

Milo ANTONINI
2010

AMB QUÈ EXPERIMENTAVEN ELS QUÍMICS?

EL MÓN DE LES SUBSTÀNCIES EN LA QUÍMICA DEL SEGLE XVIII

Ursula Klein

Els historiadors de la química han tractat d'acostar aquesta ciència a la física, prenent-la com a model de totes les ciències. L'atenció s'ha fixat en qüestions com els àtoms, les afinitats i les teories newtonianes de les forces d'atracció o en el paper de principis hipotètics com el flogist, oblidant sovint que la química és una ciència experimental que s'ocupa de l'estudi de la matèria i dels seus canvis. En els últims anys, els historiadors de la química han començat a preguntar-se sobre el tipus de substàncies que han participat en els experiments del passat i del present. En els següents paràgrafs veurem que les substàncies estudiades pels químics del segle XVIII difereixen en gran mesura de les modernes «substàncies químiques» i ens preguntarem si l'anomenada revolució química va provocar un canvi profund, revolucionari, en el tipus de substàncies implicades en els experiments químics.

Al segle XVIII, els químics van estudiar un ampli ventall de substàncies materials, des de plantes senceres, arrels, fulls, flors, ossos, pèl, ungles i altres estructures organitzades vegetals i animals, fins a bàlsams, resines, gomes, olis, greixos i sang extrets a partir de plantes o animals; des de carbó, brea, petroli i altres minerals en brut, a materials artificials, com ara ceràmica, porcellana i vidre; i, per descomptat, totes les formes de processat de substàncies naturals com els metalls, àcids minerals, àlcalis i sals. Si hi incloem tots els tipus de matèries primeres i substàncies que els químics de l'època estudiaven en els seus laboratoris i descrivien i classificaven en els seus escriptors, el nombre suma milers.

Des d'una perspectiva actual, les plantes, arrels i altres òrgans vegetals no serien identificats com a objecte d'investigació de la química sinó de la biologia. Al segle XVIII, però, els límits entre les disciplines eren diferents. L'exclusió d'aquestes i altres substàncies «impures» dels programes de la química universitària es va completar a mitjan segle XIX. Així, de tot el grup de substàncies tractades al segle XVIII –com ara metalls, minerals àcids, àlcalis i sals–, només un petit conjunt és reconegut avui immediata-

ment com a «substàncies químiques» típiques. En el segle XVIII, aquest grup de «substàncies químiques» tenia un estatut especial, marcava l'ordre en la química i en l'ensenyança i aprenentatge d'aquesta disciplina. Aquestes substàncies, i només aquestes substàncies, es van ordenar en les taules de les afinitats químiques del XVIII, com també en la famosa taula de la nomenclatura química, publicada el 1787 per Antoine-Laurent Lavoisier i els seus col·laboradors. En aquesta taula, que molts historiadors de la química consideren com una peça fonamental de la revolució química, es va allistar un impressionant nombre de metalls, àlcalis, terres, òxids metàl·lics i compostos derivats d'aquests, així com gasos i sals. Però, de debò va ser aquest un progrés revolucionari?

**«DE TOT EL GRUP DE
SUBSTÀNCIES TRACTADES
AL SEGLE XVIII, NOMÉS
UN PETIT CONJUNT
ÉS RECONEGUT AVUI
IMEDIATAMENT COM A
“SUBSTÀNCIES QUÍMIQUES”
TÍPIQUES»**

■ DE DEBÒ HI HAGUÉ UNA REVOLUCIÓ QUÍMICA?

No és possible, per raons d'espai, discutir tots els aspectes interessants de la taula química de Lavoisier. Els gasos, que Lavoisier considerava compostos de caldric, efectivament eren un important grup de noves substàncies que no es trobaven representades en les taules d'afinitats. No obstant això, respecte als avenços supo-

A l'esquerra, Uiso Alemany. Sèrie «Químic entotsolat», 2010. Tècnica mixta, 27 x 35 cm.

sadament revolucionaris de la taula, hi ha dos fets curiosos: en primer lloc, les substàncies químiques que s'hi representen se solapen en gran mesura amb les substàncies materials consignades en les anteriors taules d'afinitats químiques. En segon lloc aquesta taula «revolucionària» també inclou diversos tipus de substàncies que van ser excloses de la química universitària després de la revolució química: els aliatges i, en un apèndix, les substàncies vegetals, com ara olis vegetals, resines, tints i sabons.

