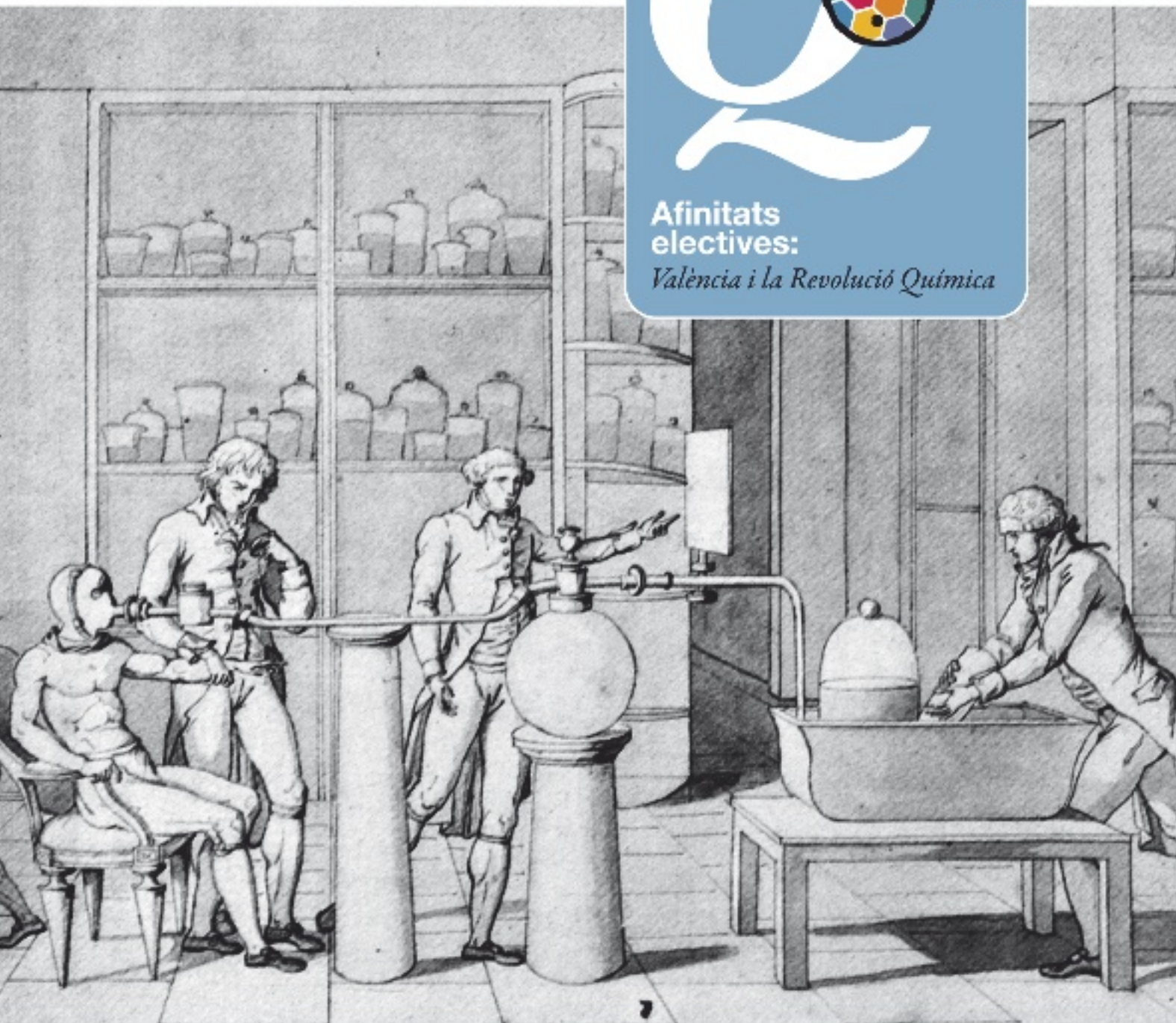


Palau de Cerveró
26 maig - 29 octubre



Afinitats
electives:
València i la Revolució Química



Organitza

Col·laboren



Afinitats electives

València i la Revolució Química

UNIVERSITAT
ID VALÈNCIA

CSIC

IHMIC

Any Integracional de la
QUÍMICA
2011

Retal Societat Econòmica d'Amics
del País de València
Institut Lluís Vives, València
Institut Francesc Ribalta, Castelló
Chemical Heritage Foundation, Philadelphia
Facultat de Química, Universitat de València



Separata del núm. 69 de la revista *Mètode* dedicada als rostres de la Química.
Afinitats electives [Primavera 2011]. Reeditada amb motiu de l'exposició
Afinitats electives. València i la Revolució Química.
Palau Cerveró. 26 de maig / 29 d'octubre 2011

2010

Afinitats electives

València i la Revolució Química

Afinitats electives

València i la Revolució Química

VNIVERSITAT
ID VALÈNCIA



MèTODE
Metodologia de l'Ensenyament

Afinitats electives. València i la Revolució Química

Palau Cerveró. Universitat de València

26 de maig a 29 d'octubre de 2011

RECTOR DE LA UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Esteban Morcillo Sánchez

VICERECTOR DE CULTURA, IGUALTAT I PLANIFICACIÓ

Antonio Ariño Villarroya

DIRECTOR INSTITUT D'HISTÒRIA DE LA MEDICINA I DE LA CIÈNCIA «LÓPEZ PIÑERO»

José Antonio Díaz Rojo

www.ihmc.uv-csic.es

PRESIDENT DEL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC)

Rafael Rodrigo Montero

COMISSARI

José Ramón Bertomeu

ADJUNT AL COMISSARI

Ignacio Suay

COORDINACIÓ

Maite Ibáñez

COMUNICACIÓ

Sergio Villalba

DISSENY

Gráfico Adsuara

PRODUCCIÓ AUDIOVISUALS

VITELSA

TRADUCCIÓ

**Servei de Política Lingüística.
Universitat de València**

MUNTATGE

**Francisco Burguera
Álvaro David
Pedro Herráiz**

TRANSPORT

Esfera Proyectos Culturales

ASSEGURANCES

Mapfre

VISITES GUIADES

Voluntaris de la Universitat de València

PRESTADORS

**Reial Societat Econòmica d'Amics del País de València
Institut Lluís Vives, València
Institut Francesc Ribalta, Castelló
Institut Menorquí d'Estudis, Maó
Académie Nationale de Médecine, París
Ajuntament de València. Biblioteca Serrano Morales
Bibliothèque Interuniversitaire de Médecine, París
Chemical Heritage Foundation, Philadelphia
Departament de Química Analítica, Facultat de Química,
Universitat de València
Arxiu Històric, Universitat de València
Biblioteca Vicent Peset Llorca, Institut d'Història de la
Medicina i de la Ciència «López Piñero» (Universitat
de València-CSIC)**

AGRAÏMENTS

**Antonio García Belmar, Encarnación Ahicart,
Santiago Álvarez, Amanda Antonucci, Nicolás Bas,
Bernadette Bensaude-Vincent, Marco Beretta,
Nicholas Best, Ronald Brashear, Eric Casas,
Teresa Climent, Mar Cuenca, Carl Djerassi,
Martí Domínguez, Julio Ferrer, Pere Grapí, Vicent Joan,
Ursula Klein, Irene Manclús, Anna Mateu,
Michal Meyer, Agustí Nieto, Josep Payà, Francisco Oltra,
Carmen Ramírez, Amparo Salvador, Paloma Segura,
Josep Lluís Sirera, Eva Soriano, José E. Ucedo,
Carmina Valiente, Vicente Zorrilla**

**Il·lustració de la coberta: Uiso Alemany,
Sèrie «Químic entotsolat», 2010**

Presentació exposició

Afinitats electives. Els rostres de la revolució química

El segle XVIII va ser un període fonamental en el desenvolupament de la química moderna. Johann Friedrich Gmelin (1748-1804), químic, historiador i testimoni directe dels esdeveniments, afirmava que als inicis d'aquest segle els químics eren generalment menyspreats, ridiculitzats i confosos amb xarlatans o quincallaires. Tot i això, als anys finals del segle, Gmelin considerava que la química s'havia transformat en l'«ídol» enfront del qual tot tipus de persones «s'agenollaven», sense importar que foren prínceps o clergues, cultes o incultes, subjectes d'alta o baixa nissaga. Es va produir la incorporació progressiva de la química a molts centres acadèmics i universitaris. Una d'aquestes institucions va ser la Facultat de Medicina de la Universitat de València. També es van generar fortes expectatives sobre la utilitat social de la química, a causa de les possibles aplicacions dels nous coneixements en el desenvolupament de la indústria, l'agricultura i la medicina. A les darreries del segle XVIII, les novetats eren considerades tan importants que alguns autors van començar a parlar d'una autèntica «revolució en la física i en la química».

Al voltant d'aquests importants canvis, els articles d'aquest volum monogràfic de la revista *Mètode* analitzen els diversos rostres de la química, les seves afinitats i les seves tensions. Es tracta de presentar els resultats de les investigacions més recents en aquestes matèries per part d'un grup d'investigadors especialitzats que ofereixen una gran varietat de perspectives: l'aproximació biogràfica (Marco Beretta), l'estudi de les afinitats químiques (Pere Grapí), les relacions entre literatura i ciència (Xavier Duran i Carl Djerassi), la producció de colorants i la història de la tecnologia (Agustí Nieto), la cultura material de la ciència i els productes químics (Ursula Klein), les representacions pictòriques del laboratori químic (Santiago Álvarez) i les relacions entre la ciència i els seus públics (Bernadette Bensaude-Vincent). Aquest monogràfic és un complement a l'exposició «Afinitats electives. València i la Revolució Química» que es desenvoluparà durant l'Any Internacional de la Química 2011 en l'Institut d'Història de la Medicina i de la Ciència «López Piñero».

ANTONIO GARCÍA BELMAR
Universitat d'Alacant

JOSÉ RAMÓN BERTOMEU SÁNCHEZ
*Institut d'Història de la Medicina i de la Ciència «López Piñero»
(Universitat de València-CSIC)*

«De vegades es troben en qualitat d'amics o vells coneguts que no triguen a agrupar-se, a unir-se, sense modificar res entre ells, tal com es barreja el vi amb l'aigua. En canvi, uns altres es mantenen aliens i no s'avenen de cap manera, ni per mescla i molta mecànica, com l'oli i l'aigua».

J.W. Goethe. *Les afinitats electives* (1809)

«La revolució no necessita savis», sembla que va etzibar el jutge del tribunal revolucionari a Lavoisier, poc abans que el condemnaren a mort. La història dels homes és a vessar de moments transcendentals, que han canviat el curs de la història. Què hauria estat de la ciència a França si la revolució haguera incorporat els seus savis? Com hauria canviat el curs dels fets? En aquest monogràfic dedicat a la química, elaborat dins del context de les celebracions de l'Any Internacional de la Química, hem volgut reflexionar sobre la transcendència de la figura de Lavoisier, i sobre la manera com ell, més que ningú, representa el naixement d'aquesta nova disciplina. El monogràfic, coordinat pels professors Antonio García Belmar i José Ramón Bertomeu Sánchez, pretén mostrar una visió pluridisciplinària d'aquest camp, tant des del context de la història de la ciència com des de la percepció social que se'n té. En aquest sentit, l'entrevista a Bernadette Bensaude-Vincent, una de les màximes estudioses de la figura de Lavoisier i de la visió social de la química, és un complement perfecte. Com també ho és la proposta artística de Uiso Alemany, que, amb la seua agosarada galeria de rostres de químics (químics entotsolats), introdueix un element punyent i brillant. Tot plegat un nou número de *Mètode*, ben atapeït de suggeriments, on els articles de fons es complementen amb les imatges, amb les tribunes, amb les entrevistes, amb les propostes didàctiques... Unes afinitats, electives o no, que de segur que haurien agradat a l'autor del *Werther*.

