule.

Después de París, Mendeléiev partió hacia Heidelberg. Allí asistió a conferencias de Gustav Kirchoff, que según se dice era el conferenciante más aburrido de toda Alemania en la época. (Todo un logro, considerando que era la etapa dorada de la metafísica alemana, cuando los prolijos filósofos se jactaban de pronunciar conferencias repletas de frases de una página de longitud.) Pero aparte del sonido de su voz, Kirchoff era un químico brillante, que descubriría toda una serie de elementos nuevos.

Tras darse por vencido ante las conferencias de Kirchoff, Mendeléiev trabajó brevemente en Heidelberg con el socio de Kirchoff, Robert Bunsen, recordado hoy en día como inventor del mechero bunsen, que sigue presente en los laboratorios de todos los colegios. Pero el principal trabajo de Bunsen fue el desarrollo de la espectroscopía junto con Kirchoff, que se convirtió en una importante herramienta para la identificación de nuevos elementos.

Entre Kirchoff y Bunsen desarrollaron el espectroscopio, que emplea un prisma para refractar la luz. Como había mostrado Newton, cuando la luz atraviesa un prisma, las distintas longitudes de onda de las que está compuesta se refractan en diferente medida, con lo que se separan para formar un espectro de los colores que la forman. La luz blanca, por ejemplo, se convierte en un arco iris.

Kirchoff y Bunsen descubrieron que al calentar un elemento, la luz que éste emite produce su propio espectro característico de líneas de color. Por así decirlo, cada elemento tenía su propia "huella digital".



Esta investigación se vio enormemente facilitada por el nuevo mechero de Bunsen, cuya llama producía un mínimo de luz de fondo. Esto garantizaba que la "huella digital" o espectro del elemento que se calentaba en su llama no fuera "emborronada" por otra luz. En 1859, pocos meses antes de la llegada de Mendeléiev a Heidelberg, Kirchoff y Bunsen calentaron un compuesto que produjo unas líneas de espectro rojo oscuro que no se correspondían con las de ningún elemento conocido. Habían descubierto la presencia de un nuevo elemento, al que llamaron rubidio (*rubidium*, "rojo oscuro" en latín).

Kirchoff amplió entonces el método gracias a una brillante intuición. Cuando la luz atravesaba un gas, en su espectro aparecían ciertas líneas oscuras. Kirchoff descubrió que estas líneas oscuras se correspondían exactamente con las del espectro que producía el gas al calentarlo. Al parecer el gas absorbía las líneas del espectro de su propia huella digital produciendo una especie de espectro en negativo, compuesto de bandas oscuras.

Al estudiar la luz solar con el espectroscopio, Kirchoff había detectado en su espectro una serie inexplicable de bandas oscuras. La luz del sol tenía que atravesar su propia atmósfera y comprendió que aquellas bandas oscuras eran las "huellas digitales" de los elementos de la atmósfera gaseosa del sol. Con ayuda de este método, descubrió que la atmósfera del sol contenía vapor de sodio. Esto significaba que uno de los componentes del sol era el sodio. Profundizando en este

método espectroscópico, Kirchoff descubrió después media docena de elementos nuevos en la atmósfera solar que hasta entonces no se habían encontrado en la tierra. La ciencia empezaba a dar pasos inimaginables, mucho más allá del reino del mundo conocido. (Sólo un cuarto de siglo antes, el filósofo positivista francés Auguste Comte había proclamado que ciertos tipos de conocimiento permanecerían para siempre fuera del alcance de la ciencia. Por ejemplo, jamás sería posible descubrir con precisión de qué estaban hechas las estrellas. Comte murió mentalmente desquiciado en París, pocos años antes de que Kirchoff desquiciara su filosofía.)

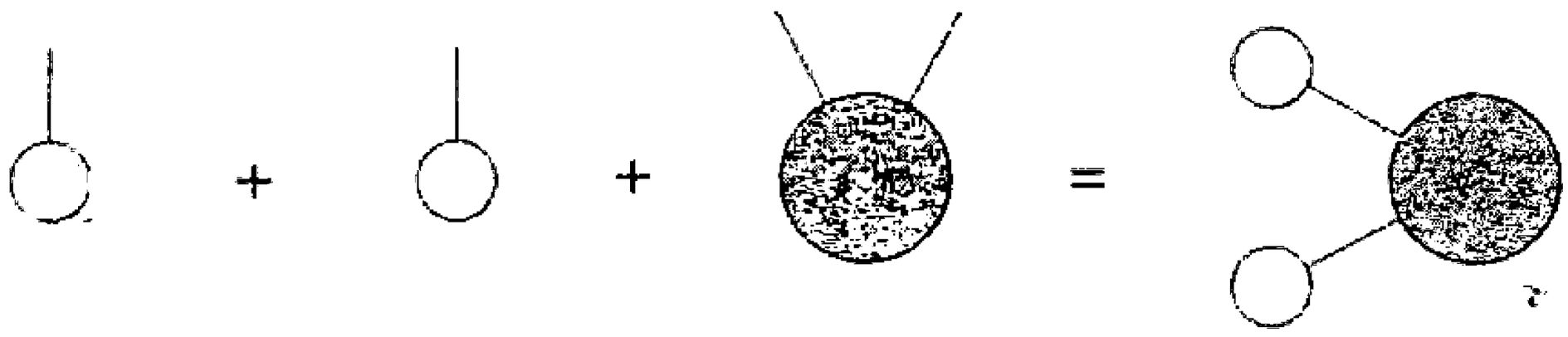
Mendeléiev se encontraba en el lugar preciso en el momento preciso. En Heidelberg sus conocimientos sobre los elementos químicos se beneficiaron grandemente de los descubrimientos que se producían a su alrededor. Al trabajar con Bunsen, tenía acceso privilegiado a los últimos avances.

Pero una vez más, su temperamento traicionó a Mendeléiev. No encajó bien con Bunsen. Otra pataleta y Mendeléiev abandonó destempladamente los laboratorios de Heidelberg jurando que jamás regresaría. El hecho de que a todos los efectos acabara de negarse a sí mismo el acceso a los mejores laboratorios químicos de Alemania, echando a perder el objetivo de su visita a Europa, no pareció preocuparle. Transformó una de las dos habitaciones de su alojamiento en un improvisado laboratorio privado y continuó sus investigaciones en casa. Allí se vio limitado a realizar experimentos concernientes al problema, aparentemente pedestre, de la solubilidad del alcohol en agua.

La capacidad de Mendeléiev para detectar similitudes entre hallazgos aparentemente dispares experimentó un impulso significativo. Desarrolló una asombrosa habilidad para detectar principios subyacentes en medio de un fárrago de hallazgos en apariencia insignificantes. Lo que comenzó como un estudio de la solubilidad del alcohol en agua (el tema de su tesis doctoral) no tardó en convertirse en una investigación sobre la naturaleza de las soluciones, que le condujo a un estudio más profundo de los átomos, las moléculas y las valencias.

Algunos elementos, como el hidrógeno, no existen en forma atómica independiente (H). El gas hidrógeno, por ejemplo, consiste en pares de átomos (H_2). Estas combinaciones de átomos reciben el nombre de moléculas, que pueden estar compuestas por elementos si-

milares o distintos. Por ejemplo, dos átomos de hidrógeno (H) se combinan con un átomo de oxígeno (O) para formar una molécula de agua (H_2O). La valencia de un átomo es la medida de su capacidad para combinarse con otros átomos. Si visualizamos un átomo como una bola, su valencia podría verse como el número de vástagos sobresalientes que le permiten enlazarse a otros átomos. Por ejemplo, el hidrógeno tiene valencia 1 y la del oxígeno es 2. Así pues:



La valencia de un elemento es tan fundamental como sus propiedades. También es una característica definitoria de un elemento. Mendeléiev percibió este punto vital poco después de empezar un estudio aparentemente menor sobre la solubilidad del alcohol en agua.

Este análisis cada vez más profundo le llevó también a un importante descubrimiento sobre los gases y sus propiedades. Cuando se reduce la temperatura y se aumenta la presión, los gases se licúan. (Así es como se disuelve el dióxido de carbono en agua para elaborar bebidas con burbujas. Todos hemos presenciado lo contrario de este proceso: todas las botellas de Cola contienen dióxido de carbono, que burbujea en forma de gas cuando se les quita la tapa, reduciendo la presión. Y cuanto más alta sea la temperatura, más burbujeará la Cola.) En su laboratorio de Heidelberg, Mendeléiev descubrió él solo que todo gas tiene una temperatura crítica. Si un gas se calienta por encima de ella, no hay presión capaz de convertirlo en líquido.

Este descubrimiento suele ser atribuido al químico irlandés Thomas Andrews, que en realidad descubrió la temperatura crítica dos años más tarde. Dado que trabajaba en obstinado aislamiento en su laboratorio privado, los hallazgos de Mendeléiev no atrajeron la atención suficiente para darles prioridad. Andrews ni siquiera llegó a conocer el informe de Mendeléiev. En este caso no hay plagio alguno.

La ciencia sigue su desarrollo al margen de las disputas sobre paternidades, pero otro tipo de desacuerdos pueden sumirla en la confusión. El cuerpo de conocimientos científicos no puede desarrollarse sin un acuerdo de estándares comunes entre los científicos. A mediados del siglo XIX, la ciencia emergente de la química se encontraba en graves dificultades. Nadie lograba ponerse de acuerdo sobre un sistema internacional común para medir los pesos de los distintos elementos.

Por supuesto, los átomos de los diferentes elementos eran demasiado pequeños para que fuera posible pesarlos individualmente. Todo el mundo aceptaba que su peso sólo podía determinarse en términos relativos. Así pues, en línea con la sugerencia de Dalton, se había acordado que todos los elementos debían medirse en relación con el más ligero conocido, el hidrógeno, al que se asignaría el peso de referencia de una unidad. Pero ¿cómo había que calcular estos pesos relativos? Una escuela abogaba por el método del peso atómico, basado en la hipótesis de Amedeo Avogadro de que a igualdad de presión y temperatura, volúmenes iguales de gas contenían el mismo número de moléculas. Lo único que había que hacer era pesar un volumen dado en comparación con un volumen similar de hidrógeno.

La otra escuela prefería el método del peso equivalente. Éste medía el peso de un elemento de acuerdo con la cantidad relativa que reaccionaba químicamente con una única cantidad de hidrógeno, o un equivalente calculable. El único problema era que los pesos atómicos y los pesos equivalentes de los elementos resultaban ser diferentes. Por ejemplo, el peso atómico del oxígeno era 16, pero su peso equivalente era 8. En los trabajos científicos cada vez era más habitual que los cálculos se realizaran sin indicar si las cifras eran pesos atómicos o pesos equivalentes. El resultado era una confusión creciente, por no mencionar el creciente peligro al nivel del laboratorio.

