

Milo MWM
2010

¿CON QUÉ EXPERIMENTABAN LOS QUÍMICOS?

LAS SUSTANCIAS MATERIALES EN LA QUÍMICA DEL SIGLO XVIII

Ursula Klein

Los historiadores de la química han tratado de acercar esta ciencia a la física, tomándola como modelo de todas las ciencias. La atención se ha fijado en cuestiones como los átomos, las afinidades y las teorías newtonianas de las fuerzas de atracción o en el papel de principios hipotéticos como el flogisto, olvidando a menudo que la química es una ciencia experimental que se ocupa del estudio de la materia y de sus cambios. En los últimos años, los historiadores de la química han comenzado a preguntarse sobre el tipo de sustancias que han participado en los experimentos del pasado y del presente. En los siguientes párrafos veremos que las sustancias estudiadas por los químicos del siglo XVIII difieren en gran medida de las modernas «sustancias químicas» y nos preguntaremos si la llamada «revolución química» provocó un cambio profundo, revolucionario, en el tipo de sustancias implicadas en los experimentos químicos.

En el siglo XVIII, los químicos estudiaron un amplio abanico de sustancias materiales, desde plantas enteras, raíces, hojas, flores, huesos, pelo, uñas y otras estructuras organizadas vegetales y animales, a bálsamos, resinas, gomas, aceites, grasas y sangre extraídos a partir de plantas o animales; desde carbón, brea, petróleo y otros minerales en bruto, a materiales artificiales, como cerámica, porcelana y vidrio, y, por supuesto, las formas de procesado de sustancias naturales como los metales, ácidos minerales, álcalis y sales. Si incluimos todos los tipos de materias primas y sustancias que los químicos de la época estudiaban en sus laboratorios y describían y clasificaban en sus escritorios, el número asciende a millares.

Desde una perspectiva actual, las plantas, raíces y el resto de órganos vegetales no serían identificados como objeto de investigación de la química sino de la biología. En el siglo XVIII, sin embargo, los límites entre las disciplinas eran diferentes. La exclusión de estas sustancias «impuras» de los programas de la química

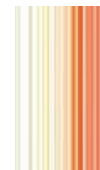
universitaria se completó a mediados del siglo XIX. Así, de todo el grupo de sustancias tratadas en el siglo XVIII –como metales, minerales, ácidos, álcalis y sales–, tan solo un pequeño conjunto se reconoce hoy de inmediato como «sustancias químicas» típicas. En

el siglo XVIII, este grupo de «sustancias químicas» tenía una consideración especial, marcaba el orden en la química y en la enseñanza y aprendizaje de esta disciplina. Estas sustancias, y solo estas sustancias, se ordenaron en las tablas de las afinidades químicas del siglo XVIII, así como en la famosa tabla de la nomenclatura química, publicada en 1787 por Antoine-Laurent Lavoisier y sus colaboradores. En la tabla química lavoisieriana, que muchos historiadores de la química

consideran el símbolo de la revolución química, se alistó un impresionante número de metales, bases acidificables, álcalis, tierras, óxidos metálicos, compuestos de óxidos metálicos y compuestos de estos, así como gases y sales. ¿Pero de verdad fue este un logro revolucionario?

**«DE TODO EL GRUPO DE
SUSTANCIAS TRATADAS
EN EL SIGLO XVIII TAN
SOLO UN PEQUEÑO
CONJUNTO SE RECONOCE
HOY DE INMEDIATO COMO
“SUSTANCIAS QUÍMICAS”
TÍPICAS»**

A la izquierda, Uiso Alemany. Serie «Químico ensimismado», 2010. Técnica mixta, 27 x 35 cm.



■ ¿HUBO REALMENTE UNA REVOLUCIÓN QUÍMICA?

