

HUELLAS DE UNA CIENCIA CREATIVA



La Química en el Fondo Histórico
de la Biblioteca de la Universidad de La Laguna

Textos: Jesús Sánchez Navarro, Miguel Hernández González, Inmaculada Perdomo Reyes.
FUNDACIÓN CANARIA OROTAVA DE HISTORIA DE LA CIENCIA

Organización y catalogación: Paz Fernández Palomeque, María Luisa Morales Ayala.

Diseño y maquetación: PROP-ART

Fotomecánica e impresión: Producciones Gráficas

HUELLAS DE UNA CIENCIA CREATIVA

La Química en los fondos antiguos de la Biblioteca de la ULL

La edición de 2003 de la *Encyclopaedia Britannica* define la Química como *la ciencia que estudia las propiedades, composición y estructura de las sustancias, las transformaciones que sufren y la energía que es liberada*. Aunque el nacimiento de la Química como disciplina científica se asocia habitualmente con la obra de Lavoisier a finales del siglo XVIII, el interés por conocer y comprender *las propiedades, composición y estructura de las sustancias y las transformaciones que sufren* ha existido desde el comienzo de la civilización. Sea a través de la manipulación artesanal y el conocimiento puramente empírico derivado del trabajo con metales, la búsqueda de tintes y pigmentos o la elaboración de sustancias medicinales, sea a través de la reflexión filosófica o la especulación mágico-religiosa acerca de la naturaleza de la materia y la forma de dominarla, la química, o algo muy parecido a ella, ha acompañado al hombre a través de la historia. Tal disparidad de orígenes y enfoques hizo que su evolución fuera compleja, alambicada y a veces caótica y que sólo a finales del siglo XVIII, merced a la obra de Lavoisier y la escuela francesa y, posteriormente, de hombres como Dalton o Berzelius, alcanzara el rigor y la sistematicidad característicos de la ciencia, pero no es menos cierto que todos esos desarrollos anteriores fueron imprescindibles y abrieron el camino que condujo a lo que hoy llamamos Química.

El objetivo de esta exposición es dar a conocer algunos de los libros impresos entre el siglo XV y comienzos del siglo XIX que se conservan en la Biblioteca de la Universidad de La Laguna y que ilustran el desarrollo de la Química durante ese complejo periodo. Precisamente porque estos libros constituyen joyas bibliográficas editadas hace siglos, que no son accesibles normalmente al público en general, nada más oportuno para conmemorar el Día del Libro que mostrar algunas de las obras que contribuyeron a conformar la rica y dilatada historia de esta disciplina.

EL PERIODO GRECO-LATINO

Un tema recurrente en los primeros filósofos griegos es el intento de explicar la naturaleza de la materia y el origen de las propiedades de los cuerpos, así como las causas de sus transformaciones y cambios. En torno al siglo V a.C. se propusieron dos explicaciones alternativas que correrían suertes muy dispares con el paso del tiempo. La primera de ellas afirmaba que las propiedades de los cuerpos son el resultado de la combinación de cuatro sustancias primigenias. Estos cuatro elementos primordiales, llamados *tierra, agua, aire y fuego*, no podían descomponerse en otros más simples y su combinación en distintas proporciones era lo que hacía que un cuerpo tuviera unas propiedades determinadas. Aunque la teoría de los cuatro elementos puede rastrearse hasta Empédocles (c.494-c.434 a.C.) y Platón (427-347 a.C.), fue ARISTÓTELES (384-322 a.C.) quien le dio su forma definitiva en la *Física* y en los *Meteorológicos* y, siguiendo el *Timeo* de Platón, los asoció con dos pares de propiedades empíricas opuestas: frío-calor y seco-húmedo, de manera que la tierra era fría y seca, el agua fría y húmeda, el aire caliente y húmedo y el fuego caliente y seco. Las transformaciones producidas en las propiedades de las cosas se explicaban mediante el intercambio de estas propiedades características de los elementos. Un corolario de la teoría era que los propios

elementos, aún siendo simples y primigenios, podían transformarse unos en otros al intercambiar alguna o ambas propiedades. Pese a su simplicidad y su carácter básicamente cualitativo, la teoría era muy intuitiva y tenía un elevado componente práctico. Combinada con la teoría aristotélica de los lugares naturales y con los principios de potencia y acto y materia y forma permitía explicar no sólo las propiedades de los cuerpos, sino también sus características físicas e incluso biológicas. Con el paso del tiempo se asoció con la teoría médica de los cuatro humores (sangre, flema, bilis amarilla y bilis negra), con lo que acabó convirtiéndose casi en una cosmovisión. Todo ello, unido al prestigio del nombre de Aristóteles, hizo que la teoría fuera el paradigma dominante hasta bien entrado el siglo XVI. En otro de sus libros, *Sobre el cielo*, Aristóteles introdujo un quinto elemento, el *éter*, un fluido imponderable que sería la sustancia de que estarían hechos los cielos y los astros. También simple y primigenio, se caracterizaba por ser perfecto, incorruptible y eterno, por lo que no podía transformarse en ninguno de los otros cuatro. En esta exposición mostramos la versión latina de *Sobre el cielo*, *Aristotelis Stagiritae de coelo et mundo*, editada en Venecia en 1549 y la traducción latina y el comentario de Domingo de Soto de la *Física* editados en Salamanca en 1555.

La otra alternativa la propusieron los filósofos atomistas Leucipo (floreció en torno a 450 a.C.) y Demócrito (c. 460-c. 370 a.C.) y afirmaba que todas las cosas y sus cualidades secundarias son el resultado de la combinación e interacción de minúsculas partículas materiales en constante movimiento dentro de un vacío infinito. Estas partículas eran sólidas, indestructibles, impenetrables e indivisibles, de ahí su nombre de átomos, y diferían entre sí por su forma y tamaño. La infinita variedad de formas de los átomos era lo que hacía que se combinaran o repelieran al impactar entre sí dando lugar a los cuerpos macroscópicos; la forma, el tamaño y la posición de los átomos en la combinación determinaban las cualidades sensibles de

los objetos resultantes. Igualmente, los cambios en los cuerpos se explicaban por la acreción, separación o cambio de disposición de sus átomos componentes. Tanto los átomos como su movimiento eran eternos y carecían de causa, pero estaban sometidos a leyes inmutables de la naturaleza. Epicuro (341-270 a.C.) y su escuela recogieron la teoría como núcleo físico de su doctrina e introdujeron algunas modificaciones para adaptarla a sus principios filosóficos. La más importante de estas modificaciones consistía en introducir un principio de azar dentro del determinismo estricto de la teoría de Leucipo y Demócrito: al moverse inicialmente en línea recta, los átomos tendían a desviarse ligeramente de su trayectoria. Esta desviación, llamada «clinamen», era instantánea, espontánea e impredecible, permitía explicar cómo empezaron a producirse las colisiones y, sobre todo, daba cuenta de la existencia de la libertad y la voluntad, tan fundamentales en la filosofía epicúrea, manteniendo el modelo mecanicista. Uno de los seguidores de Epicuro, el poeta Tito LUCRECIO Caro (c. 95-55 a.C.), fue quien llevó a cabo la descripción más completa de la teoría y se convirtió en su más influyente divulgador con su obra *De rerum natura* (*Sobre la naturaleza de las cosas*), un largo poema en hexámetros dividido en 6 libros que ha sido considerado el poema «científico» más importante escrito nunca. En el poema, Lucrecio lleva a cabo una encendida defensa de Epicuro y su filosofía; explica la teoría atómica, la forma en que los átomos producen las cualidades sensibles de los cuerpos y la existencia de una pluralidad de mundos (libro II); la composición atómica del alma y la naturaleza de la muerte (libro III); los mecanismos del pensamiento, las sensaciones y el sexo (libro IV); la formación del mundo, el nacimiento de la vida, la consolidación de plantas y animales por adaptación a la supervivencia, la aparición del hombre y el desarrollo de las instituciones sociales y la técnica (libro V) y, finalmente, la causa de múltiples fenómenos naturales, desde la lluvia o las nubes a la atracción y repulsión magnéticas (libro VI). En suma, el poema es un alarde de especulación imaginati-

va y un ejercicio impecable de la potencia explicativa de la teoría atomista, que se mostraba como una cosmovisión alternativa a la teoría de los cuatro elementos. No obstante, fue poco aceptada debido a su carácter fuertemente especulativo y a la naturaleza contraintuitiva de sus asunciones básicas, como que las cualidades y su intensidad pudieran explicarse cuantitativamente, la existencia natural del vacío o el universo infinito, cuestiones todas ellas enormemente problemáticas en la época. Además, su mecanicismo fue un obstáculo para su aceptación por una cultura como la greco-romana para la cual las explicaciones mecánicas eran de segundo orden y sólo se justificaban por su efectividad técnica o práctica, algo de lo que carecía el atomismo. Posteriormente el problema fue religioso, dado su fuerte componente materialista y su asociación con el epicureísmo. Sólo a partir de la Revolución Científica se recuperaría de la mano de Gassendi. En esta exposición mostramos un ejemplar relativamente reciente del poema de Lucrecio, *Titi Lucretii Cari de rerum natura*, editado en Leipzig en 1884.

Paralelamente a estas especulaciones teóricas se habían ido desarrollando desde tiempos remotos conocimientos prácticos relacionados con la obtención de productos derivados de minerales, plantas o animales, que pudieran utilizarse en beneficio humano. En realidad, estas habilidades existieron también en otras culturas, como en el caso de Egipto donde alcanzaron un nivel muy elevado. A veces incluso iban acompañadas de ciertas teorizaciones elementales, lo que ha llevado a hablar de una alquimia china o hindú. Pero es dentro de la cultura greco-romana donde se comenzaron a recopilar y sistematizar conscientemente a partir del siglo II a.C. Una parte muy importante de estos conocimientos estaba relacionada con la obtención, utilización y conservación de drogas y medicamentos y se integraba en un complejo conglomerado de conocimientos químicos, botánicos y farmacéuticos articulado en torno a y al servicio de la medicina. Tal es el caso de Nicandro de Colo-

fón, que estudió los venenos, o Crateuas (s. I a.C.), que estudió los efectos de los minerales sobre el cuerpo humano y escribió un famoso herbario. Pero el ejemplo más representativo es DIOSCÓRIDES (40-90 d.C.) autor de escritos como *Sobre los animales venenosos*, *Farmacognosia*, *Sobre las propiedades beneficiosas o equilibrantes de las medicinas* o *Sobre los simples*, en los que describe diversas enfermedades y los medicamentos usados para tratarlas. No obstante, su obra más importante es *De materia medica*, dedicada a estudiar el uso terapéutico y la preparación, conservación, propiedades y demostración de productos derivados fundamentalmente de plantas, aunque también de animales y minerales, lo que la convierte en la primera farmacopea sistemática. El método que utiliza es canónico: bajo el nombre de la planta (y su ilustración, en las ediciones posteriores al s. V) sigue su descripción, su lugar de origen y hábitat, el método de preparación de los productos derivados y su uso médico, describiendo así hasta 600 plantas y 1000 preparados. La obra está articulada en 5 libros, el primero de los cuales se dedica a preparados medicinales derivados de raíces, semillas y extractos de plantas e incluye bálsamos, ungüentos, aceites, secreciones de árboles, resinas y frutas hasta un total de 517; el segundo a productos animales, como leche, miel o grasas, incluyendo vegetales y plantas de bosque y señalando su valor dietético y medicinal, hasta un número de 142; el tercero a óleos, perfumes y esencias obtenidos de raíces, hierbas y semillas; el cuarto es una continuación del tercero, pero dedicada a derivados de árboles, y el quinto a vinos, aguas, minerales y medicinas inorgánicas. El libro constituyó el principal texto farmacológico y la fuente clásica de terminología botánica hasta el siglo XVI. El ejemplar que mostramos es la versión española de Andrés Laguna editada en Salamanca en 1586.

La otra gran fuente de conocimientos prácticos estaba relacionada con la obtención de productos y sustancias útiles en general, desde materiales de construcción hasta pigmentos y

pinturas. Así, Teofrasto (c. 370-c. 285 a.C.) escribió un pequeño tratado, titulado *Sobre las piedras*, en el que describe diversos minerales y los productos derivados de ellos y otro, *Sobre los olores*, dedicado a los perfumes y ungüentos y sus métodos de extracción y conservación. Igualmente, Vitrubio (siglo I a.C.), autor de un tratado, *De architectura*, que tuvo una enorme influencia en el Renacimiento, dedica el segundo de los 10 libros que lo componen a un estudio de los materiales de construcción (ladrillo, argamasa, yeso, cal, etc.) y la forma de fabricarlos, incluyendo una disertación sobre los cuatro elementos, y el séptimo a un completo análisis de pigmentos y pinturas para la decoración interior de edificios. Pero el caso más representativo es el de Cayo Plinio Segundo, PLINIO EL VIEJO (23-79 d.C.), un polígrafo romano que, según la biografía de su sobrino y ahijado Plinio el Joven, escribió obras tan dispares como *Sobre el uso de la jabalina por la caballería*, *Las guerras de Germania* o *Sobre las dificultades de la lengua latina*. La única de sus obras que se ha conservado es la *Historia natural*, una monumental enciclopedia en 37 libros en la que intentaba recoger todo el conocimiento de su época, desde la cosmología, la astronomía o la geografía hasta la medicina, la agricultura y la metalurgia, pasando por la botánica, la zoología y la mineralogía. Aunque se trata de una compilación erudita de conocimientos anteriores derivados de más de 200 fuentes, que va citando al final de cada libro y que acepta sin ningún tipo de análisis crítico, lo que le lleva a mezclar descripciones precisas con suposiciones legendarias y errores de bulto, es una importante fuente de información sobre los conocimientos y, sobre todo, las creencias asumidas culturalmente en la época. Específicamente, y en relación al tema que nos ocupa, el libro 22 está dedicado a hierbas y venenos; del 23 al 27 a medicamentos derivados de plantas; del 28 al 32 a medicamentos derivados de animales, incluyendo hechizos y pociones mágicas y, en la parte final del libro 32, aguas medicinales y sales; el 33 y 34 a los metales, su producción y su uso y el 35 a pinturas y pigmentos. El ejemplar que se expone fue editado en Venecia en 1559.



Manget. Jean-Jacques: *Bibliotheca chemica curiosa*... - Coloniae Allobrogum: Sumpt. Chouet ... [et al.], 1702

LA ALQUIMIA

La combinación de estas dos grandes corrientes, una filosófico-especulativa y otra de conocimientos empírico-prácticos, dio lugar a uno de los saberes más oscuros, complejos y polémicos que hayan existido nunca: la Alquimia. Aunque se ha hablado también de una alquimia china e hindú, el origen de la alquimia que se extendería por Europa hasta el siglo XVIII parece estar relacionado con conocimientos artesanales egipcios acerca de la fabricación de imitaciones de oro, plata y piedras preciosas, la preparación de aleaciones y diversas técnicas para colorear metales y darles apariencia de oro y plata. Esta sería su base empírica. La base teórica estaría constituida por la teoría de los cuatro elementos y las cuatro naturalezas (caliente, frío, húmedo, seco), especialmente la transmutabilidad de unos elementos en otros, y por ende de unas sustancias en otras, mediante la manipulación y modificación de esas naturalezas y sus proporciones. Aunque las leyendas tejidas por árabes y medievales remontan sus orígenes a figuras míticas, como María la Judía, Cleopatra, Ostanos o Hermes Trismegisto, los escritos más antiguos de que se tiene noticia son los del Pseudo-Demócrito, un extraño personaje que firmaba sus obras bajo el nombre de Demócrito y al que a veces se ha identificado con Bolos de Mendes, un egipcio helenizado del s. II a.C. Su obra *Física y mística* recoge diversas recetas para la fabricación de oro, plata, gemas y tintes, pero asumiendo desde un primer momento la transmutación de la materia, cuyas fases se pueden rastrear a través de los cambios de color, y la intención de replicar en el taller los procesos naturales de la formación de las sustancias. No obstante, el primer personaje del que existe constancia histórica es Zósimo de Panópolis, que vivió en torno al 300 d.C. y escribió una enciclopedia en 28 libros en la que compilaba y comentaba todo el conocimiento alquímico anterior, aunque sólo se han conservado 5 libros. A diferencia del Pseudo-Demócrito, los escritos de Zósimo poseen ya todos los elemen-

tos característicos de la alquimia posterior: referencias a personajes míticos, elementos mágicos y místicos de diverso origen, terminología críptica y enigmática, narraciones alegóricas e insistencia en el carácter secreto del conocimiento expuesto, todo ello mezclado con descripciones detalladas de aparatos, recetas más o menos precisas y una exaltación consciente del método y el trabajo práctico «experimental». En suma, la alquimia parece haber surgido en el norte de Egipto, quizá en Alejandría, en torno al siglo II a.C. como una combinación de los conocimientos prácticos de los artífices egipcios y las teorías griegas acerca del origen y naturaleza de la materia con la pretensión explícita de repetir artificialmente en el taller del alquimista los procesos naturales de descomposición y formación de las sustancias, en especial oro y plata. Gradualmente este planteamiento inicial se va complejizando mediante la adición de múltiples elementos mágicos, astrológicos y religiosos, profundas influencias pitagóricas, neoplatónicas y gnósticas, una simbología alegórica y un vocabulario técnico difícilmente comprensibles para los no iniciados y un lenguaje deliberadamente oscuro, pero lo suficientemente claro para insinuar la existencia de poderosos conocimientos secretos más allá del discurso aparente, hasta adquirir su forma clásica en torno al siglo IV d.C.

A través de los bizantinos y Siria la alquimia pasó a la cultura árabe donde, entre los siglos VIII y XII autoridades como Geber, Razes, Al-Kindi o Avicena mejoraron los aparatos e instrumentos de laboratorio, perfeccionaron considerablemente el método de preparación de sustancias químicas y el análisis de sus reacciones y desarrollaron innovaciones teóricas que ocuparían un lugar fundamental en la alquimia posterior, como la distinción entre «espíritus» y «cuerpos» (espíritu es lo que se volatiliza o arde formando gases y cuerpo lo que no se volatiliza al quemarse al aire) o la teoría del mercurio y el azufre, según la cual el primero sería un principio frío y

húmedo, un principio metálico, y el segundo caliente y seco, un principio de inflamabilidad, que se originarían en el interior de la Tierra a partir de los elementos primordiales y que, combinados en diferentes proporciones y con diversos grados de impureza, darían lugar a los distintos metales. Esta alquimia muy elaborada y con una base cuantitativa comienza a introducirse en la Europa cristiana durante el s. XII cuando Roberto de Chester traduce del árabe *De compositione alchimiae*, a la que siguieron posteriores traducciones de Geber, Razes o Avicena, junto con clásicos griegos como los *Meteorologica* de Aristóteles, dentro del plan general de las Escuelas de Traductores de Toledo y Salerno. No obstante, la alquimia de la Europa medieval adquirió características propias, en especial un sesgo místico-religioso mucho más exacerbado que en épocas anteriores, en parte por su conexión con la teología cristiana, pero sobre todo por su integración en el hermetismo, una interpretación místico-esotérica del mundo en la que se combinan elementos mágicos y místicos, astrológicos, cabalísticos y alquímicos, que se introdujo en Europa a través de los textos árabes. Precisamente, el *De compositione* traducido por Roberto de Chester es uno de estos textos y el propio traductor lo presentaba como un libro de origen divino y rebosante de divinidad que elucidaría la verdadera naturaleza de la alquimia. Otro es *Turba philosophorum*, que apareció en latín también en el siglo XII y cuya importancia e influencia dentro de la alquimia esotérica es fundamental, al igual que el *Secreto de la creación* de Balinas o el *Secreto de los secretos* del Pseudo-Aristóteles. Este proceso culminaría definitivamente con la edición de las versiones latinas del núcleo duro del hermetismo, formado por un conjunto de escritos místico-filosóficos de origen gnóstico atribuidos al legendario Hermes Trismegistos y recogidos en tres obras, la *Tabula Smaragdina*, el *Corpus hermeticum* y el *Diálogo de Asclepio* (la primera traducida con un comentario por Hortulanus a comienzos del siglo XIV y las otras dos por Marsilio Ficino en el XV).

La alquimia se extendió rápidamente por Europa integrándose dentro del conjunto de conocimientos generales que un hombre culto debía poseer acerca de la naturaleza y lo hizo, sorprendentemente, sin conflicto aparente con la religión, pues la primera prohibición de la alquimia no tuvo lugar hasta la bula de Juan XXII en 1317 y ésta se limitaba a la fabricación de oro. Un elemento fundamental para esa rápida y poco conflictiva popularización fue la tarea de enciclopedistas como Bartholomeus Anglicus y Vincent de Beauvais. BARTHOLOMEUS ANGLICUS (primera mitad del siglo XIII) escribió su popular *Liber de proprietatibus rerum* en torno a 1240 en 19 libros y él mismo lo presenta como una *compilación de pasajes sobre las naturalezas y propiedades de las cosas que se encuentran en los libros de los santos y los filósofos con la pretensión de aclarar los enigmas que las Sagradas Escrituras ocultan bajo los símbolos y figuras de las propiedades de las cosas naturales y artificiales*. El resultado final, no obstante, sobrepasa con mucho esa concepción inicial de vademécum de las Sagradas Escrituras, pues junto a los temas que cabría esperar, como los estudios sobre los nombres de Dios y sobre los ángeles y los demonios de los dos primeros libros, la descripción de los cuerpos celestes, el universo y el empíreo del libro 8 o de los accidentes geográficos y las montañas bíblicas del libro 14, estudia la organización de la vida doméstica y las relaciones familiares en el 6, el tiempo y sus divisiones en el 9 o un estudio geográfico de diversos estados feudales, como Escocia, Flandes o Anjou, que nada tenían que ver con las Escrituras, en el 15. En lo tocante al tema que nos ocupa, habla de cuestiones relacionadas con las propiedades de la materia, los elementos, minerales y metales, etc., en diversos lugares, pero especialmente en el libro 10, dedicado a la forma y la materia, los elementos y las cosas relacionadas con el fuego (cenizas, carbón, humos, etc); en el 16, dedicado a gemas, minerales y metales, y en el 19, en el que habla «del color, del olor, del sabor y del licor». Las autoridades que utiliza para estos temas son las clásicas: Platón, Aristóteles, Teofrasto, Plinio

o Dioscórides, pero las combina con autoridades «modernas», especialmente Razas, Avicena y Averroes. Se trata, por tanto, de un texto de referencia para estudiantes y lectores en general, un tratado de los conocimientos fundamentales que un cristiano educado del s. XIII debía poseer, y fue un rotundo éxito, pues se utilizó como libro de texto en numerosas universidades e incluso, tras la invención de la imprenta, todavía se llevaron a cabo 21 ediciones del texto entre 1480 y 1609. En este sentido, el *De proprietatibus rerum* no sólo contribuyó decisivamente a la popularización de la alquimia árabe, sino también a que se integrara sin traumas en la cultura cristiana, pues si ayudaba a aclarar los enigmas que las Sagradas Escrituras ocultan..., ¿cómo no iba a formar parte de la educación de un buen cristiano? El ejemplar que mostramos del libro de Bartholomeus Anglicus es la traducción al español de Vicente de Burgos, un incunable publicado en Toulousse en 1494.