Només després de la revolució química, al voltant de 1800, els químics van començar a comparar sistemàticament la composició quantitativa d'un gran nombre de compostos basant-se en l'anàlisi química quantitativa. L'objectiu d'aquests estudis, denominats estequiometria, era desentranyar les regularitats o lleis de la composició química. En el nou camp de l'estequiometria, els químics identificaven compostos purs en el sentit modern, és a dir, compostos estequiomètrics amb una composició exacta, invariable quantitativament. Entre 1813 i 1814, basant-se en l'estequiometria i en la teoria atòmica de John Dalton, el químic suec Jöns Jacob Berzelius va introduir fórmules químiques per designar els compostos estequiomètrics purs. En aquell moment, els aliatges, que encara s'inclouïen en la taula de Lavoisier de 1787, ja no es definien com a substàncies químiques pròpiament, atès que no es tractava de compostos estequiomètrics. D'altra banda, en les primeres dècades del segle XIX, la química tradicional orientada a estudiar les plantes i els animals també es va sotmetre a una profunda transformació que va permetre que la nova química orgànica se centrara en els compostos de carboni estequiomètric i que relegara les substàncies orgàniques no estequiomètriques, com ara olis vegetals, resines, tintures i sabons.

Aquests fets aporten una nova llum sobre la revolució química. Per què considerem la química lavoisieriana com una revolució científica, si hem vist que no implicava un canvi profund en els tipus de substàncies materials objecte d'investigació química? La transformació de les substàncies materials i la seua consideració com a veritaderes «substàncies químiques» no es va produir fins a algunes dècades després d'aquella suposada revolució.

■ LES SUBSTÀNCIES QUÍMIQUES DEL SEGLE XVIII

Tant les taules d'afinitats del segle XVIII com la taula de nomenclatura química de 1787 seleccionaven certs

tipus de preparats, substàncies químiques com ara metalls, àcids, àlcalis, terres, aliatges de metalls i sals. Totes aquestes substàncies compartien un conjunt de trets característics. D'una banda, experimentaven transformacions molt menys complexes que la gran majoria dels materials estudiats pels químics del segle XVIII. Per exemple, quan els químics destil·laven fulles de plantes i olis animals, descomponien aquestes matèries en un gran nombre de substàncies diferents, que variaven segons la temperatura de destil·lació i altres factors específics.

Els químics del segle XVIII van topar amb dificultats per a entendre aquest tipus de processos químics i extraure conclusions fiables i generals sobre la naturalesa de les substàncies materials i de les seues reaccions. Al contrari, metalls, àcids, àlcalis i terres i les sals que se n'obtenien, així com els metalls i els aliatges de metalls, es podien sotmetre a reaccions químiques re-

**«EL CAMP DE LES
SUBSTÀNCIES MATERIALS
CONSIDERADES
COM VERTADERES
SUBSTÀNCIES QUÍMIQUES
VA EXPERIMENTAR
UNA PROFUNDA
TRANSFORMACIÓ»**



El petit laboratori de la farmàcia de la Cort Reial de Berlín. Extret de Johannes Hörmann, 1898. *Die Königliche Hofapotheke a Berlin (1598-1898)*. Hohenzollern Jahrbuch.



Productes químics del Museu de Química de la Universitat de Leeds, fundat el 1874.

lativament simples, la qual cosa permetia interpretar-les més fàcilment. Per exemple, quan el coure es dissolia en àcid sulfúric es transformava en una sal, anomenada vidriol de coure, quan la solució s'evaporava. D'altra banda, el vidriol de coure podien descompondre'l novament en coure i àcid sulfúric (aquest últim en una forma composta) en operacions químiques posteriors. Igualment, el coure i l'estany combinen en l'aliatge de bronze i el bronze podia ser descompost posteriorment a coure i estany.