En septiembre de 1860 se convocó el primer congreso internacional de química en Karlsruhe, Alemania, para debatir este problema. El congreso atrajo a destacados químicos de toda Europa, además de a muchos otros que aún tenían que labrarse un nombre, como Mendeléiev. El futuro de la química dependía de sus resultados.

La posición del grupo de presión favorable al peso atómico fue planteada por el feroz y carismático químico italiano Stanislao Can-

nizzaro. Además de ser un gran científico, Cannizzaro era un gran revolucionario. Justo cuatro meses antes del congreso de Karlsruhe había abandonado su puesto como catedrático de química en Génova para sumarse a los camisas rojas de Garibaldi en Palermo. La actuación de Cannizzaro en Carlsruhe adoptó un cariz similarmente heroico. Con voz tonante, señaló a los delegados que el método del peso equivalente estaba basado en un ruinoso error de concepción. La razón por la que el peso equivalente del oxígeno era la mitad de su peso atómico era la siguiente: una unidad de volumen de moléculas de gas oxígeno pesaba 16 veces más que una de moléculas de gas hidrógeno. Pero ese mismo volumen de gas hidrógeno (H_2) reaccionaba con sólo 8 volúmenes de moléculas de gas oxígeno (O_2) para formar agua (H_2O). Circunstancias similares afectaban también a otros elementos.

Mendeléiev jamás había escuchado un discurso científico pronunciado con semejante fervor y se quedó totalmente conmocionado. «Recuerdo vívidamente la impresión que me produjeron sus discursos, que no admitían compromiso alguno y parecían presentar la verdad encarnada... La ideas de Cannizzaro [eran] las únicas que representaban al átomo como "la porción más pequeña de un elemento que se incorpora a una molécula o a su compuesto". Sólo esos pesos atómicos reales... podrían ofrecer una base para la generalización.» El modo en que Mendeléiev entendía la naturaleza del átomo y su peso atómico experimentó una significativa profundización. Sin aquella idea crucial del peso atómico, toda perspectiva de descubrir un patrón en las propiedades de los elementos se desvanecía.

En 1861, Mendeléiev regresó a San Petersburgo. Había de ser una de las fechas más significativas de la historia rusa: el zar Alejandro II decretó finalmente la liberación de los siervos. (El proyecto de ley de Wilberforce para la abolición de la esclavitud había sido aprobado por el Parlamento británico en 1833, pero el problema de la esclavitud en los estados del sur de Norteamérica no fue abordado hasta el comienzo de la guerra civil en 1861.) De un plumazo, decenas de millones de rusos dejaron de ser mera propiedad, esclavos encadenados a las tierras de sus amos. Los siervos liberados, al igual que sus nada liberales amos, se sumieron en la perplejidad. Nadie sabía qué hacer.

La enseñanza de la química en Rusia se encontraba en una situación similar, desprotegida y perpleja. Tras su regreso a San Petersburgo, Mendeléiev obtuvo un puesto de enseñante en el Instituto Técnico. Muy para su asombro descubrió que en Rusia no se habían enterado de los adelantos fundamentales en la química moderna que se estaban produciendo en toda Europa. (El desarrollo de la espectroscopía, el descubrimiento de elementos nuevos, el debate sobre el peso atómico eran tan sólo unos cuantos de los grandes acontecimientos que habían tenido lugar durante su ausencia.) El nuevo conferenciante de química, joven y entusiasta, que pronunciaba conferencias sobre los emocionantes nuevos descubrimientos en Europa, no tardó en llamar la atención. Sus ojos profundos y hundidos, su larga barba y fluida melena le convertían en una figura casi mesiánica. Pero se trataba de un nuevo tipo de mesías en Rusia: un profeta de la ciencia y el racionalismo. Cuando Mendeléiev descubrió que no existía un solo libro de texto ruso sobre la química orgánica moderna, se sentó a escribir uno, completando quinientas páginas en sólo sesenta días. Mendeléiev empezaba a labrarse un nombre y no tardó en empezar a ganar dinero.

En 1864 se convirtió en catedrático y un año después pudo arrendar una pequeña propiedad trescientos veinte kilómetros al sudeste de San Petersburgo, en Tver. La liberación de los siervos hizo que muchos terratenientes vieran cómo se venían abajo los precios de sus propiedades. Siguiendo el ejemplo de su madre, Mendeléiev instauró un programa humanista para los campesinos de su propiedad, introduciendo a la vez métodos científicos de cultivo. Cuando se hizo evidente el éxito de estos métodos, empezó a recibir visitas de campesinos vecinos. «¿Tiene usted un amuleto mágico o realmente se le dan bien este tipo de cosas?» le preguntó un receloso campesino a su nuevo vecino de la ciudad. Mendeléiev les transmitió el secreto de su "habilidad" y cooperativas de toda la provincia no tardaron en buscar su consejo sobre temas como la fabricación de queso y el rendimiento de las cosechas.

La evangelización de Mendeléiev acerca de los beneficios prácticos de la ciencia era visto con el mismo asombro por las autoridades, que mantenían un enfoque medieval respecto a tan milagrosas cuestiones. En 1867 Mendeléiev fue enviado a lugares tan alejados como Bakú en el Cáucaso (como asesor para el establecimiento de una in-

dustria petrolera) y París (para organizar el pabellón ruso en la Exposición Internacional).

A todo esto, Mendeléiev se había casado a los veintinueve años. El matrimonio le dio un hijo y una hija, pero por lo demás no fue un éxito. La necesidad de Mendeléiev de ser mimado y de que no se le contradijera en nada (la enfermedad de la mascota), junto con su genio explosivo (complejo de Rumpelstiltskin) y su propensión a retirarse a su estudio durante sesiones sobrehumanas de trabajo (el síndrome del hombre invisible) significaban que era imposible vivir con él en cualquier acepción normal de la palabra. Por fortuna, su esposa resultó ser una mujer de imaginación y recursos. Sabiamente, optó por pasar el tiempo en la propiedad de Tver, salvo cuando llegaba su marido procedente de San Petersburgo, momento en que ella y los niños partían hacia la residencia de Mendeléiev en la ciudad. De este modo pudo sobrevivir el matrimonio, rehuyendo la cohabitación que es la ruina de tantas relaciones.

A los treinta y dos años Mendeléiev fue nombrado catedrático de química general en la Universidad de San Petersburgo, un puesto excepcionalmente prestigioso para una persona tan joven. El colega responsable del departamento era el mejor químico de Rusia, Aleksandr Butlerov, que realizó trabajos pioneros sobre la estructura de los compuestos químicos. Desgraciadamente, Butlerov sucumbió a la enfermedad imperante en Rusia, el espiritismo. En interés de la ciencia, se le pidió a Mendeléiev que investigara las afirmaciones supraquímicas de Butlerov, que resultaron ser estupideces, aunque al parecer siguieron siendo amigos a pesar de su espectral desacuerdo.

El entusiasmo convencido de Mendeléiev y su aspecto excéntrico le convirtieron en un éxito inmediato entre los estudiantes. Hasta los que sabían poco de química eran capaces de apreciar las perlas de conocimiento, información anecdótica y apartes enciclopédicos (sobre cualquier tema, desde la astrofísica a la zoología, de la astronomía a la cimosis) con los que salpicaba sus conferencias. Entre sus estudiantes estaba un futuro líder anarquista, el príncipe Kropotkin, que recordaba: «El aula estaba siempre atestada con alrededor de doscientos estudiantes, muchos de los cuales, me temo, no eran capaces de seguir a Mendeléiev; pero para los pocos de nosotros que podíamos hacerlo, era un estímulo para el intelecto y una lección de pensamiento científi-

co que debió dejar trazas en su desarrollo, como las dejó en mí». Dejando a un lado el involuntario papel de Mendeléiev como estímulo intelectual en el desarrollo del anarquismo, es evidente que tenía un efecto inspirador sobre sus estudiantes. Uno de sus seguidores más perceptivos comentó: «Gracias a Mendeléiev empecé a darme cuenta de que la química era en verdad una ciencia». A los ojos de muchos, la química aún no había alcanzado la mayoría de edad. Seguía pareciendo poco más que un compendio de conocimientos técnicos prácticos y datos no relacionados desprovisto de un principio regulador general.

Mendeléiev era plenamente consciente de este defecto en su disciplina favorita. Sus conferencias sobre química podían incluir apartes variopintos sobre cualquier cosa bajo el sol, pero intelectualmente su principio guía era la síntesis. Su mente era constitucionalmente incapaz de dejar que un dato quedara aislado. En sus propias palabras: «El edificio de la ciencia no sólo requiere materiales, sino también un plano, y exige el trabajo de preparar los materiales, juntarlos, estudiar los planos y las proporciones simétricas de las diversas partes». Para Mendeléiev ése era un trabajo no sólo intelectual. «Concebir, comprender, y captar la plena simetría del edificio de la ciencia, incluyendo sus partes aún no acabadas, es equivalente a degustar ese gozo que sólo transmiten las formas más elevadas de la belleza y la verdad.» Estaba interesado en desvelar «los principios filosóficos de nuestra ciencia, que constituyen su base fundamental».

Noble sentimiento, sí señor, pero Mendeléiev no había olvidado las antipatías de su juventud. A pesar de los sentimientos citados más arriba, siguió oponiéndose implacablemente a los clásicos y a la propia filosofía. A su modo de ver, éstos sólo promovían «el autoengaño, la ilusión, la presunción y el egoísmo». Según él: «Los clasicistas sólo sirven para ser terratenientes, capitalistas, funcionarios, hombres de letras, críticos... Hoy podríamos vivir sin un Platón, pero necesitaríamos el doble de Newtons para descubrir los secretos de la naturaleza, para conducir a la vida a la armonía con las leyes de la naturaleza».

La falta de cultura de Mendeléiev (en el mejor de los casos, su actitud contraria a la cultura) quizá fuera perdonable a la vista del estado de la educación rusa durante este periodo, pero sigue siendo un ejemplo arquetípico de la arrogancia de la ciencia, actitud que ha persisti-

do hasta nuestros días. El físico cuántico estadounidense Richard Feynman expresaba con frecuencia su desdén por la "cultura", y consideraba la filosofía irrelevante e inútil. Tales actitudes están aún muy extendidas, pero Erwin Schrödinger, famoso por su "gato de Schrödinger", un austríaco de vasta cultura que fue además una de las mejores mentes científicas del siglo XX las puso en su sitio: «La ciencia es necesaria, pero no suficiente, para establecer la propia visión del mundo». El filósofo francés Comte tenía razón al afirmar que hay cosas que la ciencia jamás sabrá. En lo que erró fue en los ejemplos elegidos.