Por su parte, el *Speculum maius* de VINCENT DE BEAUVAIS (muerto en torno a 1264) es un trabajo mucho más completo y académico, una erudita enciclopedia de citas y referencias de numerosas autoridades que van desde Platón y Aristóteles hasta Razas o Avicena, pasando por Vitrubio, Séneca o Galeno. La obra está dividida en tres partes: el *Speculum naturale*, dedicado al estudio y la descripción de la naturaleza en 33 libros; el *Speculum doctrinale*, dedicado los distintos campos del conocimiento y su enseñanza, incluyendo instituciones y hasta un diccionario, en 17 libros y el *Speculum historiale*, dedicado a la historia de la humanidad desde un punto de vista teológico. Cada una de estas tres partes está organizada en torno al número seis. La primera describe la naturaleza siguiendo el orden de los 6 días de la creación; la segunda divide en 6 los campos del conocimiento (literario, moral, mecánico, físico, matemático y teológico) y la tercera distingue 6 edades en la historia de la humanidad. Las referencias a la alquimia se encuentran en el libro 8 del *Speculum naturale* y en el 11 del *Speculum*

doctrinale. El primero de ellos está dedicado a los metales y minerales y recurre frecuentemente a la alquimia que considera un arte práctico relacionado con la mineralogía en el mismo sentido que la agricultura está relacionada con la botánica. Afirma que mediante la alquimia *los cuerpos minerales transmutan su naturaleza en otras, especialmente los metales* y defiende que la transmutación y desintegración ocurren realmente reduciendo los metales básicos a sus formas más simples y rehaciéndolos como metales preciosos. Incluso dedica algunos capítulos (del 81 al 83) a la piedra filosofal, *el elixir mediante el cual el arte imita a la naturaleza*. A su vez, en el libro 11 del *Speculum doctrinale* discute la teoría general de la alquimia y habla de la existencia de 4 espíritus (mercurio, azufre, arsénico y amoníaco) y de la teoría del mercurio y el azufre, cuya combinación en el seno de la Tierra daría lugar a los seis metales (oro, plata, cobre, estaño, plomo, hierro). Todo ello convenientemente envuelto en teología, pues no sólo insiste Vincent de Beauvais en que todos los conocimientos conducen a la teología que es su culminación, sino que en el *Speculum naturale* intercala frecuentes discusiones teológicas entre las descripciones y estudios de la naturaleza, como en el libro 2, donde junto con la exposición del universo discute el problema de la Trinidad y los ángeles, o el 3, donde habla de los elementos, los átomos y los demonios. Exponemos un ejemplar, *Speculi maioris*, editado en Venecia en 1591.

Con ser importante la contribución de los enciclopedistas del siglo XIII a la expansión de la alquimia en la Europa medieval y la difusión de la alquimia árabe, su trabajo fue simplemente recopilatorio y poco original. Más importancia tuvo que influyentes personajes, como Alberto Magno o Roger Bacon, presantaran atención al tema. Alberto von Bollstedt, más conocido como ALBERTO MAGNO (1193-1280), es el prototipo de científico medieval. Obispo de Regensburg, profesor en París y Colonia, aristotélico convencido y buen conocedor de los árabes, espe-

cialmente en lo que respecta a la alquimia y la mineralogía, sus escritos son un compendio de historia natural en los que combina descripciones, experimentos y creencias mágicas, pero siempre adaptándolos a la estructura aristotélica. Incluso los títulos de sus obras, entre las que se incluyen *Sobre los animales* (26 libros), *Sobre los minerales* (5 libros), *Sobre las causas y propiedades de los elementos y los planetas*, *Sobre el cielo y el mundo* (4 libros), etc., muestran claramente que se trata de comentarios y paráfrasis de Aristóteles, aunque tamizados por sus propias observaciones e interpretaciones. En su tratado sobre los minerales describe 95 minerales y diversas sustancias químicas, entre ellas la «sal armoniacum» preparada por sublimación y destilación de la orina y cuyo descubrimiento atribuye a los árabes. Precisamente el libro 3 está dedicado a una prolija discusión de la alquimia en la que cita a Hermes y Avicena, describe experimentos alquímicos y muestra serias dudas acerca de la posibilidad de convertir el metal en oro, aunque asume otras creencias sorprendentes, como que si se frota plata con cenizas de basilisco adquiere el aspecto del oro. Esto ejemplifica perfectamente su forma de entender el conocimiento, que tendría dos componentes: de una parte, la física, entendida al modo aristotélico como estudio de la naturaleza; de otra, la magia natural, entendida como la utilización de las potencias internas y las relaciones ocultas de la naturaleza para cambiarla y transformarla. Aunque completamente diferentes, ambas serían complementarias e igualmente válidas y la alquimia estaría cercana a la magia natural y separada de la física. Quizá esta sea la razón por la que adquirió reputación de mago y se le atribuyeron numerosos escritos alquímicos, como *Speculum secretorum*, *De philosophorum lapide*, *Compositum de compositis*, etc., de los que no parece haber sido autor. Uno de ellos, sin embargo, se diferencia de los demás porque no incluye ninguna referencia a misticismo o procesos mágicos. Se trata del *Libellus de alchimia*, un pequeño tratado técnico y descriptivo que bien podría considerarse una introducción «científica» a la alquimia. El libro

figura prima.



figura secunda.

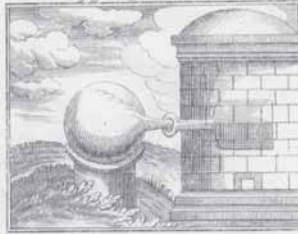


figura tertia.

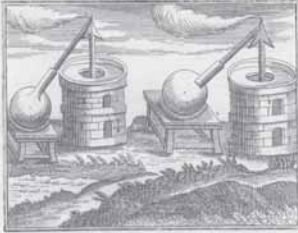


figura quarta.



figura quinta.



figura septima.

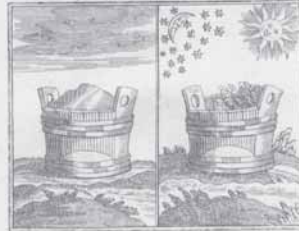
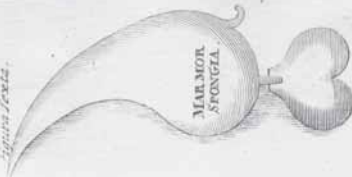


figura sexta.



comienza describiendo diversas operaciones alquímicas (fijación, sublimación, etc), el método a seguir y el orden que deben guardar esos procesos; viene después (caps. 4 a 9) un detallado análisis de los instrumentos y aparatos que se utilizan; el cap. 10 está dedicado a los espíritus de los metales y la transmutación y el 11 y el 12 al elixir, la piedra filosofal; siguen luego varios capítulos dedicados a estudios prácticos sobre minerales, productos químicos, barnices, sustancias colorantes, etc., y a la descripción de procesos de destilación, blanqueo, obtención de soluciones, etc., para concluir en los dos capítulos finales con una serie de recetas para hacer metales preciosos. Aunque es muy probable que también sea un texto apócrifo, se incluyó en la edición de sus obras completas llevada a cabo en Lyon en 1651 y desde entonces ha aparecido en todas las ediciones posteriores, por lo que se asocia invariablemente al nombre de Alberto Magno y su fama de alquimista. Precisamente, exponemos un ejemplar de sus obras completas correspondiente a esta edición de Lyon de 1651.

También Roger Bacon (1214-1292) gozó de fama de mago y alquimista. Más parecido a un hombre universal del Renacimiento que a un erudito medieval, cultivó todas las ciencias desde las matemáticas o la óptica a la medicina, pero especialmente lo que llamaba «scientia experimentalis», un conglomerado de conocimientos técnicos, mecánicos y físicos, incluyendo la alquimia, cuya característica común era estar basados en la experimentación. De hecho, Roger Bacon es considerado unánimemente uno de los precursores del método científico por su insistencia en que el conocimiento se adquiere a partir de la observación y el experimento. Influyente y polémico, consideraba que la alquimia era la más valiosa de las ciencias por su gran utilidad, la caracterizaba como una ciencia doble (teórica y práctica-experimental) y afirmaba que era la base de la medicina. En las tres obras que escribió para enviar a su protector Clemente IV, *Opus maius*, *Opus minus* y *Opus tertium*, hay frecuentes refe-

rencias al tema, especialmente en la última, donde habla de la extrema pureza del oro alquímico y de la medicina que prolonga la vida y da una explicación de los enigmas y claves (operaciones) de la alquimia. En esta situación, parece comprensible que también a R. Bacon se le atribuyeran numerosos escritos de alquimia, como *Speculum alchemiae*, *Breuer breviarium* o *Tractatus trium vectorium*, de autoría dudosa. En realidad, la atribución de textos de alquimia a autores antiguos había sido una práctica habitual tanto por razones de autoridad, como de prestigio, de modo que existen numerosas obras supuestamente escritas por Aristóteles, Avicena, Razes o Geber. Por las mismas razones también era frecuente la publicación anónima, pero asegurando que el texto había sido copiado o estaba basado en escritos antiguos obra de autores legendarios, como ocurre con varios de los libros herméticos. Sin embargo, como consecuencia de la estrecha conexión entre alquimia y hermetismo establecida en Europa, surge la costumbre de publicar textos alquímicos bajo el nombre de autores reconocidos y relativamente cercanos en el tiempo que hubieran adquirido reputación como poseedores de conocimientos ocultos, como en el caso de Alberto Magno o Roger Bacon. Un ejemplo muy representativo de esta «apropiación» de un nombre célebre es el de ARNALDO DE VILANOVA (c. 1235-c. 1311), que fue médico de Pedro III y de los papas Bonifacio VIII y Clemente V. Aventurero, polémico e interesado en los saberes ocultos, escribió un tratado, *Tetragrammaton*, sobre el nombre de Dios en hebreo y latín, que le ocasionó una acusación de herejía, y sus escritos teológicos y filosóficos fueron prohibidos, y posiblemente destruidos, por la Inquisición poco después de su muerte. Igualmente escribió sobre magia y brujería criticando y rechazando su uso en medicina, como en su *Desaprobación de los hechiceros*, y ofreciendo una serie de recetas y amuletos contra los hechizos en sus *Remedios contra la brujería*. Más interesante es su defensa de la astrología en obras como *De parte operativa* o *Los sellos astrológicos*, donde achaca las propiedades ocultas de las cosas y las diferencias individuales a la influencia de las estrellas e insiste en

el poder de las imágenes astrológicas para despertar esas virtudes ocultas en los objetos, así como su utilidad en medicina. De hecho, Arnaldo fue uno de los principales valedores de la medicina astrológica, la corriente nacida entre los médicos árabes que defendía la práctica médica basada en la astrología y que dominó la medicina hasta bien entrado el siglo XVI. Así, en sus numerosas obras de medicina, como *Espejo de introducciones medicinales*, *Reglas generales para la cura de la enfermedad*, etc., y, especialmente, en *Conservación de la juventud* y en *Juicio de las enfermedades por el movimiento de los planetas*, asocia los miembros del cuerpo humano con los signos zodiacales y con los planetas e insiste en la influencia de las estrellas sobre la salud y la enfermedad y en la conveniencia de tener en cuenta las posiciones de los astros en el momento de preparar curas o llevar a cabo intervenciones. Sobre esta base teórica, y siguiendo de nuevo la estela de los árabes, Arnaldo utilizaba con frecuencia sustancias y remedios derivados de la alquimia, lo que lo convierte en uno de los precursores de la iatroquímica, que posteriormente popularizaría Paracelso, y sustenta su fama de haber practicado la alquimia experimental en laboratorio. Así, señaló el carácter venenoso del humo procedente de la combustión de la madera en lugares cerrados, llevó a cabo experimentos de destilación fraccionada de sangre humana en alambique asociando cada fracción obtenida con uno de los elementos aristotélicos y otorgando propiedades medicinales al destilado final y utilizó óxido de arsénico y diversos preparados derivados del mercurio, pero sobre todo es famoso por su uso extensivo del alcohol, al que llama *aqua vini* o *aqua vitae* y cuyas propiedades medicinales recalca con insistencia. El alcohol era el ingrediente fundamental de una misteriosa preparación, el *aqua auri*, a la que atribuía un enorme poder curativo y que, según la leyenda, contenía oro alquímico y estaba relacionada con la piedra filosofal. Todo esto le dio tal reputación que durante los siglos XIV y XV se le consideró un alquimista legendario de la talla de Geber y se decía de él que había convertido cobre en oro en presencia del papa, a pesar de que en sus escritos Arnaldo

desconfía de los alquimistas y llega a tacharlos de ignorantes. De la misma manera, se le atribuyeron más de veinte obras de alquimia (*Flos florum*, *Novum lumen*, *Tratado de la piedra filosofal*, etc.) sobre temas tan clásicos como la transmutación de los metales, los elixires, la piedra filosofal, etc., escritos con estilos diferentes, pero todos ellos de notable oscuridad, especialmente el más popular de todos, *Thesaurus thesaurorum et rosarius philosophorum*, muy conocido porque rompe la dualidad mercurio-azufre considerando al primero mucho más fundamental. Aunque se dice que pudo escribir algunos textos de alquimia durante su estancia en Sicilia a partir de 1309 y que gran parte de los escritos atribuidos se incluyen en la edición de sus obras completas de Basilea de 1585, ninguno parece ser de su propia mano y todo indica que se trata de atribuciones posteriores aprovechando su prestigio y su fama de místico y astrólogo. El que exponemos es un ejemplar de uno de estos textos atribuidos, *Tractatus philosophorum lapide*, publicado en 1532.

No obstante, el caso más llamativo de «apropiación» es el de RAMON LLULL (1232-1315). Teólogo combativo contra el averroísmo, místico, filósofo cabalístico y poeta, su fama descansa en la invención y desarrollo del *ars magna* o arte general, una especie de combinatoria que, basándose en el supuesto de que es posible reducir todo el conocimiento a primeros principios y determinar sus puntos de convergencia, permitiría demostrar las verdades teológicas por discusión racional, aunque también podría aplicarse a cualquier otro tipo de conocimiento, como hace Llull con la medicina en su obra *De medicina et astronomia*. El mecanismo seguido consiste en establecer una jerarquía de categorías y conceptos (distribuidos en grupos según su prioridad y designados mediante letras de la B a la K los de cada grupo), algunos de los cuales se definen como sujetos y otros como predicados, de manera que siguiendo ciertas reglas se obtendrían todas las combinaciones aceptables y, por tanto, todas las proposiciones teológicas y filosóficas (o en su caso

médicas) posibles. Todo ello se representaba gráficamente mediante una serie de columnas y diagramas con triángulos y cuadrados de intersección y círculos concéntricos fijos y giratorios articulados entre sí. Podía, entonces, construirse un artificio mecánico movido mediante ruedas y poleas que funcionaría como una máquina combinatoria que permitiría responder automática y exhaustivamente a cualquier pregunta formulada o mostrar todas las consecuencias de un principio aceptado. No es extraño que el *ars magna* influyera en Leibniz o Kircher o que se considere un precedente medieval de la computación moderna. Pero, además, Lull insistía en que su arte no era más que un reflejo del cosmos, que constituía un todo interconectado mediante relaciones y combinaciones no siempre explícitas, pero inteligibles, el cual es, a su vez, imagen de la divinidad que lo ha creado. De este modo, el arte, bien ejercido, conduce también a la comprensión profunda del universo y a la ascensión mística hasta la contemplación en Dios. No es difícil dar el paso siguiente, aunque él no lo hace, y pensar que también daría el poder de dominar y transformar la naturaleza, de ahí que se le atribuyera fama de mago e incluso nigromante o que los alquimistas lo consideraran uno entre ellos, dado que parecía compartir sus supuestos místico-filosóficos. Y, sin embargo, Lull muestra su desacuerdo con la alquimia, como en la parte sexta del *Libro de las maravillas*, donde la critica explícitamente, o en *Cuestiones a que se puede responder mediante el arte demostrativa*, en que ataca la transmutación. A pesar de todo, se le atribuyeron más de 80 escritos de alquimia, a los que habría que añadir otros 44 atribuidos ocasionalmente, aunque también a otros autores, e incluso otros 35 que alguna vez se catalogaron como atribuidos. Aunque todos ellos fueron escritos varios años después de su muerte y por manos diferentes, muchos se citan entre sí, lo que ha llevado a hablar de un «corpus luliano» de textos atribuidos. Entre ellos, los más importantes son el *Tratado de la creación de los mercurios*, *Materia lapidis*, *Tratado de las siete ruedas giratorias*, *Libro sobre la investigación del oculto secreto*, el

Codicillus y, sobre todo, el *Testamento*, el más antiguo de todos, escrito algunos años después de su muerte y dividido en dos parte, *Teórica y Práctica*. En la primera se define la alquimia como una «scientia experimentalis» al modo de R. Bacon y se indica que sus objetivos son la purificación de la naturaleza, la transmutación de los metales y la curación del cuerpo humano. En la segunda se describe el proceso que lleva a la fabricación del elixir mediante el cual se alcanzan los tres objetivos de la alquimia. Exponemos un ejemplar de las obras de Llull que incluye el *Testamento* y fue editado en 1651 por Zetzner, el famoso editor del *Theatrum Chemicum*.

El caso de Llull, aunque excesivo, ilustra claramente la desmesurada proliferación de textos de alquimia, que en la mayoría de los casos no eran más que variaciones sobre los mismos temas o especulaciones místicas poco inteligibles. Con el paso del tiempo y el desarrollo de la imprenta el problema se fue acentuando hasta el punto que se hizo necesario introducir algún tipo de selección. Así, a partir del s. XVI empezaron a publicarse compilaciones sistemáticas de textos escogidos que pretendían recopilar los escritos más fundamentales a juicio de los compiladores, a menudo eruditos o editores independientes y no alquimistas profesionales. La primera de estas antologías apareció en 1541 con el título *In hoc volumine alchemiae*, seguida en 1561 por la *Doctrina*, que incorpora ya 53 textos. Las más importantes son el *Theatrum chemicum*, editado por Zetzner en 1603 en tres volúmenes y cuya segunda edición de 1661 contenía 209 textos recogidos en 6 volúmenes, y la *Bibliotheca chemica curiosa* de Manget. Precisamente esta última es doblemente interesante porque fue la última gran compilación que se publicó, ya en fecha tan tardía como 1702, y ofrece un panorama espectacular de toda la alquimia entre los siglos XII y XVII. Su editor, JEAN-JACQUES MANGET (1652-1742) fue un médico, erudito y compilador afincado en Ginebra que publicó un *Tra-tado sobre la peste (Traité de la peste recueilli des meilleurs auteurs anciens et modernes)* y varias compilaciones de textos médicos,



Manget, Jean-Jacques: *Bibliotheca chemica curiosa ...* - Coloniae Allobrogum: Sump. Chouet ... [et al.], 1702

como *Bibliotheca scriptorum medicorum* o *Bibliotheca anatomica*, con D. Leclerc. No obstante, su compilación más famosa es la *Bibliotheca chemica curiosa* en la que recoge 143 textos en 2 volúmenes, entre ellos escritos alquímicos clásicos, como *De lapidis* del Pseudo-Aristóteles, la traducción de Roberto de Chester del *De compositione*, el *Tractatus de alchemia* y el *De congelatione* del Pseudo-Avicena, la *Carta sobre los secretos* de R. Bacon o la *Summa perfectionis*, el *Liber investigationis* y el *Testamentum* del Pseudo-Geber. Junto a ellos, incluye otros de los siglos XIV y XV tan relevantes como *Pretiosa margarita novella* de Petrus Bonus, el *Tractatus brevis* de Nicolás Flamel, el *Liber de secretissimo* de Bernardo Trevisano o el sorprendente *Liber mutus*, un libro sin texto formado sólo por láminas que describen la obra alquímica, además de varios textos de los atribuidos a Arnaldo de Vilanova y Ramón Llull. Incorpora, además, varios escritos místico-filosóficos fundamentales en el desarrollo de la alquimia, como la *Tabula smaragdina* o la *Turba philosophorum* con varias de sus secuelas, junto con otros más recientes como el *Liber de arte chemica* de Marsilio Ficino o el *De aureum* de Pico della Mirandola, y remata con varias obras de famosos alquimistas de los siglos XVI y XVII, como Basilio Valentin, A. Kircher, Sendivogius, George Ripley o Filaletes, pseudónimo de George Starkey, el alquimista nacido en Bermudas que influyó en personajes tan importantes como Boyle y Newton. El ejemplar que exponemos corresponde a la primera edición de 1702.