No es posible, por razones de espacio, discutir todos los aspectos interesantes de la tabla química de Lavoisier. Los gases, que Lavoisier consideraba como compuestos de calórico, efectivamente eran un importante grupo de nuevas sustancias que no estaban representadas en las tablas de afinidades. Sin embargo, con respecto a los avances supuestamente revolucionarios de la tabla, hay dos hechos curiosos: en primer lugar, las sustancias químicas que se representan en la tabla se solapan en gran medida con las sustancias materiales consignadas en las anteriores tablas de afinidades químicas. En segundo lugar esta tabla «revolucionaria» también incluye varios tipos de sustancias que fueron excluidas de la química universitaria tras la revolución química: las aleaciones y, en un apéndice, las sustancias vegetales, como aceites vegetales, resinas, tintes y jabones. Solo tras la revolución química, alrededor de 1800, los químicos empezaron a comparar sistemáticamente la composición cuantitativa de un gran número de compuestos basándose en el análisis químico cuantitativo. El objetivo de estos estudios, denominados estequiometría, era desentrañar las regularidades o leyes de la composición química. En el nuevo campo de la estequiometría, los químicos identificaban compuestos puros en el sentido moderno, es decir, compuestos estequiométricos con una composición exacta, invariable cuantitativamente. Entre 1813 y 1814, basándose en la estequiometría y en la teoría atómica de John Dalton, el químico sueco Jöns Jacob Berzelius introdujo fórmulas químicas para designar los compuestos estequiométricos puros. En aquel momento, las aleaciones, que todavía se incluían en la tabla de Lavoisier de 1787, ya no se definían como sustancias químicas propiamente, dado que no se trataba de compuestos estequiométricos. Por otra parte, en las primeras décadas del siglo XIX, la química tradicional orientada a estudiar las plantas y los animales también se sometió a una profunda transformación que permitió que la nueva química orgánica se centrara en los compuestos de carbono estequiométrico y que relegase las sustancias orgánicas no estequiométricas, como aceites vegetales, resinas, tinturas y jabones.

Estos hechos arrojan una nueva luz sobre la revolución química. ¿Por qué consideramos la química lavoisieriana como una revolución científica, si hemos visto que no implicaba un cambio profundo en los tipos de sustancias materiales objeto de investigación química?

Solo varias décadas después de esta revolución, el campo de las sustancias materiales consideradas como verdaderas «sustancias químicas» experimentó una profunda transformación.

■ LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS DEL SIGLO XVIII

Tanto las tablas de afinidades del siglo XVIII como la tabla de nomenclatura química de 1787 seleccionaban ciertos tipos de preparados, sustancias químicas tales como metales, ácidos, álcalis, tierras, aleaciones de metales y sales. Todas estas sustancias compartían un conjunto de rasgos característicos. Por un lado, experimentaban transformaciones químicas mucho menos complejas que la gran mayoría de los materiales estudiados por los químicos del siglo XVIII. Por ejemplo, cuando los químicos destilaban hojas de plantas y aceites animales, descomponían estas materias en un gran número de sustancias diferentes, que varían

«EL CAMPO DE LAS SUSTANCIAS MATERIALES CONSIDERADAS COMO VERDADERAS “SUSTANCIAS QUÍMICAS” EXPERIMENTÓ UNA PROFUNDA TRANSFORMACIÓN»



El pequeño laboratorio de la farmacia de la Corte Real de Berlín. Extraído de Johannes Hörmann, 1898. *Die Königliche Hofapotheke en Berlin (1598-1898)*, Hohenzollern Jahrbuch.



Productos químicos del Museo de Química de la Universidad de Leeds, fundado en 1874.

según la temperatura de destilación y otros factores específicos.

Los químicos del siglo XVIII toparon con dificultades para entender este tipo de procesos químicos y extraer conclusiones fiables y generales sobre la naturaleza de las sustancias materiales y de sus reacciones. Por el contrario, metales, ácidos, álcalis y tierras y las sales que se obtenían de ellos, así como los metales y las aleaciones, se podían someter a reacciones químicas relativamente simples, lo que permitía interpretarlas más fácilmente. Por ejemplo, cuando el cobre se disolvía en ácido sulfúrico se transformaba en una sal (vitriolo de cobre), cuando la solución se evaporaba. Por otra parte, en operaciones químicas posteriores, el vitriolo de cobre podían descomponerlo de nuevo en cobre y ácido sulfúrico (este último en una forma compuesta). Del mismo modo, el cobre y el estaño combinan en la aleación de bronce y el bronce podía ser descompuesto posteriormente en cobre y estaño.