De nuevo, Mendeléiev se encontró frente al problema del atraso de Rusia. Sus conferencias versaban sobre química inorgánica, pero sus estudiantes se veían maniatados por el sencillo hecho de que no había disponible ningún libro de texto en ruso sobre el tema. Tras haber escrito el único texto sobre química orgánica moderna en un tiempo récord, Mendeléiev se dispuso a escribir el trabajo definitivo sobre química inorgánica.

Entonces, en buena medida como ahora, la química orgánica abarcaba los compuestos que forman la base de la materia viva: en general, sustancias en las que el carbono se combina con hidrógeno, oxígeno o nitrógeno. La química inorgánica abarcaba el resto, lo inerte: el estudio de las propiedades de los elementos químicos básicos y sus compuestos.

A comienzos de 1869, Mendeléiev había completado el primer volumen de los dos que pensaba escribir para *Los principios de la química*. Ésta habría de ser su obra maestra, el mejor texto de química de su era. Fue traducida a todos los grandes idiomas y continuó siendo un texto de referencia hasta los primeros años del siglo XX. Pero no se trataba de un libro de texto ortodoxo y estirado. Su estilo reflejaba en buena medida el carácter de su autor. Como sus conferencias, el texto estaba salpimentado con apartes en forma de notas a pie de página sobre una enorme variedad de temas, anécdotas químicas y especulaciones científicas. De hecho, las notas a pie de página eran más largas que el texto en sí, e incluso éste contenía abundantes perlas. No por casualidad Mendeléiev afirmaba que *Los principios* eran «su hijo predilecto», añadiendo que contenían «mi semblanza, mis experiencias... y mis más sinceras ideas científicas».

A pesar de su semejanza a su progenitor, *Los principios de la química* no era una obra excéntrica. Aquella mina de oro de información te-

nía una estructura muy definida. Los elementos y sus compuestos eran tratados conjuntamente en grupos que exhibían propiedades similares, cada uno a continuación de los anteriores. Por ejemplo, el final del primer volumen cubría el grupo de los halógenos, formado por flúor, cloro, bromo y yodo. Este grupo tomó su nombre del griego *halos* ("sal") y *-gen*. Cada miembro del grupo de los halógenos se combinaba con el sodio para producir sales que tenían propiedades muy similares. La más conocida de éstas era, por supuesto, la sal de mesa, el cloruro sódico. Los halógenos se combinaban también fácilmente con el potasio. Así pues, el paso lógico a dar era empezar el segundo volumen por los grupos de metales alcalinos, al que pertenecían el sodio y el potasio. En cálculos de Mendeléiev, éstos ocuparían los dos primeros capítulos.

La mañana del viernes 14 de febrero de 1869, estos dos capítulos estaban ya completos. Mendeléiev se enfrentaba ahora al acuciante problema de decidir qué grupo de elementos abordar a continuación. La estructra de todo su libro dependía de ello. Era necesario descubrir algún principio subyacente que permitiera ordenar los elementos. Y no había tiempo que perder: tenía que dar con él durante el fin de semana. El lunes tenía que coger el tren a Tver, donde había de pronunciar un discurso ante una delegación de fabricantes de queso, seguido de una gira de inspección por las granjas locales que duraría tres días. Si conseguía resolver el problema de los elementos, podría dedicarse de nuevo a escribir su libro nada más regresar del campo.

Mendeléiev estaba sentado a su mesa en medio del desorden de su estudio: un personaje parecido a un gnomo de cabello embravecido que se mesaba obsesivamente los pelos de la barba con los dedos de la mano izquierda. Desde las sombras, sobre su cabeza, los retratos de Galileo, Descartes, Newton y Faraday le observaban mientras su pluma arañaba el papel en medio del acechante desorden de papeles amontonados, libros y extraños dispositivos mecánicos.

Mendeléiev empezó a cribar metódicamente sus enciclopédicos conocimientos sobre los elementos químicos en busca de algún patrón de propiedades que pudiera vincular a los grupos de elementos similares. Tenía que haber una clave en alguna parte. Los elementos no podían tener una serie de propiedades aleatorias: eso sería anticientífico. Sin duda existía un orden definido de pesos atómicos, pero eso

era sólo parte de la respuesta, ya que sólo explicaba las propiedades físicas. ¿Habría algún orden entre las propiedades químicas? Chancourtois afirmaba haber descubierto algún tipo de patrón recurrente, pero de su trabajo era imposible deducir con precisión cuál era exactamente. Incluso Chancourtois reconocía que no parecía ser aplicable a todos los elementos. No hacía más que referirse a un misterioso "tornillo telúrico" que no quedaba satisfactoriamente explicado en parte alguna. Parecía evidente que el propio Chancourtois no sabía muy bien qué era lo que intentaba describir. Pero fuera lo que fuera lo que había atisbado, era evidente que le había convencido de que existía algún tipo de patrón. Mendeléiev estaba totalmente seguro de que tenía razón. Todo el peso de sus conocimientos científicos le inclinaba a favor de esa intuición. Una y otra vez se devanó los sesos. Una y otra vez intentó agrupar los elementos uno por uno para formar algún tipo de estructura. Pero una y otra vez la estructura se venía abajo como un castillo de naipes. La mañana del lunes 17 de febrero Mendeléiev no había dado aún con la respuesta.

Esa mañana, durante el desayuno, Mendeléiev ojeó las cartas que habían llegado por correo. Entre ellas había una comunicación del secretario de la cooperativa económica voluntaria de Tver, al sudeste de San Petersburgo. En ella le exponía los detalles de su inminente reunión con los fabricantes de queso, convocada para esa misma tarde. Los tres días siguientes habían sido asignados a una gira de inspección por los centros de fabricación de queso de la provincia, tal y como él había solicitado. Se habían hecho todos los preparativos para su visita.

Mendeléiev tenía que coger el tren en la estación Moscú de San Petersburgo inmediatamente después del desayuno. Su baúl de viaje estaba ya listo junto a la puerta de entrada. Fuera, el trineo tirado por un caballo esperaba en la calle cubierta de nieve.

Mendeléiev cogió la carta de la mesa, se levantó con su taza de té y se retiró al estudio. Allí volvió a sentarse a su mesa. Dio la vuelta a la carta que llevaba en la mano, soltó la taza y empezó a escribir notas en el dorso de la carta. Conocemos estos detalles porque la carta del secretario de la cooperativa económica voluntaria de Tver se ha conservado y aún luce la marca circular de la taza de té de Mendeléiev. Las anotaciones al dorso de la carta listan una serie de elementos ordenados en función de sus pesos atómicos. Es evidente que Mendeléiev

pensaba que la clave yacía en esta pista natural y obvia, el orden ascendente de pesos. Era innegable que ahí había un orden. El problema era que no parecía explicar nada, sólo que un elemento era más pesado que otro. ¿Qué pasaba entonces con los grupos de elementos con propiedades similares, como los halógenos: flúor (F), cloro (Cl), bromo (Br) y yodo (I)? Pero los pesos atómicos del grupo de los halógenos diferían mucho entre sí:

F = 19 Cl = 35 Br = 80 I = 127

Lo mismo ocurría con el grupo de elementos del oxígeno: oxígeno (O), azufre (S), selenio (Se), y telurio (Te). Éstos mostraban también propiedades químicas significativamente similares, pero sus pesos diferían como sigue:

O = 16 S = 32 Se = 79 Te = 128

Y el grupo de elementos del nitrógeno, nitrógeno (N), fósforo (P), arsénico (As) y antimonio (Sb), eran igualmente dispares en cuanto a sus pesos atómicos:

N = 14 P = 41 As = 75 Sb = 122

Pero cuando Mendeléiev listó estos tres grupos uno sobre otro en el dorso de la carta, empezó a aparecer un patrón:

F = 19	Cl = 35	Br = 80	I = 127
O = 16	S = 32	Se = 79	Te = 128
N = 14	P = 41	As = 75	Sb = 122

Leyendo desde la base de las columnas verticales, los elementos ascendían en peso atómico. Sólo el fósforo (P), en la segunda columna, y el telurio (Te) en la cuarta, no encajaban. Todos los demás lo hacían.

¿Qué significaba esto? No parecía tener el menor sentido, pero no podía ser una simple coincidencia, ¿o sí? En todo caso, sólo afectaba a una docena de elementos. Quedaban aún más de cincuenta, y seguían tan desordenados como antes.

Según A. A. Inostrantzev, un amigo que le visitó aquel día, Mendeléiev llevaba tres días con sus noches trabajando en el problema. Como sabemos, Mendeléiev era capaz de prodigiosas hazañas de concentración cuando le daba por ahí —como cuando escribió el libro de texto de quinientas páginas sobre química orgánica en tan sólo sesenta días—. Mendeléiev empezó a garabatear listas de los demás elementos, consciente de que se le acababa el tiempo. Aún tenía que coger el tren a Tver. La caligrafía de sus notas, y las frecuentes tachaduras, traicionan su creciente agitación. Estaba convencido de que estaba en el camino correcto, pero por algún motivo no alcanzaba a ver más allá.

Debió de ser en este momento cuando Mendeléiev experimentó su golpe de inspiración, estableciendo la conexión entre el problema de los elementos y su juego de cartas favorito, los solitarios. Empezó a escribir los nombres de los elementos en una serie de tarjetas en blanco, añadiendo sus pesos atómicos y sus propiedades químicas.

Es de suponer que sería más o menos en ese momento cuando se acercó a la puerta del estudio y le ordenó a su sirviente que despidiera al conductor del trineo y le dijera que volviera a tiempo para coger el tren de la tarde. Mientras el tintineo de las campanillas del trineo se desvanecía en el silencio almohadillado de nieve del exterior de la ventana, Mendeléiev empezó a concentrarse en el mar de cartas que se extendía ante él sobre la mesa.

En un diario anterior, Mendeléiev escribe que a veces, tras dar un paso hacia un descubrimiento, le invadía la excitación. Pero si luego no era capaz de seguir adelante tras su percepción inicial, se sumía en un estado de depresión profunda, que a veces le hacía estallar en lágrimas.