Paralelamente a todo esto, durante la segunda mitad del siglo XVI y la primera del XVII se desarrolló especialmente en Italia un movimiento minoritario, pero muy interesante, que muestra el impacto sobre la alquimia tanto de la iatroquímica de Paracelso, como de la nueva ciencia que estaba empezando a desarrollarse. Se trata de la aparición de los «libros de secretos», obras que recogen, comentan y discuten recetas y técnicas conocidas como «secretos de la naturaleza» con un sentido práctico y funcional y que tuvieron una amplia difusión. A diferencia de los

textos tradicionales de alquimia, escritos en un lenguaje críptico, dirigidos a un grupo selecto de iniciados y con un contenido predominantemente místico y esotérico, estos libros de secretos están dirigidos al gran público en un lenguaje bastante claro y casi divulgativo y su contenido, carente de especulaciones teórico-filosóficas, consiste en fórmulas y procedimientos experimentales que se aplican a temas tan diversos como la metalurgia, la cosmética, la medicina e incluso la cocina, de ahí que se les catalogue como literatura menor. El calificativo de «secretos» se debe a que sus recetas y fórmulas proceden fundamentalmente de la alquimia, sea a través de la experiencia alquímica del autor, sea extrayéndolas de compendios de alquimia, que era lo más frecuente. Sus autores, llamados «profesores de secretos», se presentan como renovadores e incluso como «nuevos filósofos empíricos», defienden la superioridad de la experiencia y la experimentación sobre la teoría abstracta, critican el lenguaje oscuro común en la alquimia tradicional y no tienen empacho en recurrir a todo tipo de materias minerales y al uso generalizado de destilaciones para producir potentes preparados. Entre ellos se ha llegado a incluir a Giambattista della Porta (1535-1615), el famoso filósofo natural que fue miembro de la Accademia dei Lincei, estuvo involucrado en el desarrollo de la cámara oscura y la invención del telescopio y defendió que los rasgos físicos reflejan el carácter, aunque su obra fundamental, *Magia natural*, excede con mucho los habituales libros de secretos. Más representativos son Leonardo Fioravanti, Ruscelli o Francesco Rizzi y, como no podía ser menos, también aquí hay un libro falsamente atribuido, en este caso a Gabriello Falopio, el discípulo y sucesor de Vesalio en la cátedra de Padua. Pero, sin duda, la más interesante de todos es ISABELLA CORTESE (siglo XVI). Lo único que se sabe de ella es que en 1561 publicó en Venecia una obra, *I secreti*, que alcanzó tal éxito que tuvo doce ediciones entre 1561 y 1677. La obra está dividida en tres libros y su título completo es muy revelador, *Los secretos de Isabella Cortese, en los que se contienen cosas minerales, medicinales, artificiosas y alquímicas y otras muchas del arte de los perfumes de interés para toda gran señora con*

otros bellísimos secretos anexos, aunque no es totalmente justo con la autora, cuyos conocimientos de alquimia son mucho más profundos que lo que el título da a entender. La prueba está en los comentarios con que acompaña las recetas y, sobre todo, en el capítulo 1 del libro segundo, donde critica la autoridad de Geber, Arnaldo de Vilanova y Llull, habla de sus más de treinta años dedicados al estudio, censura el lenguaje oscurantista y defiende la experiencia personal como base del conocimiento. En cuanto a las recetas, las hay de todo tipo, desde antídotos para venenos hasta tintes para el pelo, pasando por procedimientos alquimistas clásicos, como el de separar el mercurio del antimonio. En general, el libro primero contiene remedios medicinales (para los callos, la peste, la sífilis, las hemorroides, etc.) ; el segundo, procedimientos útiles y alquímicos en general (ácido sulfúrico, agua de oro, azufre y mercurio filosofales, etc., junto con barnices, métodos para teñir pieles, etc.) y el tercero, cosméticos (para blanquear los dientes, cremas para la cara, perfumes, somníferos, etc.) . El ejemplar que exponemos corresponde a la edición de 1584.

LA REVOLUCION CIENTIFICA

Los signos de cambio en la alquimia, sin embargo, habían comenzado antes con Paracelso (1494-1541), un personaje contradictorio y paradójico capaz de defender la prioridad de la experimentación sobre la teoría y rechazar las teorías de Galeno y Aristóteles al mismo tiempo que iniciaba la medicina hermetica, en la que se combinaban medicina, astrología, alquimia y hermetismo a partir del principio de la correspondencia entre el macrocosmos y el microcosmos, o desarrollar en su *Astronomía magna* un sistema filosófico-esotérico extremadamente complejo. Paracelso rechazaba la teoría galénica de los cuatro humores y defendía que el cuerpo humano posee un *archeus* (una especie de principio vital), que se manifiesta de forma específica en cada órgano, de manera que una enfermedad no es más que una afección particular y local del *archeus* de un órgano

concreto. La curación consiste en la restauración del archeus específico, lo que se consigue mediante los «arcanos» o «remedios secretos», sustancias con efectos medicinales obtenidas por destilación o extracción alquímica y basadas en la tria prima. Este es el fundamento de la iatroquímica asociada invariablemente al nombre de Paracelso. Paralelamente, rechaza el recurso a la teoría de los cuatro elementos en alquimia y la sustituye por la *tria prima*, la teoría de los tres principios que serían la base de la alquimia: mercurio (lo volátil o metálico), azufre (lo combustible) y sales (la ceniza, lo incombustible y no volátil). A estos tres principios les corresponden las tres partes del hombre: espíritu, alma y cuerpo y los tres mundos que forman el cosmos: divino, astral e inferior. De ahí la especial relación que establece entre alquimia, medicina y astrología y, sobre todo, la separación entre la alquimia transmutatoria y la alquimia médica, siendo esta última la verdaderamente importante. Los seguidores de Paracelso, cuya influencia fue considerable, comenzaron a utilizar el término «Química» para referirse a esta alquimia relacionada con la preparación de compuestos y sustancias usados en medicina, convirtiéndola en una actividad separada de la alquimia tradicional. Además, a medida que aumentaba su importancia práctica, fue perdiendo su carácter secreto y las connotaciones esotéricas en favor de la eficacia experimental y su estudio comenzó a introducirse en los estudios de medicina, especialmente a partir del s. XVII. A su vez, la Revolución Científica de los siglos XVI y XVII llevaría al abandono definitivo de las teorías aristotélicas y, sobre todo, al desarrollo de filosofías corpusculares relacionadas con la nueva mecánica, lo que acabaría conduciendo a la aparición de una química relativamente autónoma, aunque todavía estrechamente conectada tanto con la alquimia como con la medicina. Así, Galileo y Francis Bacon recurren en ocasiones a planteamientos corpusculares, Descartes formula una elaborada filosofía mecánico-corpuscular que es la base de su teoría de los torbellinos e incluso Pierre Gassendi (1592-1655), rival de Descartes y admirador de Lucrecio, recupera literalmente la teoría atomista

de los epicúreos con la única diferencia de que considera a los átomos una creación divina. Sin embargo, el primero en aplicar los planteamientos corpusculares a la química fue DANIEL SENNERT (1572-1637), un médico influido por Paracelso que introdujo los estudios de química en la facultad de medicina de Wittenberg en 1601 y al que se achaca el primer registro descriptivo de la fiebre escarlata. Aparte de sus textos médicos, escribió varias obras sobre química y filosofía natural, como *Epítome de ciencia natural*, *Sobre el acuerdo y desacuerdo de los químicos con Aristóteles y los seguidores de Galeno* y, especialmente, *Anotaciones de física (Hypomnemata physicae)*, en la que expone su concepción atomista de la química. Para Sennert las sustancias sujetas a corrupción y generación tenían que estar formadas por cuerpos simples de los que surgirían y a los que volverían al descomponerse. Estarían, pues, constituidas por átomos mínimos simples los cuales se combinarían entre sí para formar átomos de segundo orden, que son los que constituyen las sustancias que conocemos. Estos átomos, a los que llama elementos, diferirían entre sí según su forma sustancial en el sentido aristotélico, de manera que la forma sustancial de cada tipo de átomo es la que da cuenta de sus propiedades sensibles, es decir, de las propiedades de la especie de cuerpos correspondiente (por ejemplo, la forma sustancial de los átomos de oro es la responsable de su color amarillo, su resistencia a los ácidos, etc). La mezcla de átomos de más de un tipo es lo que da lugar a los cuerpos compuestos, pero los átomos retendrían su forma sustancial en sus combinaciones y la recuperarían cuando éstas se descomponen, conservando su individualidad a través de las reacciones químicas. En este sentido, la teoría tiene precedentes, como la especulación del Pseudo-Geber acerca de los «mínima», componentes mínimos en que podría dividirse la materia, en los que residirían las potencias naturales latentes y que se distinguirían entre sí por sus cualidades básicas (mínima de tierra, de agua, etc), o las teorías atomistas de G. Bruno, cuya obra conocía Sennert. La diferencia fundamental está en que la teoría de Sennert, aparte de rechazar los cuatro elementos, no es

especulativa, sino que se basa en experimentos de análisis y síntesis. Así, sostiene que la disolución de plata con ácido nítrico y su posterior recuperación por precipitación sólo puede explicarse sobre bases atomistas, al igual que el que un gran volumen de vapor pueda sostener una gota de líquido o que el vapor de vino atravesase cuatro pliegos de papel superpuestos. De la misma manera, el hecho de que la plata se disuelva al tratar un compuesto de oro y plata con ácido nítrico, quedando el oro, y que después se pueda recuperar la plata por precipitación, probaría que los átomos retienen su forma sustancial en sus combinaciones. No obstante, el recurso a las formas sustanciales aristotélicas hacía que pareciera una solución de compromiso, por lo que fue atacada con dureza por Descartes y Lemery, aunque influyó en la filosofía corpuscular de Boyle. Exponemos un ejemplar de las obras de Sennert editado en Lyon en 1650, precisamente el volumen que contiene las *Hypomnemata physicae*.

Uno de los críticos más radicales de Sennert fue NICOLAS LEMERY (1645-1715), que formuló también una teoría química corpuscular, aunque en este caso estrictamente mecanicista. El prestigio de Lemery descansa en dos aspectos que no es frecuente encontrar juntos en una misma persona: su habilidad como experimentador y su reconocimiento como profesor y divulgador, en ambos casos por cuenta propia en su propio laboratorio, donde vendía los fármacos que fabricaba e impartía sus clases y conferencias. Ambas vertientes se recogen en sus obras, *Farmacopea universal*, *Tratado universal de las drogas simples*, *Tratado del antimonio* y, sobre todo, el *Curso de química*, en que recoge los temas que impartía en sus populares cursos públicos. Entre su publicación, en 1675, y 1756 se realizaron 31 ediciones y se tradujo al latín, inglés, español, alemán, italiano e incluso holandés. Su subtítulo deja clara su naturaleza de texto introductorio y divulgador, e igualmente ejemplifica la relación de dependencia de la química respecto a la medicina durante el s. XVII y comienzos del XVIII: *Curso de química que contiene la manera de hacer las operaciones que se usan en la medicina, mediante*

un método fácil. Con razonamientos sobre cada operación para instrucción de quienes quieren dedicarse a esta ciencia. Basta compararlo con el título del libro de Isabella Cortese, que también pretendía ser divulgativo, o con el de alguna obra contemporánea, como el *Introitus* de Filaletes de 1667 (su título es *Ingreso abierto al palacio del rey*), para constatar su alejamiento de la alquimia. Precisamente esa es una de las razones de su popularidad: el uso de un lenguaje claro y preciso, sin misticismo, ni simbolismos esotéricos, y la descripción detallada y sencilla de las operaciones experimentales en que se basa. Así, describe preparaciones medicinales y productos cosméticos, define venenos, enseña cómo fabricar tintas simpáticas mediante preparados de plomo o bismuto, habla de la inflamabilidad del gas obtenido de la reacción del fuego y el ácido sulfúrico diluido con agua o analiza el aumento de peso del plomo tras la calcinación y lo achaca a la fijación de partículas de fuego. Incluso distingue claramente entre «sales» obtenidas de plantas y las obtenidas por incineración, por lo que se le considera un pionero en la distinción entre química orgánica e inorgánica. No sólo intenta ser accesible, también pretende ser popular, de modo que no renuncia a llevar a cabo experimentos espectaculares, como el volcán artificial o «volcán de Lemery»: mezcla en una masa limaduras de hierro y azufre, le da forma de cono y la humedece con agua, la recubre con una abundante capa de tierra y hace una abertura en la parte superior en la que introduce una brasa, obteniendo un volcán en miniatura que expulsa lava y fumarolas de vapor y azufre. Pero el principal motivo de su popularidad está en las explicaciones estrictamente mecánicas que ofrece a partir de una teoría atómica derivada de la teoría mecánico-corpúscular de Descartes. El principio general cartesiano es que la materia tiene como características fundamentales la extensión y el movimiento, que está formada por partículas en contacto, movimiento e interacción mecánica mutua que llenan todo el espacio, de manera que no existe el vacío, y que puede adoptar tres formas fundamentales: materia sutil (partículas muy finas y pequeñas, casi un fluido), materia

irregular (partículas con formas diversas) y materia globulosa (partículas esféricas). Sobre esa base, Lamery construye su teoría atómica, según la cual todas las sustancias están formadas por partículas con las mismas propiedades, pero con formas diferentes según el tipo de sustancia, y los procesos químicos son el resultado de la interacción mecánica entre esas partículas. La forma específica de las partículas de una sustancia se determina a partir de la experiencia y de su comportamiento experimental. Así, el mercurio es líquido porque está formado por partículas globulosas que se deslizan unas sobre otras. Asimismo, se puede establecer que las partículas de las «sales ácidas» son picudas y cortantes porque tienen sabor acre y picante y porque las disoluciones de materia metálica cristalizan con esa forma. A su vez, las «sales alcalías» tienen que ser porosas porque reaccionan con los ácidos, de manera que una reacción química entre una «sal ácida» y una «sal alcalí» (un ácido y una base) ocurre porque los picos de las primeras se incrustan en los poros de las segundas y puede ocurrir que en la reacción los picos de las primeras se rompan, por eso a veces se produce efervescencia. En cualquier caso, para que la combinación tenga lugar tiene que haber una proporción definida y constante entre los picos de unas y los poros de las otras, pues si sus tamaños fueran muy diferentes no podrían interactuar. Algo parecido ocurre con los metales cuyas partículas tienen poros de diferente tamaño según el metal, como en el caso del oro cuyos poros son más grandes que los de la plata, lo que explica su diferente comportamiento químico con los ácidos. La disolución de un metal se debe a que al incrustarse los picos de las partículas de ácido en los poros de sus partículas, las hacen estallar y las rompen, etc... Como se ve, la teoría es ingenua y ad hoc, pero accesible y convincente para un público familiarizado y admirador de la mecánica cartesiana, de ahí el rotundo éxito popular de Lemery, pero también su fama de oportunista. En esta exposición mostramos un ejemplar del *Curso de química* de la novena edición francesa de 1701 y otro de la tercera edición española de 1721.

Las teorías de Sennert y Lemery ejemplifican las tendencias corpusculares durante el siglo XVII, pero también las dificultades involucradas en la elaboración de una teoría atomista que diera cuenta de las propiedades químicas. Un problema añadido es que ninguna de las dos aceptaba la existencia del vacío, en el caso de Sennert porque cuando escribió sus obras no había ninguna prueba a favor de su existencia y en el de Lemery por respeto a la ortodoxia cartesiana. En ambos casos, eso les da un aspecto especulativo inevitable y convierte su recurso a los experimentos en un mecanismo ad hoc más que en una prueba, llegando en el caso de Lemery a tener que aceptar la alambicada teoría cartesiana de los torbellinos para dar cuenta del movimiento y la distinta forma de las partículas. El poderoso argumento del *horror vacui* (la naturaleza aborrece el vacío, por tanto no existe en la naturaleza), que fue un obstáculo insalvable para el atomismo griego, comenzó a desmontarse con los experimentos barométricos de Torricelli (1608-1647), que no sólo probaban que el aire tenía peso y ejercía presión, sino también que el vacío existía, al menos en el espacio del tubo que quedaba libre al descender la columna de mercurio. Pero fue BLAISE PASCAL (1623-1662) quien derribó definitivamente el argumento. Famoso por sus trabajos matemáticos (sobre las secciones cónicas, la cicloide, el triángulo de Pascal o la teoría de las probabilidades) y por sus escritos filosófico-teológicos en la disputa sobre el jansenismo, ocupa también un lugar fundamental en la historia de la teoría de los fluidos. Conocedor de los experimentos de Torricelli a través de Mersenne, comenzó a trabajar sobre el tema en 1646 y el año siguiente publicó sus *Nuevas experiencias sobre el vacío* donde reproduce diversos experimentos con barómetros y defiende que sus resultados se deben a la presión del aire y no a un «horror vacui limitado», como defendían los aristotélicos. El argumento de los aristotélicos era mucho más refinado de lo que parece, pues venía a mantener que el vacío no existe en la naturaleza, aunque en situaciones especiales de laboratorio y mediante procedimientos artificiales es posible limitar el alcance del horror

vacui y generar un vacío artificial, de modo que los experimentos no demostraban ni que el aire tuviera peso, ni que el vacío existiera realmente de forma natural. La prueba definitiva de Pascal fue el experimento del Puy de Dome de 1648, mediante el cual demostraba que la presión barométrica disminuye con la altura y del que obtenía dos consecuencias importantes: primero, que el aire realmente tiene peso que va disminuyendo con la altura, lo que invalida, además, el supuesto del horror vacui, y, segundo, que si se siguiera ascendiendo indefinidamente se llegaría a un punto en que dejaría de tener peso, es decir, no habría aire y nos encontraríamos con un vacío natural. A partir de 1653 experimentó también con líquidos y encontró el llamado «principio de Pascal», según el cual en un fluido en reposo la presión se transmite igualmente en todas direcciones. Todos estos resultados los recogió en dos escritos que se publicaron conjuntamente en 1663, un año después de su muerte, con el título *Tratados sobre el equilibrio de los líquidos y sobre el peso de la masa de aire* (*Traitéz de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse de l'air*) y aunque su título continua prometiendo *que contienen la explicación de las causas de diversos efectos de la naturaleza que no habían sido bien conocidos hasta ahora y particularmente de los que se habían atribuido al horror al vacío*, Pascal no da el paso siguiente, a saber, que la única explicación razonable del peso del aire, de la disminución de la presión con la altura y de su principio de los fluidos es una teoría corpuscular de la materia incluyendo el vacío. Mostramos un ejemplar de esta obra correspondiente a su edición original en París en 1663.

ROBERT BOYLE (1627-1691) acabaría dando el paso que tanto le costaba a Pascal. Inmensamente rico, Boyle es el modelo de *virtuosi*, persona con habilidades y conocimientos científicos que poseía los medios económicos suficientes para dedicarse al estudio de la ciencia por vocación e interés, pero sin ser un científico profesional y, por tanto, sin las ataduras académicas que ello implica. Su fortuna, además, le permitió construir un

laboratorio en Oxford en 1654 y tomar como ayudante y secretario nada menos que a Robert Hooke. En Oxford formó parte del «Invisible College», un grupo de científicos y virtuosi entre los que se encontraban Wilkins, Wallis, Pepys, Wren, etc., que fue el germen de la Royal Society. Precisamente en esa época inicial tuvo noticias de los trabajos de Pascal y de Von Guericke acerca del vacío y se dedicó a estudiar el problema a partir de 1657 mediante experimentos con una bomba de vacío construida por Hooke (la *machina boyleana*). En 1660 publicó sus resultados en sus *Nuevos experimentos físico-mecánicos relacionados con el muelle del aire y sus efectos*, donde además de insistir en el peso del aire y la existencia del vacío, constata que tanto el fuego como los seres vivos necesitan aire, de manera que combustión y respiración deben tener algo en común, lleva a cabo diversos estudios sobre la elasticidad del aire (el muelle del aire a que hace referencia el título del libro), que describe como una nueva fuerza de la naturaleza, y confirma experimentalmente que el sonido no viaja a través del vacío. La famosa ley de los gases ideales, según la cual para determinada cantidad de gas encerrada en una vasija a temperatura constante toda disminución de volumen lleva consigo un incremento proporcional de presión, y viceversa, la formuló en un suplemento añadido a este libro en 1662 para defenderse de las objeciones de Linus y Hobbes. En torno a 1666 publicó las *Paradojas hidrostáticas*, donde comentaba los trabajos de Pascal. También su teoría corpuscular data de este periodo. La expuso por primera vez en su obra más famosa, *El químico escéptico*, escrita en forma de diálogo, que apareció en 1661. Paradójicamente, no relaciona la teoría directamente con sus experimentos sobre el vacío, como hubiera parecido lógico, sino que la desarrolla al hilo de una discusión sobre la alquimia y las teorías paracelsianas, aduciendo que ante la proliferación y disparidad en el número de elementos básicos (los 4 elementos aristotélicos, los 3 principios paracelsianos, a los que se añadieron posteriormente 2 elementos, la *phlegma* y la *terra*, etc), parecía más razonable suponer que la materia tenía una estructura corpuscular. No obstante, la

Medicinal Experiments:
OR, A
COLLECTION
Of CHOICE and SAFE
REMEDIES,

For the most Part

Simple, and easily prepar'd: Very
Useful in FAMILIES, and fitted for
the Service of Country People.

By the Honourable R. BOYLE, Esq;
late Fellow of the Royal Society.

IN THREE PARTS.

Containing above Five Hundred
Choice Receipts.

THE SEVENTH EDITION Corrected.