Es tractava, per tant, de substàncies que es combinaven per parells formant nous compostos químics binaris que al mateix temps es podien descompondre i recuperar els seus components inicials. Els químics disposaven així d'un patró estable i reproducible de les transformacions químiques, és a dir, descomposicions i recomposicions reversibles i simples. En els segles xvii i xviii, els estudis de descomposicions i recomposicions simples i reversibles de sals i aliatges van permetre seguir la pista de les substàncies concretes involucrades en un procés químic i identificar-les com a components químics essencials relativament estables que es conserven en els compostos químics binaris preparats a partir d'aquests. Les taules d'afinitats del segle xviii classificaven i (d'acord amb les afinitats electives químiques) ordenaven amb precisió aquest tipus de substàncies, junt amb les respectives composicions i descomposicions reversibles i binàries. Així, quedaven destacades les substàncies pures, no en el sentit modern de puresa donat per l'estequiometria del segle xix sinó en el sentit del segle xviii: substàncies químiques individuals, fàcils d'identificar i que no

**«EL COMERÇ I LA INDÚSTRIA
CONSTITUEIXEN L'ESPAI
EN QUÈ VAN APAREIXENT
LA MAJORIA DE LES
SUBSTÀNCIES QUÍMIQUES
DEL SEGLE XVIII»**

estaven contaminades amb altres substàncies. Només dècades més tard, a partir de 1800 aproximadament, els químics van identificar moltes, encara que no totes, d'aquestes substàncies químiques considerades al segle xviii com a compostos estequiomètrics.

**■ LA PURESA QUÍMICA NO S'OPOSAVA
A LA UTILITAT**

D'on venien aquestes substàncies pures i fàcilment identificables? Al xviii, la gran majoria eren materials quotidians, productes de les arts i manufactures. Pràcticament totes les substàncies representades i ordenades en la famosa taula d'afinitats químiques de François Geoffroy (1718) i la majoria de les substàncies químiques agrupades en la taula de la nomenclatura química publicada per Lavoisier i els seus col·laboradors eren material d'ús quotidià en el comerç i en la indústria de l'època.

El comerç i la indústria constitueixen l'espai en què van aparèixer la majoria de les substàncies químiques del segle xviii. Els químics compraven productes als comerciants, farmacèutics i altres professionals i els reproduïen als seus laboratoris. Així mateix refinaven, estudiaven les propietats perceptibles i analitzaven la composició d'aquestes substàncies tan corrents. A força de fer anàlisis i de tornar a sintetitzar, particularment en la segona meitat del segle xviii, els químics també van

introduir nous tipus de substàncies i noves tècniques experimentals que eixamplaven la llista de materials, instruments i operacions artesanals existents, i els diferents «tipus d'aire» o de gasos en donen bona fe.

La noció de puresa química sovint es considera com un concepte oposat al d'utilitat. Però una anàlisi històrica acurada demostra que aquesta idea és un error. Les substàncies representades en les taules d'afinitats del segle xviii i en la taula de nomenclatura química de 1787 eren purament i fàcilment identificables, però no sols això, la majoria també eren materials àmpliament utilitzats. A finals del segle xvii i començament del segle xviii el reconeixement químic de la reversibilitat de la descomposició i composició d'aquestes substàncies va ser el resultat d'una labor cognitiva que exigia l'abstracció de l'origen i de l'aplicació d'aquestes substàncies. Pensament abstracte i modelització formaven part important de la taula d'afinitats de Geoffroy de 1718, com ho van ser també en la taula de nomenclatura química de Lavoisier de 1787.

introduir nous tipus de substàncies i noves tècniques experimentals que eixamplaven la llista de materials, instruments i operacions artesanals existents, i els diferents «tipus d'aire» o de gasos en donen bona fe.



Tot pensament conceptual i modalització va associat, en major o menor mesura, a les abstraccions. Però el fet que els químics del XVIII construïren models abstractes fonamentals de les substàncies químiques i de les reaccions així com taules abstractes del context tecnològic i experimental de les substàncies químiques no significa que els químics sempre i exclusivament s'acostaren a les substàncies materials d'una manera abstracta. En realitat les van estudiar des de perspectives molt diferents, incloent-hi les dimensions perceptibles i imperceptibles, els orígens i els usos d'aquestes substàncies. Les substàncies pures i identificables, representades en taules, eren només una petita part d'un conjunt molt més ampli de materials, que incloïa minerals en brut i substàncies procedents de plantes i animals, la majoria dels quals també eren mercaderies corrents.