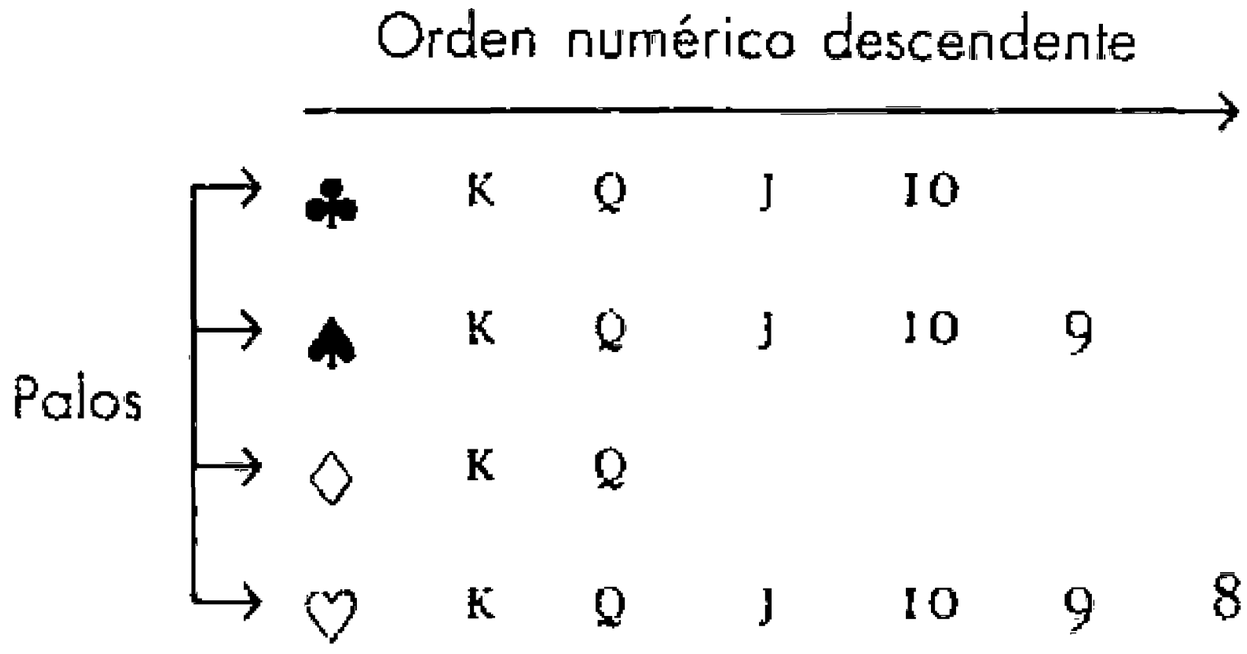
Fue en un estado de depresión similar en el que le encontró su amigo Inostrantzev cuando le fue a visitar la tarde del 17 de febrero. Mendeléiev sabía que estaba al borde de un gran descubrimiento, pero era incapaz de ir más allá. «Está todo formado en mi cabeza», se quejaba amargamente, «pero no consigo expresarlo». Agotado, apoyó su peluda cabeza en sus manos.

Pasando por alto la dudosa filosofía implícita en este comentario, no hay duda de que la frustración de Mendeléiev es fácil de percibir.

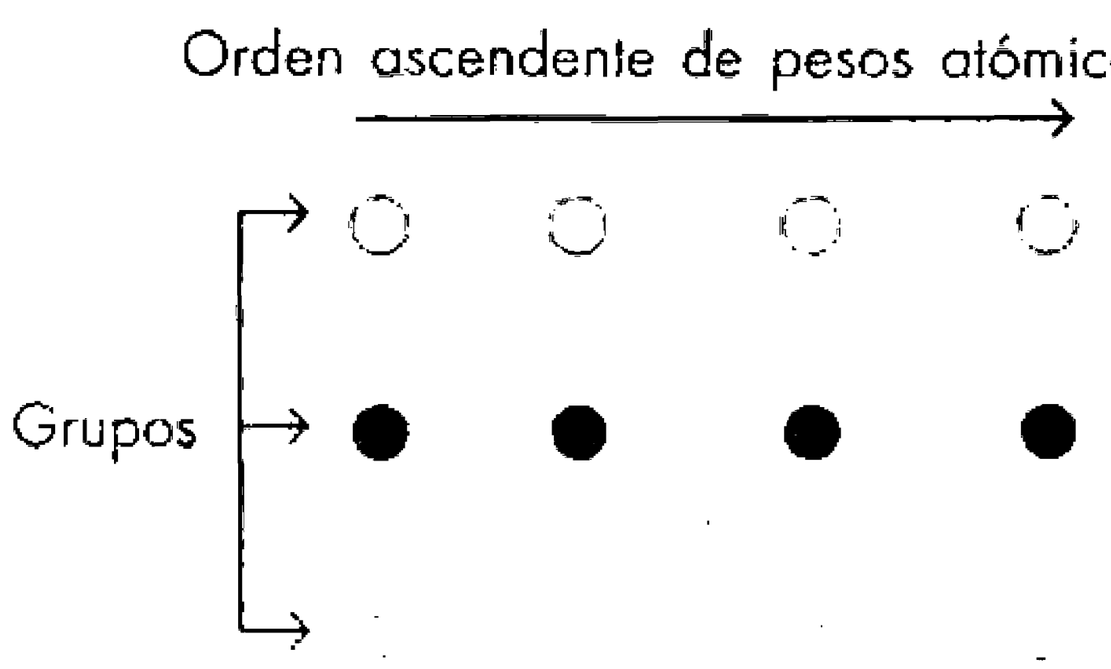
Una vez más empezaba a hacerse tarde. El tren de la tarde no tardaría en salir de la estación Moscú hacia Tver y el trineo había vuelto a aparecer en el exterior de la casa, con su conductor arrebujado para

hacer frente al frío de primera hora de la tarde, mientras la luz se iba desvaneciendo. Simplemente no había tiempo para explorar todos los caminos posibles entre el mar de cartas que se extendía ante él, no había tiempo para meditar sobre los pros y los contras de cada alternativa. Tenía que actuar rápidamente: adivinar, confiar en su intuición, decidir. Afortunadamente, la intuición de Mendeléiev era uno de sus puntos fuertes.

Lo que había percibido Mendeléiev era la similitud entre los elementos y los solitarios. En los solitarios, las cartas habían de alinearse de acuerdo con los palos y en orden numérico descendente.



Lo que Mendeléiev buscaba entre los elementos parecía ser algo muy similar: un patrón que permitiera listar los elementos en grupos de propiedades similares (como los palos de la baraja), con los elementos de cada grupo alineados en secuencia según sus pesos atómicos (haciéndose eco de la secuencia del orden numérico en cada palo):



Este juego de "solitario químico", como él lo llamaba, confirmaba de forma evidente la intuición inicial de Mendeléiev respecto al patrón emergente —aunque defectuoso— en los grupos de los halógenos, el oxígeno y el nitrógeno, y parecía apuntar aún más lejos.

A estas alturas, la nieve que caía al otro lado de la ventana había dado paso a la gélida oscuridad de la noche. A pesar de su creciente agotamiento, sabía que ahora no podía detenerse. Mendeléiev estaba poseído por la convicción de que se encontraba al borde de un descubrimiento trascendental.

Así que resulta hasta cierto punto una decepción que en este momento Mendeléiev cediera ante la fatiga. Se inclinó hacia adelante y apoyó la cabeza en los brazos en medio de las desperdigadas tarjetas de su mesa. Cayó dormido casi de inmediato y tuvo un sueño.

14. LA TABLA PERIÓDICA

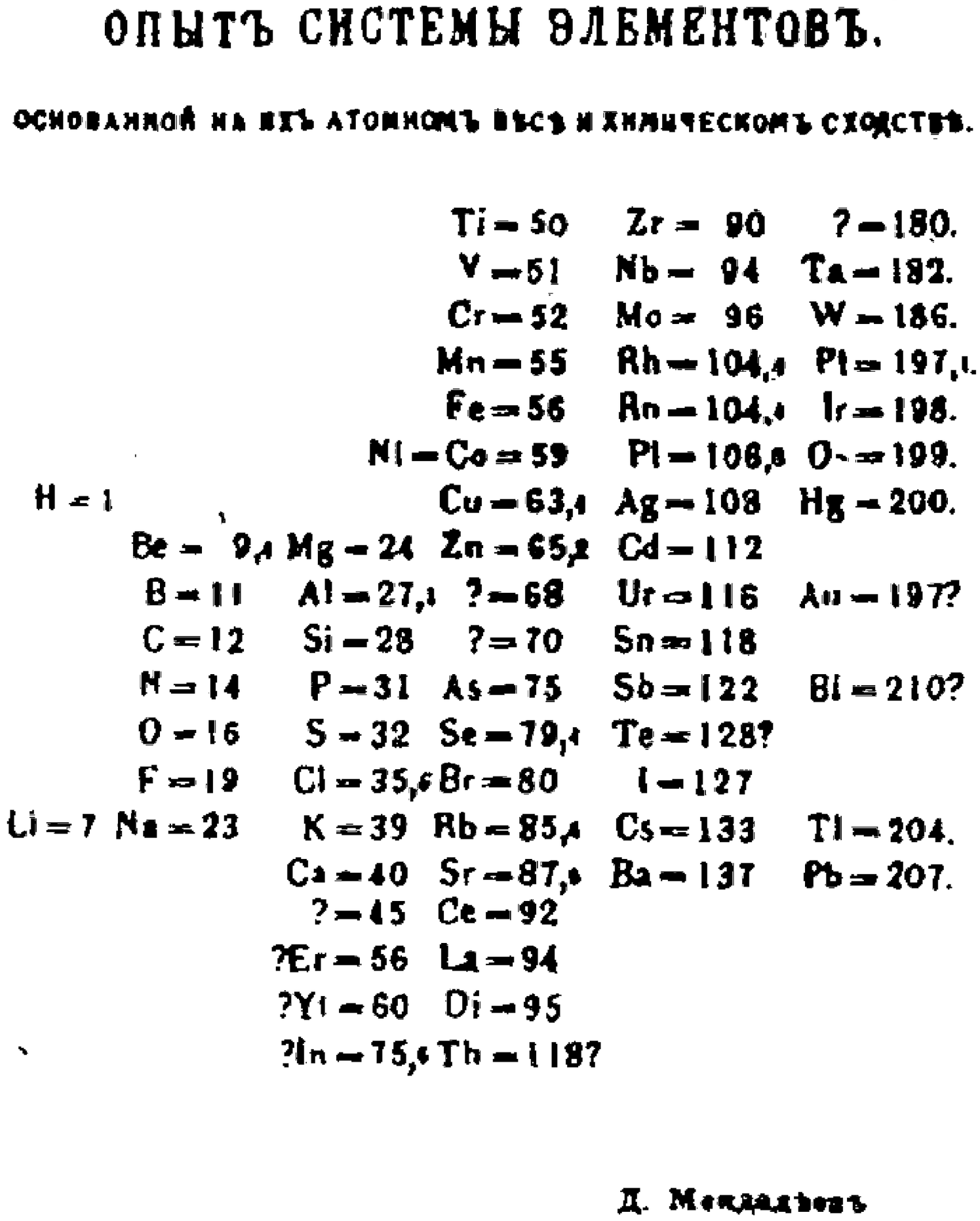
En palabras del propio Mendeléiev: «En un sueño, vi una tabla en la que todos los elementos encajaban en su lugar. Al despertar, tomé nota de todo en un papel». En su sueño, Mendeléiev había comprendido que cuando se listaban los elementos por orden de pesos atómicos, sus propiedades se repetían en una serie de intervalos periódicos. Por este motivo, llamó a su descubrimiento tabla periódica de los elementos.