L O N D O N:

Printed for W. INNYS, Printer to the Royal
Society, at the West End of St. Pauls.
MDCCLXXXI.



relación con sus investigaciones anteriores es evidente, porque unos meses antes había publicado otra obra, *Algunos ensayos fisiológicos* (en la terminología de Boyle, un ensayo «fisiológico» es el dedicado a estudiar la constitución natural de las cosas, por contraposición a un ensayo «experimental», dedicado a describir un experimento), cuyo último trabajo está dedicado a comentar varios experimentos que ilustran la teoría corpuscular. Completa la teoría en otras dos obras posteriores, *El origen de las formas y las cualidades*, de 1666, y *La excelencia y fundamentos de la filosofía mecánica*, de 1674. Boyle distingue dos niveles en la estructura de la materia. Uno integrado por corpúsculos mínimos, cuyas únicas propiedades son la forma, el tamaño y la dureza, los cuales interactúan entre sí y no pueden observarse aisladamente. Otro superior formado por combinaciones de esos corpúsculos, a las que llama «texturas», que siguen ciertos patrones generales de combinación y serían diferentes para las distintas sustancias. Las propiedades químicas, y también algunas físicas, dependen de la textura, es decir, del patrón seguido por los corpúsculos al combinarse, de modo que tendrían una base cuantitativa, pero no serían completamente reducibles a propiedades mecánicas. Así, los procesos químicos se explicarían mediante interacciones o cambios de esas texturas, se distinguiría entre una combinación y una mezcla, pues en el primer caso la interacción entre las texturas originales daría lugar a una nueva y en el segundo no, e incluso permitiría una definición de elemento químico, que Boyle caracteriza como *ciertos cuerpos primitivos y simples o sin mezcla alguna que, no estando hechos de otros cuerpos ni derivar de otros distintos, son los ingredientes de que están inmediatamente compuestos todos los llamados cuerpos mixtos y en los que se descomponen en última instancia*. Por su parte, el color, que los alquimistas consideraban una propiedad química cuyos cambios permitían rastrear las transformaciones alquímicas, sería una propiedad física resultante de la interacción de las partículas de luz con la disposición de los corpúsculos en las texturas. Boyle hace también referencia a dos modelos posibles para la composición de los cuerpos, en

especial los fluidos. Según uno, que podríamos llamar estático, los corpúsculos estarían en contacto, tendrían dimensiones y comprensibilidad variables y su movimiento sería consecuencia de su interacción y elasticidad. Según el otro, más dinámico, estarían en movimiento turbulento chocando constantemente entre sí y la comprensibilidad y diferencia de tamaño serían propiedades de los racimos de corpúsculos que forman las texturas. Si bien Boyle parece inclinarse por el segundo, no se compromete con ninguno porque los considera cuestiones que exceden del alcance de la filosofía experimental, como también ocurre con el infinito y el vacío o con la duración de los cuerpos. Aunque se pueda constatar racional y experimentalmente que ocurren, sus causas y su constitución últimas están fuera del alcance de los experimentos y para Boyle una buena filosofía mecánica-experimental es aquella que se basa exclusivamente en la experiencia, sin especulaciones, ni suposiciones a priori. Por esta misma razón, rechaza postular fuerzas que sean la causa de los fenómenos eléctricos y magnéticos, de que las texturas sigan ciertos patrones o de que algunas sustancias se combinen con más facilidad que otras (el problema de la afinidad química), aunque no niega que existan. A su juicio, todas estas son cuestiones muy importantes acerca de la naturaleza última de la creación y su estudio requiere un método diferente más cercano a la metafísica e incluso la teología, al menos hasta disponer de pruebas experimentales. Conviene recordar en este punto que la influencia de sus profundas creencias religiosas le llevó a rechazar el atomismo clásico, que consideraba una muestra de burdo ateísmo, o a escribir libros como *El cristiano virtuoso* o *Excelencia de la teología comparada con la filosofía natural*, donde mantiene que el conocimiento último de la naturaleza ha de ser acorde con la naturaleza de Dios, que la ha creado, aunque luego no intervenga en su desarrollo. A raíz de su traslado a Londres en 1668, esas creencias y la influencia de Sydeham, uno de los pioneros en el uso médico de la quinina, el laúdano, etc., lo llevaron a interesarse por la medicina y la forma en que los medicamentos y las drogas operan sobre los seres humanos,

porque pensaba que eran un buen ejemplo de la manera en que el espíritu interactúa con la naturaleza. Todo esto explica el interés de Boyle por la alquimia, que se fue acentuando al final de su vida, pese a las críticas vertidas en *El químico escéptico*. No obstante, siempre mantuvo sus críticas a su carácter secreto y al uso de un lenguaje oscuro, no sólo porque chocaban con su talante científico, sino porque su compromiso religioso le hacía defender que la ciencia, y sobre todo la medicina, debían ser conocimientos compartidos y al servicio de la gente, en especial de los más desfavorecidos. En esa línea se enmarcan sus estudios sobre las aguas minerales, su proyecto para destilar agua marina en agua pura y especialmente sus investigaciones sobre medicamentos para uso popular, que cristalizaron en su libro *Experimentos medicinales o una colección de remedios seleccionados y seguros principalmente de simple y fácil preparación, útiles en familia y adaptados para el uso de la gente del campo*, que se publicó póstumamente en 1692. Mostramos un ejemplar de este raro y curioso libro correspondiente a la séptima edición de 1731.

El triunfo definitivo e incontestable de la filosofía corpuscular vino de la mano de ISAAC NEWTON (1642-1727). Sus *Principia mathematica* de 1687 no sólo se convirtieron en el paradigma de la mecánica e incluso de la física durante 200 años, sino que consolidaron científicamente y experimentalmente la existencia de fuerzas diferentes a la mera acción por contacto, un elemento fundamental que tantas suspicacias había despertado en Boyle. El resultado, sobradamente conocido, era el de un universo concebido como una máquina de precisión formada por corpúsculos materiales y fuerzas que los hacen interactuar dentro de un espacio y un tiempo absolutos y que puede ser descrito matemáticamente. Aunque la existencia de fuerzas a distancia derivada de la ley de la gravitación casaban mal con el mecanicismo estricto de corte cartesiano dominante en la época y fue objeto de largas controversias, la enorme capacidad explicativo-predictiva de la teoría newtoniana y una ex-

celente campaña de difusión condujeron a su aceptación universal. El propio Newton desarrolló posteriormente en la Óptica de 1704 una teoría corpuscular de la luz y en las *queries* incluidas al final del libro abrió la puerta a la aplicación del modelo general a otros campos. Como su nombre indica, las «queries» son un conjunto de cuestiones abiertas que Newton propone inmediatamente después de su exposición de la teoría de la luz como reflexiones filosóficas, sugerencias y líneas posibles de investigación científica, pero que no estaban suficientemente consolidadas, ni comprobadas experimentalmente, para que fueran consideradas estrictamente científicas. De las 31 *queries* definitivas de la edición de 1717 (la original de 1704 solo tenía las 16 primeras) la más famosa es la última en la que, en la edición española del libro, dedica 25 páginas a responder a la pregunta: *¿No poseen las pequeñas partículas de los cuerpos ciertos poderes, virtudes o fuerzas con los que actúan a distancia no sólo sobre la luz, reflejándola, refractándola e inflexionándola, sino también unos sobre otros para producir una gran parte de los fenómenos de la naturaleza?* La respuesta de Newton es toda una teoría de la materia en la que recoge sus profundos conocimientos de química y su interés en dos cuestiones fundamentales, la afinidad y la fermentación, que consideraba pruebas de la existencia de fuerzas de atracción y repulsión a corta distancia. El problema, como en el caso de la gravedad, es el de las causas de estas fuerzas, principios activos de la naturaleza que Newton se niega a identificar con cualidades ocultas, insistiendo en que sólo podrán llegar a conocerse a través de la experimentación en línea con su famoso dictum: *Hypotheses non fingo*. Eso explica en parte su interés por los experimentos alquímicos, aunque la influencia de sus creencias religiosas tampoco sea desdeñable, como le ocurría a Boyle (Newton firmaba sus notas de alquimia como *Ioeva sanctus unus*, un anagrama de Isaacus Neuvtonus, y dejó escritas más de tres mil páginas sobre el tema que nunca publicó; pueden consultarse en <http://www.newtonproject.ic.ac.uk>). Sea como fuere, en esta *query* 31 formula un programa experimental para el desarrollo de una

mecánica corpuscular que, entre otras cosas, explicaría los procesos químicos, diciendo: *Tras considerar todas estas cosas me parece muy probable que Dios haya creado desde el comienzo la materia en forma de partículas sólidas, masivas, duras, impenetrables y móviles, con tales tamaños y figuras, con tales otras propiedades y en una proporción tal al espacio que resulten lo más apropiadas al fin para el que fueron creadas y Así, la naturaleza será muy simple y concorde consigo misma, realizando todos los movimientos de los cuerpos celestes con la atracción de la gravedad que media entre ellos y casi todos los movimientos pequeños de sus partículas con otros poderes atractivos y repulsivos que median entre ellas, insistiendo un poco más adelante: También me parece que estas partículas no sólo poseen una vis inertiae..., sino que también están movidas por ciertos principios activos, tales como el de la gravedad y los que causan la fermentación y la cohesión de los cuerpos.* Newton opta así por la primera de las dos alternativas señaladas por Boyle para explicar la composición de los cuerpos, aunque completándola con la existencia de fuerzas atractivas y repulsivas. Los planteamientos de Newton fueron penetrando gradualmente en la química a lo largo del s. XVIII de la mano de personalidades como Hales, Boerhaave o Geoffroy, pero aún fueron necesarios muchos cambios y mucha experimentación hasta que acabaron cristalizando en la teoría atómica de Dalton, cuya inspiración primordial fue precisamente esa *query* 31 de la *Optica*. Curiosamente, también la segunda alternativa propuesta por Boyle tuvo continuidad en esta época. En 1738, en su libro *Hidrodinámica*, Daniel Bernoulli desarrolló un modelo cinético según el cual la materia estaría formada por corpúsculos moviéndose caóticamente con constantes impactos entre ellos, siendo tales colisiones perfectamente elásticas y conservándose la «vis viva», y explicaba la ley de Boyle señalando que la presión sería consecuencia de estos impactos y el calor aumentaría el movimiento y número de impactos de las partículas, pero su explicación no tuvo demasiado éxito. El ejemplar de la *Optica* que mostramos corresponde a la segunda edición de 1717.

Aunque los planteamientos de Newton eran ambiciosos, el compromiso más radical con el mecanicismo y las propuestas corpusculares fue el de FRIEDRICH HOFFMANN (1660-1742) a comienzos del siglo XVIII. Amigo de Boyle, contemporáneo de Boerhaave y de Stahl, sus planteamientos se sitúan a mitad de camino entre Boyle y el mecanicismo cartesiano: la materia y todos los procesos físicos y químicos son el resultado de la interacción mecánica entre corpúsculos. Rechaza, sin embargo, que la forma de éstos juegue ningún papel, como proponía Lemery, y achaca el papel fundamental de principio activo al éter, junto con las fuerzas atractivas newtonianas que acepta sin empacho. Tal recurso al éter no es sorprendente, pues se venía utilizando en las teorías ópticas, tanto en la ondulatoria de Huygens-Hooke, como en la corpuscular de Newton, y otros fluidos parecidos se usaban para explicar los fenómenos eléctricos, magnéticos, etc.; lo interesante es la enorme importancia que le concede Hoffmann. Para él, el éter sería un fluido imponderable, casi una materia sutil en el sentido cartesiano, cuyas minúsculas partículas serían capaces de interactuar mecánicamente con los cuerpos. Omnipresente, su movimiento y presión estarían relacionados con la luz y el calor, así como con la combustión, la fermentación y la descomposición e incluso con esas fuerzas repulsivas que tanto intrigaban a Newton. La calcinación, sin embargo, era un proceso diferente, pues consistía en la absorción de «sal ácida» por el metal y su consiguiente liberación, cuando las sales metálicas se reducían. Pero, además, Hoffmann extiende ese mecanicismo a los organismos vivos: el cuerpo sería una máquina proyectada por Dios compuesta fundamentalmente por fibras que, dirigidas en última instancia por el alma, *se agitan con una serie de movimientos mecánicos de contracción y expansión* producidos por un fluido etéreo que llega hasta ellas desde el cerebro a través del sistema nervioso. El movimiento de la sangre es lo que ocasiona la vida, pero ese movimiento también es consecuencia de esas contracciones y expansiones reguladas por el éter y, por la misma razón, la respiración produce calor. A su vez, esa capacidad característi-

ca de contracción y expansión es el «tono vital» y sus alteraciones, ocasionadas por agentes externos, constituyen la enfermedad, de ahí la importancia que Hoffmann concedía a los preparados derivados del éter, cuyo uso introdujo en la medicina con sus famosas «gotas de Hoffmann» o el «licor anodino de Hoffmann» (una solución de éter en etanol). En suma, la vida es movimiento y el cuerpo funciona como una máquina hidráulica, e incluso como una máquina de vapor si nos atenemos al calor producido por la respiración, impulsada por el éter mediante movimientos de acción y reacción. Si Newton se hubiera atrevido a generalizar su mecánica a los cuerpos vivos, no habría llegado a resultados demasiado diferentes. Exponemos un ejemplar de sus *Opuscula medico-practica*, una selección de sus escritos editada en Venecia en 1738.

LA QUIMICA EN EL SIGLO XVIII

Aunque la influencia de Boyle y Newton fue muy grande, el camino de aproximación al modelo de ciencia newtoniano seguido por la química fue mucho más parsimonioso e indirecto que el salto especulativo de Hoffmann, pero también mucho más seguro y efectivo, aunque le llevara casi todo el siglo XVIII completarlo. A lo largo de ese periodo la química siguió tres líneas paralelas fundamentales: una, su constitución definitiva como disciplina independiente separada de la alquimia, pero también de la medicina, proceso que estuvo inextricablemente unido al desarrollo de la teoría de la combustión; otra, la búsqueda de una explicación de los procesos de combinación química que permitiera desarrollar leyes empíricas que la conectaran con los modelos corpusculares desarrollados en física y, la tercera, su aplicación a nuevos campos de trabajo relacionados con la industria o la agricultura que rompieron el corsé impuesto por la alquimia médica de los seguidores de Paracelso y mostraron su utilidad pública en todos los terrenos, con el consiguiente reconocimiento social.

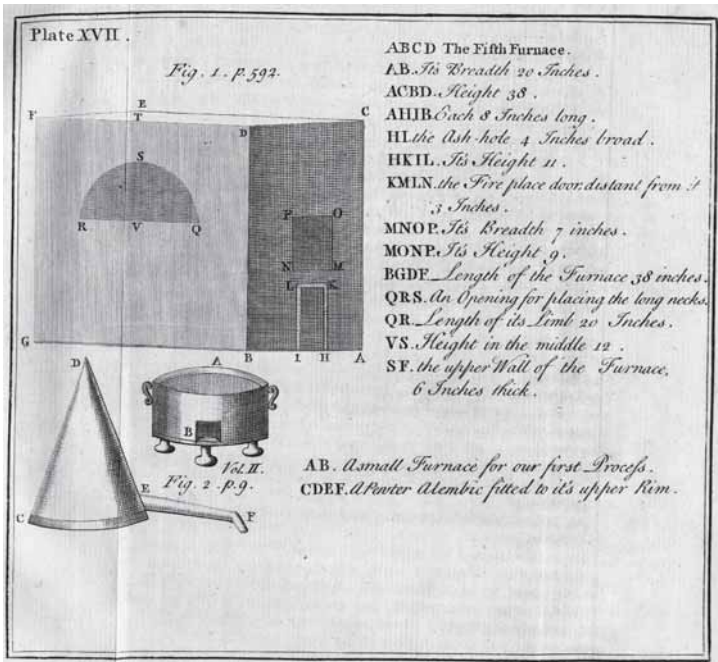
Como es sabido, una condición necesaria para que una disciplina se constituya como ciencia independiente es la existencia de una comunidad de individuos que se identifique como distinta de las que trabajan en otros campos. Semejante proceso ha de reflejarse tanto en el campo académico e institucional, como en el desarrollo de un enfoque propio y un conjunto de problemas y referencias más o menos compartidas que permitan la identificación de los investigadores como parte de ese grupo. Esa fue la particular travesía del desierto que tuvo lugar en la química del siglo XVIII, comenzando por el reconocimiento académico definitivo de su enseñanza en las universidades, aunque fuera dentro de las facultades de medicina, y siguiendo con la selección de los problemas relacionados con la combustión, y en una menor medida los relacionados con la afinidad, como ejemplares característicos que identificaran el trabajo del químico y lo diferenciaran tanto de la alquimia, como de la medicina. En este sentido y a pesar de sus profundas limitaciones, la teoría del flogisto cumplió una función fundamental como banderín de enganche y como referencia compartida, sea para defenderla, sea para atacarla, de la comunidad que se estaba constituyendo. Los orígenes de la teoría se remontan a los trabajos de Becher (1635-1681) que en 1667 publicó un libro, *Physica subterranea*, en el que defendía que los minerales y cuerpos subterráneos estaban formados por tres tipos de tierra: *terra vitrescible*, responsable de la sustancia del cuerpo, *terra fluida*, responsable de la forma, el olor y el peso, y *terra pinguis*, responsable de la combustibilidad, el color y la solidez (respectivamente, tierra vitrificante, tierra fluida o mercurial y tierra grasa), que tienen un cierto paralelismo con los principios paracelsianos de la sal, el mercurio y el azufre, con la diferencia de que estas tierras son sustancias elementales en el sentido clásico. En los procesos de combustión, la «terra pinguis» se liberaba dejando residuos de ceniza. La idea la recogió Georg Ernst Stahl (1660-1734) en su *Quimiotechnia fundamental* de 1697 y en *Specimen Beccheriani* de 1703, cambiando los nombres de las «tierras» (vitrificable, salina-vitrificable y flogisto, a las que

añadía una cuarta, la tierra calcárea) y ampliándola también a los metales. El resultado fue una teoría, la teoría del flogisto, que permitía explicar conjunta y sistemáticamente dos fenómenos considerados hasta entonces completamente diferentes: la calcinación de los metales y la combustión de las sustancias combustibles, y que Stahl extendía también a otros procesos, como la corrosión de un metal por el aire o la fermentación. El flogisto era una sustancia que formaba parte de la composición de todos los cuerpos inflamables, se comportaba como un fluido imponderable que podía pasar de un cuerpo a otro y, a todos los efectos, funcionaba como un principio de inflamabilidad, aunque en la teoría inicial de Stahl, y siguiendo a Becher también era la causa de ciertos efectos observables, como el color (se asociaba el flogisto con el azul de Prusia, de ahí el color azulado de la llama) e incluso la solidez. La combustión consistía en la liberación del flogisto contenido en el cuerpo que pasaba al aire, pero sin combinarse con él, porque el aire se seguía considerando un cuerpo simple inalterable. Precisamente porque el aire actuaba meramente como receptor, sólo podía absorber una cantidad limitada de flogisto, cesando la combustión cuando se alcanzaba ese tope. En el caso de los metales, la liberación del flogisto dejaba sólo las cales de que estaban compuestos, pero éstas podían volver a recuperarlo si se calentaban con algún material rico en flogisto, como el carbón, reapareciendo el metal. La teoría se completaba con el éter, un fluido imponderable con efectos mecánicos contenido en el aire y en los cuerpos cuyo movimiento o, en su caso, su interacción con el flogisto producían la luz o el calor. Así, la corrosión era debida a una «descomposición» del metal consecuencia de los efectos mecánicos del éter contenido en el aire, que llevaban aparejada una pérdida lenta de flogisto, y la fermentación a la rarefacción de los cuerpos densos ocasionada por el movimiento giratorio del éter, que actuaba como fermento y liberaba gran cantidad de flogisto, por eso era necesario renovar el aire. En cuanto al famoso problema del aumento de peso de las cales en la calcinación de los metales, constatado y explicado desde bastante antes por

Boyle mediante la adición de partículas de fuego, lo achacaba a un proceso de sustitución: al mismo tiempo que se liberaba flogisto, se absorbían impurezas contenidas en el aire e incluso del recipiente. Es probable que su formulación de la teoría del flogisto estuviera relacionada con su interés en separar el reino de lo inorgánico del dominio de la vida frente a posiciones como la de Hoffmann, su colega en la universidad de Halle. La teoría le permitía distinguir tajantemente entre la explicación de los procesos químicos y la de los procesos vitales y, con ellas, la química de la medicina. Si en la primera eran el flogisto, las distintas tierras y el agua los responsables de los cambios, en la segunda lo era el alma, que controlaba los procesos vitales, la salud y la enfermedad en un sentido que recuerda la mística de Paracelso, pero sin iatroquímica, pues no en vano Stahl fue uno de los defensores del vitalismo en medicina. Las mismas razones lo llevaban a rechazar las explicaciones estrictamente mecánicas y corpúsculares como intentos «matematizantes» que sólo pretendían reducir la autonomía de la química. Sean cuales fueren sus razones, se convirtió en un símbolo de la independencia de la química como ciencia y su teoría del flogisto en el punto de referencia obligado, tanto para los que la aceptaron en mayor o menor grado (como Pott, Marggraff, Rouelle, Bergmann, Macquer, Cavendish, Scheele o Priestley), como para quienes mantenían sus reservas (fundamentalmente los newtonianos, como Boerhaave, Cullen o Black).

Uno de los que mantuvieron las distancias respecto a la teoría del flogisto fue HERMANN BOERHAAVE (1668-1738), por lo que se le consideró sospechoso de intentar convertir la química en un apéndice de la física y de teórico que no conocía la química experimental, pese a que jugó un papel fundamental en la divulgación de la química y contribuyó de manera decisiva a su consolidación como disciplina independiente de la medicina y a la ruptura de los pocos lazos que aun conservaba con la alquimia. Fue un erudito extraordinario, el prototipo de académico ilustrado, que había estudiado filo-

sofía, matemáticas, filosofía natural, lenguas, botánica, medicina y química, muchas de ellas por su propia cuenta. Igualmente, aunque no comenzó su carrera académica hasta 1709 en la universidad de Leyden, fue profesor sucesivamente de botánica, medicina, filosofía natural y química, y rector en 1730. La mayoría de sus obras, de corte académico, están dedicadas a medicina (*Instituciones médicas*, *De materia medica*, *Opusculum anatomicum*, etc) y a botánica (*Historia plantarum*, *Index plantarum*) y sus únicos trabajos publicados en relación con la química son *Observata de argento vivo*, su discurso de ingreso en la Royal Society y en la Academie des Sciences, y sus *Elementa chemiae*, al que debe su fama, que es un libro de texto escrito en 1732 como réplica a unos apuntes de sus clases editados por sus alumnos ocho años antes con el título *Institutiones et experimenta chemiae* y que circulaban como si fueran un texto oficial. Su éxito fue prodigioso y todavía en 1800 se seguía considerando el tratado de química más perfecto que se había escrito nunca. Está dividido en 5 partes o tratados: del fuego, del aire, del agua, de la tierra y de los menstros (nombre que se daba a los líquidos capaces de disolver un sólido). A pesar de sus títulos, nada tienen que ver con la tradición alquimista, ni con la aristotélica; sencillamente responden a los encabezamientos académicos habituales de un libro de texto. Por el contrario, Boerhaave aplicaba los principios de la filosofía natural newtoniana, especialmente los metodológicos, defendía que la cuantificación y el experimento son los únicos recursos aceptables en la ciencia y, aunque mantenía que la química estaba aún poco desarrollada, reivindicaba para ella el estudio de todos los fenómenos relacionados con las propiedades, combinaciones y reacciones de las sustancias por sí mismos, más allá de su posible uso médico. Aunque rechaza cualquier sistematización e insiste en limitarse a los resultados experimentales, defiende la estructura corpuscular de la materia como la única hipótesis compatible con los hechos y, en su estudio sobre los menstros, señala como hipótesis explicativa de las disoluciones la existencia de



una fuerza entre las partículas del disolvente y el cuerpo disuelto que es superior a la que mantiene unidas a las partículas del cuerpo, una *virtud que hace que se amen, se unan y se retengan recíprocamente*, pero conservando su identidad, una especie de afinidad. Pero su estudio más curioso, que no agradaba a los partidarios del flogisto, es el del fuego. Lo considera un cuerpo formado por partículas minúsculas que pueden penetrar en las sustancias y alterar o romper la atracción de sus partículas. En este sentido es como un disolvente y su acción sobre la sustancia dependerá de la mayor o menor afinidad que tenga con sus partículas. Por su parte, el calor es una sustancia distinta al fuego, que provoca la dilatación, carece de peso y se reparte uniformemente por los cuerpos, al menos cuando está en reposo. Boerhaave utilizaba termómetros de precisión contruidos por Fahrenheit para medir la cantidad de calor contenida en un cuerpo. La que exponemos es la versión inglesa de sus *Elementia chemiae* editada en Londres en 1763 con el título *A new method of chemistry*.