MARTÍ DOMÍNGUEZ
Director de MÈTODE

Al llarg del 2011 celebrarem diversos esdeveniments, però un dels més rellevants per a la nostra Universitat serà l'Any Internacional de la Química,¹ proclamat per l'Assemblea General de les Nacions Unides i amb el suport de la International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) i de la UNESCO en resposta així mateix a una iniciativa de països del Tercer Món. La intenció és celebrar els progressos de la química com a ciència i especialment, com correspon a l'actual percepció del valor social de la ciència, conscienciar el públic sobre la contribució d'aquesta ciència al benestar i progrés de la humanitat.

El lema triat per a la celebració és inequívoc: «Química, la nostra vida, el nostre futur». La importància de la celebració es mostra així mateix amb la creació d'un logotip internacional i l'emissió d'un segell i una moneda commemorativa. A més, s'han programat en tot el món diversitat d'actes i esdeveniments institucionals, publicacions, exposicions, cicles de conferències, jornades, cursos i premis, però també activitats educatives, divulgatives i lúdiques. En aquest context, cal destacar la celebració de *Women sharing a chemical moment in time*, esdeveniment que aplega químiques d'arreu del món per recordar el paper de Marie Curie, coincidint amb el centenari del seu premi Nobel per les seues aportacions a la química. El 2011 també celebrem una altra efemèride química, el centenari de la fundació de la International Association of Chemical Societies. Una ocasió, per tant, de subratllar la importància de la internacionalització per a la ciència.

Per a la Universitat de València, l'atractiu d'aquesta celebració deriva de l'excel·lència de la nostra contribució científica en aquest àmbit, que constitueix una part important de la nostra aportació al projecte VLC/CAMPUS d'Excel·lència Internacional. Si considerem el nombre de cites rebudes en l'última dècada pels articles científics espanyols en les diferents àrees, la química ocupa un lloc molt destacat. Igualment, la Universitat de València es posiciona en la llista de les institucions espanyoles més destacades en química –entre les cent institucions més importants en aquest àmbit a escala internacional–, junt amb diversos dels nostres investigadors –situats entre els cinc-cents químics més citats del món–, el que converteix l'Institut de Ciència Molecular (ICMol) i la Facultat de Química de la Universitat de València en centres de prestigi internacional indubtable per a la investigació i l'ensenyament en química, un fet, per tant, del qual podem sentir-nos especialment orgullosos.²

Aquestes referències estarien incompletes si no posàrem així mateix en valor la nostra tradició docent. Ja a finals del segle XVI, la Facultat de Medicina es va dotar d'una càtedra de medicaments químics.³ En el segle XVIII es crea una càtedra de Química i l'any 1900 se separen les seccions de química i física de la Facultat de Ciències. Els estudis de química es van constituir com a titulació independent el 1967 i el 1977 es va crear la Facultat de Química. Avui, aquesta Facultat és grup d'excel·lència en CHE Excellence Ranking 2010,⁴ imparteix

¹ <<http://www.chemistry2011.org>>.

² Dades proporcionades per Eugenio Coronado, director de l'ICMol de la Universitat de València.

³ López Piñero, 1977. *El Dialogus (1589) del parelsista Llorenç Còçar y la càtedra de medicamentos químicos de la Universidad de Valencia (1591)*, Càtedra e Instituto de Historia de la Medicina.

⁴ <<http://www.zeit.de/excellenceranking>>.

estudis molt demandats en primera opció, acords amb l'Espai Europeu d'Educació Superior, té una oferta atractiva de postgrau i doctorat, manté relacions de col·laboració amb el Col·legi Oficial de Químics de la Comunitat Valenciana i amb les empreses del sector i està compromesa com a Facultat a realitzar activitats que impliquen professors i alumnes de secundària.⁵ Precisament l'Olimpíada Nacional de Química, un programa del Ministeri d'Educació en col·laboració amb ANQUE i la Reial Societat Espanyola de Química, l'objectiu de la qual és estimular l'interès dels estudiants de secundària per la química, celebrarà la seua edició 2011 a València amb la col·laboració de la nostra Facultat de Química.

Amb aquesta esplèndida realitat de la química valenciana, hem negat àmpliament l'afirmació segons la qual aquesta ciència estava «mediocrement estesa fins i tot entre els savis» amb la qual l'*Encyclopédie* de Diderot i D'Alembert començava l'article dedicat a la «*Chymie*». Més enllà de la mitologia i de l'alquímia, d'Albert Magne i Ramon Llull, avui la química és una esplèndida realitat que estén les seues frondoses branques cap a la medicina i la farmàcia, i resulta essencial en la sostenibilitat dels recursos naturals, en la cerca de fonts alternatives d'energia, en l'alimentació i en la salut, especialment en un context de creixent població mundial. Així doncs, hem de generar orgull institucional i reconeixement social, interès vocacional en els més joves i confiança en la creativitat de la química per al nostre futur.⁶

ESTEBAN MORCILLO
Rector de la Universitat de València

⁵ Dades facilitades per la degana de la Facultat de Química, la professora Pilar Campins. <<http://www.uv.es/quimica>>.

⁶ <http://www.fundacionquimica.org/anio_internacional_quimica.php>.



M. A. M. M. M.
2010

AFINITATS ELECTIVES

ELS ROSTRES DE LA QUÍMICA

Monogràfic coordinat per Antonio García Belmar i José Ramón Bertomeu Sánchez

A mitjan segle XVIII, en la famosa *Encyclopédie* de Diderot i D'Alembert, s'indicava que «el gust per la química» era «una passió de bojos». Els químics formaven «un poble distint», «molt poc nombrós» i la societat no esperava a penes «res del seu art». No obstant això, quan el segle il·lustrat va arribar a la seua fi, un altre comentarista afirmava que la química s'havia transformat en «l'ídol» davant del qual tot tipus de persones «s'agenollaven», sense importar que foren prínceps o clergues, cultes o incultes, o subjectes a classes altes o baixes. En el context de l'Any Internacional de la Química, el següent monogràfic analitza les sorprenents variacions en la imatge social de la química, les seues afinitats i tensions, i els seus múltiples rostres, des del segle XVIII fins a l'actualitat.

Antonio García Belmar. Professor titular del Departament d'Infermeria Comunitària, Medicina preventiva i Salut Pública i Història de la Ciència. Universitat d'Alacant.

José Ramón Bertomeu Sánchez. Professor titular de l'Institut d'Història de la Medicina i de la Ciència López Piñero (Universitat de València-CSIC).

En aquest monogràfic dedicat a la química, MÈTODE ha comptat amb la col·laboració de dos artistes de gran trajectòria i projecció. El pintor Uiso Alemany (València, 1941) ens proposa una sèrie de rostres de químics «entotsolats», mentre que Eugènia Balcells (Barcelona, 1943) ens acosta alguns dels seus muntatges i instal·lacions multimèdia on ha explorat diferents relacions entre ciència i art.

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



GOETHE I L'AFINITAT ENTRE QUÍMICA I LITERATURA

MOLÈCULES I DIVORCIS EN UNA NOVEL·LA ROMÀNTICA

Xavier Duran

El 1809 Johann Wolfgang Goethe va publicar *Les afinitats electives*, una novel·la amb un títol que fa referència a un dels problemes que havien ocupat els químics durant el segle anterior. L'obra de Goethe utilitza l'afinitat química com a metàfora i l'aplica a les relacions amoroses, però ho fa quan aquest concepte ja era discutit a partir de les noves perspectives que s'havien obert en la química moderna.

Els anys que precedeixen la publicació, el 1809, de *Les afinitats electives* estan plens d'episodis personals i intel·lectuals que poden explicar la mescla de literatura i ciència, de fatalisme i rebel·lió que recorre la novel·la. En el pla personal, Johann Wolfgang Goethe comença el segle havent superat els cinquanta anys, una edat que, en aquell temps i en la majoria dels casos, significava entrar a la recta final de la vida –tot i que l'autor alemany arribaria als 82 anys–. El 1801 se li va declarar una afecció de ronyó que esdevindria crònica, el 1805 va morir el seu gran amic Friedrich Schiller i el 1808 perdria la seva mare, amb qui havia estat molt unit.

Pel que fa a l'activitat intel·lectual, és tan destacada com diversa i palesa els diferents interessos del poeta. El 1808, acaba la primera part del seu *Faust*, obra que portà tota la vida amb ell i que no culminà fins poc abans de morir, i continua treballant en *Wilhelm Meister*. Però el 1803 també passa a dirigir els Instituts de Ciències Naturals de la Universitat de Jena, publica diversos estudis sobre botànica, així com *Metamorfosi dels animals* (1806), i inicia la seva *Teoria dels colors* (1809-1810), que científicament el desprestigiaria per la crítica contundent i absoluta que hi feia als treballs de Newton.

És en aquesta etapa rica i convulsa –el 1806 l'exèrcit de Napoleó havia pres i saquejat Weimar– que Goethe elabora una novel·la que des del títol mateix pren una metàfora química i que sembla voler mostrar l'escassa capacitat dels humans per fer front a un destí que sembla implacablement establert per unes lleis inexorables. Som al segle XIX, l'era de la racionalitat i el càlcul, i tot sembla ben ordenat i previsible. El jove i malaurat Werther queda lluny i Goethe sembla estar d'acord amb els signes del temps quan escriu una novel·la que es pot gairebé resumir amb una equació. Però potser tot això seria massa simplista i l'obra accepta també lectures ben diverses.

«GOETHE ELABORA UNA NOVEL·LA QUE DES DEL TÍTOL MATEIX PREN UNA METÀFORA QUÍMICA I QUE SEMBLA VOLER MOSTRAR L'ESCASSA CAPACITAT DELS HUMANS PER FER FRONT A UN DESTÍ QUE SEMBLA IMPLACABLEMENT ESTABLERT PER UNES LLEIS INEXORABLES»

■ LLIÇONS DE QUÍMICA A LA LLAR

Comentem primer la novel·la i destaquem-ne les referències a la química. Édouard i Charlotte reviuen un amor juvenil que havia quedat truncat per l'oposició de

les respectives famílies i es casen gràcies al fet que tots dos s'han quedat vidus. La seva vida tranquil·la es veu alterada per l'arribada d'un amic d'Édouard, el capità, i, després, per una jove neboda de Charlotte, Ottilie.

Tant el títol com els fets que es produiran són avançats, sense que el lector ho sàpiga, en la conversa que

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

mantenen, en el capítol quart, el matrimoni i el capità –Otilie encara no hi havia arribat– durant la pràctica usual d'aquells temps de fer lectures en veu alta i en grup. La paraula *parentiu* crida l'atenció de Charlotte i Édouard li explica que l'ús que se'n fa en aquell llibre és metafòric, referit a terrenys i minerals.

Però això dóna peu al capità, home culte i versat en ciències, per explicar en quin sentit s'utilitza aquella paraula. Comenta que ho va llegir fa un temps i que no sap si ara, en el món científic, encara es pensa el mateix. I això dóna peu a Édouard per qualificar de ben empipador «que ara no es pugui aprendre res per a tota la vida», afirmació que aprofita Goethe per donar idea d'un món canviant i inestable.