■ LA CARA SOCIAL I TECNOLÒGICA

La gran majoria de les substàncies representades en les taules químiques del segle XVIII no van ser producte de la creativitat científica ni d'una «recerca reeixida» dels químics que treballaven en institucions acadèmiques com l'Acadèmia Reial de Ciències de París. Les substàncies químiques pures del segle XVIII més aviat formaven part d'una cultura material que compartien químics amb formació universitària, apotecaris, assajadors, tècnics de mines i altres experts la labor tècnica i les investigacions tecnològiques dels quals impliquen operacions químiques.

La història del concepte il·lustrat de puresa química al segle XVIII està profundament incrustada en la tecnologia i en la societat d'aquest període. La gran atenció que els químics amb formació universitària van prestar a les reaccions químiques reversibles i a les taules d'afinitats des de mitjan segle XVIII va anar contribuint a crear, cap a 1800, el concepte de puresa estequiomètrica. El context tecnològic té un pes important en aquest concepte, encara que l'estequiometria, igual com les taules de química del XVIII, s'abstraguera a partir de l'origen i usos de les substàncies.

L'estudi de les substàncies pures tenia arrels en els tallers i laboratoris artesanals i no era una empresa merament científica. Al segle XVIII tallers i laboratoris no eren mons tan diferents, ni separats els uns dels altres. Aquest tipus de conflicte entre el saber i el fer no va canviar significativament amb la fi del segle XVIII, en l'anomenada revolució química. D'altra banda, aquesta revolució ni va promoure canvis profunds en el laboratori de química ni en els estils d'experimentació química ni en els tipus de matèries estudiades pels químics.



El gran laboratori de la farmàcia de la Cort Reial de Berlín. Extret de Johannes Hörmann, 1898. *Die Königliche Hofapotheke a Berlín (1598-1898)*. Hohenzollern Jahrbuch.

La revolució química va significar principalment una revisió d'un conjunt de teories químiques i, en conseqüència, una redefinició dels tipus de compostos i substàncies simples: allò que abans era simple es va considerar compost després, i viceversa. A més dels canvis teòrics i taxonòmics, tots els altres elements implicats en la revolució química van representar la culminació dels esforços que havien començat molt abans que Lavoisier pujara a l'escenari de la química. Lavoisier va ser més radical que els seus predecessors i contemporanis a separar la química del seu passat alquímic i del terreny que ell considerava que pertanyia a la metafísica. No obstant això, els historiadors i filòsofs de la ciència probablement mai no haurien qualificat les seues aportacions de «revolució científica» si ell i els seus col·laboradors no s'hagueren atrevit a proclamar-la.



Com els estudis històrics recents han demostrat, no va haver-hi cap revolució química en els anys setanta i vuitanta del segle XVIII.

■ L'ESPAI DE LA QUÍMICA

El lloc més important de les investigacions químiques naturals i tecnològiques del XVIII va ser el laboratori. La majoria dels filòsofs experimentals i dels naturalistes duïen a terme els seus assajos experimentals en una habitació qualsevol. Però un investigador del segle XVIII difícilment hauria estat reconegut com a químic si no haguera tingut accés a un laboratori. Per a ells el laboratori era necessari per diverses raons. Les tècniques químiques de l'època requerien diferents tipus de forns de grans dimensions, amb els fumerals corresponents, així com fonts d'aigua

**«UN INVESTIGADOR DEL
SEGLE XVIII DIFÍCILMENT
HAURIA ESTAT RECONEGUT
COM A QUÍMIC SI NO
HAGUERA TINGUT ACCÉS
A UN LABORATORI»**