Un caso curioso de dedicación a la química es el de WILLIAM CULLEN (1710-1790) cuya fama se debe, no obstante, a que fue profesor y mentor de Joseph Black, que le sucedió como profesor en Edimburgo. Cullen pertenece también al grupo de los químicos que adquirieron fama como profesores y divulgadores y defendieron la química como ciencia independiente y no un apéndice de la medicina. Consiguió que la universidad de Glasgow creara en 1747 la primera plaza independiente de profesor de química y la ocupó durante casi diez años, pasando luego a la universidad de Edimburgo, donde fue nominalmente profesor de anatomía y química, aunque sólo impartía clases de química. Hizo de la defensa académica de la química el objetivo de su trabajo e insistió en la importancia de su aplicación a la minería, la agricultura y la industria. Sus cursos, que fueron famosos en Gran Bretaña y América, se dividían en dos partes: la primera la dedicaba a las doctrinas generales sobre las leyes de combinación y separación y los efectos del calor en los cuerpos; la segunda, más específica, a las doctrinas particulares sobre

las 5 clases de cuerpos (sales, inflamables, aguas, tierras y metales), las propiedades de las sustancias animales y vegetales y la aplicación de la química a las artes prácticas, lo que deja clara su forma de entender la disciplina. Paradójicamente, sólo publicó un artículo sobre el tema, *Sobre el frío producido al evaporar fluidos y algunos otros medios de producir frío*, dedicando sus restantes publicaciones, que tampoco son muchas, a temas médicos. Dejó, sin embargo, una ingente cantidad de material sin publicar, entre los que se incluyen estudios sobre las tablas de afinidad y notas sobre el simbolismo químico, junto con trabajos relacionados con la aplicación industrial de la química, métodos para blanquear la ropa y producir sal o para analizar la fertilidad del suelo. Pero el grueso de ese material está relacionado con la sistematización y enseñanza de la química, desde apuntes para sus clases y conferencias, hasta borradores de libros que nunca vieron la luz, como *Doctrinas generales de la química*, *Sobre los principios químicos*, *Historia de la química*, etc. En 1777 fue nombrado miembro de la Royal Society, aunque nunca firmó el acta de adhesión, posiblemente por las mismas razones por las que no publicaba sus manuscritos. Entre sus publicaciones médicas destaca su *Nosología*, en la que utiliza por primera vez el término «neurosis», tal vez a partir de su propia experiencia personal. Exponemos un ejemplar de sus *Elementos de medicina práctica*, al que va añadida la *Nosología*, editado en Madrid en 1791.

Con PIERRE JOSEPH MACQUER (1718-1784) la química alcanza su punto más alto de autonomía como disciplina antes de su constitución definitiva como ciencia de la mano de Lavoisier. Reconocido divulgador y sistematizador, profesor en el Jardín de Plantas y encargado de la sección de química y medicina del *Journal des Savants*, afirmaba que la química era simplemente una ciencia basada en hechos e insistía en la necesidad de renunciar a toda teorización que fuera más allá de los resultados experimentales, idea común en la época, pero sorprendente en alguien como Macquer, que se mantuvo fiel a la teoría del flogisto hasta su muerte, aunque conocía perfecta-

mente los trabajos sobre la combustión de Lavoisier, con el que realizó varios informes conjuntos para la Academie des Sciences. Más aún, junto con Guyton de Morveau, que sólo se convirtió en un partidario de Lavoisier en 1787, Macquer es el responsable de la hipótesis de que el flogisto tenía peso negativo para explicar el aumento de peso en la calcinación de los metales. Incluso en ocasiones recurría a la teoría de los cuatro elementos como explicación instrumental aduciendo que no había ninguna teoría mejor disponible. Es posible que su insistencia en la experimentación y su resistencia al cambio fueran consecuencia de su interés en la afinidad química, en la que era una autoridad reconocida (Berthollet fue alumno suyo) y cuyo desarrollo consideraba la única base segura para cualquier teoría química, porque en sus *Elementos de química teórica* dice que la afinidad es lo que *dispone a ciertos cuerpos a unirse con otro diferente, mientras que son incapaces de contraer cualquier unión con otros. Es precisamente este efecto, cualquiera que sea su causa, el que nos dará razón de todos los fenómenos que conforman la química y el que los relacionará a todos.* Sea como fuere, su importancia para la química radica en sus contribuciones didácticas y en sus trabajos sobre química industrial. En el primero de los casos, en 1751 publicó dos libros de texto titulados *Elementos de química teórica* y *Elementos de química práctica* en los que por primera vez se presentaba la química como una disciplina sistemática y cuantitativa y en 1766 publicó su *Diccionario de química*, el primer diccionario de química teórica y general organizado sobre líneas sistemáticas modernas, que alcanzó un éxito inmediato, aunque su primera edición apareció de forma anónima, porque temía que manchara su reputación de químico y miembro de la Academie. Un importante logro del diccionario fue divulgar el conocimiento de la afinidad química, tan valorada por Macquer; otro, más anecdótico, ofrecer una definición precisa del término «gas», acuñado por Van Helmont, y generalizar su uso, lo que no dejaba de ser una pequeña contribución al triunfo de las teorías antiflogísticas, aunque Macquer lo compensa con un largo resumen que recoge todos los resultados y consecuencias

a que habían llegado los seguidores de la teoría del flogisto. En el segundo campo, estudió la solubilidad de grasas en alcohol, la composición de la leche, los compuestos minerales del arsénico, el azul de Prusia, a partir del cual obtuvo un tinte para la seda, y nuevos métodos para mejorar la fabricación de porcelana durante su larga etapa como consejero de la fábrica de Sèvres. Pero su contribución más importante en este campo fueron sus estudios sobre el teñido de los tejidos, que consideraba un fenómeno químico resultado de una afinidad particular entre la fibra y el tinte y que aplicó a la seda en su *Tratado sobre la tintura de la seda*, completando los hallazgos de Hellot sobre la tintura de la lana y los de Le Pileur d'Apigny sobre el hilo y el algodón. Precisamente exponemos un ejemplar de la versión española de este libro publicada en Madrid en 1771 y otro del *Dictionnaire de chymie* publicado en Neuchatel en 1789.

El último defensor de la teoría del flogisto fue BALTHAZAR GEORGES SAGE (1740-1824), que también fue uno de los prestigiosos profesores que contribuyeron al afianzamiento y expansión de la química, en este caso en los campos de la mineralogía y la metalurgia. Siguiendo la estela de la clasificación «natural» de los minerales mediante sus propiedades químicas de Cronstedt (1722-1765) o Bergmann, Sage aplicó la química a la mineralogía y en 1778 fue nombrado profesor de mineralogía y metalurgia docimástica, una nueva aplicación de la química esencial para la minería y la metalurgia y dedicada a examinar mediante procedimientos químicos las materias minerales para conocer las sustancias que las componen, los medios de separarlas y sus posibles utilidades y aplicaciones. En 1783 consiguió que se creara la Escuela de Minas de la que fue director entre 1783 y 1790. Su obra más famosa fueron unos *Elementos de mineralogía docimástica* de 1772. Su compromiso con la teoría del flogisto no sólo era científico, sino también político. De talante conservador, identificaba los nuevos planteamientos antiflogísticos con las propuestas revolucionarias que comenzaban a abrirse paso en Francia,

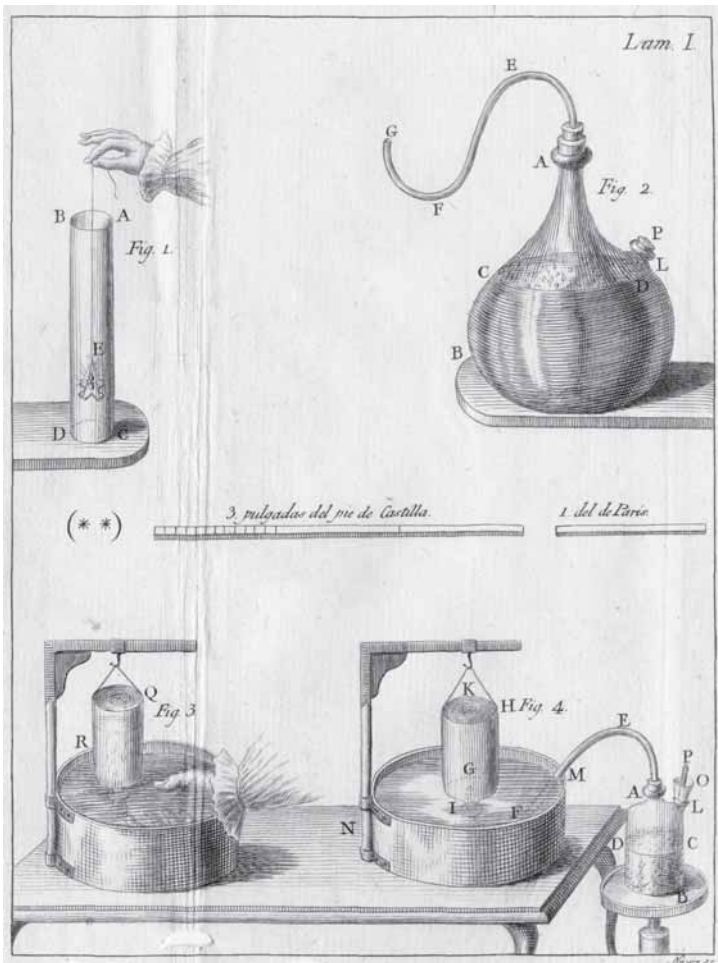
por lo que su reacción a las propuestas de Lavoisier fue visceral y virulenta. Irónicamente, durante la Revolución sólo pasó unos meses en la cárcel por sus opiniones monárquicas y sobrevivió casi 30 años a Lavoisier. Como nota curiosa, Viera y Clavijo asistió a sus cursos de química durante su estancia en París en 1776-1777, como también lo hizo Volta cinco años después, entre 1781 y 1782, aunque Volta aprovechó su estancia en París para conocer a Lavoisier y llevar a cabo algunos experimentos con él. Exponemos un ejemplar de la versión española de uno de sus trabajos, *Experiencias con que se prueba que el alcalí volátil es el remedio más eficaz en las asfixias o muertes aparentes de los ahogados y sofocados del tufo del carbón*, publicado en Madrid en 1777.

La afinidad química que tanto había interesado a Macquer fue otra de las líneas de desarrollo de la química del siglo XVIII, precisamente la que más influyó en que se convirtiera en una ciencia experimental y cuantitativa. El desarrollo de las teorías corpusculares y el abandono de las formas sustanciales y los principios paracelsianos puso en primer plano el problema de la naturaleza de la composición química. Uno de los puntos fuertes de la alquimia había sido la explicación de este proceso mediante principios místico-esotéricos de atracción y repulsión mutua y así se representaba constantemente en la iconografía hermética, pero esos planteamientos se compadecían mal con la nueva química. Los intentos puramente mecánicos, como los de Lemery, eran demasiado burdos y ad hoc, mientras que otros, como los de Sennert, eran demasiado especulativos o presuponían lo que se quería explicar. De ahí que no acabaran de distinguir entre una combinación química y una mezcla. La incapacidad para resolver el problema satisfactoriamente fue una de las razones, aunque no la única, del interés de Boyle, y posteriormente Newton, por la alquimia. Como se ha señalado más arriba, Newton había sugerido que unas fuerzas de atracción semejantes a la gravedad, pero ejercidas a corta distancia, y sus correspondientes fuerzas de repulsión podían ser la causa de

la afinidad y de la fermentación. Desgraciadamente, la sugerencia newtoniana no era más que una propuesta general de un programa de investigación experimental que nadie había intentado hasta entonces y, además, no explicaba la selectividad de las combinaciones, ni por qué una sustancia dejaba de combinarse con otra cuando la cantidad de ésta superaba un cierto valor (la saturación). En consecuencia, el precio a pagar por el rechazo de la alquimia fue que los químicos de siglo XVIII se vieron en la obligación de atacar el problema directamente y basándose sólo en los resultados empíricos, de ahí su insistencia en la importancia de la experimentación, la cuantificación y el lenguaje preciso que no dejara resquicio alguno a la especulación. El camino lo inició ETIENNE-FRANÇOIS GEOFFROY (1672-1731), que publicó en 1718 la primera tabla de afinidades en que las sustancias aparecían ordenadas según su tendencia a combinarse (*Tabla de las relaciones observadas en química entre diferentes sustancias*). Aunque conectada con las sugerencias de Newton, la tabla era puramente empírica y su objetivo principal puramente pragmático: ordenar las sustancias y reacciones conocidas y clasificar las que se iban descubriendo. El principio general era que *siempre que encontrándose unidas dos sustancias que tienen alguna disposición a unirse entre sí, se presenta una tercera que tiene más relación con una de ellas, ésta se une con ella haciendo que la otra se separe*, de manera que es posible establecer experimentalmente una clasificación jerárquica de las diferentes sustancias según su afinidad con una determinada. La tabla de Geoffroy tenía 16 columnas correspondientes cada una a una sustancia y divididas en celdillas por líneas horizontales, de modo que en cada celdilla situaba en orden descendente una sustancia según su grado de afinidad con la que encabezaba la columna. Aunque los resultados eran cualitativos, o en el mejor de los casos comparativos, y tenía numerosas ambigüedades e imprecisiones, la utilidad práctica de la tabla era evidente y se popularizó inmediatamente. El propio Geoffroy la utilizó para sus descripciones de medicamentos y de sustancias orgánicas, como en su *Tratado de las sustancias fósiles, vegetales y*

animales o su *Tractatus de materia medica*. Exponemos un ejemplar de la versión inglesa de la primera de estas obras editado en 1736 y otro de la segunda de 1760.

Con el paso del tiempo, este tipo de tablas se consideraron fundamentales porque se pensaba que podrían servir para descubrir propiedades y características regulares que permitieran formular leyes generales de afinidad o atracción basadas exclusivamente en los resultados experimentales, el famoso “sueño de Newton”, lo que acabó llevando a la química cuantitativa característica de la segunda mitad del s. XVIII y comienzos del XIX. Además, las tablas se convirtieron en una señal de identidad de la nueva química, de manera que cada vez más investigadores se dedicaron a discutir las, precisarlas y ampliarlas. Eso tuvo consecuencias colaterales interesantes, la principal de ellas constatar la necesidad de utilizar un lenguaje compartido con definiciones precisas y nuevos conceptos para evitar la confusión con la vieja terminología alquímica. Tal había sido el objetivo del *Diccionario* de Macquer, aunque sólo lo consiguiera parcialmente y la solución tuviera que esperar hasta la publicación del *Método de nomenclatura química* de Lavoisier, Berthollet, Fourcroy y Guyton de Morveau. De la misma manera, se hacía evidente la necesidad de una nueva simbología más completa, precisa y manejable que los viejos símbolos alquímicos, como había observado Cullen, aunque no se dispuso de ella hasta los tiempos de Berzelius. Todas estas inquietudes están recogidas en la figura de TOBERN OLOF BERGMANN (1735-1784). Amigo de Scheele, con el que llevó a cabo diversas investigaciones, apoyó la teoría del flogisto, a la que proporcionó uno de sus más poderosos argumentos experimentales al explicar flogísticamente el papel jugado por el carbón en la fabricación de acero y otros procesos metalúrgicos. Fue también Bergmann quien inventó el término «afinidad electiva» para referirse a lo que Geoffroy había llamado ambiguamente «disposiciones de las sustancias a relacionarse selectivamente con otras», y com-



Bergmann, Tobern Olof. *Elementos físicos-químicos de la [sic] análisis general de las aguas...* - Madrid: En la Imprenta Real ..., 1794

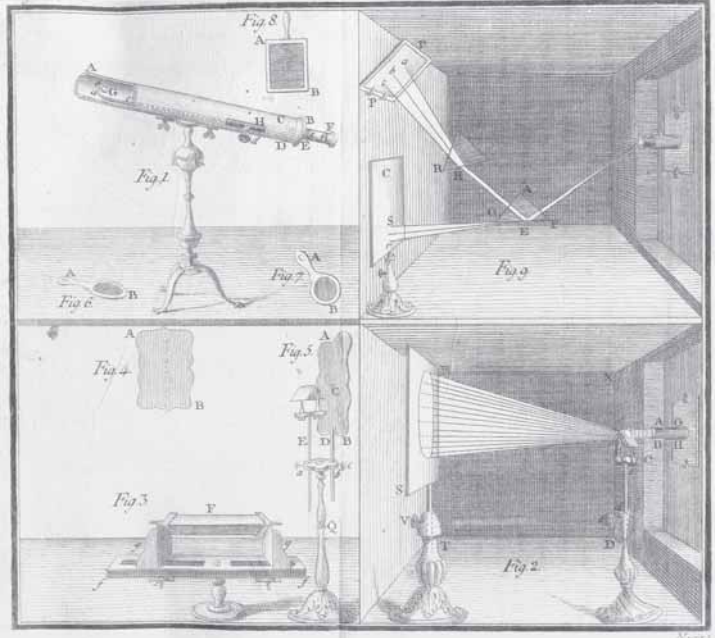
piló las tablas de afinidad más extensas y detalladas de todo este periodo cualitativo-comparativo. Para ello, establecía dos tablas, una para las reacciones «húmedas» (las soluciones) y otra para las «secas» (las fusiones), en las que ordenaba los ácidos en secuencias según sus afinidades relativas con una base dada, de manera que los de mayor afinidad desplazaban a los de afinidad menor. De manera similar, ordenaba las bases según su afinidad con un ácido dado, llegando a clasificar así hasta 59 sustancias. Estas tablas le permitían describir reacciones en las que estaban implicadas reacciones simples y dobles, para lo que recurría a complejos diagramas en los que representaba las sustancias intervinientes con círculos marcados de forma diferente mediante líneas y otros símbolos gráficos y utilizaba llaves horizontales y verticales entre las que encerraba los nuevos compuestos, poniendo los iniciales por fuera a la derecha y a la izquierda, y utilizando las llaves horizontales para indicar el proceso resultante (precipitación, solución, etc). También estudió el «aire fijo», al que consideraba un gas ácido, el níquel, el platino, el arsénico, etc; llevó a cabo análisis de aguas y minerales e intentó desarrollar métodos de análisis cuantitativos, etc. Todos estos trabajos los recogió en los seis volúmenes de sus *Opuscula physica et chemica* de 1780. Mostramos un ejemplar de la versión castellana de los siete primeros capítulos de esta obra editado en Madrid en 1794 con el título *Elementos físico-químicos del análisis general de las aguas* y que tiene la particularidad de utilizar la nueva nomenclatura de Lavoisier porque se tradujo de la versión francesa que había hecho Guyton de Morveau del original en latín.

Una consecuencia inmediata de ese creciente interés en la experimentación como vía fundamental para el desarrollo de la química, y de la ciencia en general, fue la construcción de nuevos instrumentos y aparatos, que gradualmente iban haciendo diferentes los laboratorios químicos de los talleres de los alquimistas. Entre estas innovaciones instrumentales destaca el recurso a aparatos derivados de otros campos científicos, en es-

pecial de la electricidad, que resultaron ser muy útiles para la química. Un pionero en esta dirección fue JEAN ANTOINE NOLLET (1700-1770) que se dedicó fundamentalmente al estudio de los por entonces novedosos fenómenos eléctricos, donde llegó a elaborar una teoría propia según la cual la electricidad consistía en el movimiento de dos corrientes de fluidos en direcciones opuestas que producían atracción o repulsión en la superficie de los cuerpos cargados. Pero sobre todo es reconocido como un infatigable divulgador de la ciencia experimental, aprovechando su posición como tutor del Delfín de Francia, y como defensor de la experimentación, especialmente de la utilización de la electricidad en experimentos químicos para establecer la afinidad entre sustancias, lo que lo convierte en un antecedente de los trabajos de Davy. En sus *Lecciones de física experimental* recoge estas ideas y describe numerosos experimentos eléctricos con gases y fluidos llevados a cabo por él mismo. Exponemos un ejemplar de la versión española editada en Madrid en 1757. Su discípulo y sucesor, JOSEPH-AIGNAN SIGAUD DE LA FOND (1730-1810), continuó esa tarea de divulgación y popularización aprovechando la creciente ola de interés por los experimentos científicos espectaculares, especialmente los relacionados con la electricidad y con los nuevos gases recién descubiertos. Menos original que su maestro, sus escritos y demostraciones estaban dirigidos al creciente número de curiosos ilustrados que estaban interesados en los fenómenos inusuales que la investigación científica iba descubriendo. En esta dirección publicó en 1779 un *Ensayo sobre las diferentes especies de aire que se designan con el nombre de aire fijo*, en el que propone usar el «aire nitroso» descubierto por Priestley para comprobar la salubridad del aire común, mediante la combinación de ambos en agua. No obstante, su fama descansa fundamentalmente en su libro *Descripción y uso de un gabinete de física experimental*, publicado en 2 volúmenes en 1771, y cuya segunda edición, corregida y aumentada a 4 volúmenes en 1787, lleva el nuevo título de *Elementos de física teórica y experimental para servir de introducción a la Descripción....* Es un

manual que describe un gran número de aparatos químicos, eléctricos, ópticos, etc., y una ingente cantidad de experimentos, aprovechando la moda entre las clases pudientes de instalar gabinetes experimentales en sus casas y utilizarlos casi como centros de reunión social. Como nota curiosa, durante su estancia en París Viera y Clavijo fue un asiduo asistente a las clases y demostraciones de Sigaud de la Fond. Allí obtuvo las ideas y los conocimientos necesarios para montar un gabinete experimental en el palacio del Marqués de Santa Cruz cuando regresaron a Madrid, así como para los cursos que impartía en él con la complacencia del marqués. En esta exposición mostramos un ejemplar de los *Elementos de física teórica y experimental* publicado en Madrid en 1787.

La tercera línea seguida por la química del siglo XVIII fue su creciente implicación en procesos industriales de todo tipo, lo que contribuyó en gran medida a su reconocimiento social y a la constatación de su importancia para el desarrollo económico y comercial. Eso, además, permitió que su alcance se expandiera mucho más allá de la simple preparación de sustancias útiles para la medicina que marcó sus orígenes. Es cierto que esta utilización de la química con fines prácticos se puede rastrear hasta los trabajos de Biringuccio, Agricola o Bernard Palissy, pero el desarrollo de la Revolución Industrial a lo largo del siglo XVIII le concedía una importancia inusitada hasta entonces. A fin de cuentas se venía a demostrar que, sin transmutar el plomo en oro, la nueva química que se venía desarrollando tan humildemente era capaz de ser más útil y generar más riqueza que la alquimia a la que estaba sustituyendo. Uno de los personajes que más influyeron en esta dirección fue HENRI-LOUIS DUHAMEL DE MONCEAU (1700-1782), un caso curioso de político polifacético interesado en la agricultura y la química orgánica y su uso con fines industriales y comerciales. Tras estudiar derecho, profesión que nunca ejerció, se estableció en París donde construyó su propio laboratorio. Construyó un horno de secado para mejorar la conservación



Sigaud de la Fond, Joseph-Aignan: *Elementos de física teórica y experimental...* - En Madrid: En la Imprenta Real, 1787

del grano, estudió la resistencia de la madera, analizó las sales vegetales, los efectos de mezclar plantas silvestres en la alimentación de los animales, el uso de drogas vegetales en medicina y otras cuestiones relacionadas con la producción de azúcar refinada, la manufactura de tabaco de pipa o la sal marina, distinguiendo las sales de sodio y de potasio. En su libro *Sobre la explotación de los bosques* se muestra como un conservacionista adelantado a su época y se lamenta de la creciente devastación de los bosques y el uso excesivo de madera en los hornos. El que exponemos es un ejemplar de esta obra editada en París en 1764.