En la página siguiente podemos ver el modelo de la tabla periódica de los elementos que Mendeléiev publicó dos semanas más tarde en su histórico trabajo *Una propuesta para un sistema de los elementos*. Empezando por la parte superior de la columna de la izquierda, las columnas verticales listan los elementos en orden ascendente de pesos atómicos. Las filas horizontales listan los elementos en grupos con propiedades similares.

Como puede verse, la segunda columna vertical recuerda a la ley de las octavas de Newlands, pero ésta no es en realidad aplicable a los elementos de peso atómico más elevado. De modo similar, los patrones parciales de Döbereiner y de Chancourtois quedan también explicados. La tabla periódica de Mendeléiev seguía un patrón menos rígido, pero parecía abarcar a todos los elementos conocidos.

No obstante, hasta Mendeléiev tuvo que reconocer que a primera vista parecía haber una serie de anomalías en su tabla. Para empezar, si todos los elementos se agrupaban horizontalmente en función de sus propiedades, esto significaba que algunos de sus pesos atómicos no encajaban en el orden ascendente exacto como ocurre, por ejemplo, en la base de la tercera columna vertical con el torio (Th = 118). En tales casos, Mendeléiev ponía en cuestión el peso atómico del elemento, sugiriendo que había sido incorrectamente calculado. Afirmaba, arrogante, que la ciencia estaba equivocada y él estaba en lo cierto.

Más audaz todavía fue su sugerencia para explicar otras irregularidades de su tabla periódica. Allá donde un elemento no encajaba en el patrón, se limitaba a dejar un espacio vacío. Anticipó que algún día esos espacios serían ocupados por elementos que aún no habían sido descubiertos. Por ejemplo, en la novena fila horizontal (el grupo del bismuto que comienza por B = 11), predijo que había un elemento aún no descubierto entre el aluminio (Al = 27,1) y el uranio (Ur = 116). Llamó a este elemento eka-aluminio y anunció que cuando fuera descubierto su peso atómico sería 68. Incluso llegó al extremo de predecir sus propiedades, que estarían entre las del aluminio y las del uranio. De modo similar, en el grupo del carbono que comenzaba por C = 12, la siguiente línea horizontal hacia abajo, auguró la existencia de un elemento adicional entre silicio (Si = 28) y estaño (Sn = 118),



ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

		Ti = 50	Zr = 90	? = 180.
		V = 51	Nb = 94	Ta = 182.
		Cr = 52	Mo = 96	W = 186.
		Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,1.
		Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198.
		Ni = Co = 59	Pl = 108,8	Os = 199.
H = 1		Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,1	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,6	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207.
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75,6	Th = 118?		

Д. Менделѣевъ

que indicó como ? = 70. A éste lo llamó eka-silicio, y describió también sus probables propiedades.

A pesar de las aparentes deficiencias de su tabla periódica, Mendeléiev estaba convencido de estar en lo cierto. Había otra prueba que le servía para confirmar su convicción. El patrón desvelado en su tabla periódica tenía un asombroso reflejo en la secuencia de valencias mostrada por los elementos, es decir en la medida de la capacidad de sus átomos para combinarse con otros átomos. Por ejemplo, el litio (Li = 7 en la tabla) tenía valencia 1. Es decir, si el átomo era una bola, tenía un "brazo" que le permitía unirse a otros átomos. El siguiente en la secuencia de pesos atómicos era el berilio (Be = 9,4), que tenía valencia 2, lo que le permitía unirse a otros dos átomos. El siguiente elemento, el boro (B = 11) tenía valencia 3; luego venía el carbono (C = 12), con 4. A continuación la secuencia descendía de nuevo, de modo que el orden global era el siguiente: 1, 2, 3, 4, 3, 2, 1. Este ascenso y descenso periódico se repetía más o menos a lo largo de toda la secuencia de pesos atómicos. Pero cuando los elementos se disponían en grupos horizontales de propiedades similares, tal y como él los había ordenado en su tabla periódica, los que pertenecían a los mismos grupos tendían a tener la misma valencia. Así, los elementos del grupo del nitrógeno (undécima línea horizontal desde arriba, la que comienza por N = 14) tenían valencia 3. El siguiente grupo en sentido descendente, el del oxígeno (que comienza por O = 16), tenía valencia 2; y el grupo de más abajo tenía valencia 1. Una vez más, había una serie de discrepancias en las que las valencias no parecían encajar del todo en el patrón, o que obligaban a reorganizar los elementos en otro orden, pero Mendeléiev estaba seguro de que también esas anomalías podían explicarse. Estaba convencido de que su ley periódica, como la llamó, era la respuesta. Como comentaría más tarde: «Aunque he tenido mis dudas respecto a algunos puntos oscuros, ni una sola vez he dudado de la universalidad de esta ley, porque es imposible que sea resultado del azar».

Otros no estaban tan convencidos. La supuesta "ley" era típica de la ciencia rusa: carecía por completo del rigor de sus homólogos occidentales. Sencillamente, la tabla periódica tenía demasiados agujeros. ¿Cómo podía Mendeléiev basarse en que ciertos pesos atómicos habían sido mal calculados? ¿Quién había oído hablar nunca de una teoría científica basada en errores?

Sin embargo, la tabla periódica de Mendeléiev no tardaría en ser respaldada del modo más inesperado. El científico alemán Julius Meyer publicó un trabajo en el que afirmaba que había descubierto la tabla periódica. Sin duda se trataba de algo más que de una coincidencia en el error.

Entre las vidas de Mendeléiev y Meyer hay, de hecho, algunas similitudes. Pocos años después que Mendeléiev, también Meyer había estudiado química en Heidelberg con Bunsen y Kirchoff, los renombrados inventores de la espectroscopía que habían logrado descubrir elementos nuevos en la atmósfera del sol. Aunque, al contrario que Mendeléiev, Meyer no había salido hecho un basilisco del laboratorio de Bunsen. Como resultado, había obtenido una profunda visión sobre la naturaleza de los elementos (en vez de pasarse obstinadamente las horas muertas en un laboratorio casero estudiando la solubilidad del alcohol en agua). También Meyer había asistido a la famosa conferencia de Karlsruhe en 1960 y, como Mendeléiev, se había sentido inspirado por el encendido discurso de Cannizzaro en favor de los pesos atómicos.

Siguiendo idéntico recorrido que Mendeléiev, Meyer había descubierto al fin un patrón entre los elementos, exactamente al mismo tiempo que Mendeléiev y casi igual al descubierto por éste. ¿Por qué, entonces, se le atribuye a Mendeléiev el descubrimiento de la tabla periódica? Para empezar, porque publicó su trabajo sobre el tema el 1 de marzo de 1869, sólo dos semanas después del descubrimiento original, mientras que Meyer no lo hizo hasta el año siguiente. Pero por encima de todo, porque las conclusiones de Meyer eran más inciertas. No sabía cómo justificar plenamente las anomalías de su tabla: los elementos que no estaban en orden, los que parecían no encajar en el grupo que aparentemente les correspondía, y los descarados vacíos. Cuando los críticos señalaron las discrepancias entre los hechos y la "ley" de Meyer, éste no supo cómo rebatirles. Mendeléiev, por el contrario, tomó la ofensiva. Estaba dispuesto a defender su intuición química por encima de cualquier "dato".

Como era de esperar, el mundo científico se mostró escéptico. ¿Cómo podía basarse una ley científica en descubrimientos que aún no se habían realizado? Esa confianza en la existencia de elementos químicos aún no descubiertos no era más que una fantasía. La posición de Mendeléiev empezó a tambalearse al ir pasando el tiempo sin que se descubrieran elementos nuevos con las propiedades del "eka-aluminio" o el "eka-silicio". De hecho, los años inmediatamente posteriores a 1869 habían de resultar sorprendentemente yermos en cuanto al descubrimiento de nuevos elementos. Entonces, a finales del verano de 1874, la Academia de las Ciencias de París recibió una trascendental carta del químico francés Paul Lecoq de Boisbaudran, en la que éste anunciaba: «Hace dos noches, el 24 de agosto de 1875, entre las tres y las cuatro de la mañana he descubierto un elemento nuevo en una muestra de sulfuro de zinc procedente de la mina Pierrefitte, en los Pirineos». Llamó al elemento *gallium* (galio), en honor al nombre latino de Francia, *Gallia*. (Aunque se ha sugerido que la motivación de Lecoq pudo no ser tan patriótica y desprendida como parece. En francés, *coq* significa gallo, que en latín es *gallus*.)

Se comprobó que el elemento descubierto por Lecoq tenía un peso atómico de 69, y sus propiedades indicaban que pertenecía al grupo del boro y que estaba situado entre el aluminio y el uranio. El nuevo elemento, el galio, respondía casi a la perfección a las propiedades que Mendeléiev había predicho para el eka-aluminio. Pero cuando Lecoq calculó el peso específico del galio, descubrió que era de 4,7, mientras que Mendeléiev había predicho que sería de 5,9. Se trataba de una chirriante discrepancia que no podía pasarse por alto. ¿Sería posible que las otras "predicciones" de Mendeléiev no hubieran sido más que una serie de apuestas afortunadas?

En cuanto Mendeléiev se enteró de que las pruebas de laboratorio de Lecoq no se ajustaban a sus predicciones teóricas, reaccionó de forma característica. Escribió inmediatamente a Lecoq informándole de que su muestra de galio no era suficientemente pura y sugiriéndole que repitiera el experimento con otra muestra. Lecoq, obediente, repitió su experimento con una muestra mayor, que sometió a una rigurosa purificación. Y esta vez comprobó que el peso específico del galio era de 5,9, exactamente el que había predicho Mendeléiev.

Cinco años después llegó la confirmación de que no se trataba de ninguna casualidad. Durante unos análisis rutinarios del mineral argirodita, decubierto recientemente en una mina próxima a Friburgo, el químico alemán Clemens Winkler detectó la presencia de un elemento hasta entonces desconocido. Lo llamó germanio (en honor a su país

natal). En el transcurso de varias revisiones menores de su tabla periódica, Mendeléiev había calculado que el eka-silicio no tendría un peso atómico de 70, sino que se aproximaría más a 72, aunque sus predicciones respecto a otras características permanecieron inalteradas. Sería un elemento metálico, gris oscuro, con propiedades intermedias entre las del silicio y las del estaño. Tendría un peso específico de 5,5, su óxido tendría un peso específico de 4,7 y su compuesto con el cloro tendría un peso específico de 1,9. El germanio descubierto por Winkler era una sustancia gris con brillo metálico y un peso atómico de 72,73. Su peso específico era de 5,47, su óxido tenía un peso específico de 4,7 y su cloruro tenía un peso específico de 1,887. Ya nadie podía poner en duda la ley periódica de Mendeléiev.