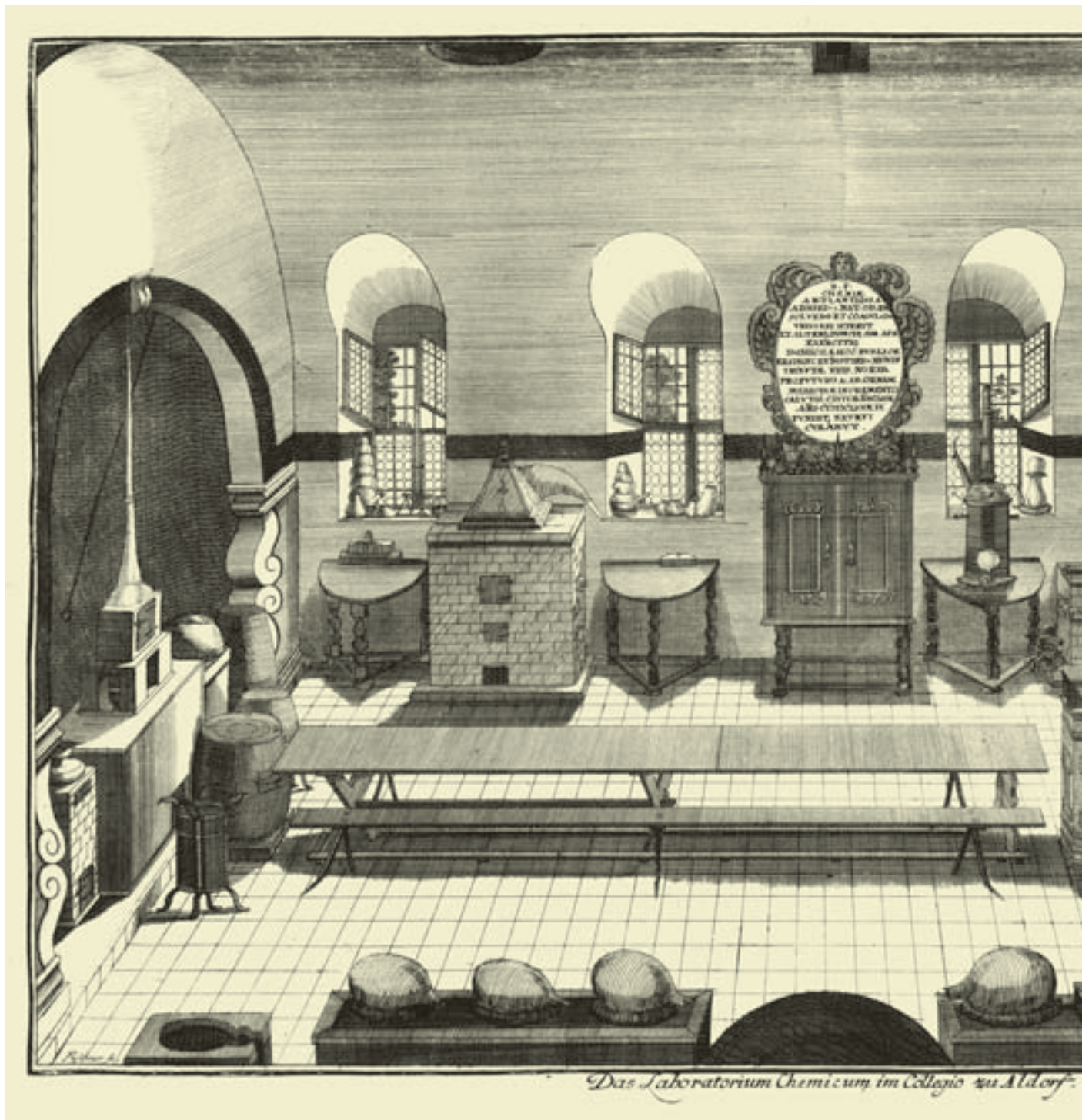
i tones de fusta o carbó, elements que no podien desplaçar-se amb facilitat. Era convenient, si no necessari, disposar d'una sala especial per a aquest equip.

L'experimentació també constituïa un treball brut que produïa un munt de productes pudents, corrosius o nocius que es van haver de bandejar dels estudis i de la vida quotidiana de la llar. A més, la majoria d'experiments químics combinaven diferents tècniques que requereixen tot de recipients, instruments, reactius i materials auxiliars, depenent del tipus de substància amb què s'experimentava i dels objectius. Emmagatzemar aquests recipients exigia molt d'espai. Els reactius i les mostres de substàncies, conservats en flascons i pots, s'havien d'ordenar en lleixes o armaris i calia protegir-los de la humitat i la corrosió.

A més, els químics del segle XVIII havien establert una rutina d'experimentació, més o menys diària, en compte dels assajos experimentals sovint interromputs i les exhibicions públiques d'experiments propis de la filosofia experimental. Aquest model d'experimentació contínua es basava en una llarga tradició històrica. Integrava tant els objectius tecnològics inherents a aquesta tradició com els interessos intel·lectuals predominants, i els objectes d'investigació dels químics del segle XVIII, és a dir, l'estudi del món multiforme de les substàncies materials. En les seues històries experimentals i anàlisis aquests químics estudiarien una substància material darrere de l'altra. Aquest estil d'experimentació era, en principi, il·limitat, no sols per l'immens nombre de substàncies que es podien sotmetre a experimentació, sinó també a causa de la productivitat material de l'experimentació química, atès que les reaccions contínuament brindaven noves substàncies.