Otro de los grandes impulsores de la química industrial fue ANTOINE BAUMÉ (1728-1804). Aprendió química al margen de los circuitos académicos en la farmacia de Claude Joseph Geoffroy, llamado el Joven para distinguirlo de Etienne-François Geoffroy, y fue ayudante demostrador de Macquer en el Jardin du Roi. Entre sus muchas actividades relacionadas con la química industrial, construyó una fábrica para la producción de amoníaco y estudió tintes para los paños, métodos para dorar piezas de relojería, para fabricar porcelana o para conservar el trigo e incluso sustancias útiles para extinguir incendios. También fue famoso por la invención de un instrumento flotador para conocer el peso específico de cuerpos líquidos o sólidos o el grado de concentración de líquidos a peso constante y se le achaca haber sido quien sugirió a Bergmann el método de referencias cruzadas utilizado en sus tablas de afinidades. Pero lo más interesante es su concepción de la química como la ciencia fundamental para el estudio de la naturaleza porque, según dice en el tomo I de su *Química experimental y razonada* de 1773, *la naturaleza es un vasto laboratorio de química en el que se forman composiciones y descomposiciones de toda especie. La vegetación es el primer instrumento empleado por el Creador y su función es combinar inmediatamente los cuatro elementos y servir de pasto a los animales. Unos y otros son empleados por la naturaleza para formar*

toda la materia combustible que existe. Cualquier alquimista hubiera suscrito la idea fundamental que yace bajo esta afirmación de Baumé, que muestra el grado de desarrollo y reconocimiento a que había llegado la química en la segunda mitad del siglo XVIII. Lo que había empezado siendo una simple disciplina auxiliar de la medicina, era capaz de reclamar como propio lo que hasta poco antes había sido el objeto de estudio de la alquimia y proclamar su completa independencia de la medicina misma. Y no es casual que semejante afirmación la haga un químico y farmacéutico formado al margen de la academia, dedicado a la química aplicada y cuya obra más famosa eran unos *Elementos de farmacia teórica y práctica* de los que se publicaron 9 ediciones entre su aparición en 1762 y comienzos del siglo XIX. Exponemos un ejemplar de la versión española de esta obra editado en Madrid en 1793.

Más importancia aún tuvo JEAN ANTOINE CHAPTAL (1756-1832) tanto por sus trabajos como por las responsabilidades políticas que desempeñó a lo largo de su vida. Aunque fue profesor en la universidad de Montpellier, sus principales esfuerzos se dirigieron hacia la química industrial, primero por su cuenta, construyendo una fábrica para la producción comercial de ácido sulfúrico y otros productos químicos (soda, etc.), y luego por cuenta del estado tras la toma del poder por Napoleón, con quien llegó a ser ministro de interior y director general de comercio y manufacturas, continuando su carrera política tras la restauración de Luis XVIII. Sus principales trabajos son los *Elementos de química*, un texto introductorio en el que se manifiesta como uno de los primeros seguidores de las teorías antiflogísticas de Lavoisier, y sobre todo *Química aplicada a las artes*, que pasa por ser el primer texto dedicado exclusivamente a temas relacionados con aspectos técnicos y comerciales de la química industrial. Fue famoso su método para enriquecer el vino añadiéndole derivados del azúcar y durante su época de ministro de Napoleón fue el inductor de la introducción en Fran-

cia del sistema métrico de pesos y medidas. Exponemos la versión española de sus *Elements de chimie* editada en Madrid en 1794 junto con el suplemento tomado de la tercera edición francesa y publicado también en Madrid en 1801.

Como consecuencia de todos estos desarrollos, la química había alcanzado en el último cuarto del siglo XVIII un alto grado de madurez, algo de lo que eran conscientes quienes se dedicaban a ella. El sentimiento más general era que, tras haber pasado un largo periodo de reafirmación perfeccionando métodos, recogiendo datos y constituyendo una comunidad, se había llegado al punto en que lo único que faltaba era articular esos logros en un sistema teórico general estrictamente químico que siguiera el modelo de ciencia newtoniano, pero sin ser reducible a la mecánica o la filosofía natural, como habían intentado los mecanicistas del siglo XVII. Esa era la apuesta contenida en los artículos sobre química recogidos en la *Encyclopedie*, que en este sentido eran tan agitadores y revolucionarios como el resto de la magna obra en que estaban incluidos. La gran *Enciclopedia o diccionario razonado de las ciencias, las artes y los oficios* publicada entre 1751 y 1772 en 17 volúmenes de texto y 11 de planchas bajo la dirección de Diderot y D'Alembert pretendía ser eso: una recopilación crítica de los conocimientos humanos disponibles en la época, que incluyera sus aplicaciones prácticas y las nuevas técnicas como parte de ellos, en línea con los planteamientos de Bacon, cuya clasificación del árbol de los conocimientos humanos abría la Enciclopedia a modo de índice general. Su objetivo no era meramente expositivo, sino que buscaba remover conciencias y cambiar la manera de pensar tratando los temas desde puntos de vista originales y críticos con los saberes, la autoridad o el dogma establecidos. Se trataba, en fin, de una obra colectiva (además de Diderot y D'Alembert, contribuyeron Voltaire, Rousseau, D'Holbach, Daubenton, Tronchin, etc.) que pretendía mostrar públicamente y difundir entre la sociedad la nueva forma de pensar ilustrada, indicando además las perspectivas de su desarrollo futuro.

Nada tiene de extraño que fuera tachada de revolucionaria y que, de hecho, fuera una de las principales fuentes de inspiración ideológica de la Revolución Francesa. Su publicación fue una de las tareas editoriales más arduas que la historia ha conocido. Sus dos primeros volúmenes de texto aparecieron en 1751 y ya en 1752 su publicación fue prohibida temporalmente, aunque se reanudó al año siguiente en que se publicó el tercer volumen, donde aparece el artículo central de Venel dedicado al término *Chymie*, y tuvo lugar la retirada parcial de D'Alembert, que desde entonces se dedicó exclusivamente a los artículos de física y matemáticas. En 1757 apareció el volumen 7, que es el último de esta primera época, pues en 1758 estalló el escándalo con la publicación del tratado de Helvetius *De l'esprit*, acusado de materialismo y ateísmo, que alcanzó de lleno a la Enciclopedia no sólo por su sintonía ideológico-filosófica, sino porque era un hecho conocido que Helvetius era su principal fuente de financiación. En 1759 se produce la condena de Helvetius y la Enciclopedia, se prohíbe definitivamente su publicación y se le retira la licencia real. El mismo año tiene lugar la interdicción papal y la retirada definitiva de D'Alembert. A pesar de todo, Diderot no se detuvo y en 1765 aparecieron sin privilegio y con la dirección falsa de Neuchatel los 10 volúmenes de texto restantes, aunque por razones obvias de mínima seguridad no aparece el nombre de Diderot. Finalmente, en 1772 aparecieron los 11 tomos de las planchas. El éxito y la difusión de la Enciclopedia fueron extraordinarios y si algo hicieron las prohibiciones fue incrementarlos, así en 1776-77 se publicó un suplemento formado por 4 volúmenes más de texto y 1 de planchas y en 1780 otros 2 volúmenes de tablas. Evidentemente, los artículos sobre química no fueron la causa de estos avatares, pero dentro de sus límites también participaban de ese espíritu y así lo entendieron algunos químicos como Sage, del que ya hemos hablado. Sorprendentemente Gabriel-François Venel (1723-1775) no era precisamente un químico innovador. Inspector de aguas minerales y especialista en el análisis de aguas, había llegado a afirmar: *Estamos tentados a considerar el agua como uno de los prin-*

cipios constituyentes de todas las rocas que no son producidas o alteradas por el fuego, una versión muy limitada de la tesis de Van Helmont, y las autoridades químicas que cita en su artículo central son Becher y Stahl, frente a Boyle, Newton o Boerhaave, representantes a su juicio de la tendencia a reducir la química a la física. Precisamente eso hace que sus opiniones sean más reveladoras y representativas del estado de opinión de los químicos de la segunda mitad del siglo XVIII. Comienza definiendo la química como el estudio de la composición y descomposición experimental de los cuerpos y desde el principio señala: Los químicos forman aún un pueblo distinto muy poco numeroso, con su lengua, sus leyes, sus misterios y viviendo casi aislados en medio de una muchedumbre poco curiosa de su comercio que no atiende casi nada a su industria y lamenta que las obras de los químicos puros (cita a Stahl) sean conocidas sólo por los químicos, mientras las de especialistas de otras ramas dedicadas a algún tema químico (cita a Bernoulli o Boerhaave) son muy célebres, e insiste en que tales obras tienen un carácter muy general, fundamentalmente teórico y sin haber sido contrastadas y extraídas de los hechos (señala ahora a Boyle, Newton y Keill). E inmediatamente arranca: A partir del momento en que la química ha tomado la forma de ciencia, es decir, desde que ha recibido la influencia de los sistemas de física reinantes ha devenido sucesivamente cartesiana, corpuscular, newtoniana, académica o experimental; los diversos químicos que la han dotado de ideas más claras, más cercanas a la manera de pensar dirigida por la lógica ordinaria de las ciencias, han adoptado el tono de aquellas ciencias que se habían difundido las primeras ¿Pero no han pagado demasiado por esa aproximación? ¿no deberían ser más celosos de conservar su estilo propio e independiente?... ¿es preciso proscribir el espíritu sistemático para siempre porque su inicio prematuro produjera errores en épocas pasadas menos felices? Sea como fuere, el gusto de la época, el espíritu de detalle, la marcha lenta, circunspecta, tímida de las ciencias físicas ha prevalecido hasta en nuestros libros elementales, nuestros cuerpos de doctrina. Estos libros no son, ni sus autores pretenden que sean, más que colecciones juiciosamente ordenadas de hechos elegidos con sentido y severamente

*verificados; explicaciones claras, sabias y a veces nuevas y correcciones útiles de los procedimientos experimentales. Cada parte de esas obras puede ser perfecta, o al menos exacta, pero el nudo, la conjunción, el sistema, y sobre todo lo que me atrevería a llamar el desenlace por el que la química pueda extenderse a nuevos objetos, iluminar a las otras ciencias, en una palabra, engrandecerse; ese nudo, digo, ese sistema, ese desenlace faltan y poco después sigue con la traca final: Está claro que la revolución que situará a la química en el rango que merece, que la pondrá cuando menos al lado de la Física matematizada, que esta revolución, digo, no puede ser llevada a cabo más que por un químico hábil, entusiasta y osado que encontrándose en posición favorable y aprovechando algunas circunstancias felices, sabrá despertar la atención de los sabios ilustrados, primero mediante una ruidosa exhibición, mediante un tono decidido y afirmativo, y después con razones, si sus primeras armas hubieran ofendido a quienes tuvieran prejuicios. Si Venel hubiera sido un aplicado discípulo de Kuhn, no lo habría expresado mejor. Lavoisier tenía 10 años cuando se escribió este artículo. Exponemos un ejemplar del volumen tercero que contiene el artículo de Venel y otro de las planchas que contiene la tabla de las sustancias, ambos de la edición original de la *Encyclopedie*.*

Sería ANTOINE LAURENT LAVOISIER (1743-1794) quien llevaría a cabo esa esperada revolución y la plasmaría en 1789 en su *Tratado elemental de química*, que fue esa obra sistemática de conjunto por la que suspiraba Venel, aunque posiblemente le habría parecido poco químico que su origen se debiera a que su héroe prestaba más atención a las alteraciones en el peso que a las propiedades de los productos obtenidos. Ciertamente, pocos podían imaginar que el núcleo de la revolución iba a ser la teoría de la combustión, no la afinidad química, y que la chispa la desencadenaría un problema tan antiguo, conocido y poco valorado como el aumento de peso en la calcinación. Que en la calcinación de los metales se producía un aumento de peso era bien conocido al menos desde Boyle y, posiblemente, Sendivogius, pero nunca había representado un pro-

blema mayor. El problema se resolvía suponiendo que las cales absorbían partículas de fuego, de luz, de sales o simplemente de impurezas. En algún caso, se había hablado de alguna sustancia contenida en el aire (el espíritu ígneo-aéreo de Mayow) o del aire mismo (Jean Rey, que además lo cuantificaba), pero sin mayor repercusión, porque parecía increíble que se absorbiera aire en la combustión y no ocurriera espontáneamente en circunstancias normales. Además, parecía un problema más físico que químico, secundario respecto al de la recuperación del metal al calentar las cales con carbón o los cambios cualitativos que acompañaban a la calcinación (calor, luz, olor, cambios en la forma, color y brillo, etc), que la teoría del flogisto explicaba bastante bien. Algo parecido ocurría con el aire, considerado tradicionalmente como un elemento muy especial que tenía propiedades físicas (peso, elasticidad, etc), pero no reaccionaba con otras sustancias, aunque podía contenerlas a todas como receptáculo, lo que le concedía diferentes propiedades según predominara una u otra (los aires mefíticos, los inflamables, etc). De ahí que Van Helmont considerara su «gas silvestre» un tipo de aire o que Hales identificara también como tipos de aire las sustancias que iba obteniendo con su cuba neumática. Que la presencia de aire atmosférico fuera necesaria para la combustión y la respiración se justificaba por su naturaleza de receptáculo, sea por contener algo que las avivaba (sería simplemente un tipo de aire, como el aire nitro de Sendivogius o el espíritu ígneo-aéreo de Mayow), sea por su capacidad para recibir lo que se liberaba (capacidad que podía variar según el tipo de aire). Como en el caso anterior, eso no planteaba problemas especiales a la teoría del flogisto, sino que más bien la reforzaba. De ahí que cuando algunos químicos comenzaron usar la cuba de aire extensivamente, siguieron identificando como tipos de aire los gases que obtenían: el aire fijo de Black, el aire inflamable de Cavendish, el aire ígneo y el aire gastado de Scheele y los diferentes aires de Priestley, aunque ahora prestando gran atención a sus diferentes comportamientos y propiedades químicas. En resumen, la teoría del flogisto estaba

bien establecida, el número de químicos dedicados a la química neumática era mínimo comparado con los que trabajaban en la afinidad y les interesaba más estudiar las propiedades de los aires que iban obteniendo que los procesos cuantitativos involucrados en su producción. La habilidad de Lavoisier fue relacionar los dos problemas, el aumento de peso y los tipos de aire, y otorgando toda la prioridad a los procesos cuantitativos, a las alteraciones particulares y a la conservación total del peso a lo largo del proceso, es decir, el método. La eficacia de este enfoque la había probado ya en 1770 con sus estudios sobre la supuesta formación de tierra a partir del agua, mostrando que el peso total del sistema se mantenía constante y que el peso del recipiente disminuía la cantidad equivalente al peso de la tierra residual que se encontraba al evaporar el agua. Esa es la impecable estrategia que sigue también en la combustión: asumiendo que la materia se conserva a lo largo de todo el proceso, lo que puede comprobarse comparando el peso del sistema al principio y al final, calcina fósforo, estaño, plomo, etc., en recipientes sellados y comprueba que el peso de las calces aumenta en la misma cantidad que disminuye el del aire. Después reduce óxido de plomo y comprueba que se libera aire. Por tanto, la calcinación no consiste en la liberación de flogisto, sino en la absorción de algo que hay en el aire. El paso siguiente se lo debe a Priestley: si el «aire desflogistizado» obtenido a partir de la reducción del óxido de mercurio aviva la llama, facilita la respiración, etc., es que ese es el componente del aire que se absorbe en la calcinación y por eso se libera en la reducción. En tal caso, no es un tipo de aire al que se le haya añadido o quitado nada, sino un componente del aire, como también lo será el «aire desflogistizado», al que Lavoisier llama en 1775 «aire eminentemente respirable». Las experiencias con el «aire fijo» de Black y el propio Priestley eran una confirmación más de esto, pues si se liberaba tanto «aire fijo» como se perdía «aire desflogistizado», es que se producía un intercambio entre ellos. En 1777, sus propios experimentos con fósforo, estaño, diamantes, etc., confirman todo esto, así que formula la «teoría general de

ANNALES
DE CHIMIE;

OU

RECUEIL DE MÉMOIRES

CONCERNANT LA CHIMIE ET LES ARTS
QUI EN DÉPENDENT.

Par GUYTON, LAVOISIER, MONGE,
BERTHOLLET, FOURCROY, ADET,
HASSENFRATZ, SEGUIN, VAUQUELIN
& PELLETIER.

JUILLET 1793.

TOME DIX-HUITIÈME.



A PARIS,

RUE ET HÔTEL SERPENTE.

Et se trouve à LONDRES,

Chez JOSEPH DE BOFFE, Libraire, Gerard-Street,
N°. 7 Soho.

M. DCC. XCIII.



la combustión u oxidación» en tres puntos: 1) *Las sustancias sólo arden en aire puro*; 2) *Este aire se consume en la combustión y el aumento de peso de la sustancia quemada es equivalente a la pérdida de peso del aire*; 3) *El cuerpo combustible, por regla general, se convierte en un ácido por su combinación con el aire puro y los metales en sales metálicas* y poco después da el nombre de «oxígeno» al «aire eminentemente respirable». Así pues, es cierto que Scheele aisló e identificó el oxígeno como «aire ígneo» en 1772; también es cierto que Priestley en 1774-75 no sólo lo había aislado e identificado como «aire desflogistizado», sino que estudió sus propiedades; pero no es menos cierto que fue Lavoisier quien construyó a su alrededor una nueva teoría de la combustión, que poco después expandiría hasta una teoría química general. En 1783 explicó mediante el oxígeno los experimentos de Cavendish sobre la composición del agua y, lo que es más importante, la liberación de «aire inflamable (Cavendish llamó así al hidrógeno que había aislado en 1766) en los procesos de disolución de metales mediante ácidos. Al hacerlo, extendió la teoría a los fenómenos relacionados con la afinidad, el campo de estudio favorito de los químicos del siglo XVIII y eliminó la identificación del flogisto con el «aire inflamable» sustentada por muchos de ellos. En 1785, junto con Laplace, la extendió a la respiración asimilándola a una combustión lenta y formuló la teoría del calórico. En 1787 remató la tarea al publicar con Guyton de Morveau, Berthollet y Fourcroy el *Método de nomenclatura química*, donde no sólo se propone una nueva terminología química a partir de los hechos conocidos, sino que se expone una clasificación de los elementos y compuestos basada en la nueva teoría. Así, los elementos serían: luz, calor, oxígeno, azoe (nitrógeno) e hidrógeno (1ª clase); los que forman ácidos, como azufre, fósforo, carbón, etc. (2ª clase); los metales (3ª clase); las tierras (4ª clase) y los alcalíes (5ª clase, aunque después los quitará en el *Tratado*) y los compuestos, que serían binarios o ternarios: los binarios serían 1) los ácidos; 2) los compuestos de oxígeno y bases u óxidos, luego los de dos metales y finalmente los sulfuros, carbonatos, etc., y los ternarios las sales for-

madras por ácidos y bases. La culminación llega en 1789 con dos hechos fundamentales: la publicación del *Tratado* y la creación de los *Annales de Chimie*. El *Tratado elemental de química* es una recopilación sistemática de la nueva teoría destinada a servir como texto de referencia en un sentido semejante a los *Principia mathematica* de Newton. Está dividido en tres partes: en la primera se hace una exposición de la nueva química y se discuten en detalle las cuestiones fundamentales (diríamos ejemplares) como el calor, la composición de la atmósfera, el análisis del aire y sus partes, etc.; en la segunda se explican y describen la combinación de ácidos y bases y la formación de sales neutras y en la tercera se hace una descripción detallada de los instrumentos y operaciones químicas, que tan fundamentales habían resultado ser en la formación de la nueva química. Se completa con una serie de tablas de conversión y de pesos específicos y un breve *Discurso preliminar* acerca de la definición de «elemento», el lenguaje químico y, lo más llamativo, una breve excusa justificando que no se trate el problema de las afinidades en el libro. En palabras de Lavoisier: *Esta ley rigurosa que no debo transgredir, de no deducir nada más allá de lo que las experiencias muestren, de no suplir nunca lo que los hechos silencien, no me ha permitido incluir en esta obra aquella parte de la química más susceptible quizá de llegar a ser un día una ciencia exacta: la que trata de las afinidades químicas o «atracciones electivas»*. En cuanto a los *Annales de Chimie* se crearon con la intención de que fueran el órgano de expresión de la nueva química, casi podríamos decir como revista oficial de la nueva comunidad científica y el nuevo paradigma que se estaba constituyendo, y fueron la primera revista especializada dedicada exclusivamente a la química (en sentido estricto, la segunda, porque entre 1778 y 1784 se publicó otra en Alemania con el título *Chemisches Journal*). El consejo editor estaba formado por Guyton de Morveau, Lavoisier, Berthollet y Fourcroy, junto con Monge, y lo completaban sus, entonces jóvenes, ayudantes de laboratorio Adet, Hassenfratz, Seguin, Vauquelin y Pelletier y pretendían editarlo mensual-

mente. En realidad, la edición de los *Annales* fue en un primer momento un movimiento defensivo, ya que las *Memorias de la Academie des Sciences* dejaron de aparecer ese mismo año como consecuencia de la presión revolucionaria (la Academie misma fue suprimida en 1793) y la otra gran revista, el *Journal de Physique*, había sido copada por los partidarios del flogisto, de manera que los seguidores de Lavoisier no tenían donde publicar. Los *Annales* también fueron suspendidos en 1792, pero volvieron a reaparecer en 1797, ya sin el nombre de Lavoisier. En 1816 Arago y Gay-Lussac se convirtieron en los nuevos propietarios-editores y el nombre cambió a *Annales de Chimie et Physique* con el que se siguen publicando en la actualidad. Mostramos un ejemplar del primer volumen de los *Annales* de 1789, en el que aparece la *Memoria sobre la combustión del hierro* de Lavoisier, y otro correspondiente al último de 1815 inmediatamente antes de su cambio de nombre que incluye el artículo de Berzelius *Muestra de experimentos para determinar las proporciones definidas en las que se combinan los elementos de la naturaleza orgánica*, el tema que Lavoisier no se atrevió a exponer en el *Tratado*.