Se trataba, por tanto, de sustancias que se combinaban por parejas formando nuevos compuestos químicos binarios que a su vez se podían descomponer y recuperar en procesos químicos posteriores. Así los químicos disponían de un patrón estable y reproducible de las transformaciones químicas, es decir, descomposiciones y recomposiciones reversibles y simples. En los siglos XVII y XVIII, los estudios de descomposiciones y recomposiciones simples y reversibles de sales y aleaciones permitieron seguir la pista de las sustancias concretas involucradas en un proceso químico e identificarlas como componentes químicos esenciales relativamente estables que se conservan en los compuestos químicos

«EL COMERCIO Y LA INDUSTRIA CONSTITUYEN EL ESPACIO EN EL QUE APARECIERON LA MAYORÍA DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS DEL SIGLO XVIII»

binarios preparados a partir de ellas. Las tablas de afinidades del siglo XVIII clasificaban y (de acuerdo con las afinidades electivas químicas) ordenaban con precisión este tipo de sustancias, junto con las respectivas composiciones y descomposiciones reversibles y binarias. Así destacaban las sustancias puras, no en el sentido moderno de la pureza dada por la estequiometría del siglo XIX sino en el sentido del siglo XVIII: sustancias químicas individuales, fáciles de identificar que no estaban contaminadas con otras sustancias. Solo décadas más tarde, a partir de 1800 aproximadamente, los químicos identificaron muchas, aunque no todas, de estas sustancias químicas investigadas en el siglo XVIII como compuestos estequiométricos.

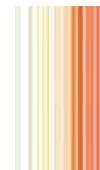
■ LA PUREZA QUÍMICA NO SE OPONÍA A LA UTILIDAD

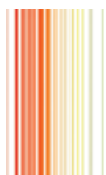
¿De dónde venían estas sustancias puras y fácilmente identificables? En el siglo XVIII, la gran mayoría eran materiales cotidianos, productos de las artes y manufacturas. Prácticamente todas las sustancias químicas representadas y ordenadas en la famosa tabla de afinidades químicas de François Geoffroy (1718) y la mayoría de las sustancias químicas agrupadas en la tabla de la nomenclatura química publicada por Lavoisier y sus colaboradores eran materiales de uso cotidiano en el comercio y la industria de la época. El comercio y la industria constituyen el espacio en el que aparecieron la mayoría

de las sustancias químicas del siglo XVIII. Los químicos compraban productos a los comerciantes, farmacéuticos y otros profesionales y los reproducían en sus laboratorios. Así mismo refinaban, estudiaban las propiedades perceptibles y analizaban la composición de estas sustancias tan corrientes. A base de hacer análisis y de volver a sintetizar, particularmente en la segunda mitad del siglo XVIII, los químicos

también introdujeron nuevos tipos de sustancias y nuevas técnicas experimentales que ampliaban los materiales, instrumentos y operaciones artesanales existentes, y los diferentes «tipos de aire» o de gases dan buena fe de ello.

La noción de pureza química a menudo se considera como un concepto opuesto al de utilidad. Pero un análisis histórico atento demuestra que esta idea es un error. Las sustancias representadas en las tablas de afinidades del siglo XVIII y en la tabla de nomenclatura química de 1787 eran pura y fácilmente identificables, pero no solo eso, la mayoría también eran materiales ampliamente utilizados.





A finales del siglo xvii y principios del siguiente el reconocimiento químico de la reversibilidad de la descomposición y composición de estas sustancias fue el resultado de una labor cognitiva que exigía la abstracción del origen y de la aplicación de estas sustancias. Pensamiento abstracto y modelización formaban parte importante de la tabla de afinidades de Geoffroy de 1718, así como de la tabla de nomenclatura química de Lavoisier de 1787.

Todo pensamiento conceptual y modalización va asociado, en mayor o menor medida, a las abstracciones. Pero el hecho de que los químicos del xviii construyesen modelos abstractos fundamentales de las sustancias químicas y de las reacciones, así como tablas abstraídas del contexto tecnológico y experimental de las sustancias químicas, no significa que los químicos solamente se acercasen a las sustancias materiales de una forma abstracta. En realidad las estudiaron desde perspectivas muy diferentes, incluyendo las dimensiones perceptibles e imperceptibles, los orígenes y los usos de estas sustancias. Las sustancias puras e identificables, representadas en tablas, eran solo una pequeña parte de un conjunto mucho más amplio de materiales, que incluía minerales en bruto y sustancias procedentes de plantas y animales, la mayoría de los cuales también eran mercancías corrientes.