«De les natures que, en trobar-se, s'agafen de llam-pada i es determinen mútuament diem que són afins», explica el capità. I posa com a exemple els àcids i àlcalis que, essent tan diferents, s'uneixen, es modifiquen i formen un cos nou. Édouard comenta que «les afinitats són interessants al moment de causar separacions». I aquesta darrera paraula li sembla trista a Charlotte, perquè considera que se sent massa sovint en el món.

El capità reprèn l'explicació amb un exemple:

[...] allò que anomenem pedra calcària és una terra calcària més o menys pura, íntimament unida a un àcid sensible, el qual se'ns ha donat a conèixer en forma volàtil. Si hom posa un tros d'aquesta pedra amb la sal fumant diluïda, aquesta s'agafa a la calç i apareixen com a guix; a canvi, aquell àcid sensible i volàtil s'escapa. Aquí s'ha produït una separació, una nova combinació, i en aquest moment hi ha raó fundada per emprar fins i tot l'expressió «afinitat electiva», perquè realment sembla com si una relació n'hagués preferida una altra, com si se n'hagués elegit una.

Édouard fa aleshores el següent comentari: «Als teus ulls, jo no sóc més que la calç, de la qual s'apodera el capità a tall de sal fumant i la priva de la teva graciosa companyia per a convertir-se en un guix rebel.» Charlotte li replica:

Però l'ésser humà, tanmateix, és uns quants graons més amunt que aquells elements i si mai s'ha permès de prodigar-se un xic amb paraules tan boniques com *elecció* i *afinitat electiva*, fa bé de tornar al seu propi lloc i sospesar-hi llavors el valor de les pròpies expressions. Malauradament, conec prou casos en què una relació íntima i aparentment indissoluble de dos éssers s'ha mal-



© Neue Pinakothek, München

Joseph Karl Stieler. *Johann Wolfgang von Goethe*, 1828. Oli sobre llenç, 63,8 x 78 cm. Goethe va prendre el títol de *Les afinitats electives* del món de la química. L'afinitat entre les substàncies feia referència a la raó per la qual es formaven uns compostos i no altres, i per què alguns es desfeien per refer-se de forma diferent.

mès per la companyia ocasional d'un tercer, mentre que un dels qui abans estaven tan ben units era forallançat sense corda on agafar-se.

Édouard conclou: «En això els químics són molt més galants: n'hi afegeixen un quart, a fi que cap no resti amb les mans buides.»

Més endavant, el capità descriu un exemple «en llenguatge xifrat»:

Imagineu-vos una A íntimament unida amb una B, de la qual no es pot separar ni amb molts mitjans i força; imagineu-vos una C que es comporta d'igual manera amb una D. Ara poseu en contacte ambdues parelles: A es llençarà sobre D, i C sobre B, sense que puguem dir qui ha abandonat qui ni qui s'ha unit primer amb qui.

I Édouard aplica l'explicació genèrica al cas concret que implica el matrimoni i els seus dos convidats:

I doncs! —exclamà Édouard—: fins que no veiem tot això amb els propis ulls, podem considerar aquesta fórmula com un símil, d'on traiem un patró d'ús immediat. Tu representes la A, Charlotte, i jo, la teva B, perquè de fet



© MÈTODE

Escultura de Goethe i del seu amic Friedrich Schiller a la ciutat alemanya de Weimar. Tots dos són considerats com les figures clau del moviment conegut com el classicisme de Weimar.

jo només depenc de tu i et segueixo com la B a la A. La C és molt clarament el capità, el qual, per aquest cop, em sostrau una mica de tu. Ara és equitatiu que, si tu no t'has d'esmuniir amb res d'indefinit, se't procuri una D, i aquesta és, sense cap mena de dubte, la jove i estimada Ottilie, contra l'acostament de la qual ja no pots resistir-te més temps.

Aquí queda esquematitzat l'argument de la novel·la, tot i que Édouard no ha encertat –o no ha volgut encertar– amb les reaccions que realment es produiran.

■ L'AFINITAT, UN TRENACLOSQUES PER ALS QUÍMICS

L'afinitat entre les substàncies, la raó per la qual es formaven certs compostos i no uns altres i per què alguns es desfeien per refer-se de manera diferent preocupava els investigadors en els darrers temps de l'alquímia i els primers de la química moderna. Newton, que ja havia establert l'explicació sobre l'atracció dels cossos, no dubtava a proposar que les seves lleis de l'atracció gra-

vitatòria i les del magnetisme i l'electricitat es podien fer extensives a les unions i separacions dels cossos i en posava exemples amb reaccions entre àlcalis i àcids. En l'únic article de química que va publicar –escrit el 1692 però aparegut el 1710– i en les qüestions 31 i 32 de la seva *Óptica*, suggeria l'existència d'una força molt intensa entre les partícules dels cossos, que variava d'una espècie a una altra. Fins i tot va proposar una breu relació de sis metalls ordenats segons la prioritat a l'hora de reemplaçar-se l'un a l'altre dissolts en àcid nítric.

Al segle XVIII els químics anomenarien aquesta força «afinitat electiva». El 1718, el francès Étienne-François de Geoffroy va presentar a l'Acadèmia de Ciències la seva *Taula de les diferents relacions observades en química entre les diferents substàncies*. A la presentació, Geoffroy assenyala que hi ha unes lleis i uns graus de preferència perquè quan es barregen diverses substàncies n'hi hagi algunes que tenen clara preferència a unir-se amb unes altres de concretes. Però també destaca que si n'apareix una tercera que tingui encara més preferència per una de les dues, la substància es trenca i se'n formarà una altra.

L'afinitat no era una idea nova, però Geoffroy intentava establir aquest ordre de preferències. I a mitjan segle XVIII ja havien aparegut desenes de taules d'afinitats. Esbrinar les causes d'aquestes afinitats i establir clarament quines substàncies eren afins i amb quina intensitat es convertiria en un dels problemes bàsics de la química del segle. I la idea que hi actua alguna força equiparable a l'atracció gravitatòria és present en la majoria d'autors. Per bé que Geoffroy no en fa cap esment, probablement perquè la França cartesiana encaixava encara malament –intel·lectualment i patriòticament– el triomf de Newton.

El 1775 apareix un altre text important sobre el tema. L'elabora el suec Tornbern Bergman i es titula *Les afinitats electives*. Va ser traduït a l'alemany el 1782 i Goethe no només el coneixia sinó que en una carta a un amic reconeixia que el títol de la novel·la havia sorgit del que duia aquest tractat. Més endavant veurem que la semblança no acaba en el títol.

Podríem pensar que Goethe, doncs, extreu el títol, algunes referències explícites i fins i tot la trama d'un problema ben actual per als químics de l'època. Tanmateix, cal matisar-ho, perquè a poc a poc la idea d'afinitat tal com es formulava va desdibuixant-se i finalment desapareixerà. El 1803, Claude Louis Berthollet diu que hi ha factors com la concentració, la temperatura o la pressió que afecten l'afinitat. Així explica que haguessin fracassat els intents de trobar unes lleis i unes relacions quantitatives ben establertes, que dones-



El matrimoni format per Édouard i Charlotte, protagonistes de *Les afinitats electives*, es veurà alterat quan arribi un amic del primer, el capità, i una neboda de Charlotte, Ottilie. El fets que es produiran es resumeixen en la conversa que mantenen el matrimoni i el capità, representat en la versió cinematogràfica en l'esquema que realitza el capità a la pissarra: Si tenim una parella estretament unida (A i B) i apareix una altra parella que es comporta d'igual manera (C i D), aleshores A es llençarà sobre D, i C sobre B. En les imatges, diferents fotogrames de la pel·lícula *Les afinitats electives* (1996), dirigida per Paolo i Vittorio Taviani.

sin a les reaccions químiques un fonament tan predicat com les lleis de Newton als moviments dels astres.

Pels volts de l'any en què apareix la novel·la de Goethe, científics com Humphry Davy i Jöns Jacob Berzelius ja han començat a elaborar una teoria electroquímica que donava un nou enfocament a les reaccions entre substàncies. Intentant explicar l'electròlisi, es constata que les superfícies carregades elèctricament, sigui positivament o negativament, alteren l'equilibri i poden modificar fins i tot l'afinitat electiva que tindrien determinades substàncies. Ja més entrat el segle XIX, apareixerien els treballs sobre termodinàmica química, que inclourien nous factors a les explicacions sobre l'afinitat entre substàncies. L'expansió de la indústria obligava també a caracteritzar de manera molt més precisa, i fins i tot quantificable, aquestes relacions.

A finals de segle, la química física introdueix models i obliga a fer càlculs matemàtics per explicar les reaccions. Cada vegada es coneixien més factors que influïen en les reaccions i amb més precisió. I ja a fi-

nals dels anys trenta del segle XX, Linus Pauling publica *La naturalesa de l'enllaç químic*, on aplica la mecànica quàntica a la química, explica com es combinen els àtoms per formar molècules estables i assenyala, també, per què se'n formen unes i no unes altres.

Tot això permet comprendre que, efectivament, les anomenades afinitats electives eren un tema destacat en la química del segle XVIII, però també que quan Goethe publica la novel·la la idea ja és força qüestionada, bàsicament per la incapacitat de posar-la com a base d'un esquema consistent i global de la formació i la destrucció de compostos.

■ LES LLEIS DE LA NATURA I DE LES RELACIONS HUMANES

En tot cas, també hauria de quedar clar que la metàfora de Goethe va molt més enllà d'un títol que copia el d'un tractat científic de l'època. No hauria de sorprendre la semblança entre alguns paràgrafs de la novel·la, que



© Filmtre-Gierre Film

hem reproduït abans, i uns altres del llibre de Bergman. Així, recordarem una explicació del capità si llegim la que fa Bergman:

Sigui una substància *A* que altres substàncies heterogènies *a*, *b*, *c* atreuen: suposem d'altra banda que *A* combina amb *c* fins al punt de saturació, cosa que designem com la unió de *A* i de *c* = *Ac*, tendeix a unir-se a *b* quan se li afegeix, separant-se de *c*. Hom diu aleshores que *A* atreu més fortament *b* que *c*, o que *b* té una atracció electiva més forta que *c*. Suposem finalment que *Ab* es descompongui per l'addició de *a*, que *b* sigui rebutjada, i que *a* prengui el seu lloc, es deduirà que la força atractiva de *a* supera la de *b* i que la sèrie *a*, *b*, *c*, etc. serà exactament l'ordre d'eficàcia de les forces atractives d'aquestes tres substàncies.

Hi ha, segons Bergman, un ordre natural de les substàncies, i després en posa exemples concrets. I aquí no hi desentonaria l'explicació que el capità fa sobre la pedra calcinal i l'àcid.