Con la tabla periódica, la química alcanzó la mayoría de edad. Como los axiomas de la geometría, la física newtoniana y la biología darwinista, la química tenía ahora una idea central en torno a la que construir un tipo totalmente nuevo de ciencia. Mendeléiev había clasificado los ladrillos con los que estaba construido el universo.

Mendeléiev estaba convencido de que su descubrimiento conduciría a avances trascendentales en el campo de la ciencia. Especuló con la idea de que quizá en siglos futuros su tabla periódica pudiera revelar los orígenes del universo, el patrón en el que se basaba la vida o incluso el secreto último de la materia. Esto había de ocurrir, pero en absoluto del modo en que él esperaba. Incluso en vida de Mendeléiev se descubrió que ciertos elementos de la tabla periódica podían degradarse. Mendeléiev no podía aceptarlo: para él, la tabla periódica era un absoluto. No obstante, fue la propia posición de estos elementos degradables en su tabla la que llevó a los científicos a comprender exactamente lo que estaba ocurriendo. El átomo no era la partícula última: nació la física atómica. A su vez, la física nuclear descubriría su propia colección de partículas subnucleares. ¿Sería posible que éstas se conformaran a un patrón similar al de la tabla periódica de los elementos? En 1981, el físico norteamericano Murray Gell-Mann, inspirado por el ejemplo de Mendeléiev, desarrolló una tabla de clasificación de las partículas subatómicas, que llamó la vía óctuple. Ésta agrupaba las partículas en familias que exhibían propiedades similares, de un modo que recordaba el método empleado inicialmente por

Mendeléiev para agrupar los elementos. Pero la ciencia moderna se mueve con rapidez. Hoy, la vía óctuple ha sufrido la misma suerte que la tabla periódica de Mendeléiev. Se ha descubierto que las partículas que clasifica no son absolutos. Éstas parecen consistir en entidades aún más diminutas conocidas como supercuerdas.

No obstante, a pesar del enorme alcance de estos progresos, la tabla periódica descubierta inicialmente por Mendeléiev sigue siendo la base de la química moderna. Se ha empleado para predecir las posibles propiedades de todo tipo de combinaciones moleculares de elementos atómicos. Esto resulta particularmente útil en la síntesis de complejas drogas nuevas. De modo similar, el conocimiento preciso de la capacidad de cada elemento atómico para combinarse con otros átomos ha llevado a avances espectaculares en el campo de la química. Sin tales conocimientos no habría sido posible desvelar la estructura inmensamente compleja de la molécula de ADN, el "patrón de la vida".

La corazonada de Mendeléiev de que su tabla periódica quizá ayudara a descubrir el origen del universo también estaba justificada. Los cosmólogos que especulan sobre lo que ocurrió en los segundos posteriores al Big Bang van de la aparición de partículas nucleares (en los primeros tres segundos) a la formación de los primeros átomos (un millón de años después). Cómo esos primeros átomos simples se convirtieron en la compleja estructura de la tabla periódica es el secreto de la evolución del universo. Sabemos cómo comenzó éste y Mendeléiev nos lo mostró tal y como es en el presente. El episodio vital, que sólo ahora empezamos a desentrañar, es lo que pasó entre medias.

La tabla periódica de los elementos ha experimentado varios ajustes y reordenamientos durante el siglo, más o menos, transcurrido desde el descubrimiento original de Mendeléiev. Pero las versiones modernas de la tabla periódica (de las que hay varias) siguen estando incontrovertiblemente basadas en esta estructura axial. Ha sido capaz de admitir a bordo casi el doble de los elementos que agrupaba originalmente, incluyendo un grupo totalmente nuevo y varios reagrupamientos posteriores de elementos. Hoy se sabe que las propiedades, valencias y pesos de los elementos son el resultado de la disposición de las partículas subatómicas en el seno del átomo. La física nuclear ha confirmado en general las corazonadas de Mendeléiev respecto a los

pesos atómicos, los elementos ausentes y sus propiedades, ofreciendo una explicación global basada en la más sofisticada evidencia experimental donde Mendeléiev sólo podía especular. Lo que Mendeléiev descubrió el 17 de febrero de 1869 fue la culminación de una obra épica de dos mil quinientos años de duración: una voluntariosa parábola de las aspiraciones humanas.

En 1955 se descubrió el elemento 101, que inmediatamente ocupó su lugar en la tabla periódica. Recibió el nombre de mendelevio, en reconocimiento del supremo logro de Mendeléiev. Muy apropiadamente, es un elemento inestable, proclive a la fisión nuclear espontánea.

OTRAS LECTURAS

Ya que éste pretende ser un libro de divulgación, no he incluido una lista exhaustiva de fuentes. Las citas del texto son en su mayor parte atribuidas y se mencionan muchos trabajos relevantes. A continuación, se ofrece un listado de las referencias utilizadas para cada capítulo, que pueden ser de interés para posteriores lecturas.

Unas palabras de advertencia a la hora de buscar más material: el nombre de Mendeléiev está occidentalizado respecto al alfabeto cirílico ruso. Esto ha dado lugar a una serie de ortografías diferentes. La variante que he usado (Mendeleyev) es la más lógica en el caso del inglés, y es la admitida generalmente. [En la traducción al castellano se ha optado por la variante Mendeléiev como la más extendida.] No obstante, este asunto no se ha formalizado y pueden encontrarse también las siguientes variantes (en títulos, índices, trabajos, etc.): Mendeleev (que es como firmaba él mismo en inglés), Mendeléev, Mendeléïev, Mendeleïeff, Mendeleyeff y otras.

PRÓLOGO

Kolodkine, Paul (1961), *Dmitri Mendeléïv*, París, Seghers. Una de las pocas biografías que no están en ruso.

Kedrov, B. M. (1967), "On the Question of the Psychology of Scientific Creativity (On the Occasion of the Discovery by C. I. Mendeleev of the Periodic Law)", *Soviet Review*, vol. 8, 2, pp. 26-45. Una investigación detallada de lo que ocurrió, traducida del ruso.

Leicester, Henry M. (1948), "Factors Which Led Mendeleev to the Periodic Law", *Chymia*, vol. 1.

1. EN EL PRINCIPIO

Diogenes Laertius (1980), *Lives of Eminent Philosophers*, Londres, Heineman. La principal fuente para estudiar a los filósofos de la antigüedad. Lectura muy amena, pero no siempre fiable.

Jones, W. T. (1970), *A History of Western Philosophy* (vol. 1), *The Classical Mind*, Nueva York, Harcourt Brace. De particular interés en lo referente a las ideas y la faceta científica de los filósofos de la antigüedad.
Weeks, M. E. y H. M. Leicester (1968), *The Discovery of the Elements*, Leicester, Journal of Chemical Education. Un trabajo exhaustivo, que ocupa casi quinientas páginas. Una mina de fascinante información, que he consultado permanentemente.

2. LA PRÁCTICA DE LA ALQUIMIA

Read, John (1957), *Through Alchemy to Chemistry*, Londres, Bell.
Linsay, Jack (1970), *The Origins of Alchemy*, Londres, Muller.
Afnan, Soheil M. (1958), *Avicenna: His Life and Works*, Londres, Allen & Unwin. Una fascinante biografía que emplea a fondo todo el material fiable disponible.

3. GENIO Y CHARLATANERÍA

Partington, J. R. (1962), *History of Chemistry*, Londres, Macmillan. La obra básica de referencia en cuatro volúmenes; lo he consultado en todo momento.
Gillespie, C. G., ed. (1974), *Dictionary of Scientific Biography*, Nueva York, Scribners. La obra biográfica definitiva en dieciséis volúmenes, a los que me he remitido de continuo.
Roob, Alexander (1998), *Alchemy and Mysticism*, Londres, Taschen. Setecientas páginas llenas de ilustraciones: útil como fuente de consulta general y por sus perlas de información.

4. PARACELSO

Pachter, Henry M. (1971), *Paracelsus: Magic into Science*, Nueva York, Schuman. La mejor biografía de Paracelso disponible en inglés.
Jaffe, Bernard (1998), *Crucibles; The Story of Chemistry*, Dover. Contiene un buen capítulo biográfico sobre Paracelso, así como apartados sobre otros muchos personajes destacados de la historia de la química.
La extensa entrada del volumen 10 del *Diccionary of Scientific Biography* (véase más arriba, capítulo 3) es especialmente ilustrativa.

5. PRUEBA Y ERROR

Boyer, Carl B. (1959), *The Rainbow: From Myth to Mathematics*, Nueva York. Sitúa a Dietrich von Friburgo en un contexto más amplio y desenmaraña toda la historia.

Para más detalles sobre Nicolás de Cusa, véase Gillespie, *op. cit.*, vol. 3.

Hoyle, Fred (1973), *Nicholas Copernicus*, Londres, Heinemann. Ensayo de un destacado astrónomo actual, con interesantes aportaciones profesionales.

Waley Singer, Dorothy (1950), *Giordano Bruno: His Life and Thought*, Nueva York, Schuman. Probablemente siga siendo la mejor biografía general.

6. LOS ELEMENTOS DE LA CIENCIA

Reston, James (1994), *Galileo: A Life*, Londres, Cassell. La más reciente de muchas excelentes biografías. Comparativamente breve, pero clara y concisa.

Gaukroger, Stephen (1995), *Descartes: An Intellectual Biography*, Oxford, Oxford University Press. Una explicación útil de la filosofía y la ciencia de Descartes que, a pesar del título, incluye también detalles de su vida.

Mathews, Nieves (1996), *Francis Bacon: The History of a Character Assassination*, New Haven, Yale University Press. Enmienda eficazmente muchos de los mitos surgidos en torno al nombre de Bacon.

Losee, John (1993), *A Historical Introduction to the Philosophy of Science*, Oxford, Oxford University Press. La mejor guía general sobre este tema a menudo desconcertante.

7. UNA CIENCIA RENACIDA

Maddison, R. E. W. (1969), *The Life of the Honourable Robert Boyle*, Londres, Taylor & Francis. Una buena biografía con fascinantes detalles de la época.

White, Michael (1997), *Isaac Newton: The Last Sorcerer*, Londres, Fourth Estate. Biografía reciente que se centra en los aspectos alquímicos más controvertidos del trabajo de Newton.

Redgrove, H. Stanley y I. M. L. Redgrove (1922). *Van Helmont: Alchemist, Physician, Philosopher*, Londres, William Rider. Obra corta y peculiar, pero prácticamente la única información disponible en inglés.

8. COSAS NUNCA VISTAS

Weeks y Leicester, *op. cit.* Un trabajo exhaustivo sobre el tema que incluye también detalles acerca de las vidas de los descubridores.

Friend, J. Newton (1951), *Man and the Chemical Elements*, Londres, Charles Graham. Libro muy agradable de leer sobre el descubrimiento de los elementos y sus descubridores.