■ LA CARA SOCIAL Y TECNOLÓGICA

La gran mayoría de las sustancias químicas representadas en las tablas químicas del siglo xviii no fueron producto de la creatividad científica ni de una «provechosa actividad de investigación» de los químicos que trabajaban en instituciones académicas como la Academia Real de Ciencias de París. Las sustancias químicas puras del siglo xviii más bien formaban parte de una cultura material que compartían químicos con formación universitaria, boticarios, ensayadores, técnicos de minas y otros expertos cuya labor técnica e investigaciones tecnológicas implican operaciones químicas.

La historia del concepto ilustrado de pureza química está profundamente incrustada en la tecnología y en la sociedad de este período. La gran atención que los químicos académicos prestaron a las reacciones químicas reversibles y a las tablas de afinidades desde mediados del siglo xviii fue contribuyendo a crear, hacia 1800, el concepto de pureza estequiométrica. El contexto tecnológico tiene un peso importante en este concepto, aunque la estequiometría, al igual que las tablas de química del xviii, se abstraiese a partir del origen y usos de las sustancias.

El estudio de las sustancias puras tenía raíces en los talleres y laboratorios artesanales y no era una empresa



El gran laboratorio de la farmacia de la Corte Real de Berlín. Extraído de Johannes Hörmann, 1898. *Die Königliche Hofapotheke in Berlin (1598-1898)*, Hohenzollern Jahrbuch.

meramente científica. Este tipo de conflicto entre el saber y el hacer no cambió significativamente con el fin del siglo xviii, en la llamada revolución química. Por otra parte, esta revolución ni promovió cambios profundos en el laboratorio de química ni en los estilos de experimentación química ni en los tipos de materias estudiadas por los químicos.

La revolución química significó principalmente una revisión de un conjunto de teorías químicas y, en consecuencia, una redefinición de los tipos de compuestos y sustancias simples: lo que antes era simple se consideró compuesto después, y viceversa. Además de los cambios teóricos y taxonómicos, todos los demás elementos implicados en la revolución química representaron la culminación de los esfuerzos que habían comenzado mucho antes de que Lavoisier subiese al escenario de la química. Lavoisier fue más radical que sus predecesores y contemporáneos en separar la química de su pasado



© Méthode

alquímico y de lo que él consideraba que pertenecía a la metafísica. Sin embargo, los historiadores y filósofos de la ciencia probablemente nunca habrían calificado sus logros de «revolución científica» si él y sus colaboradores no se hubiesen atrevido a proclamarla. Como los recientes estudios históricos han demostrado, no hubo ninguna revolución química en los años setenta y ochenta del siglo XVIII.

■ EL ESPACIO DE LA QUÍMICA

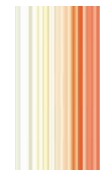
El lugar más importante de las investigaciones químicas naturales y tecnológicas del XVIII fue el laboratorio. La mayoría de los filósofos experimentales y de los naturalistas llevaban a cabo sus ensayos experimentales en una habitación cualquiera. Pero un investigador del siglo XVIII difícilmente habría sido reconocido como químico si no hubiese tenido acceso a un laboratorio. Para ellos el laboratorio era necesario por varias razones. Las técnicas químicas de la época requerían diferentes tipos de hornos de gran tamaño, con las correspondientes chime-