Al mismo tiempo que Lavoisier desarrollaba su teoría, el estudio experimental de las afinidades químicas había seguido su propio camino. El perfeccionamiento del aparato instrumental, el rápido crecimiento del número de investigadores y la mejor comunicación entre ellos facilitaron los avances en este campo, considerado unánimemente el más prometedor de la química. El resultado más notable fue el desarrollo de métodos mucho más precisos que permitieron elaborar tablas cuantitativas. Las investigaciones de Klaproth (1743-1817), Kirwan (1733-1812) o Wenzel (1740-1793) no sólo buscaban tablas que incluyeran la mayor cantidad posible de sustancias, sino también cuantificarlas con la mayor precisión posible. Esta cuantificación permitía comparar los pesos de los metales desplazados en los procesos de afinidad y el de las bases que neutralizaban ácidos, lo que llevó a Wenzel a sugerir que ácidos y sales reaccionaban

en proporciones constantes, utilizando la velocidad de la reacción para determinar la afinidad. Esta fue la base de la teoría de los equivalentes de Richter (1762-1807), que sería el fundamento de la estequiometría y durante la primera mitad del siglo XIX rivalizaría con, y a veces completaría, la teoría de los pesos atómicos, hasta la unificación en el Congreso de Karlsruhe. La teoría de Richter defendía que cuando cantidades iguales de un ácido son neutralizadas por cantidades diferentes de dos o más bases, estas son equivalentes entre sí, lo que permitiría establecer una tabla precisa de pesos relativos. Pero Richter iba mucho más allá: convencido de que sus equivalencias reproducían una ley matemática de la naturaleza, sostenía que había una relación aritmética definida entre los pesos de las bases y los ácidos, según la cual los pesos de las bases crecían en proporción aritmética, mientras los de los ácidos lo hacían en proporción geométrica y la llamó ley de progresión. En realidad, sólo estaba manteniendo al pie de la letra lo que muchos químicos pensaban y Lavoisier había dicho metafóricamente: *La ciencia de las afinidades es a la química ordinaria lo que la geometría superior a la geometría elemental*. No obstante, la ley de la progresión no iba a ser la soñada ley empírica descubierta a partir de las afinidades, aunque Richter, como Wenzel, la tuvo en su mano. La obra de Richter en ese momento fue muy poco conocida y sólo se hizo popular cuando una serie de tablas basadas en su teoría fueron añadidas a la versión alemana de 1802 de la obra de Berthollet, *Investigaciones sobre las leyes de la afinidad*, incluyéndose al año siguiente en la edición original del *Ensayo de estática química* también de Berthollet. El problema de Richter no era tanto de enfoque, cuanto de lenguaje, una mezcla de terminología flogística, intuiciones combinatorias personales y conceptualizaciones alejadas de la corriente dominante, que en ese final de siglo ya era lavoisieriana. Esa fue la gran contribución de la teoría de Lavoisier en el campo de las afinidades: ofrecer un lenguaje compartido, un marco de referencia general e incluso un enfoque teórico y experimental común que facilitara la difusión e inteligibilidad de las investiga-

ciones, la comunicación y la discusión racional entre científicos. Uno de los arquetipos clásicos de este tipo de controversia reglada y racional fue precisamente la disputa entre dos lavoisierianos, Berthollet y Proust, en torno al tema que habían planteado Wenzel y Richter. CLAUDE-LOUIS BERTHOLLET (1748-1822) publicó en 1799 sus *Investigaciones sobre las leyes de la afinidad*, que luego amplió y recopiló en 1803 en su *Ensayo sobre una estática química*. En ellas defendía que cuando dos sustancias compiten por una tercera, la proporción de separación no dependía sólo del grado de afinidad, sino también de la cantidad de las sustancias intervinientes y otros factores como la temperatura. Además, frente a lo que tradicionalmente se sostenía desde Geoffroy y Bergmann, insistía en que la afinidad sola no podía determinar la dirección de una reacción y que la masa jugaba un papel muy importante, de manera que una gran cantidad de la sustancia supuestamente menos afín podía invertir el proceso. De ahí deducía lo que parecía la consecuencia más razonable: las sustancias no se combinan en cantidades fijas y proporciones definidas, sino en proporciones variables, de manera que cuanto más cantidad de una sustancia entre una reacción, mayor cantidad se obtendrá al final, si no intervienen factores extraños. LOUIS JOSEPH PROUST (1755-1826), un químico que trabajaba en España, respondió a esta conclusión defendiendo que las proporciones de dos sustancias que se combinan son siempre fijas y definidas si se forma el mismo compuesto y, en caso de formarse más de uno, hay una proporción simple entre los dos pesos de una de las sustancias que pueden combinarse con un peso fijo de la otra, es decir, las proporciones crecen a saltos definidos y no gradualmente. La disputa duró casi ocho años y se zanjó con la formulación de la teoría atómica de Dalton, pero sirvió para comprobar experimentalmente la tesis de Proust, la llamada ley de las proporciones definidas o ley de Proust. Así, se había obtenido la primera ley empírica derivada de la afinidad que tanto habían perseguido los químicos del XVIII. Curiosamente, también Berthollet lle-

vaba razón, excepto en la conclusión, pero eso sólo se comprobaría a mediados del s. XIX llamándola *ley de la acción de masas*. Exponemos un ejemplar de la versión española de una obra de Berthollet, los *Elementos del arte de teñir*, publicada en Madrid en 1795 y otro de la *Carta sobre los salitres* de Proust de 1804.

LA QUIMICA EN LA ESPAÑA DE LA ILUSTRACION

Desde la instauración de los Borbones, sobre todo desde el reinado de Carlos III, la monarquía española llevó a cabo un considerable esfuerzo institucional para favorecer el desarrollo de la ciencia en España. Es cierto que ese esfuerzo fue disperso, burocratizado y más dirigido a especialidades técnicas con consecuencias económicas, comerciales y militares que a la ciencia (no es casual que no se creara en España una academia nacional de ciencias hasta mediados del siglo XIX), pero favoreció que se extendieran la curiosidad y el interés por la ciencia, al menos entre las capas ilustradas, lo que no era poco en un país donde Feijóo tenía que dedicar la tercera de sus obras a defenderse de los ataques ocasionados por sus críticas al retraso intelectual español y sus moderadísimas propuestas modernizadoras en la misma época en que se empezaba a publicar la *Encyclopedie* en Francia. Ese interés ilustrado en el conocimiento como motor del progreso y de las mejoras económicas y sociales se plasmó en las Reales Sociedades Económicas de Amigos del País, impulsadas por la monarquía y cuyo nombre lo dice todo. En la segunda mitad del siglo, el interés institucional derivó hacia lo que se ha llamado «la militarización de la ciencia española» con la creación de centros académicos relacionados con el ejército, como la Real Sociedad Militar de Madrid, el Colegio de Artillería de Segovia o el Observatorio de la Marina de Cádiz, que se convirtieron en los centros científicos y académicos más importantes del país. A finales de siglo, ese impulso comenzó a decaer lentamente, aunque aún se mantuvo hasta la llegada al trono de Fernando VII. La intro-

ducción de la nueva química en España fue favorecida, pero también estuvo condicionada, por esas circunstancias. Una de las muestras más representativas de esta situación fue la contratación de Louis Proust por el Conde de Aranda como director del recién creado Real Laboratorio de Química de Segovia integrado en el Real Colegio de Artillería. Proust ya había estado un año en España, en 1780, impartiendo un curso en Vergara, por encargo de la Sociedad de Amigos del País de Vascongadas, donde escribió la introducción a su *Curso de química* y, probablemente, influyó en Valentín Foronda. En 1786 fue contratado por el gobierno español y en 1789 ocupó la dirección del Laboratorio de Segovia, cargo que ejerció hasta 1799. Allí editó, entre 1791 y 1795, los dos únicos volúmenes publicados de los *Anales del Real Laboratorio de Química de Segovia* en los que se recogen, junto a los de otros autores, varios artículos suyos sobre análisis de metales, estudios mineros, etc., que eran los temas para los que había sido contratado. En 1799, coincidiendo con el comienzo de su polémica con Berthollet, fue nombrado director de la recién creada Real Escuela Práctica de Química de Madrid, donde disponía de uno de los mejores laboratorios de la época, según Fourcroy. Allí permaneció hasta 1806 en que regresó a Francia. A pesar de los veinte años de estancia en España y de su enorme prestigio, apenas dejó algún discípulo en España, aunque sus clases en Madrid tenían fama de concurridas, quizá más por ver de cerca a una gloria científica, que por conocer la química. Entre esos pocos estuvo Juan Manuel Munárriz, alumno suyo en el Colegio de Artillería de Segovia, que tradujo el *Tratado elemental de química* de Lavoisier y creó una fábrica de armas en Galicia durante la Guerra de la Independencia, en la que fue general. Exponemos un ejemplar del volumen primero de los *Anales del Real Laboratorio de Química de Segovia* que contiene uno de los primeros artículos de Proust en España, *Sobre las minas de mercurio de España y América*, y una pequeña obra de Munárriz sobre el *Arte de fabricar el salino y la potasa* de 1795.

La llegada de Proust a Madrid coincidió con la creación de la primera revista científica española de temática general, los *Anales de Historia Natural*, que en 1801 cambió su nombre por el de *Anales de Ciencias Naturales* (previamente se habían empezado a editar en 1772 las *Memorias de la Real Academia de Medicina de Sevilla*, que se mantuvieron de forma discontinua hasta 1819 con un total de 11 volúmenes, pero estaban centradas en la medicina). Los editores eran Proust, Domingo García Fernández, Cristian Herrgen y Antonio Cavanilles, estos últimos los impulsores de la idea, y su publicación fue desde el comienzo irregular, dependiendo de la disponibilidad de artículos. Durante su corta vida, de 1799 a 1804, se publicaron 21 números en 7 volúmenes. La mayoría de los artículos está dedicada a botánica y mineralogía (en parte por la influencia de Cavanilles y Herrgen, en parte porque sus temas, la identificación y catalogación de plantas y minerales, eran más accesibles) y en menor medida a física, química o astronomía. Exponemos un ejemplar de su último volumen de 1804 que se abre con un artículo de Proust sobre el *Análisis de la plata roxa arsenical y de la antimonial*.

Uno de los más conocidos químicos españoles de la época fue PEDRO GUTIERREZ BUENO (1745-1822), que combinó dos de los intereses más característicos de la época, la docencia y la química industrial. Farmacéutico de profesión, dirigió algunas industrias químicas para la producción de aguafuerte, ácido sulfúrico y compuestos de cloruro de mercurio. Entre 1787 y 1798 fue director del Real Laboratorio de Madrid donde realizó informes y estudios sobre temas de química aplicada, desde la fabricación de pólvora o el reconocimiento de minas hasta fabricación de tintes o estudios sobre aguas minerales. Al integrarse el Real Laboratorio en la Real Escuela Práctica de Química que iba a dirigir Proust, pasó a ser profesor de química, primero en la facultad de Medicina y luego en el Colegio de Farmacia de Madrid. Tradujo el *Método de nomenclatura química* y publicó un *Curso de química*

teórica y práctica, pero sobre todo estaba interesado en la divulgación de los nuevos avances en química. El ejemplar que exponemos, *Memoria sobre el blanqueo del lino, algodón y otras materias sacada de la que sobre este asunto publicó en francés Mr. Berthollet*, obedece a este interés (está dedicada al uso del cloro como blanqueador) y fue publicada en 1790.

Junto a los químicos o médicos profesionales, estaba el ilustrado liberal, frecuentemente miembro de alguna Sociedad de Amigos del País y más o menos sospechoso de afrancesamiento, interesado en la ciencia, en este caso la química, por razones sociopolíticas y filantrópicas. Un caso muy representativo de prócer ilustrado es VALENTIN FORONDA (1751-1821), político e ilustrado de ideología liberal, uno de los fundadores del Banco de San Carlos, cónsul en Estados Unidos entre 1801 y 1809 y acusado finalmente de afrancesado, que tradujo la *Lógica* de Condillac y escribió sobre los temas más diversos, desde política y economía, como las *Cartas sobre los asuntos más exquisitos de la economía política y sobre las leyes criminales* o las *Cartas sobre la policía*, hasta estudios literarios, como *Observaciones sobre algunos puntos de la obra de D. Quijote*, o escritos sobre medicina y química con intención divulgativa y didáctica. El que exponemos, *Lecciones ligeras de química* pertenece a este último grupo y es un caso muy singular no sólo porque está escrito en forma de diálogo para su mayor comprensión, sino porque es de corte estrictamente lavoisieriano, a pesar de estar publicado en fecha tan temprana como 1791 por alguien que no era un profesional, y, como indica su subtítulo, *trata del calórico, de los fluidos elásticos, de las afinidades o atracciones, de la nueva nomenclatura química...*

Un tercer tipo, que todavía persiste, era el del científico que se marchaba fuera del país a completar estudios y ya no regresaba. Este es el caso de MATEO JOSE BUENAVENTURA ORFILA (1787-1853), que se fue a Francia becado para perfeccionar estudios y acabó siendo decano de la Facultad

de Medicina de París durante casi 20 años. Especialista en medicina legal escribió obras como *Tratado de las exhumaciones jurídicas* o *Lecciones de medicina legal*, pero sus obras más famosas tienen que ver con la química. Una es su *Tratado de los venenos*, merced al cual se le considera uno de los fundadores de la toxicología; la otra son sus *Elementos de química-médica*, un libro de texto muy aceptado del que se hicieron 8 reediciones entre su publicación y la muerte de Orfila. El que mostramos es un ejemplar de éste último traducido al español por él mismo y publicado en 1818.

En cuanto a Canarias, la situación era aún más complicada, no sólo por razones obvias de lejanía, sino porque ni siquiera existía ese impulso institucional, quedando todo en manos de iniciativas personales. Puede dar una idea de la situación que la primera imprenta de Canarias se instalara en Santa Cruz en torno a 1750 y en 1800 en Las Palmas. En tales circunstancias, la penetración de una ciencia reciente como la química era casi imposible. Sin embargo, hay excepciones. Una es un documento curioso, un manuscrito de la primera mitad del siglo XVIII titulado *Institutiones physicae*, que parecen ser los apuntes de clase de Domingo Madan, médico y profesor en la primera época de la Universidad de La Laguna. En la línea de la iatroquímica clásica, no hacen referencia al flogisto y prestan mucha atención a los remedios curativos.

La otra es JOSE VIERA Y CLAVIJO (1731-1813), cuya figura corresponde al mismo tipo de ilustrado erudito y curioso que Valentín Foronda, aunque con muchos menos medios y una formación más autodidacta, que compensaba con un entusiasmo algo ingenuo. Miembro asiduo y agitador cultural de la Tertulia de Nava, su interés por la ciencia fue notorio desde esa primera época en que escribe *las Observaciones del paso de Venus sobre el disco solar del día 3 de Junio de 1769* y la *Carta filosófica de la Aurora Boreal observada en la ciudad de La Laguna en la noche del 18 de Enero de 1770*. En 1770 viajó a

Madrid para publicar su *Noticia de la Historia General de las Islas Canarias*, entrando al servicio del Marqués de Santa Cruz, situación en que permaneció hasta 1784. Justamente en ese periodo viaja, acompañando al hijo del marqués, por diversos países europeos, primero en 1777-8 por Francia y Bélgica y después, en 1780-81, por Italia, Alemania y Austria. Es en esos viajes donde entra en contacto con la ciencia europea de la época y se despierta su interés por la química, especialmente durante las estancias en París, en que asiste a los cursos de Sigaud de la Fond, Valmont de Bomare y Sage. El resultado es una mezcla de ansia de conocimiento, entusiasmo didáctico y esnobismo que lo llevan a organizar en 1781 varios cursos y experimentos sobre física de los gases en el gabinete de historia natural del palacio del marqués de Santa Cruz en Madrid o a escribir el *Poema sobre los Aires Fijos* del que hablaremos en otro apartado. Durante toda su vida conservó esta vena lírico-didáctica, de modo que tras su regreso a Canarias escribió otro poema científico, *La boda de las plantas* (sobre la botánica y el sistema de clasificación de Linneo). En 1784 regresó a Canarias como arcediano de Fuerteventura en la Catedral de Las Palmas, donde permaneció hasta su muerte. En 1785 fue nombrado socio honorario de la Sociedad Económica de Las Palmas y director desde 1790. En ella montará un gabinete de historia natural, conseguirá la instalación de una imprenta en 1801 y realizará más de 20 memorias sobre análisis de aguas, la fabricación de sosa y carbón vegetal, tintes, plantas económicas y otras cuestiones de utilidad pública. En 1790 comenzó su *Diccionario de Historia Natural de las Islas Canarias* que terminó en 1799 y en el cual pretendía hacer una descripción de toda la naturaleza de las Islas, minerales, plantas y animales. Además, Viera fue un corresponsal incansable que mantuvo correspondencia con otros ilustrados y eruditos. Entre ellos destaca Cavanilles, al que había conocido en París. En la correspondencia entre ambos hay un grupo de cartas en las que Cavanilles comenta a Viera los experimentos aerostáticos de Rozier (1756-1785), un químico francés amigo de Proust que

había sido el primer hombre en hacer un pequeño recorrido de 8 kms. en globo en 1783 y que construyó un globo relleno con una mezcla de aire puro e hidrógeno (murió en el viaje de prueba intentando cruzar el Canal de la Mancha). Es posible que esa correspondencia influyera en la composición del canto 6 de los Aires fijos, dedicado al globo aerostático. Exponemos los manuscritos de esa correspondencia entre Cavanilles y Viera.

LA QUIMICA Y LA CULTURA

Una buena manera de comprender la imagen que la cultura y la sociedad tienen de la ciencia en un momento dado es ver las referencias literarias que se hacen de ella. En el caso de la química y su antecesora, la alquimia, es mucho más interesante porque los poéticos nombres utilizados en la alquimia (sal de tártaro, alumbre gélido, azul de Saturno o nido de Venus, por no citar al dragón Ouroboros, el alma del Sol o las bodas alquímicas) contrastan con los nombres racionalistas de la química lavoisieriana, como lo hacen los emblemas e imágenes de los libros de alquimia (los hay, como *Aurora consurgens* o el *Liber mutus*, que son verdaderas obras de arte), con los secos diagramas de la química. No obstante, el mayor contraste se da el carácter secreto y misterioso de la primera frente a la caracterización de la segunda como conocimiento público y explícito, lo que dotaba a la alquimia de un innegable atractivo, pero también la presentaba como un conocimiento peligroso del que había que desconfiar o, más frecuentemente, como un arte de embaucadores. Esta es la imagen burlesca que aparece en el famoso *Cuento del sirviente del canónigo* recogido en los *Cuentos de Canterbury* de Chaucer y en la crítica de Petrarca en *De remediis utriusque fortunae*. La misma imagen presenta MIGUEL DE CERVANTES (1547-1616) en el cuento final del *Diálogo de los pe-rrros* que forma parte de sus *Novelas ejemplares*. La burla, en este caso, no se limita a los alquimistas, sino que incluye también matemáticos, poetas y arbitristas. El poeta se lamenta porque no tiene ningún noble mecenas al que dedicar su poema *Lo que dejó de*

THEATRO
CRITICO UNIVERSAL,
O
DISCURSOS VARIOS
EN TODO GENERO DE MATERIAS,
PARA DESENGAÑO
DE ERRORES COMUNES.

DEDICADO
AL EM^{MO} Y R^{MO} SEÑOR CARDENAL
DE MOLINA, &c.

ESCRITO

*Por el Rmo. Padre Maestro Fr. Benito Geronymo Feijoo,
Maestro General de la Religion de S. Benito, Abad que ha
sido tres veces del Colegio de San Vicente de Oviedo,
Cathedratico de Prima de Theologia jubilado de la
Universidad de aquella Ciudad, &c.*

TOMO OCTAVO.
TERCERA IMPRESSION.

Con Privilegio. En Madrid: En la Imprenta de los Herederos de Francisco del Hierro. Año de 1749.

*escribir el arzobispo Turpin, con su suplemento Historia de la demanda del Santo Bridal, por lo que no puede escribirlo; el alquimista se queja de que su pobreza se debe a que no encuentra un príncipe que le monte un laboratorio, ya que, aunque no ha fabricado nunca oro, sólo le faltan dos meses para tener la piedra filosofal y ser rico; el desdichado matemático lleva veinte años buscando el punto fijo, pero cada vez que lo encuentra se mueve, y cuadrando el círculo, que vuelve a cobrar su forma cada vez que está a punto de conseguirlo; finalmente el arbitrista no comprende que nunca se atiendan sus memoranda y que el Rey no lo reciba para escuchar el último, que es el mejor y más conveniente para el país: que se dicte una ley obligando a todos los habitantes mayores de 14 años a ayunar un día al mes y entregar al Rey lo que tuvieran que gastar en comida. Según sus cálculos a la baja, serían tres millones de reales al mes, con lo que en veinte años se habrían pagado todas las deudas del Estado y, además, los ayunantes habrían hecho muchos méritos para ir al cielo. El que mostramos es un ejemplar del tomo II de las *Obras escogidas* de Cervantes editado en Madrid en 1829.*

A pesar de la burla de Cervantes, que por otra parte es general, el tono de los siglos XVI y XVII es diferente y en obras como *El alquimista* de Ben Johnson se muestra un buen conocimiento de la terminología y las teorías alquímicas. Ese conocimiento es mucho mayor en el largo poema de Edmund Spenser, *Faerie queene*, dedicado a Isabel I de Inglaterra y que es el prototipo de relato literario simbólico que describe metafóricamente el proceso alquímico, o el *Alchemy's love* de John Donne. No debería extrañar este tratamiento, si se recuerda que John Dee, el autor de *Mónada jeroglífica*, era consejero de la reina o la enorme influencia de Robert Fludd. La burla, al final de este periodo, se vuelve contra la ciencia, como en el caso de la salvaje ironía de Johnathan Swift en su descripción de la Academia de Lagado y el país de Laputa, recogida en *Los viajes de Gulliver*, cuyo modelo son los experimentos de la Royal Society y Robert Boyle, del que ya se

había burlado en *Una piadosa meditación en torno a una escoba* (dirigida contra las *Reflexiones ocasionales en torno a diversos temas* publicadas por Boyle en 1665), o los poemas *Erewhom* y *Hudibras* de Samuel Butler. Los ilustrados del s. XVIII invertirán la relación, defenderán la ciencia y serán críticos con la alquimia, aunque apuntando más alto. Curiosamente, a pesar de considerarlo superchería y superstición, mostrarán también un profundo conocimiento del tema, reflejo quizá de la transición a la que estaban asistiendo. Un caso característico es el de BENITO FEIJÓO (1676-1764) y su *Teatro crítico universal*, 118 discursos recogidos en 8 volúmenes y publicados entre 1726 y 1740, en los que dedica varios a la alquimia, como el 2, el 3 y el 8 del volumen III (dedicados, respectivamente, a los *Secretos de la naturaleza*, la *Simpatía y antipatía* y *La piedra filosofal*) y el 14 y el 17 del volumen V (*Intransmutabilidad de los elementos* y *Nueva precaución contra los artificios de la alquimia*), en los que hace referencias a Filaletes, Paracelso, Bernardo de Treviso o Nicolás Flamel. Alterna estos discursos críticos con otros en los que recurre a la ciencia para discutir creencias y supersticiones populares o para divulgar descubrimiento relativamente nuevos, como *Eclipses*, *Esfera de fuego*, *Peso del aire*, *Nuevas propiedades de la luz*, *Paradojas físicas*, *Existencia del vacío*, etc. En todos los casos se muestra como un ferviente baconiano y es especialmente curioso el 11 del volumen 8: *Importancia de la ciencia física para la moral*, cuyo título no requiere comentario. Exponemos un ejemplar de la tercera reimpresión del *Teatro crítico universal* hecha en Madrid en 1749.