Però Goethe no es limita a introduir a la novel·la aquestes referències. De fet, la noció d'afinitat electiva, d'unes lleis que obliguen a certes unions i n'impedeixen d'altres, recorre l'obra. És per això que al final les reaccions de trencament i reordenació de les persones-substàncies i les parelles-molècules es produeixen,

però no de la manera com Édouard havia explicat. La substància que separa *A* (Édouard) de *B* (Charlotte) no és *C* (el capità), sinó *D* (Otilie). Al mateix temps, Charlotte no evita la solitud gràcies a Otilie, sinó precisament gràcies al capità. D'aquí que alguna vegada la novel·la s'ha esquematitzat en aquesta forma:

$$AB + CD \rightarrow AD + BC$$

Si bé aquí falla l'existència de *CD*, una parella que integrarien el capità i Otilie i que en realitat no existeix mai. Però el fet és que si analitzem el caràcter de cada personatge, la reacció havia de produir-se inevitablement. Édouard és immadur, egoista i capriciós. Otilie és una noia molt jove, fràgil i inexperta. Charlotte és racional i previsor. El capità és també racional, però a més és intel·ligent, honrat i resolutiu. Si l'afinitat electiva funciona, no hi ha altra reacció possible. Édouard ha de sentir-se atret per Otilie i Charlotte i el capità han d'acabar junts. Fins i tot és impossible que quan Édouard i el capità marxen a la guerra, nous pretendents tinguin cap mena de possibilitat amb Charlotte o amb Otilie: no hi ha afinitat.

Destaca, doncs, aquest funcionament ineluctable de les coses, una mena de mecanisme social que marxa com un conjunt d'engranatges i que constitueix un destí inevitable. És clar que els personatges poden rebel·lar-se, però al final el que prima és la llei natural, com passa amb els objectes i amb les substàncies. Això no treu que la novel·la sigui clarament romàntica i que el final sigui tràgic.

Com a colofó, podríem prendre la metàfora i aplicar-la a Goethe i a la seva obra en conjunt. Apassionat de la ciència, no es va limitar a conrear-la i a deixar treballs notables –així com errors colossals–. No només va ser organitzador d'estudis tècnics i d'estructures industrials. Trobem escampades per les seves obres literàries nombroses referències científiques. L'home que volia passar a la història sobretot com a científic va assolir una grandesa literària que eclipsà el seu altre vessant. Però fins i tot així va escampar ciència per la seva obra narrativa i poètica. Era com si les afinitats electives ineluctables també haguessin produït finalment una reacció que, sense trencar res, formava una nova i valuosa parella entre la química i la literatura. ☺

BIBLIOGRAFIA

- BROCK, W. H., 1998. *Historia de la Química*. Alianza. Madrid.
- GOETHE, J. W., 1991. *Les afinitats electives*. Proa. Barcelona.
- GONZÁLEZ, M. J. i M. BARRENO, 1999. «Introducción». In Goethe, J. W. *Las afinidades electivas*. Cátedra. Madrid.
- JOLY, B., 2006. «Les Affinités electives de Goethe: entre science et littérature». *Methodos*, 6. Disponible en: <<http://methodos.revues.org/482>>.

Xavier Duran. Químic i periodista científic, director de *El Medi Ambient* de TV3.



Art by [Name]
2010

PRINCIPIS, ELEMENTS I SUBSTÀNCIES

LA INFLUÈNCIA FILOSÒFICA EN LA REVOLUCIÓ QUÍMICA

Nicholas W. Best

Quan Lavoisier parla d'oxigen no té en ment la mateixa idea que un químic contemporani. La diferència entre un concepte i l'altre és un problema fonamental a l'hora d'estudiar les teories químiques anteriors i posteriors a la revolució química. La filosofia empirista –la idea que tot el coneixement del món s'obté a través dels sentits– va portar Lavoisier a redefinir els objectius de la química i a insistir a defensar que només s'havia d'ocupar de substàncies tangibles. I fou precisament aquesta convicció compartida que la química s'ha de dedicar només als materials de la nostra experiència la que ens permet dir que l'oxigen que observem avui és la mateixa substància descrita durant la revolució química.

Un aspecte fonamental del moviment il·lustrat del segle XVIII va ser la desconfiança cap a la construcció de sistemes elaborats però molt especulatius com els que havien estat l'orgull dels filòsofs naturals racionalistes del segle XVII. Destacats pensadors com Denis Diderot i l'abbé de Condillac promogueren que les ciències naturals foren més empíriques, que es confiara més en l'experimentació i menys en la raó pura.

Condillac sostenia que el coneixement es construeix totalment a partir de l'experiència sensorial, però es conforma per mitjà de l'anàlisi lògica, com ara la descomposició d'una idea en parts més simples i, al contrari, la síntesi d'allò complex a partir d'allò més simple. Defensava que el llenguatge representa un paper important en aquest procés i que un llenguatge lògic clar és necessari per a elaborar les idees complexes implicades en les teories científiques.

Antoine Lavoisier (1743-1794) va estar molt influït per pensadors empiristes com Condillac i Gabriel-François Venel, i va incorporar les idees d'aquests al seu mètode d'investigació. Els seus experiments, tan elegants, van ser crucials a l'hora de sentenciar les teories químiques que proposaven principis invisibles, com la teoria del flogist per a la combustió. D'altra banda, Lavoisier va

posar en pràctica al laboratori el mètode de Condillac d'anàlisi per descomposició i recomposició i va demostrar que l'aigua es compon d'ingredients més bàsics, va mostrar que podia ser descomposta en hidrogen i oxigen, però també es va proposar produir-ne una nova mostra obtinguda a partir d'aquests gasos a fi que la seua conclusió fóra irrefutable.

Altres reformadors com Louis-Bernard Guyton de Morveau, Antoine-François Fourcroy i Claude Louis Berthollet van admetre que la nomenclatura química necessitava desesperadament una normalització. Quan Lavoisier es va sumar a aquest moviment revolucionari va aportar objectius més específics: fer realitat l'ambició de Condillac de produir un llenguatge científic pur i consagrar-se a la nova química desflogitzada.

**«ELS DESCOBRIMENTS
EXPERIMENTALS DE FINALS
DEL SEGLE XVIII VAN
CAPGIRAR COMPLETAMENT
LA MANERA COM ELS
QUÍMICS VEIEN ELS
MATERIALS»**

**ELEMENTS, PRINCIPIS
I TEORIA DEL CANVI**

Els descobriments experimentals de finals del segle XVIII van capgirar completament la manera com els químics veien els materials: no sols es va canviar el nom de les substàncies, els elements es van convertir en compostos i molts compostos es van reconèixer com a elements. Els dràstics canvis teòrics que constitueixen

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

la revolució química a vegades han estat subestimats com si foren una mera oposició a la teoria anterior. En reconsiderar el procés de combustió, per exemple, l'alliberament del flogist (l'anterior principi del foc) es pot substituir per l'absorció d'oxigen (i l'alliberament de calòric, com el nou principi de la calor). Això sembla particularment simple en el cas de la combustió i la reducció de metalls, però el canvi conceptual que implica aquesta inversió era en realitat bastant radical. Abans de la revolució química les menes es consideraven substàncies simples, mentre que els metalls es tenien per compostos; a partir de la revolució els metalls van passar a ser substàncies simples i els minerals, compostos. Segons la teoria química del flogist de Georg Ernst Stahl (1659-1734), el mineral d'un metall (la *calç*, com en deia ell) es podia transformar a un estat metàl·lic (*règul*) per mitjà de l'addició de flogist (o d'una quantitat de material ric en flogist, com el carbó). És a dir, $\text{calç} + \text{flogist} \rightarrow \text{metall (règul)}$.

I a la inversa, un metall en el seu estat metàl·lic no natural pot oxidar-se o calcinar-se, és a dir, tornar al seu estat natural de calç, alliberant el flogist: $\text{metall (règul)} \rightarrow \text{calç} + \text{flogist}$. La teoria de la combustió per oxigen va capgirar aquest procés completament: la reducció dels metalls es va considerar com l'eliminació de l'oxigen d'un mineral (l'òxid): $\text{òxid de metall} + \text{carbó} \rightarrow \text{òxid de carbó} + \text{metall}$. I la combustió d'un metall era simplement l'addició d'oxigen de l'aire: $\text{metall} + \text{oxigen} \rightarrow \text{òxid de metall (+ calòric)}$.

Aquesta esmena no és tan simple com pot semblar a simple vista. El canvi de representació teòrica també és un canvi de mentalitat, de visió del món. Encara que molts metalls no van canviar de denominació, els conceptes químics van ser molt diferents abans i després.

La redefinició de processos tan familiars va anar acompanyada d'un canvi encara més radical pel que fa als elements químics. Al llarg de l'Edat Mitjana, els aristotèlics terra, foc, aire i aigua eren l'únic repertori ortodox d'elements. Ja alguns alquimistes havien proposat llistes alternatives de principis elementals: Paracels i els seus seguidors pensaven que tots els canvis

químics es devien a la combinació de mercuri, sofre i sal, i molts alquimistes francesos afirmaven que hi havia cinc principis: esperit (mercuri), oli (sofre), sal, flegma (aigua) i terra. Els defensors d'aquests sistemes reconeixien que els quatre elements d'Aristòtil eren els constituents últims, però que amb els seus principis, construïts a partir dels elements, hi havia prou per explicar tots els fenòmens químics.

Encara que feren servir noms comuns per designar-los, els alquimistes i els primitius químics que utilitzaven aquests sistemes de principis no pensaven que foren aigua, sal o mercuri ordinaris, ni tan sols mostres molt pures d'aquestes substàncies tan comunes. Ben altrament consideraven aquests principis com a arquetips místics: el mercuri filosòfic o *sòfic* dels alquimistes era el principi de la volatilitat, que es troba en el mercuri comú però també en altres substàncies volàtils; el sofre sòfic es trobava en tots els cossos inflamables i la sal sòfica, en els cossos sòlids. Fins i tot en una data tan tardana com el segle XVII aquesta mena de principis formaven part de la química, de fet el flogist no era més que el nom que Stahl donava al sofre filosòfic, el principi de la inflamabilitat.



Étienne Bonnot, *abbé* de Condillac (1715-1780), va adoptar l'empirisme de John Locke, el punt de vista filosòfic del qual assegura que tot coneixement prové originàriament dels sentits. Condillac afirmava que és el llenguatge el que ens permet ordenar les nostres sensacions per convertir-les en coneixement i, per tant, va inspirar la reforma de la terminologia química de Lavoisier.

«ANTOINE LAVOISIER VA ESTAR MOLT INFLUÏT PER PENSADORS EMPIRISTES COM CONDILLAC I GABRIEL-FRANÇOIS VENEL, I VA INCORPORAR LES IDEES D'AQUESTS AL SEU MÈTODE D'INVESTIGACIÓ»

■ LA SIMPLIFICACIÓ DE LAVOISIER

Els químics francesos van continuar fidels, encara que fóra només de boca, al sistema aristotèlic dels quatre elements fins a la generació precedent a la revolució química, però Lavoisier hi va posar fi per sempre quan va aconseguir demostrar que l'aigua es podia

descompondre en els dos gasos que més tard anomenaria *hidrogen* i *oxigen*. La reforma terminològica que es va dur a terme durant la revolució química no tractava només de normalitzar els noms; Lavoisier va substituir els sistemes anteriors de principis per la seua pròpia taula de substàncies simples, però sense pronunciar-se sobre quins eren els elements fonamentals. Igual com Condillac, dubtava que algú sabera quins eren els components més petits de la matèria, i en compte de tractar d'esbrinar-ho, va optar pel pragmatisme i va donar una definició empírica dels elements: «Si utilitzem el terme

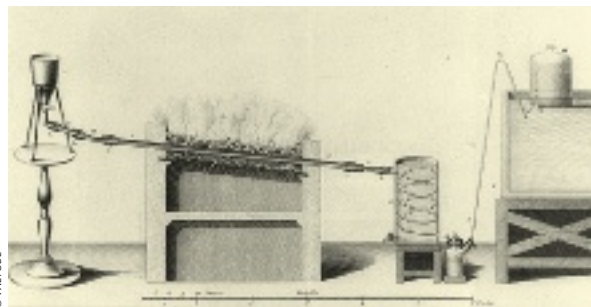
elements o principis dels cossos per expressar la nostra idea sobre l'últim punt que una anàlisi és capaç d'assolir, llavors totes les substàncies que no hàgem pogut descompondre les considerarem elements.» Ací la innovació de Lavoisier era la insistència en el fet que allò que nosaltres anomenem elements són coses reals, substàncies tangibles, a diferència del mercuri sòfic i el flogist de les generacions anteriors.