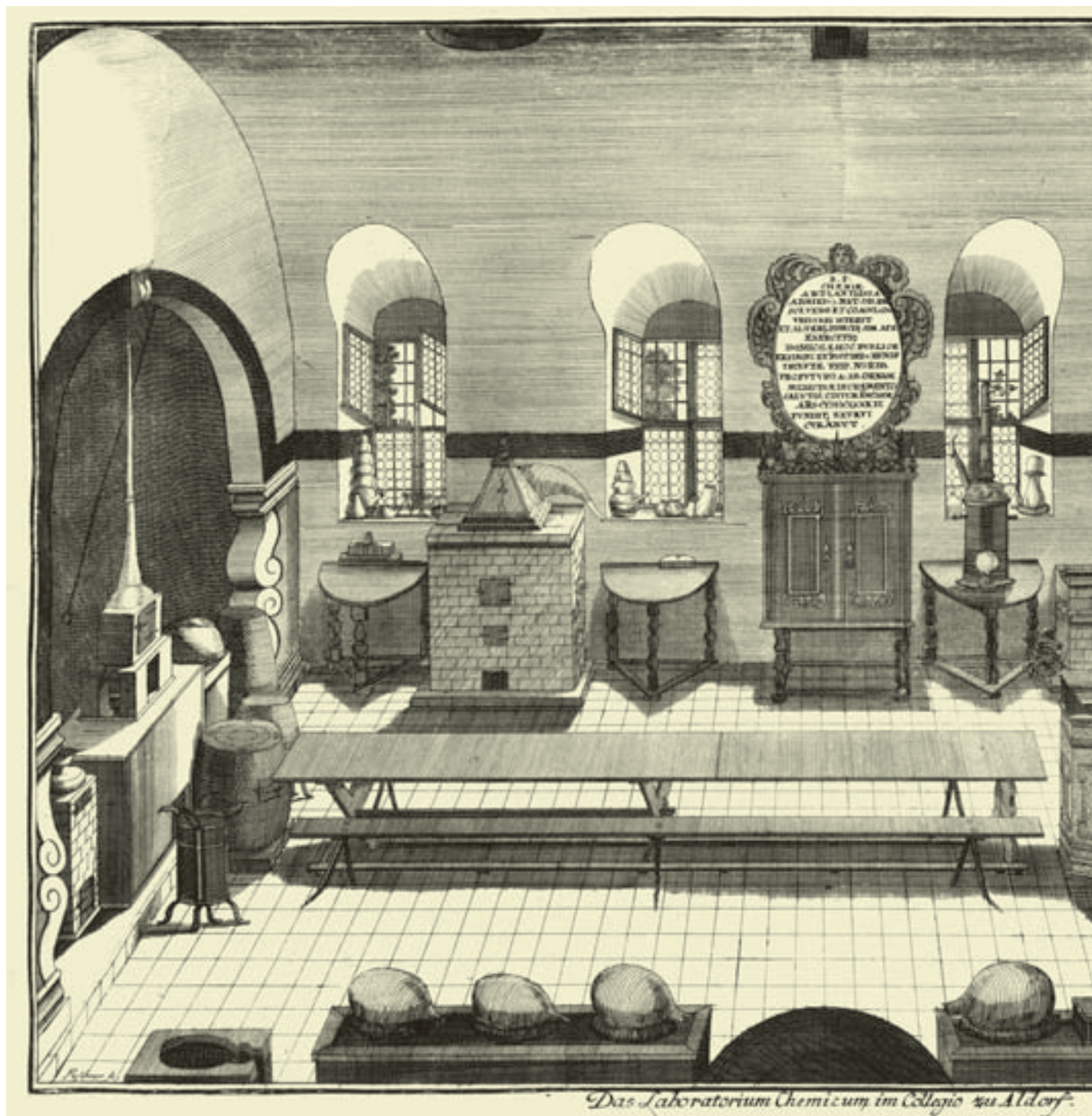
neas, así como fuentes de agua y toneladas de madera o carbón, elementos que no podían desplazarse con facilidad. Era conveniente, si no necesario, disponer de una sala especial para este equipo.

La experimentación también constituía un trabajo sucio que producía un montón de productos malolientes, corrosivos o nocivos que se tuvieron que mantener apartados de los estudios y de la vida cotidiana del hogar. Además, la mayoría de experimentos químicos combinaban diferentes técnicas que requerían gran variedad de recipientes, instrumentos, reactivos y materiales auxiliares, dependiendo del tipo de sustancia con la que se experimentaba y de los objetivos. Almacenar estos recipientes exigía mucho espacio. Los reactivos y las muestras de sustancias, guardadas en frascos y tarros, se tenían que ordenar en anaqueles o armarios y había que protegerlos de la humedad y la corrosión.

Además, los químicos del siglo XVIII habían establecido una rutina de experimentación, más o menos diaria, en lugar de los ensayos experimentales a menudo interrumpidos y las exhibiciones públicas de experimentos propios de la filosofía experimental. Este modelo de experimentación continua se basaba en una larga tradición histórica. Integraba tanto los objetivos tecnológicos inherentes a esta tradición como los intereses intelectuales predominantes, y los objetos de investigación de los químicos del siglo XVIII, es decir, el estudio del mundo multiforme de las sustancias materiales. En sus historias experimentales y análisis estos químicos estudiarían una sustancia material tras otra. Este estilo de experimentación era, en principio, ilimitado, no solo por el inmenso número de sustancias que se podían someter a experimentación, sino también debido a la productividad material de la experimentación química, dado que las reacciones continuamente brindaban nuevas sustancias.