No hay ninguna biografía en inglés de Karl Scheele, pero hay una buena reseña de su vida y obra en *Dictionary of Scientific Biography* (*op. cit.*), vol. XII, pp. 143-150.

Nechaev, I. y Gerald Jenkins (1997), *The Chemical Elements*, Diss, Norfolk Tarquin. Excelente trabajo breve de divulgación sobre los elementos químicos y otros muchos conocimientos científicos.

9. EL GRAN MISTERIO DEL FLOGISTO

Por desgracia, no hay ninguna biografía completa de Becher en inglés, pero sí un buen resumen de su notable vida en Jaffe, *op. cit.* (capítulo 4).

Del mismo modo, no hay disponible ninguna biografía de Stahl, aunque se incluye un breve capítulo sobre su vida en Eduard Faber, ed. (1961), *Great Chemists*, Interscience.

Gibbs, F. W. (1965), *Joseph Priestley*, Londres, Nelson. La mejor biografía de divulgación sobre un notable hombre de ciencia y de principios.

Jungnickel, Christina y Russell McCormmach (1996), *Cavendish*, American Philosophical Society. Magnífica obra sobre el hombre excepcional y su excepcional forma de hacer ciencia; numerosas y magníficas ilustraciones.

10. LA SOLUCIÓN DEL MISTERIO

Poirier, Jean-Pierre (1996), *Lavoisier: Chemist, Biology, Economist*, University of Pennsylvania Press. Biografía a gran escala, rica en detalles sobre su vida, obra y época. Traducida del francés.

Szabadvary, Férenc (1977), *Lavoisier*, Universidad de Cincinnati. Una historia más corta, pero de sencilla lectura, traducida del húngaro.
Brock, William H. (1992), *Fontana History of Chemistry*, Londres, Fontana. El mejor libro divulgativo sobre el tema, con excelentes capítulos sobre los defensores del flogisto y Lavoisier.

11. UNA FÓRMULA PARA LA QUÍMICA

Greenaway, Frank (1966), *John Dalton y el átomo*, Londres, Heinemann. Biografía de divulgación, muy fácil de leer y muy informativa, tanto por lo que respecta a la información científica como en lo relativo a la época.
Melhado, Evan y Tore Frangsmyr (1992), *Enlightenment Science in the Romantic Era*, Cambridge, Cambridge University Press. La química de Berzelius y su contexto cultural en la Europa de comienzos del siglo XIX.

12. LA BÚSQUEDA DE UNA ESTRUCTURA OCULTA

Prácticamente las únicas fuentes generales sobre Döbereiner y Chancourtois son las secciones dedicadas a ambos en el *Dictionary of Scientific Biography*, *op. cit.*

Cameron, J. A. (1948), "J. A. R. Newlands (1837-1898). A Pioneer Whom Chemists Ridiculed", *Chemical Age*, 59.

En el vol. 4, Parte 4, de *History of Chemistry* de Partington, *op. cit.*, se reseña con más detalle la búsqueda de un patrón entre los elementos.

Emsley, John (1987), "The Development of the Periodic Table", *Interdisciplinary Science Reviews*, vol. 12.

13. MENDELÉIEV

Kodiyan, Cicely (1992), *Eminent Russian Scientists*, Delhi, Konark. Biografías de grandes científicos, antes y después de Mendeléiev.

Véanse también los títulos listados para el prólogo.

van Spronsen, J. W. (1969), *The Periodic System of the Elements: A History of the First Hundred Years*, Londres, Elsevier. Esboza los avances logrados desde la época de Mendeléiev.

Mazurs, Edward G. (1974), *Graphic Representations of the Periodic System during One Hundred Years*, Universidad de Alabama. Describe cómo ha cambiado la representación de la tabla periódica desde las versiones originales de Mendeléiev.

ÍNDICE ALFABÉTICO

Academia de Berlín, 164
Académie Royale des Sciences, 164, 166, 196, 208, 209
Accademia dei Lincei, 164
acético, ácido, 32, 47
ácidos, 138-140, 156
aire, 137. 148, 150, 151
al-chemia, 29
Al-Razi, 32-37
Alberto Magno, 40, 41, 52, 76, 81
álcalis, 139, 140, 156
alcohol, 50, 51, 77, 137
Alejandría, 19, 26
Alejandro Magno, 15, 17, 19, 21, 25, 28
alquimia, 89-92, 154-160
  Edad Media, 38-54
  Imperio árabe, 19-37
  véase también Paracelso
aluminio, 221, 222
amoníaco, 192, 218
amónico, cloruro, 32, 34
Anaxímenes, 5, 6, 11
Andrews, Thomas, 236
anteojos, 105
Anticristo, 98
antimonio, 75, 77, 78, 245
aqua fortis, 47, 51
aqua vitae, 50, 51
Aquino, Tomás de, 39, 40, 52, 82, 104
árabe, alquimia, 27-37
arco iris, 81, 82, 119
Aristóteles, 15-19, 38-40, 42, 44, 58, 89, 94, 95, 104
Arnau de Villanova, 44, 50, 51
Arquímedes, 19, 108
arsénico, 11, 24, 41, 76, 245
artritis, 74
astatinio, 174
astronomía, 111-113
atómicos, pesos, XIII, 212, 213, 215, 237-239
átomos y teoría atómica, 11, 97-100, 104, 212, 213, 216, 217
Aubrey, John, 122, 123
Avicena, 35-37, 50, 58, 67, 72, 78
Avogadro, hipótesis de, 237
azufre, 11, 31, 62, 63, 175, 224-226, 245
azufre, dióxido de, 192

Babilonia, 2
Bacon, Francis, 120-135
Bacon, Roger, 41-43
Bagdad, 29, 30
bario, 169, 224
barómetro, 141
Bayle, Pierre, 139
Becher, Johann, 175-180, 203
Berzelius, Jöns, 214-220
bismuto, 76

Bizantino, Imperio, 28, 29
Boerhaave, Hermann, 180-181
Bolos de Mendes, 22
Borcouts Dirk, 111
Boyle, Conferencias, 155
Boyle, Ley de, 150
Boyle, Robert, 144-157, 163, 178
Brand, Hennig, 161-163, 165, 166
bromo, 224, 226, 243, 245
bronce, 10, 11
Bruno, Giordano, 87-90, 92-97, 100-104
Bunsen, Robert, 233, 235
Butlerov, Aleksandr, 240

calcio, 224, 226
cálculo, 164
Callinicus, 29
calórico, 207
Cannizzaro, Stanislao, 237, 238
carbono, 11
carbono, dióxido de, 137, 191, 203, 204, 218, 236
carbono, monóxido de, 50, 218
Carlos I, 147
Carlos II, 147
cartesianas, coordenadas, 118
cartesiano, método, 118, 119
catalizadores, 24
Cavendish, Henry, 184-192
Cavendish, Laboratorio, 189, 190
Celso, 58, 59
cerillas, 166
Chancourtois, Alexandre-Emile Béguyer de, 224-227, 244
China, 25, 83
Cicerón, 99
cimento, 109
círculo, cuadratura del, 84, 85
cloro, 168, 202, 214, 226, 243, 245
cobalto, 76, 77
cobre, XII, 10, 11, 20, 215
coincidentia oppositorum, 84, 85, 94
combustión, 180, 204
compuestos, 152, 153
  orgánicos, 215, 216
Comte, Auguste, 235, 242
Confucio, 4
Constantino de África, 37, 78
Constantino, Emperador, 27
Constantinopla, 27, 28, 43, 59, 60
Contrarreforma, 92
Copérnico, 14, 53, 54, 66, 80, 81, 86-88, 90, 91, 103, 109, 112
Cronstedt, Axel, 171, 172
cuatro elementos, 8-10, 15, 16, 62, 66, 67, 95, 119, 152, 153
  refutación, 187
  y *kbemeia*, 21
cuatro humores, 65-67
curio, 173
Cusa, Nicolás de, 82-86, 88, 94, 100, 103

Daguerre, Louis, 171
Dalton, John, 210-214
Dalton, Ley de, 211, 212
Davy, Humphry, 168, 169, 173, 193, 202, 220
De Rerum Natura (Lucrecio), 99, 100, 212
Decembristas, 229
deducción, 118
deductiva, lógica, 125, 126
deflogistizado, aire, 193, 195, 201, 202, 205
Demócrito, 12, 13, 97, 98, 104, 212
Descartes, René, 96, 116-120, 127, 135, 139, 141, 164
destilación, 50

diamante, 11
Diderot, Denis, *Encyclopédie*, 196
Dieta de Worms, 60
Dietrich von Freiberg, 81, 119
digestión, 139
Diocleciano, 26
Döbereiner, Johan, 222-224, 227
doctrina de las signaturas, 67, 71, 162
Donación de Constantino, 82

Eduardo II, 46
Éfeso, 6, 7
Egipto, 2, 19, 89
electrólisis, 214, 215
elementos, XII, XIII, 152-154, 161-174
  cargas, 214, 215
  cinco, 16
  cuatro; *véase* cuatro elementos
  definición, 205-208
  siete, 20, 53
  tres, 62, 63, 152, 175, 178, 179
Elhúyar, Fausto de, 170, 173
Elhúyar, José de, 170, 173
elixir de la vida, 25, 32, 48, 78
elixires, 31, 48, 50
Empédocles, 8-10, 13, 17
Encyclopédie (Diderot), 196
Enrique VIII, 121
Epicuro, 97-99
Erasmo, 63, 64, 88, 92
espectroscopía, 233-235
espíritus, 137
estaño, 10, 20, 76
estroncio, 224
éter, 16
experimentalismo, 109, 110, 128, 129, 148, 153

Facultad Invisible, 147
falacias de la mente, 126, 127
Falso Geber, 45, 47
Fenicios, 10
Ferme Générale, 196, 197, 199, 208
Feynman, Richard, 212, 242
Flamel, Nicolas, 45, 46
flogisto, 180-194, 203
flúor, 243, 245
fórmulas químicas, 218, 219
fósforo, 161-163, 165, 166, 245
fotografía, 171
Francesa, Revolución, 208, 209
Franklin, Benjamin, 191, 199
Frobenius, Johan, 63, 64, 71
fuego, 175
fuego griego, 29
fuerza, 108, 109
fuerza vital, 215, 216, 222
Fugger, Sigismund, 57
fundición, 180