Aquesta definició empírica de «substàncies simples» li va permetre reformular els límits de la química: «el principal objectiu de la química experimental és descompondre els cossos naturals, amb l'objecte d'examinar separatament les diferents substàncies que entren en la seua composició.» Aquesta distinció entre la química pràctica i la teoria metafísica de la matèria és més clara que en la majoria dels precedents de Lavoisier. Per exemple, Sthal havia tractat de definir la química com la ciència de *mixts* (substàncies producte de components íntimament units), en contraposició a la física, que s'ocupava d'*agregats* (conjunts de compostos merament juxtaposats).

El distanciament respecte a la metafísica ha contribuït en gran manera a l'alt grau de progressió de què la química ha gaudit des d'aquesta revolució colossal. En admetre que no tenia un coneixement fidedigne dels àtoms i limitar-se a descriure fenòmens observables, Lavoisier va aconseguir evitar debats sobre com reduir les reaccions químiques i interaccions mecàniques entre partícules de formes intricades que tingueren lloc en la frontera entre la química i la física de finals del segle XVII i començament del XVIII (abans es consideraven camps completament independents). Així doncs, la química es va convertir en una ciència de laboratori, cada vegada més allunyada dels aspectes més especulatiu de la «filosofia natural».

■ EL PROBLEMA FILOSÒFIC DE LA REFERÈNCIA EN QUÍMICA

Els químics moderns parlen de combustió amb un llenguatge quasi idèntic al de Lavoisier, però completament diferent de la terminologia basada en el flogist, anterior a la revolució química. No obstant això, hi ha diferències teòriques tan grans que hem de parar atenció de no interpretar la química post-revolucionària com conceptualment idèntica a la nostra. Hi ha tres diferències importants que ens aconsellen estar-nos fins i tot de dir que l'oxigen de Lavoisier és el mateix que el nostre.



Aparells de Lavoisier per a la descomposició de l'aigua. Aprofundint en el treball experimental de James Watt i Henry Cavendish a Gran Bretanya i de Gaspard Monge a França, Lavoisier va demostrar de manera conclouent que l'aigua no era un element; per fer-ho va descompondre l'aigua en els seus constituents i en acabat els va recompondre en aigua.

«ELS QUÍMICS FRANCESOS VAN CONTINUAR FIDELS AL SISTEMA ARISTOTÈLIC DELS QUATRE ELEMENTS FINS A LA GENERACIÓ PRECEDENT A LA REVOLUCIÓ QUÍMICA»

Ara sabem que l'oxigen es compon de molècules de dos àtoms, amb una estructura interna encara més profunda; el nostre oxigen no és el principi de l'acidesa, com ho era per a Lavoisier, ni té res a veure amb el calòric, mentre que per a Lavoisier ambdós estaven íntimament relacionats.

Ara sabem que l'oxigen és un gas compost de molècules biatòmiques, que cada àtom es compon de vuit protons amb un cert nombre de neutrons i electrons. Però això té poc d'interès; Lavoisier quasi va admetre que el futur podia oferir aquesta classe de descobriments i la seua negativa a especular sobre els nivells més fonamentals d'anàlisi suggerix que esperava un futur estudi per a dilucidar una estructura més detallada. Per tant podem dir que els estudis més profunds sobre l'element que avui anomenem *oxigen* no refuten per si sols les seues afirmacions.

Però la qüestió no és simplement que el nostre concepte d'oxigen siga més complex que el que tenia Lavoisier —no oblidem que la teoria de la combustió que va plantejar estava íntimament lligada a la seua teoria de l'acidesa—. Quan, el 1777, Lavoisier va publicar per primera vegada la seua teoria de la combustió, el va anomenar el «principi d'oxigen», a partir del prefix grec *oxi-*, que significa “àcid” i el sufix *-gens*, “generador”. Des de feia molt de temps se sabia que els no-metalls inflamables com el sofre produeixen àcids (el que avui anomenem *anhídrids d'àcid*), per això Lavoisier va inferir que l'oxigen obtingut per mitjà de la combustió és la causa de l'acidesa. No obstant això, ara ja no pensem que tots els àcids contenen oxigen, ni tampoc que l'oxigen és la causa immediata de l'acidesa

L'Établissement des Substances Simpletes
par Lavoisier et Laplace en 1789.

Substances simples qui appartiennent au règne minéral

Substances simples qui appartiennent au règne végétal

Substances simples qui appartiennent au règne animal

© Museo Galileo, Istituto e Museo di Storia della Scienza, Firenze

PARTIE II. DES SUBSTANCES SIMPLES. 185
TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

	NOM ACTUEL.	NOM ANCIEN CORRESPONDANT.
Substances simples qui appartiennent au règne minéral, et qui ne peuvent régénérer aucune des bases de la terre.	Lumière.....	Lumen.
	Calorique.....	Calor.
	Calorique.....	Principe de la chaleur.
Substances simples qui appartiennent au règne végétal, et qui ne peuvent régénérer aucune des bases de la terre.	Acide.....	Principe de la vie.
	Acide.....	Principe de la vie.
	Acide.....	Principe de la vie.
Substances simples qui appartiennent au règne animal, et qui ne peuvent régénérer aucune des bases de la terre.	Acide.....	Principe de la vie.
	Acide.....	Principe de la vie.
	Acide.....	Principe de la vie.
Substances simples, métalliques, et métalloïdes.	Argent.....	Argentum.
	Arsenic.....	Arsenicum.
	Carbone.....	Charbon.
	Chlore.....	Chlorure.
	Chlore.....	Chlorure.
	Chlore.....	Chlorure.
	Chlore.....	Chlorure.
	Chlore.....	Chlorure.
	Chlore.....	Chlorure.
	Chlore.....	Chlorure.
	Chlore.....	Chlorure.
	Chlore.....	Chlorure.
	Chlore.....	Chlorure.
	Chlore.....	Chlorure.
	Chlore.....	Chlorure.

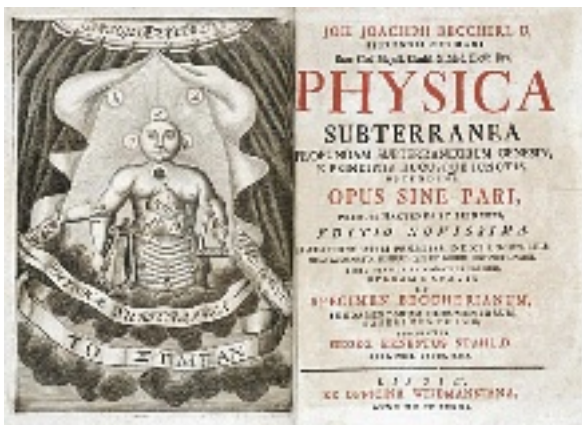
© Museo Galileo, Istituto e Museo di Storia della Scienza, Firenze

«Taula de substàncies simples», *Elements de química* de Lavoisier (1789). Encara que moltes substàncies van conservar els seus antics noms, van ser redefinides en el marc del nou sistema: molts elements es van convertir en compostos i molts compostos van passar a considerar-se «substàncies simples».

en els compostos àcids que contenen oxigen. Si *oxigen* sempre va significar «principi d'acidesa», hauríem de denominar *oxigen* qualsevol substància que considerem agent actiu de l'acidesa. Quan Humphrey Davy va descobrir que l'hidrogen era el component determinant dels àcids, hauria d'haver-lo anomenat *hidrogen oxigen*. Gilbert Lewis va definir un àcid com una substància química que pot acceptar un parell d'electrons, per la qual cosa podria haver usat la paraula *oxigen* per referir-se a tota una sèrie d'electròfils.

Fins i tot en cas que deixem de costat la qüestió dels àcids i considerem l'oxigen només en qualitat d'agent de la combustió —que encara pensem que ho és—, no es pot dir que el concepte modern d'oxigen basat en la combustió siga el mateix que el que apareix en la teoria de Lavoisier perquè el seu model també incloïa el calòric, un «fluid subtil». Seria completament erroni suggerir que, quan Lavoisier va parlar de «calòric», volia referir-se a alguna cosa semblant a la noció moderna de calor; de fet coneixia perfectament la teoria

«ELS QUÍMICS MODERNS PARLEN DE COMBUSTIÓ AMB UN LLENGUATGE QUASI IDÈNTIC AL DE LAVOISIER, PERÒ COMPLETAMENT DIFERENT DE LA TERMINOLOGIA BASADA EN EL FLOGIST»



Portada de la *Physica Subterranea* de J. J. Becher i G. E. Stahl (Lipsiase, Gleditsch, 1738) en què s'exposaren les primeres formulacions de la teoria del flogist. La figura humana representa la terra, a les entranyes de la qual es formen els set metalls, sempre sota la influència dels set planetes.

que defineix la calor com a energia cinètica però la va desestimar. L'intercanvi net d'energia procedent de la ruptura i la reagrupació dels enllaços químics, allò que els químics avui dia solen explicar com a calor alliberat en les reaccions de combustió, és molt diferent del fluid calòric de Lavoisier, una suposada substància física que s'escalfa introduint-se entre les molècules. I l'equivocació de Lavoisier no és només aquesta, tota la seua noció d'oxigen es basa en aquest error.

■ L'EMPIRISME GARANTEIX EL DEBAT CIENTÍFIC

No obstant això, els químics actuals continuen usant la paraula de Lavoisier, *oxigen*. Ho poden fer gràcies a la definició empírica que Lavoisier va fer d'«element».

Abans de la revolució química, els qui defensaven els tres elements i els models de cinc elements mantenien debats molt poc significatius perquè les seues entitats teòriques eren una mica místiques i difícils de definir i perquè cada teoria manejava entitats diferents, que només representaven un paper en els seus respectius sistemes. Igualment, pot ser molt difícil per a qualsevol després de la revolució química criticar de manera consistent la teoria del flogist.

Si l'oxigen tan sols era un principi químic com els dels alquimistes i els químics primitius, negar l'existència del calòric o refutar el paper de l'oxigen en l'aci-

«NOMÉS GRÀCIES A LA NOCIÓ TAN TANGIBLE D'ELEMENT QUE VA APORTAR LAVOISIER PODEM CREURE EN LA CONTINUÏTAT DE LES NOSTRES ENTITATS QUÍMIQUES, A DESGRAT DELS CANVIS TAN FONAMENTALS QUE HA EXPERIMENTAT LA TEORIA QUÍMICA

desa és com negar l'existència de l'oxigen, però l'empirisme il·lustrat va canviar la naturalesa de les teories químiques. Cap al 1789 Lavoisier havia renunciat a la paraula *principi* i havia optat per anomenar-lo simplement *oxigen* (*oxygène*) i l'havia inclòs en la seua taula de «substàncies simples», d'acord amb la seua adhesió a l'empirisme. És a dir que, tot i que químics anteriors i posteriors hagen discrepat sobre algunes de les seues característiques, encara es pot parlar amb propietat sobre l'oxigen o sobre qualsevol altra substància que puguen assenyalar.