No obstante, si se habla de relación entre la química y la literatura, la referencia obligada es JOHANN WOLFGANG GOETHE (1749-1832), no sólo por ser uno de los iniciadores del movimiento romántico, que tantos problemas tuvo con la ciencia newtoniana (basta recordar a William Blake), ni porque fuera uno de los inspiradores de la Naturphilosophie y, a través de ella, de la ciencia romántica del siglo XIX, sino porque él mismo fue, durante una parte de su vida, un

científico activo que descubrió el hueso intermaxilar humano, defendió la continuidad de las especies y formuló una curiosa teoría sobre las metamorfosis de las plantas, escribió una voluminosa *Teoría de los colores*, en la que proponía una teoría alternativa nada menos que a la *Optica* de Newton y, sobre todo, era un profundo conocedor de la alquimia mística y de la química de su época. Al menos tres de sus obras están relacionadas con la química. La más conocida, sin duda, es *Fausto*, cuyo personaje central es un alquimista que recuerda las características achacadas legendariamente a Lull, Nicolás Flamel o incluso Paracelso, pero que incluye otras referencias más o menos explícitas a la alquimia, como en la escena de la taberna de la primera parte o en la presentación de Wagner, el antiguo aprendiz de Fausto ya convertido en alquimista, y el homúnculo, así como en la Noche de Walpurgis clásica, ambas de la segunda parte. También es conocida su novela *Las afinidades electivas* de 1809, cuyo título hace referencia a las afinidades de Bergmann y cuyo argumento sigue el esquema de un proceso de afinidad química. Cuenta la historia de dos parejas, Eduardo y Carlota que alojan en su casa a Otilia y un capitán, cuyo nombre no se dice. Entre ellos surge una doble atracción cruzada, Eduardo con Otilia y Carlota con el capitán. La relación es puramente espiritual, pero cuando nace un hijo de Eduardo y Carlota tiene los rasgos de Otilia y el capitán, descubriendo así el adulterio espiritual cometido. En el desenlace, Otilia no permite que Eduardo se separe de Carlota y se deja morir de hambre. No parece necesario hacer ningún comentario sobre una reacción química que hubiera firmado Richter. La tercera es un pequeño cuento titulado *El pequeño dragón verde y la bella Lili* (*Die schöne grüne Schlange und die schöne Lilië*), también conocido como *La fábula* (*Das Märchen*), que aparece recogido en *Entretenimientos de emigrados alemanes* de 1795, título que hace referencia a los nobles franceses huídos a Alemania al empezar la Revolución Francesa. El cuento es una alegoría exacta y detallada de todos y cada uno de los pasos que conformaban la obra alquímica y se ha llegado a decir que estaba directamente

influido por las *Bodas alquímicas de Christian Rosencreutz*, una de las obras de culto de los rosacruces. Huelga decir que Goethe no era precisamente un admirador de Lavoisier o Laplace. Exponemos los volúmenes 13 y 14, correspondientes a las dos partes de *Fausto*, y el 21, correspondiente a *Las afinidades electivas*, de las Obras completas editadas por von der Hellen.

El caso de VIERA Y CLAVIJO es exactamente el opuesto a Goethe. Su poema didáctico *Los aires fijos* pretende ser un canto a la ciencia encarnada en su representante más moderno, la química, y dentro de ella los descubrimientos recientes que estaban dando lugar a esa profunda transformación. En cierto modo, recuerda el planteamiento del *De rerum natura* de Lucrecio, aunque a escala más modesta y con una diferencia básica: no está dedicado a una persona, sino a los objetos descubiertos, hasta cierto punto, de forma colectiva, quizá porque eso aumenta su capacidad didáctica. No obstante, hay algo que llama poderosamente la atención en el poema. Cita a Boyle, Black, Van Helmont, Hales, Sigaud, etc., y a Priestley, pero en ningún momento a Lavoisier. Es cierto que si hay un héroe en el poema, es Priestley, al que cita casi una docena de veces, y también es cierto que en el canto al aire inflamable no cita a Cavendish, sino de nuevo a Priestley, pero Viera estuvo en París en 1777 y 1778, en plena disputa sobre la prioridad del descubrimiento, con Lavoisier enviando informes sobre la combustión y el «aire eminentemente respirable» a la Academie y publicándolas en las *Memorias* e incluso con los primeros escritos anónimos contra el flogisto, que se achacaron a Lavoisier, circulando por París desde 1775 y 1776 ¿no se enteró de nada o tomó partido por Priestley hasta el punto de negar al rival? Cabe otra posibilidad. Sus maestros, Sigaud de la Fond, Valmont y Sage eran partidarios del flogisto, y Sage, además, enemigo casi personal de las teorías de Lavoisier hasta su muerte ¿tanto influyeron en Viera como para no reconocerle a Lavoisier al menos un papel tan modesto como el de Van Helmont? Sea como fuere, no

aparece en el poema, que está formado por 6 cantos en octavas reales. Los cuatro primeros, dedicados al aire fijo, al aire inflamable, al aire nitroso y al aire desflogistizado se publicaron en 1780 y los dos restantes, dedicados a los aires vegetales y la máquina aerostática, en 1781. El ejemplar que presentamos corresponde a la edición de los 4 primeros de 1780.

CURIOSIDADES QUIMICAS

Para cerrar la exposición 2 escritos curiosos y 2 documentos relacionados con el aprendizaje elemental de la química. El primero de ellos es *Officinae epitome* de JOHANNES RAVISIUS REXTOR (1480-1522 o 1524), que podríamos traducir como *Compendio escolar*, un texto de ejercicios de gramática latina al modo de los antiguos compendios de biografías ilustres destinados al ejercicio de la lectura en las escuelas, que fue muy popular en el s. XVI e incluso sirvió como fuente de información básica a literatos y dramaturgos, como Montaigne o Lope de Vega. Es un libro bastante truculento que da un largo listado de suicidios, parricidios, enfermedades y muertes violentas de personajes históricos, en la mayor parte de los casos producidas por venenos. Sorprendentemente, también incluye anécdotas y referencias a pedagogos famosos, no imaginamos por qué. Lo mostramos para ilustrar que la imagen popular de la química divulgada en las escuelas de humanistas de los siglos XV o XVI no era muy optimista. Su autor, también llamado Jean Tixier de Ravisi, fue profesor de retórica en la universidad de París y publicó otro texto también muy popular, *Specimen epithetorum*, que es un registro de lemas latinos. El ejemplar que mostramos fue editado en Lyon en 1560.

El segundo escrito es una memoria de ANTOINE-AUGUSTIN PARMENTIER (1737-1813), miembro del Comité de Bienestar durante la Revolución Francesa y encargado del aprovisionamiento de París dirigido al Ministro del Interior, recomendando el uso generalizado de una sopa de

legumbres y proponiendo que se la llame «sopa a la Rumford» en honor del Conde Rumford, el famoso químico y metalúrgico de origen americano que años después acabaría casándose con la viuda de Lavoisier. Su autor, Parmentier, fue un farmacéutico militar, alumno de Rouelle, especializado en dietética y famoso por haber introducido en Francia el uso y consumo de la patata, despreciada hasta entonces como alimento porque se creía que producía lepra. Escribió memorias como *Uso y efecto de los champiñones*, *Cómo hacer pan de patata sin harina* o *Examen químico de la patata*, pero también estudió la conservación de alimentos mediante refrigeración y mediante ebullición, nuevos métodos de panificación para mejorar la calidad del pan o el uso de azúcar de remolacha. En la memoria de las sopas a la Rumford hace un curiosísimo recorrido por la historia reciente de la química en Francia y sus contribuciones a la sociedad, para justificar que la sopa sea bautizada con el nombre del insigne químico, lo que demuestra que cualquier ocasión es buena para impartir una clase de química. Quedará siempre la sospecha de si se estaba buscando algún tipo de reparación histórica: la Revolución guillotiné a un gran químico, Lavoisier, pero le dio el nombre de otro, Rumford, a una sopa. La propuesta por otra parte fue aceptada.

Por último, exponemos dos documentos, ambos de Pedro Gutiérrez Bueno, del que ya hemos hablado, relacionados con la enseñanza de la química. Uno, titulado *Nomenclatura química que para el uso de su escuela pública...*, es un pequeño resumen didáctico para ser utilizado en las escuelas del *Método de nomenclatura química*, que él mismo había traducido. El otro, titulado *Ejercicio público de química en que se manifestarán sus adelantamientos los colegiales del Real Colegio de San Carlos*, es el programa de la asignatura de química de que deberán examinarse los alumnos. Ambos documentos permiten hacerse una idea de cómo era la enseñanza de la química elemental en la España de 1800.



Manget, Jean-Jacques: *Bibliotheca chemica curiosa*... - Coloniae Allobrogum: Sumpt. Chouet... [et al.], 1702

INDICE DE AUTORES Y COLABORADORES

- ALBERTO MAGNO, Santo (1193-1280): 1.
ALEMBERT, Jean Le Rond d' (1717-1783): 18, 48.
ARISTÓTELES: 2.
ARNAU DE VILANOVA (ca.1240-1311): 3.
- BARTHOLOMAEUS ANGLICUS: 4.
BAUMÉ, Antoine (1728-1804): 5.
BERGMANN, Tobern Olof: 6.
BERNARD, Robert, il.: 48.
BERTHOLLET, Claude-Louis (1749-1822): 7.
BERZELIUS, Jöns Jakob: 8.
BOERHAAVE, Hermann (1668-1738): 9.
BOSQUILLON, Edouard François-Marie: 15.
BOYLE, Robert (1627-1691): 10.
- CALZADO, José Antonio: 39.
CERVANTES SAAVEDRA, Miguel de (1547-1616): 11.
CHAPTAL, Jean, Comte de Chanteloup: 12, 13.
CLARKE, Samuel: 38.
CORTESE, Isabella: 14.
CULLEN, William (1710-1790): 15.
- DIDEROT, Denis (1713-1784): 18, 48.
DIOSCÓRIDES: 16.
DOUGLAS, G.: 24.
DUHAMEL DU MONCEAU, Henri-Louis (1700-1782): 17.
- FEIJOO, Benito Jerónimo (1676-1764): 20.
FORONDA, Valentín de (1751-1821): 21.
- GAMBORINO, Miguel, il.: 51.
GARCÍA FERNÁNDEZ, Domingo: 5, 7.
GELEN, Sigmund (1497-1554): 42.
GEOFFROY, Étienne-François (1672-1731): 23, 24.
GOETHE, Johann Wolfgang von (1749-1832): 25.
GÓMEZ ORTEGA, Casimiro: 49.
GOUSSIER, il.: 48.
GUTIÉRREZ BUENO, Pedro: 26.
- HOFFMANN, Friedrich (1660-1742): 28.
- JAMMY, Pierre (O.P.): 1.
- LAGUNA, Andrés de (1499-1559): 16.
LEMERY, Nicolas (1645-1715): 31, 32.

LEÓN DUMENECH, Manuel: 19.
LOPE, Tadeo: 51.
LORENTE, Higinio Antonio: 12.
LUCRECIO CARO, Tito (98-54 A. C.): 33.

MACQUER, Pierre-Joseph (1718-1784): 34, 35.
MAFEI, Luis María: 19.
MANGET, Jean-Jacques (1652-1742): 36.
MARTÍ MORA, Francisco de Paula (1762-1827), il.: 51.
MUNÁRRIZ, José Manuel: 13, 37.

NAVIA, José, il.: 6, 51.
NEWTON, Isaac, Sir: 38.
NIFO, Agostino: 2.
NOBLEVILLE, Arnault: 23.
NOLLET, Jean Antoine (1700-1770): 39.

ORFILA, M. (1787-1853): 40.

PALACIAN, José: 19.
PALACIOS, Félix: 32.
PARMENTIER, Antoine Augustin: 22.
PASCAL, Blaise (1623-1662): 41.
PIÑERA Y SILES, Bartolomé: 15.
PLINIO SEGUNDO, Cayo (23-79 d.C): 42.
PROUST, Louis: 43, 44, 45.

RAMÓN LLULL, Beato (ca. 1232-1315): 46.
RAVISIUS TEXTOR, Johannes (1430-1542): 47.
RICARTE, Hipólito (1752-1785), il.: 51.

SAGE, Balthasar-Georges (1740-1824): 49.
SALERNE, François: 23.
SENNERT, Daniel (1572-1637): 50.
SHAW, Peter: 9.
SIGAUD DE LA FOND, Joseph-Aignan (1740-1810): 51.
SOTO, Domingo de (O.P.) (1494-1570): 52.
SOTO Y ARAUJO, Ignacio Antonio de: 6.
SUÁREZ Y NÚÑEZ, Miguel Gerónimo: 34.

VALERIUS DE VALERIIS: 46.
VALMONT DE BOMARE, Jacques Christophe: 53.
VICENTE DE BURGOS(O.F.M.): 4.
VIERA Y CLAVIJO, José de (1731-1813): 54, 55.
VILLARINO, Juan Antonio: 19.
VINCENT DE BEAUVAIS (O.P.): 56.

INDICE DE IMPRESORES

- BARROIS, Pierre Theophile (1752-1836): 53.
BONARDO, Cornelio: 16.
BOWYER, William I: 38.
BRIASSON, Antoine-Claude (1700-1779): 18, 48.
- CANO, Benito: 15.
CHOUET, Jean Antoine (1650-1732): 36.
CORNETTI, Giacomo: 14.
COTTA: 25.
CRAMER, Jean Antoine: 36.
- DAVID, Michel-Antoine (1706?-1769): 18, 48.
DAVIS, Charles: 24.
DELATOUR, Louis-François (1727-1807): 17.
DELESPINE, Jean-Baptiste-Alexandre (1676?-1767): 31.
DESPREZ, Guillaume (1629?-1709): 41.
DURAND, Laurent (1712?-1763): 18, 48.
- ESPINOSA, Antonio: 37.
- GABIANO, Scipion de: 3.
GAYGUER, Lázaro: 6.
GONZÁLEZ, Manuel: 21.
GUÉRIN, Hippolyte-Louis (1698-1765): 17.
- HIERRO, Francisco, Herederos de: 20.
HOLTZE, Otton: 33.
HONORAT, Sebastien: 47.
HUGUETAN, Jean-Antoine II (1619-1681?): 1, 50.
- IBARRA, Joaquín: 39.
IMPRESA DE VEGA Y COMPAÑÍA: 13.
IMPRESA DE VILLALPANDO: 19.
IMPRESA REAL: 5, 6, 7, 44, 51.
IMPRESA REAL DE LA GACETA (Madrid): 49.
IMPRIMERIE DE LA RÉPUBLIQUE (Paris): 22.
INNYS, John: 38.
INNYS, William: 10.
INNYS AND MANBY: 24.
- LA GARDE, Jérôme de: 1.
LE BRETON, Andre-François (1708-1779): 18, 48.
LONGMAN, Thomas (1731-1797): 9.
- MANUZIO, Paolo: 42.
MARÍN, Antonio, Viuda e hijo de: 12.

MAYER, Henricus: 4.

MYT, Jacques: 3.

NICOLINI DA SABBIO, Domenico: 56

PARTE, Francisco de la: 40.

PERACHON, Philibert (1667-1738): 36.

PEZZANA, Niccolo: 23.

PIÑUELA, Catalina, Hijos de: 11.

PORTONARIIS, Andrea de: 52.

PROST, Claude: 1.

RAVAUD, Marc-Antoine: 50.

RIGAUD, Claude (16..-1663): 1.

RITTER, David: 36.

ROMÁN, Blas: 34, 54.

ROMÁN, Manuel: 32.

SANCHA, Antonio de: 26, 27.

SCOTO, Girolamo: 2.

SOCIÉTÉ TYPOGRAPHIQUE (Neuchatel): 35.

TIPOGRAFÍA BALLEONIANA: 28.

TOURNES, Gabriel de: 36.

TOURNES, Samuel de: 36.

WOODWARD, T.: 24.

ZETZNER, Lazare, Herederos de: 46.

ÍNDICE DE TÍTULOS

- Acerca de la materia medicinal: 16.
Aires fijos: 54.
Análisis de la plata roxa arsenical y de la antimonial: 43.
Arte de fabricar el salino y la potasa: 37
Arte de la tintura de sedas escrito en francés: 34.
- Bibliotheca chemica curiosa ...: 36.
- Carta sobre los salitres: 44
Coloquio de los perros: 11.
Correspondencia de José de Viera y Clavijo: 55.
Cours de chymie...: 31.
Curso químico: 32.
- De caelo et mundo: 1, 2.
De generatione et corruptione: 1.
De l'exploitation des bois ...: 17.
De meteoris: 1.
De mineralibus: 1.
De proprietatibus rerum (en castellano): 4.
De rerum natura: 33.
Dictionnaire de chymie ...: 35.
- Ejercicio público de química en que manifestarán sus adelantamientos los
colegiales del Real Colegio de San Carlos: 19.
Elementos de farmacia teórica y práctica ...: 5.
Elementos de física teórica y experimental: 51.
Elementos de medicina práctica: 15.
Elementos de química: 12.
Elementos de química médica ...: 40.
Elementos del arte de teñir escritos en francés: 7.
Elementos físico-químicos de la [sic] análisis general de las aguas: 6.
Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences ...: 18, 48.
Epitome ...: 47.
Experiencias con que se prueba que el álcali volatil fluido es el remedio
más eficaz en las asphixias ó muertes aparentes de los ahogados y
sofocados del tufo del carbón ... : 49.
- Faust: 25.
Fisiología: 15.
- Institutiones physicae: 29.
- Lecciones de physica experimental escritas en idioma francés: 39.
Lecciones ligeras de química: 21.
Libro de las propiedades de las cosas: 4.

Medicinal Experiments ...: 10.
Memoire sur le combustion du fer: 30.
Memoria sobre el blanqueo del lino, algodón y otras materias ...: 26.
Mineralogie ...: 53.

Naturalis historiae libri trigintaseptem: 42.
New method of chemistry ...: 9.
Nomenclatura química que para el uso de su escuela publica: 27.
Novelas ejemplares: 11.

Obras escogidas: 11.
Opera: 1.
Opera ea quae ad adinventam ...: 46.
Opera nuperrime revisa ...: 3.
Operum : tomus primus ...: 50.
Optice ...: 38.
Opuscula medico-practica ...: 28.

Phisicorum libri VIII: 1.

Rapport au Ministre de l'intérieur par le Comité Général de Bienfaisance sur les soupes de légumes dites á la Rumford publié par ordre du Ministre: 22.
Recueil de planches sur les sciences, les arts libéraux et les arts mécaniques ...: 48.

Secreti della signora Isabella Cortese ...: 14.
Sobre las minas de mercurio de España y de las Américas: 45.
Speculi maioris Vincentii Burgundi ...: 56.
Suite des expériences pour déterminer les proportions definies dans lesquelles les elemens de la nature ...: 8
Super octo libros physicorum Aristotelis commentaria: 52.
Suplemento a la traducción castellana de los elementos de química de J. A. Chaptal ...: 13.

Theatro crítico universal ...: 20.
Tractatus de materia medica ...: 23.
Traitez de l'équilibre des liqueurs ...: 41.
Treatise of the fossil, vegetable and animal substances that are made use in physick ...: 24.

Wahlverwandschaften : 25.

INDICE DE MATERIAS

AGUA-Análisis: 6.

ALCALOIDES: 37.

ALQUIMIA: 3, 14, 36.

ARISTÓTELES-Crítica e interpretación: 52.

BOSQUES: 17.

BOTÁNICA: 23.

BOTÁNICA MÉDICA: 16.

CIENCIAS NATURALES: 1, 4, 42.

COLORANTES: 7, 26, 34.

ENCICLOPEDIAS Y DICCIONARIOS: 47.

ENCICLOPEDIAS Y DICCIONARIOS-Francia-S.17: 18, 48.

ENFERMEADES: 15.

FARMACIA: 40.

FARMACOLOGÍA: 5, 23.

FARMACOPEAS: 14.

FILOSOFÍA GRIEGA: 2.

FILOSOFÍA MEDIEVAL: 46.

FÍSICA: 38, 39, 41, 50, 51.

FÍSICA-Experimentos: 39, 51.

FISIOLOGÍA: 15.

HERMETISMO: 36, 46.

INDUSTRIA MINERA-España: 45.

MEDICINA: 4, 10, 15, 23, 28, 40, 49.

MINERALOGÍA: 56.

NUTRICIÓN-Aspectos sociales: 22.

ÓPTICA: 38.

QUÍMICA : 7, 9, 12, 13, 21, 27, 31, 32, 34, 35, 37, 40, 49, 50.

QUÍMICA-Enseñanza: 19, 24.

QUÍMICA-Historia: 8, 30, 43.

QUÍMICA INDUSTRIAL: 17, 26, 37, 44.

SEDA: 34.

TEOLOGÍA: 1.

ZOOLOGÍA: 23.



FUNDACIÓN CANARIA OROTAVA
DE HISTORIA DE LA CIENCIA



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
DE LA LAGUNA



CAJA CANARIAS