G (constante gravitatoria), 188, 189
Gahn, Johann, 169
Galeno, 58, 67, 68, 72
Galileo, 101, 106-116, 118-120, 126, 135
galio, 253
gases, 138, 141, 142, 150, 151, 170
  Cavendish, trabajos de, 185-189
  propiedades, 211
  temperatura crítica, 236
Gauss, Karl, 193
Geber (Jabir ibn-Hayyan), 30-33, 45, 50
Gell-Mann, Murray, 254
geometría, 14
Germain, Sophie, 221
germanio, 253, 254
Gilbert, William, 129, 130

ginebra, 140
Gloria Mundi, 44, 45
Goethe, Johann, 223, 224
goma de borrar, 194
gota, 74
Grecia, antigua, 1-18, 21, 97, 98
Guericke, Otto von, 142-144, 162

halógenos, 243, 245
Hanckwitz, Ambrose Godfrey, 163
Harun ar-Rashid, 30, 32
Harvey, William, 123, 130, 131
Hegel, G. W. F., 94
heliocéntrica, teoría, 84, 86-88, 112
Heráclito, 6, 7, 13, 175
Hermes, 20, 29
Hermes Trismegisto, 29, 31, 52, 54, 89-91, 95
Herón de Alejandría, 150, 151
Herriot Thomas, 111
Herschel, Caroline, 221
hidrógeno, XIII, 187, 188, 213, 217-219
hidrógeno, cloruro de (ácido clorhídrico), 192
hierro, 10, 11, 20
Hipócrates, 59, 65, 74
Hjelm, Peter, 169
Hobbes, Thomas, 139
Hohenheim, Teophrastus Bombast von, *véase* Paracelso
Hood, Thomas, 111
Hooke, Ley de, 150
Hooke, Robert, 148, 150
humo, 63
Huygens, Christiaan, 139

iatroquímica, 61, 66, 67, 70
ibn-Sina (Avicena), 35-37, 50, 58, 67, 72, 78
inductiva, lógica, 126
Inostrantzev, A. A., XIV, 246
Inquisición, 92, 101-103, 115, 116, 120
intuición, 118
Isabel I, 121, 122
Islam, 4, 28-37

Ja'far, 32
Jabir ibn-Hayyan, 30-33, 45, 50
Jerónimo, San, 98, 99
John de Rupescissa, 48
Johnson, Ben, 121
Juan XXIII, Papa, 51
juliano, calendario, 85
Justiniano, 27

Kant, Immanuel, 207
Kedrov, B. M., XIV
khemeia, 19-21, 26, 29
Kirchoff, Gustav, 233-235
kohl, 77
Krafft, Johann, 163, 166

Lao-Tzé, 4
latón, 75
láudano, 75
Lavoisier, Anne-Marie, 197-200, 203, 221
Lavoisier, Antoine, 188, 193, 195-209, 217, 219, 227
Lecoq de Boisbaudran, Paul, 253, 254
Leibniz, Gottfried Wilhelm, 93, 156, 164-166
Lenz, Emil, 231
Leonardo da Vinci, 41, 103
Leucipo, 11, 97
Lippershey, Hans, 105
Llull, Ramón, 46, 93-95

Locke, John, 139, 159
Lovelace, Ada, 221
Lucrecio, 98-100
Lundström, J. E., 166
Lutero, Martín, 60, 65, 68, 69

Mach, Ernst, 216
Magdeburgo, hemisferios de, 143, 144
magnesio, 226
mago, 78
Mahoma, 28
manganeso, 169
Maquiavelo, 122
máquina de vapor, 151
Marat, Jean-Paul, 208, 209
Maratón, 6
Mariotte, Edmé, 150
Marlowe, Christopher, 111, 121
Marx, Karl, 94
materialismo dialéctico, 94
Maxwell, James, 189, 190
mecánica, 108, 109
mendelevio, 256
Mendeléiev, Dimitri,
  apariencia, XI, XII
  educación, 229-232
  escritos, 239, 242, 243
  Heidelberg, 233-238
  juventud de, 228-230
  Karlsruhe, conferencia de, 238
  matrimonio, 240
  París, 233
  San Petersburgo, 230-232, 238-240
  temperamento, XIV, 232, 235
  trabajo docente, 232, 239-242
  trabajo sobre la tabla periódica, XIII-XV, 243-256
  trabajos de asesoría, 239, 240
  variaciones de su nombre, 257
mercurio, 11, 20, 31, 62, 63, 73, 75, 170, 175, 192
método dialéctico, 94
Meyer, Julius, 252
Milesia, escuela, 5
Mileto, 1-6
misoginia en la ciencia, 133, 134, 146, 159, 160
Mocenigo, Zuan, 101, 106
moléculas, 152, 153, 235, 236
molibdeno, 169
Moro, Thomas, *Utopia*, 132
música de las esferas, 17
musulmanes, 28-37

nestorianos, 27, 29
New Atlantis, The (Francis Bacon), 132-134
Newlands, John, 225-227
Newton, Isaac, 91, 130, 146, 156-159, 164, 165, 183, 188, 189
níquel, 171, 172
nítrico, ácido, 32, 47, 51
nitrógeno, 170, 218, 245
nitrógeno, óxido de, 192
nomenclatura, 205, 206, 217-219
Novum Organum (Francis Bacon), 125
numerología, 225

octavas, ley de las, 226, 227, 249
Oporinus, 68-70
Opticks (Newton), 157, 164
oro, XII, 10, 20-25, 46-48, 53, 154, 155, 218
Oscurantismo, Era del, 28
oxidación, 204
oxígeno, 170, 192-194, 202-204, 218, 245

Paracelso, 55-80, 88, 90, 136, 162, 175
Paré, Ambroise, 57
partículas nucleares, 254
Pascal, Blaise, 141, 146, 164
patentes, 163
perspicillium, 105, 106, 111
pesos equivalentes, 237, 238
peste negra, 38
Physica Subterranea (Becher), 178, 179
piedra filosofal, 44, 45, 50, 78, 136, 154, 155, 162
Pitágoras, 4-6, 8, 9, 83
planetas, 20, 53, 66
plata, 10, 20, 53, 218
platino, 173
Platón, 13-15, 53, 89
Pléyades, 112
plomo, XIII, 10, 20, 76
pólvora, 42
potasio, 220, 226
presión atmosférica, 141
Priestley, Joseph, 170, 187, 190-195, 201, 202, 210
Principia (Newton), 156
principios de química, Los (Mendeléiev), 242
prisca theologia, 89, 95
Proust, Louis-Joseph, 211

Raleigh, Walter, 111
Ramsay, William, XI
Regnault, Henri, 233
respiración, 203
Rhazes (Al-Razi), 32-37
Rochelle, sal de, 74
Romano, Imperio, 21, 26, 27, 98-100
Royal Society, 134, 159, 160, 163-165, 213
rubidio, XII, 234
rutenio, 231
Rutherford, Daniel, 170

sal, 62, 63, 175
sal amoniacal, 32, 34
Sanches, Francisco, 96
Sceptical Chymist, The (Boyle), 151, 152
Scheele, Karl, 166-171, 193
Schrödinger, Erwin, 242
secreto de los secretos, El (Al-Razi), 33, 34
selenio, 217, 224, 226, 245
serio, 217
Shakespeare, William, 120, 121
sífilis, 73
Sócrates, 13, 14
soda, agua de, 191, 193
sodio, 220, 226, 234
Solomon House, 134, 163
Spinoza, Baruch, 139, 146
spiritus sylvester, 137, 138, 150
Stahl, Georg, 179-184, 203, 221
Suecia, 169
sulfúrico, ácido, 47
supercuerdas, 255
Sylvius, Franciscus, 139-141

Tabla Periódica, XIII-XVI, 243-256
tablilla esmeralda, La (Hermes Trismegisto), 29, 30, 32, 52, 53
Tachenius, 140
Tales de Mileto, 1-6, 11, 136
taoísmo, 4
Tapputi, 10
tártaro, 74
telescopio, 105-107, 111-113
telúrico, tornillo, 225, 244
telurio, 224, 245

temperatura crítica, 236
terra fluida, 178
terra lapida, 178
terra pinguis, 178-180
Thölde, Johan, 77
Thoth, 20, 29
Tierra, masa de la, 188, 189
torio, 217
Torricelli, Evangelista, 141, 142
Treinta años, guerra de los, 116, 117
tres principios, 62, 63
tríadas, 224
Trithemius, 57
tungsteno, 170

Ulloa, Antonio de, 172, 173
uranio, 231
urea, 222
Utopia (Moro), 132

vacío, 142-144, 148, 201
valencia, 236, 251
Valentinus, Basil, 77, 78
van Helmont, Jan Baptista, 135-139, 141, 146, 183
vapores, 137, 138
Venus, 112
Virgilio, 100
vitalismo, 215, 216, 222
vitriolo, 47
Volta, Alessandro, 214

Watt, James, 187
Winkler, Clemens, 253
Wöhler, Friedrich, 221
Woskressensky, A. A., 231

yodo, 226, 243, 245

zinc, 75
zoroastrianismo, 4, 27, 28
Zósimo de Panópolis, 22-24, 26

FILÓSOFOS EN 90 MINUTOS

«Filósofos en 90 minutos» es una nueva serie de libros desenfadados y distintos que presentan la vida y la obra de los filósofos más importantes. En un relato a la vez estimulante e informativo, Paul Strathern ha entretejido en el texto las ideas principales de aquéllos, de manera que son comprensibles tanto por estudiantes de filosofía como por los que no lo son.

STRATHERN, P.

Aristóteles en 90 minutos. 72 pp.
Descartes en 90 minutos. 80 pp.
Hegel en 90 minutos. 96 pp.
Hume en 90 minutos. 88 pp.
Kant en 90 minutos. 88 pp.
Kierkegaard en 90 minutos. 104 pp.
Locke en 90 minutos. 80 pp.
Maquiavelo en 90 minutos. 104 pp.
Nietzsche en 90 minutos. 88 pp.
Platón en 90 minutos. 72 pp.
San Agustín en 90 minutos. 88 pp.
Sartre en 90 minutos. 104 pp.
Sócrates en 90 minutos. 90 pp.
Tomás de Aquino en 90 minutos. 96 pp.
Wittgenstein en 90 minutos. 80 pp.

LOS CIENTÍFICOS Y SUS DESCUBRIMIENTOS

«Los científicos y sus descubrimientos» es una fascinante colección de libros de divulgación científica dirigidos tanto a especialistas como a profanos. La ciencia alcanza su punto culminante cuando se producen los grandes descubrimientos. Cada título de esta colección analiza en profundidad uno de esos grandes momentos que han contribuido a aumentar el acervo científico de la humanidad y a los hombres y mujeres que han logrado cambiar completamente nuestra concepción del universo y el lugar que en él ocupamos.

STRATHERN, P.

Arquímedes y la palanca. 96 pp.
Bohr y la teoría cuántica. 112 pp.
Crick, Watson y el ADN. 112 pp.
Curie y la radiactividad. 96 pp.
Darwin y la evolución. 96 pp.
Einstein y la relatividad. 96 pp.
Galileo y el sistema solar. 104 pp.
Hawking y los agujeros negros. 96 pp.
Newton y la gravedad, 104 pp.
Oppenheimer y la bomba atómica. 104 pp.
Pitágoras y su teorema, 96 pp.
Turing y el ordenador. 104 pp.