Només gràcies a la noció tan tangible d'element que va aportar Lavoisier podem creure en la continuïtat de les nostres entitats químiques, a desgrat dels canvis tan fonamentals que ha experimentat la teoria química posteriorment. Aquests avenços no haurien estat possibles amb tres, quatre o cinc sistemes de principis. Ni tan sols amb les versions posteriors de la química flogística. Aquests principis mai no han estat aïllats –ni tan sols hipotèticament–, mai ningú no ha pogut assenyalar un flascó i dir: «això és el flogist». I encara menys ha tornat a fer acte de presència aquest nom en les reconceptualitzacions teòriques posteriors. El coneixement

pràctic va permetre a Antoine Lavoisier refutar l'existència del flogist, però va ser la filosofia il·lustrada el que va canviar la manera de treballar en química. Més que qualsevol altra cosa, va ser el trajecte que va recórrer Lavoisier des dels principis alquímics fins a les substàncies el que va adreçar la química pel camí cap al concepte modern d'element. ☺

BIBLIOGRAFIA

BENSAUDE-VINCENT, B., 2009. «Philosophy of Chemistry». In BRENNER, A. i J. GAYON (eds.). *French Studies in the Philosophy of Science*. Springer. Heidelberg, Dordrecht, Nova York.

HENDRY, R. F., 2005. «Lavoisier and Mendeleev on the Elements». *Foundations of Chemistry*, 7: 31-48.

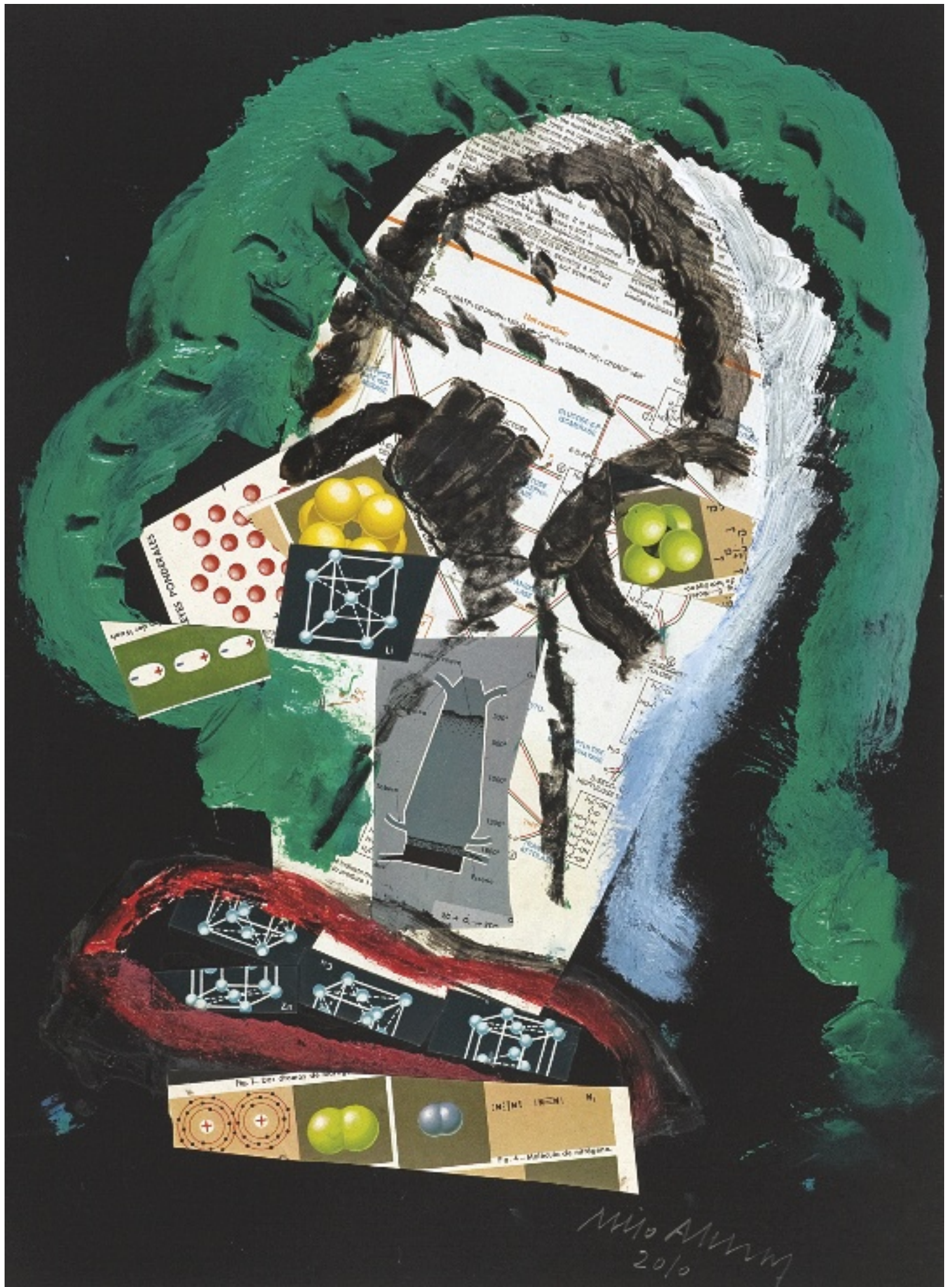
McEVROY, J. G., 1988. «Continuity and Discontinuity in the Chemical Revolution». *Osiris*, 4: 195-213.

PYLE, A., 2001. «The Rationality of the Chemical Revolution». In NOLA, R. i H. SANKEY (eds.). *After Popper, Kuhn and Feyerabend: Recent Issues in Theories of Scientific Method*. Kluwer. Dordrecht.

SANKEY, H., 1991. «Translation Failure between Theories». *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 22: 223-236.

WISE, M. N., 1993. «Mediations: Enlightenment Balancing Acts, or the Technologies of Rationalism». In HORWICH, P. (ed.). *World Changes: Thomas Kuhn and the Nature of Science*. The MIT Press. Cambridge, Mass.

Nicholas W. Best. Departament d'Història i Filosofia de la Ciència, Indiana University (EUA).



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, àlcals 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 escriptoris, 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, àlcals i sals–, només un petit conjunt és reconegut avui immediata-

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

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, àlcals, terres, òxids metàl·lics i compostos derivats d'aquests, així com gasos i sals. Però, de debò va ser aquest un progrés revolucionari?

■ 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 calòric, 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 veritables «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

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 següent 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.

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

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 Berlin (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

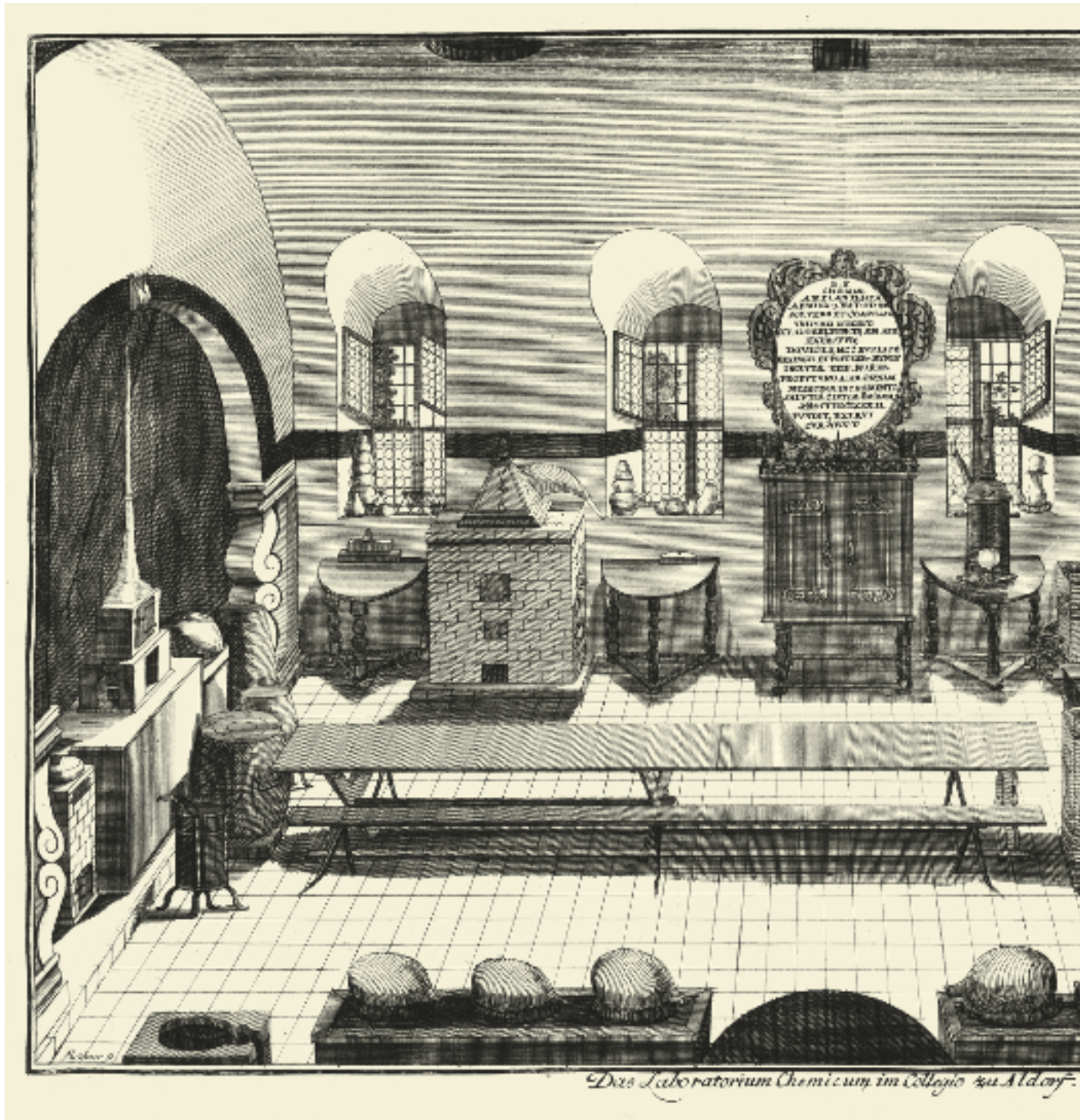
**«UN INVESTIGADOR DEL
SEGLE XVIII DIFÍCILMENT
HAURIA ESTAT RECONEGUT
COM A QUÍMIC SI NO
HAGUERA TINGUT ACCÉS
A UN LABORATORI»**

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-



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 incapaçs 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.