La nostra visió global de l'experimentació del segle XVIII ha estat substancialment modelada pels historiadors de la física, que posaven èmfasi en el sorgiment de la filosofia experimental al segle XVII i en l'aparició de la quantificació i el mesurament de precisió durant la Il·lustració. Això s'adiu amb la imatge que tenim dels laboratoris

i els experiments de precisió dels químics més famosos del segle XVIII, com Antoine-Laurent Lavoisier, i d'altres filòsofs químics importants, com Henry Cavendish. Però els seus laboratoris no eren els més corrents. El nostre interès per aquests químics tan extraordinaris amb massa freqüència amaga les dificultats dels més comuns, els menys coneguts, els que han contribuït a la química mitjançant la repetició d'operacions artesa-



Das Laboratorium Chemicum im Collegio zu Altdorf.

Laboratori de la Universitat d'Altdorf. Extret de Johann G. Puschner, ca. 1720. *Amoenitates Altdorfinae oder eigentliche nach dem Leben der gezeichnete Prospecten löblichen Universidad de Altdorf.* Michaelis. Nuremberg.



© Cortesia de la Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

«ELS HISTORIADORS MAI NO HAURIEN QUALIFICAT LES APORTACIONS DE LAVOISIER DE REVOLUCIÓ QUÍMICA SI ELL I ELS SEUS COL·LABORADORS NO S'HAGUEREN ATREVIT A PROCLAMAR-LA»

nals i la realització d'experiments amb instruments tan corrents com ara retortes, gots, flascons i cresols. No oblidem que Lavoisier va ser un ric financer de l'Antic Règim que podia permetre's el luxe de comprar els costosos instruments de precisió que posaven a la venda els fabricants d'instruments més prestigiosos de París, i que molts químics, que no tenien mitjans per a comprar aquests instruments, es lamentaven de ser incapaços de repetir els seus experiments.

Al segle XVIII es van crear també laboratoris en universitats i acadèmies, així com en les escoles professionals i tècniques, acabades de fundar llavors. Però també disposaven de laboratoris les apotecaries, les empreses de mineria, les plantes metal·lúrgiques, les seques, els arsenals, les fàbriques de tints, de porcellana i de productes químics, les destil·leries i les perfumeries.

Hi havia una similitud particularment estreta entre els laboratoris farmacèutics i els acadèmics. Això es pot veure fàcilment comparant els dibuixos i els instruments exposats actualment en els museus de ciència i de farmàcia. Els mateixos tipus de forns, retortes, alambins, pots, gots, flascons, cresols, i balances que els químics utilitzaven en laboratoris universitaris també els feien servir els apotecaris per preparar remeis.

Tant els laboratoris de les apotecaries del segle XVIII com els químics s'establien sovint en la planta baixa d'un edifici i en habitacions amb sostres de volta de pedra. La primera condició era particularment adient per a facilitar l'abastiment d'aigua i combustible, i la segona per a protegir-se contra els incendis. Les finestres eren molt importants perquè hi entrara aire fresc i per a evacuar els vapors tòxics. L'equip més important d'ambdós tipus de laboratoris eren grans forns, un fumental, i diversos tipus d'aparells de destil·lació.

La cultura material compartida del laboratori farmacèutic i l'universitari ajuda a explicar per què els apotecaris ben sovint van passar de la producció comercial de substàncies químiques a l'observació acurada i a l'anàlisi química i per què els químics es movien entre l'anàlisi experimental i la investigació farmacèutica. No és estrany, doncs, que molts químics del segle XVIII hagueren estat aprenents apotecaris. En definitiva, observacions i experiments realitzats en laboratoris farmacèutics i altres laboratoris artesanals van contribuir al progrés de la química fins ben entrat el segle XIX. ☺

BIBLIOGRAFIA

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

Ursula Klein. Professora de l'Institut Max Planck d'Història de la Ciència, Berlín.