Nuestra visión global de la experimentación del siglo XVIII ha sido sustancialmente modelada por los historiadores de la física, que ponían énfasis en el surgimiento de la filosofía experimental en el siglo XVII y en la aparición de la cuantificación y la medición de precisión durante la Ilustración. Esto se ajusta con la imagen que tenemos de los laboratorios y los experimentos de precisión de los químicos más famosos del siglo XVIII, como Antoine-Laurent Lavoisier, y de otros filósofos químicos importantes, como Henry Cavendish. Sin embargo, sus laboratorios no eran los típicos. Nuestro interés por estos químicos tan extraordinarios con demasiada frecuencia esconde las penurias de los más comunes, los menos conocidos, los que han contribuido a la química mediante la repetición de operaciones artesanales y la realización de experimentos con instrumentos tan corrientes como retortas, vasos, frascos y crisoles. No





Laboratorio de la Universidad de Altdorf. Extraído de Johann G. Puschner, ca. 1720. *Amoenitates Altdorfinae oder eigentliche nach dem Leben der gezeichnete Prospecten löblichen Universidad de Altdorf, Michaelis. Nuremberg.*



© Cortesía de la Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**«UN INVESTIGADOR DEL SIGLO XVIII
DIFÍCILMENTE HABRÍA SIDO RECONOCIDO
COMO QUÍMICO SI NO HUBIESE TENIDO
ACCESO A UN LABORATORIO»**

olvidemos que Lavoisier fue un rico financiero del antiguo régimen que podía permitirse el lujo de comprar los costosos instrumentos de precisión que ponían a la venta los fabricantes de instrumentos más prestigiosos de París, y que muchos químicos, que carecían de medios para comprar esos instrumentos, se lamentaban de ser incapaces de repetir sus experimentos.

En el siglo XVIII se crearon laboratorios en universidades y academias, así como en las escuelas profesionales y técnicas, recién fundadas entonces. Pero también disponían de laboratorios las boticas, las empresas de minería, las plantas metalúrgicas, las cecas, los arsenales, las fábricas de tintes, de porcelana y de productos químicos, las destilerías y las perfumerías.

Había una similitud particularmente estrecha entre los laboratorios farmacéuticos y los académicos. Esto puede verse fácilmente comparando los dibujos y los instrumentos expuestos actualmente en los museos de ciencia y de farmacia. Los mismos tipos de hornos, retortas, alambiques, botes, vasos, frascos, crisoles, y balanzas que los químicos utilizaban en laboratorios universitarios también los empleaban los boticarios para preparar remedios. Tanto los laboratorios de las boticas del siglo XVIII como los laboratorios químicos se establecían a menudo en la planta baja de un edificio y en habitaciones con techos abovedados de piedra. Lo primero era particularmente conveniente para facilitar el abastecimiento de agua y combustible, lo segundo para protegerse contra los incendios. Las ventanas eran muy importantes para que entrase aire fresco y para evacuar los vapores tóxicos. El equipo más importante de ambos tipos de laboratorios eran grandes hornos, una chimenea, y varios tipos de aparatos de destilación.

La cultura material compartida del laboratorio farmacéutico y el universitario ayuda a explicar por qué los boticarios con frecuencia pasaron de la producción comercial de sustancias químicas a la observación cuidadosa y al análisis químico y por qué los químicos se movían entre el análisis experimental y la investigación farmacéutica. No es extraño, pues, que muchos químicos del siglo XVIII hubiesen sido aprendices boticarios. En definitiva, observaciones y experimentos realizados en laboratorios farmacéuticos y otros laboratorios artesanales contribuyeron al avance de la química hasta bien entrado el siglo XIX. ☺

BIBLIOGRAFÍA

HOLMES, F. L., 1989. *Eighteenth-Century Chemistry as an Investigative Enterprise*. University of California at Berkeley. Berkeley.
KLEIN, U. y W. LEFÈVRE, 2007. *Materials in Eighteenth-Century Science: A Historical Ontology*. MIT Press. Cambridge.

Ursula Klein. Profesora del Instituto Max Planck de Historia de la Ciencia, Berlín.