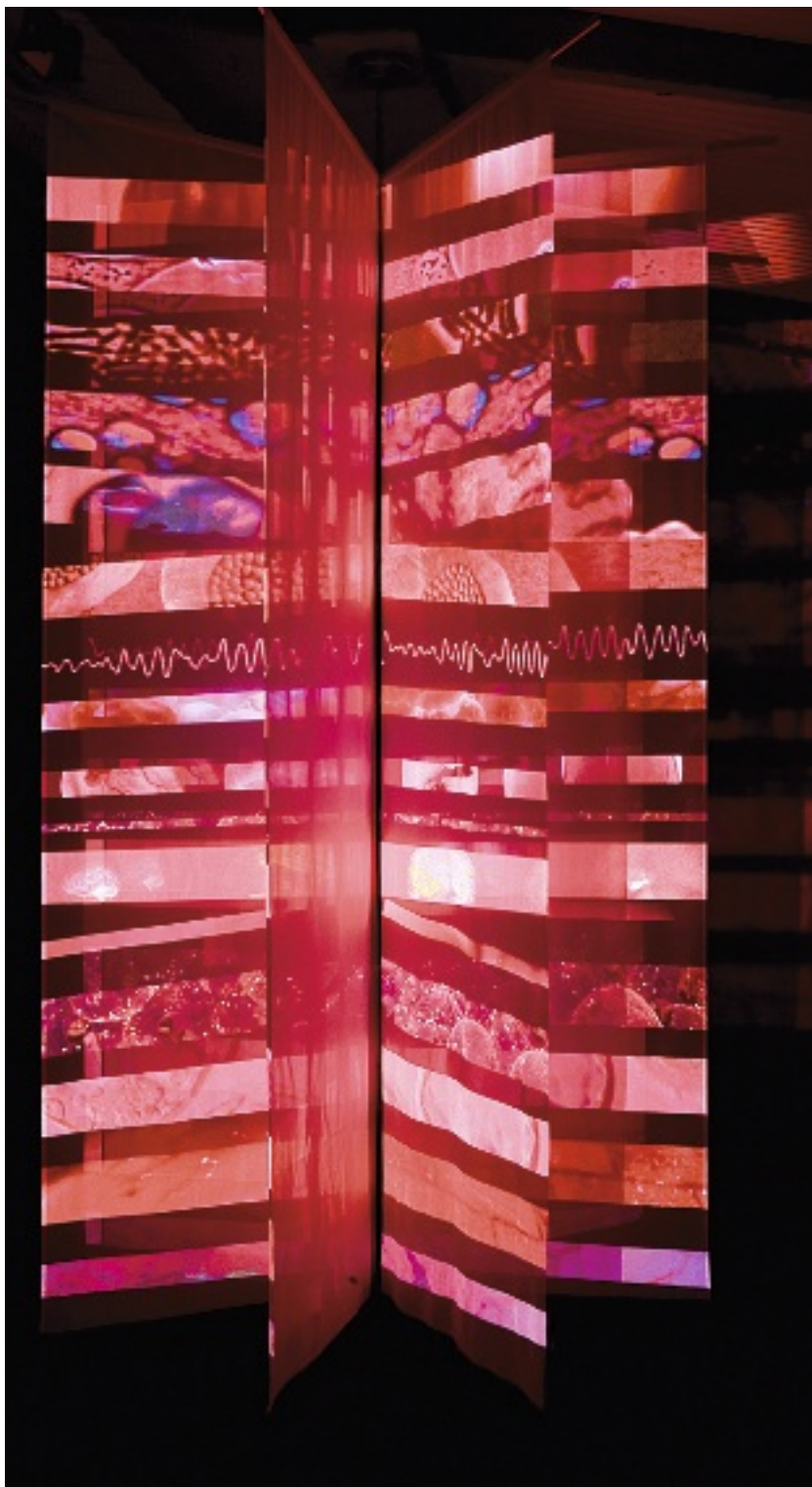
Tant els laboratoris de les apotecaries del segle XVIII com els químics s'establien sovint en la planta baixa d'un edifici i en habitacions amb sostres de volta de pedra. La primera condició era particularment adient per a facilitar l'abastiment d'aigua i combustible, i la segona per a protegir-se contra 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 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.



Eugènia Balcells. *Roda de color*, 2009. Instal·lació multimèdia.

LA SEGONA DISSORT DE LAVOISIER

ASCENSIÓ I CAIGUDA DEL MITE DE LA REVOLUCIÓ QUÍMICA

Marco Beretta

El nom de Lavoisier és sens dubte un dels més coneguts de la història de la ciència. Tot i això, encara a hores d'ara, i a diferència del que s'ha esdevingut amb Galileu, Newton i Darwin, no hi ha hagut un programa historiogràfic capficat a estudiar sistemàticament l'obra del químic francès. La major part dels seus escrits, de fet, encara continuen inèdits o si més no ignorats als arxius de l'Acadèmia de les Ciències de París. Aquest text mirarà de donar les raons que han privat Lavoisier de gaudir d'una història normal.

Després d'un llarg procés, el 8 de maig del 1794 van ser guillotïnats a la plaça de la Revolució (avui plaça de la Concòrdia) 28 membres de la Ferme Générale, l'odiada companyia privada que des del 1726 administrava, per compte de la Corona francesa, la imposició i la recaptació dels impostos indirectes. No hi hagué gaires francesos que no veieren en aquesta execució un acte de justícia i, si entre les víctimes no haguera estat Lavoisier, els historiadors potser no haurien dedicat gaire interès a una sentència que havia trobat un consens ben ampli fins i tot entre els moderats. La tràgica mort de Lavoisier, però, va imposar de bon començament una doble revisió: d'una banda calia recuperar la imatge de la Ferme Générale i fer-ne una institució administrativa típica de l'Antic Règim, depurada dels vicis que se li havien imputat; d'altra calia exaltar Lavoisier fins a fer-ne un màrtir de la ciència.

Sense entrar a discutir el moll de la qüestió merament històrica sobre les causes del procés i de la mort de Lavoisier, el que interessa subratllar ací són els efectes que aquest fet ha exercit sobre la historiografia de la revolució química. A més de la biografia històrica que hauria d'haver sorgit de l'examen crític dels documents, l'execució de Lavoisier va fer emergir un *alter ego* que va alterar els trets originals del científic francès fins a transfigurar-ne profundament la identitat històrica. Tan sols tenint-ho en compte es poden aclarir els motius que, des que va morir, han alimentat una historiografia més procliu a

dramatitzar els fets que no a comprendre'ls. Aquesta escissió amb la realitat històrica ha acabat perjudicant la imatge de Lavoisier. La cèlebre sentència de Charles Adolphe Wurtz —«la química és una ciència francesa: va ser fundada per Lavoisier, de memòria immortal» (1869)— ha generat una mitologia que, amb el temps, ha anat deteriorant-se fins a la definitiva obra de demolicció empresa per algunes de les tendències historiogràfiques més recents. Els resultats d'aquests estudis

recents, però, sovint s'han distingit per caure en el prejudici oposat al vuitcentista i han fet de Lavoisier, més que no pas un científic que cal estudiar i contextualitzar, un mite que cal destruir.

«ELS ESTUDIS RECENTS SOVINT S'HAN DISTINGIT PER CAURE EN EL PREJUÍ OPOSAT AL VUITCENTISTA I HAN FET DE LAVOISIER, MÉS QUE NO PAS UN CIENTÍFIC QUE CAL ESTUDIAR I CONTEXTUALITZAR, UN MITE QUE CAL DESTRUIR»

■ EL MITE IX A ESCENA

Per a la comunitat científica parisenca, la mort de Lavoisier va ser motiu de gran vergonya. Molts dels seus col·laboradors més estrets havien estat en primera fila en la defensa dels principis republicans i en el moment de l'arrest ocupaven càrrecs polítics de responsabilitat. Això no obstant, van ser escasses i tímides les temptatives de salvar Lavoisier del seu destí. Potser va ser per un cert sentiment de culpa que Antoine François Fourcroy, un dels seus col·laboradors més propers, i que mercès a un ràpid ascens polític entre 1792 i 1794 es va convertir en un membre influent dels jacobins, va llegir l'1 d'agost del 1796 al Lycée des Arts una *Notice sur la vie et les travaux de Lavoisier*, en la qual retratava el químic francès com un màrtir de

la ciència. La lectura de la biografia es va acompanyar de solemnes pompes fúnebres durant les quals Lavoisier va ser recordat amb la inauguració d'una piràmide i amb un medalló. Era el principi d'una literatura hagiogràfica que amb el temps es va anar pintant de tonalitats retòriques sempre noves.

És probable que la vídua de Lavoisier, Marie Anne Pierrette, Paulze de nom de soltera, se sentira malcorada amb una celebració pòstuma promoguda pels qui, al seu parer, havien contribuït amb el seu silenci a legitimar l'execució del marit. Quan l'any 1796 va recuperar la possessió de l'ingent patrimoni de Lavoisier, Marie Anne va adquirir una sumptuosa residència al número 39 del carrer d'Anjou-Saint-Honoré, a poques passes del petit cementeri privat de la Madeleine, propietat d'Olivier Descloseaux. Allí, entre el 26 d'agost del 1792 i el 13 de juny del 1794 van ser inhumats, en una fossa comuna, els cossos de 1.343 víctimes del terror revolucionari. Entre aquestes, a més de les despulles de Lavoisier i del pare de Marie Anne, Jacques Paulze, van ser inhumats els cossos de Lluís XVI, de Maria Antonieta i de molts ciutadans, tant d'il·lustres com d'anònims, pertanyents a totes les classes socials. A més de la proximitat al cementeri, Madame Lavoisier va fer de la seua nova residència un autèntic santuari particular dedicat a la ciència a l'entrada de la qual es mostrava amb orgull el magnífic doble retrat pintat el 1788 per David la vespra de la publicació del *Traité élémentaire de chimie* (1789). En la resta de les estances es conservaven com a relíquies instruments, manuscrits i les col·leccions naturalístiques pertanyents a Lavoisier.

Ja el 1796 Madame Lavoisier va decidir de retre homenatge al seu difunt espòs publicant, en col·laboració amb Armand Séguin, alguns volums de les obres que el mateix Lavoisier havia començat a editar poc abans de morir, entre el 1793 i el 1794. Una desavinença amb Séguin, qui amb tota la raó es va negar a cedir-li la propietat intel·lectual d'alguns experiments sobre la respiració, va endarrerir posteriorment la publicació. Solament el 1805, després d'haver fet relligar els fascicles restants i d'haver afegit una breu nota biogràfica del marit, Madame Lavoisier va començar a distribuir gratuïtament alguns exemplars de les *Mémoires de chimie*, una col·lecció de textos de gran importància científica que, tanmateix, va tenir una difusió tan limitada que la

**«LA RESIDÈNCIA DE
MADAME LAVOISIER ES
VA TRANSFORMAR EN
DIVERSES OCASIONS EN
UN LABORATORI ON ELS
INSTRUMENTS DEL DIFUNT
MARIT VAN TORNAR A
FUNCIONAR DE MANS DE
DIVERSOS CIENTÍFICS»**

major part no van ser inclosos en l'edició de les obres completes. La residència de Madame Lavoisier es va transformar en diverses ocasions en un laboratori on els instruments del difunt marit van tornar a funcionar de mans de científics de la talla de Gay Lussac, Cuvier, Biot i Arago. Precisament a François Arago va donar Madame Lavoisier, l'any 1835, alguns documents molt importants, com ara els catorze protocols de laboratori i les notes de viatge que haurien pogut servir per redactar una biografia que mai no es va portar a terme.

A la mort, el 1836, de Madame Lavoisier, tots els seus béns van passar a la seua neboda Gabrielle Ramey de Sugny, casada amb Léon de Chazelles, personatge destacat de Clermont Ferrand. El 1838 Léon de Chazelles va donar una col·lecció de 200 cartes a la Biblioteca Municipal de Clermont Ferrand i els escrits de Lavoisier relatius a l'Assemblea provincial de l'Orleanès de 1787 a la Biblioteca Municipal d'Orleans. Aquest procés de dispersió afortunadament

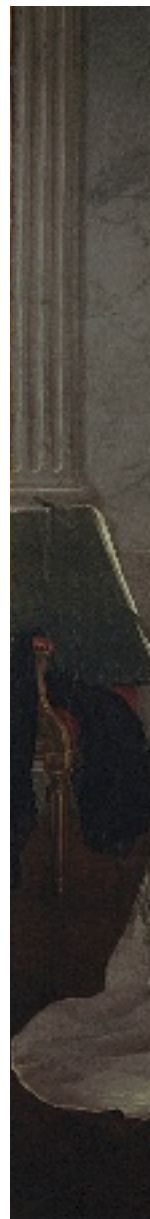
es va interrompre quan Léon de Chazelles va decidir ordenar les cartes del científic tot preparant una edició de les seues obres.

L'any 1837 el químic Jean Baptiste Dumas va publicar un llibre titulat *Léçons de philosophie chimique* que aplegava les lliçons impartides durant el seu primer curs al Collège de France, on, parlant de Lavoisier, anunciava solemnement: «Permeteu-me afegir que publicaré l'edició de les obres de Lavoisier; que proporcionaré als químics el seu evangeli.» Quan,

anys després, va conèixer el projecte de Dumas, Léon de Chazelles hi va establir contacte per posar a la seua disposició, a partir del 1846, una part considerable dels documents de l'arxiu i de la correspondència de Lavoisier. L'any 1856 els hereus d'Arago van restituir a Dumas els protocols de laboratori i els diaris de viatge.

■ LAVOISIER ESDEVÉ HISTÒRIA

Els primers quatre volums de les *Obres* de Lavoisier van aparèixer finalment el 1862, 1864, 1865 i 1868. L'any 1860 la família De Chazelles també va donar a Dumas i a l'Acadèmia una part dels instruments científics de Lavoisier, que van ser destinats al Conservatoire des Arts et Métiers. Les fonts materials havien de servir per comprendre el significat dels protocols de laboratori que Dumas esperava incloure en les obres. Aquest projecte tan ambiciós, però, ben aviat es va veu-





Jacques-Louis David. *Antoine-Laurent Lavoisier i la seua esposa*, 1788. Oli sobre llenç, 194,6 x 259,7 cm. La vídua del científic, Marie Anne, va conservar instruments, manuscrits i col·leccions naturalístiques de Lavoisier, i va obrir les portes de sa casa a científics de la talla de Gay Lussac, Cuvier, Biot i Arago.

«MADAME LAVOISIER VA FER DE LA SEUA RESIDÈNCIA UN AUTÈNTIC SANTUARI PARTICULAR DEDICAT A LA CIÈNCIA A L'ENTRADA DE LA QUAL ES MOSTRAVA AMB ORGULL EL MAGNÍFIC DOBLE RETRAT PINTAT PER DAVID»

re interromput: la imminent guerra francoprussiana i, el 1884, la mort de Dumas, van impedir que s'enllestira l'obra. Va ser el químic orgànic Edouard Grimaux, autor d'una documentadíssima biografia de Lavoisier publicada el 1888, qui va portar a terme l'empresa amb la publicació, el 1892 i 1893, dels darrers dos volums. En realitat el projecte hauria pogut continuar amb la publicació, a més dels protocols de laboratori, de la correspondència, però diversos obstacles, culminats amb la mort de Grimaux el 1900, ho van impedir. Per omplir, si més no parcialment, aquestes mancances, Marcelin Berthelot publicava el 1890 una biografia científica de Lavoisier amb un apèndix documental en el qual proporcionava les transcripcions de molts extractes dels registres de laboratori.

L'edició de les *Obres* era bastant incompleta, mancada d'ordre cronològic i amb la inexplicable exclusió de les memòries que Lavoisier havia publicat. Tot i aquests defectes tan evidents, durant un altre mig segle la història documental de l'obra lavoisieriana patirà una interrupció gairebé absoluta.

L'any 1943, per celebrar el bicentenari del naixement de Lavoisier, es va organitzar al Palais de la Découverte, a París, una grandiosa mostra on, cedits per la família De Chazelles, es va presentar per primera vegada un impressionant nombre d'instruments, minerals, manuscrits i materials iconogràfics a fi de documentar la vida del químic francès. En aquesta copiosa documentació va trobar inspiració per al seu futur interès pels instruments científics un jove químic i historiador de la ciència: Maurice Daumas.

El 1948, gràcies a l'interès de la International Union of History of Science i al finançament de la UNESCO, es va reprendre el projecte de publicar la correspondència de Lavoisier i, finalment, el 1955, van veure la llum els set volums de les *Obres* de Lavoisier contenint les cartes del període 1763-1769. El curador de l'obra, l'enginyer químic René Fric, mancat de la preparació històrica i filològica adequada i poc avesat a l'obra de Lavoisier, va fer una feina pèssima: no va anotar adequadament les cartes, va transcriure, fins i tot en el cas dels esborranys, la grafia setcentesca i, encara pitjor, no va publicar la correspondència entre Lavoisier i Guettard (trenta cartes) ni moltes cartes més que es conservaven en biblioteques públiques. Fric, ajudat en la publicació del tercer volum (1964) de la preciosa col·laboració de Maurice Daumas i de Douglas McKie, va morir el 1970 tot deixant incompleta la correspondència de 1783. A més, la transcripció dels catorze registres de laboratori que estava en preparació es va perdre, juntament amb diverses cartes originals de Lavoisier, i solament es van poder retrobar en els anys noranta.

© The Metropolitan Museum of Art, Nova York



© Musée Carnavalet, Paris

Representació en guaix de l'arrest de Lavoisier a mans del comitè revolucionari. L'execució del químic francès durant el període revolucionari ha marcat la forma d'estudiar la seua biografia i obra.

El caos que va deixar Fric, que havia retingut a la seua residència nombrosos documents originals, i la dificultat de trobar a França un historiador de la química capaç de portar a terme el repte de reprendre la feina segons els paràmetres científics adients, va endarrerir la publicació fins que Michelle Goupil, alumna de René Taton i biògrafa de Claude Louis Berthollet, esdevingué responsable de l'edició. Finalment, el 1986 va publicar el quart volum de la correspondència. L'obra per fi retia justícia a la importància de l'empresa i totes les cartes havien estat degudament anotades i, en nombrosos apèndixs documentals, s'aclarien els aspectes més rellevants de les activitats desenvolupades per Lavoisier en el període 1784-1786. La publicació dels darrers volums semblava, doncs, en bones mans, però poc abans de la publicació del cinquè volum, el 19 de febrer del 1993, la prematura mort de Michelle Goupil deixava orfe el Comitè Lavoisier i la imminent commemoració del bicentenari de la mort del químic francès. Entre el 1993 i el 1994, el comte Guy Chabrol, hereu de Lavoisier, donava a l'Académie la darrera part de les cartes en possessió dels hereus i portava a terme feliçment un procés iniciat per Madame Lavoisier el 1835. Gràcies a Patrice Bret, que amb Goupil havia col·laborat en la redacció del cinquè

volum, s'ha assegurat la publicació dels darrers dos volums de la correspondència (1997 i 2011), alhora que s'ha perfeccionat l'enfocament històric i filològic adoptat el 1986. Un darrer volum amb les cartes oblidades per Fric, així com amb les que seran identificades mentre tant, es veurà publicat pròximament.

L'accidentada trajectòria dels documents, instruments i col·leccions naturals (avui al Museu Lecoq de Clermont Ferrand) ha fet difícil la labor dels historiadors, que, llevat de pocs casos, han hagut de treballar basant-se en l'edició de Dumas-Grimaux.

■ LAVOISIER, ENTRE EL MITE I LA HISTÒRIA

La dramàtica fi de Lavoisier, com hem vist, ha alimentat un mite al qual la publicació de les obres hauria hagut de posar fre o, si més no, esperonar una curiositat històrica adreçada a mitigar l'entusiasme amb què els químics francesos del segle XIX han glorificat el seu patriarca.

Hom podria haver esperat que els defectes i mancances de les obres hagueren inspirat nombroses recerques als arxius. Davant milers de cartes, manuscrits, assaigs, diaris de viatge i protocols de laboratori, que en conjunt superen els 4.000 documents, la indiferència dels historiadors és bastant sospitosa. D'altra banda, la mitologia lavoisieriana era un argument massa suculent perquè poguera ser substituït per la laboriosa rutina de la recerca basada en els documents originals.

Una justificació parcial d'aquest estat de coses tan deplorable exigeix admetre que durant quasi tot el segle XX els historiadors ja no tingueren la sort de què gaudiren Dumas, Grimaux i Berthelot i no pogueren accedir fàcilment als arxius de Lavoisier, que romanien en part en mans dels hereus fins a començament dels anys noranta. A partir de la segona postguerra, alguns van ser subhastats, fet que va oferir al col·leccionista i historiador de la química Denis I. Duveen l'oportunitat d'aplegar una notable col·lecció avui conservada a la Kroch Library de la Universitat de Cornell (Ithaca, Nova York).

Henry Guerlac va ser, juntament amb Andrew N. Meldrum, un dels pocs, en la segona meitat dels anys trenta, que va poder accedir a aquesta col·lecció privada i, gràcies a l'amistat que mantenia amb el secretari perpetu de l'Acadèmia de Ciències de París, tenir accés als arxius, que encara no estaven oberts al públic. El resultat d'aquest privilegi va ser la publicació el 1961 d'un

«L'OBRA DE LAVOISIER ES VA CONTINUAR INTERPRETANT MÉS A PARTIR DE LES FONTS DEL SEGLE XIX QUE NO INVESTIGANT ELS DOCUMENTS AMAGATS»

llibre dedicat a Lavoisier, *Lavoisier. The Crucial Year*, cridat a trastocar profundament la imatge del químic francès i a relançar, encara que durant un període més aviat breu, l'interès per la revolució química. La identificació del concepte de revolució científica amb l'astronomia copernicana i la mecànica galileana va experimentar amb l'obra de Guerlac una significativa correcció, fins el punt que l'any següent a la publicació del llibre, Thomas Kuhn reconeixia a la química un estatut particular en el seu clàssic *The Structure of Scientific Revolution*. Guerlac havia publicat alguns documents inèdits importants sobre la combustió mitjançant els quals mostrava clarament que les obres i la correspondència que havien publicat Dumas i Grimax no eren més que una part, i sovint ni tan sols la més important, de l'obra de Lavoisier. Curiosament, llevat dels estudis de Carleton Perrin, que havia estat deixeble de Guerlac, i de Frederic Holmes, l'obra de Lavoisier es va continuar interpretant més a partir de les fonts ben conegudes del segle XIX que no investigant els documents sepultats als arxius.

A més el procés de deconstrucció del mite de Lavoisier emprès a començament dels noranta va ser més l'efecte d'una posició historiogràfica apriorística contra l'hagiografia vuitcentista que no una reflexió madurada a partir de l'examen dels textos inèdits. Pel que fa als documents, de fet, el debat entre partidaris i detractors de Lavoisier es va aturar un segle abans. Així doncs, Lavoisier ha conegut la segona dissort d'ésser identificat, dos segles després de morir, amb el mite construït pels químics del segle XIX i sembla encara avui molt difícil tractar la seua obra prescindint de tot el que van escriure Dumas, Grimaux i Berthelot. Les interpretacions que tracten d'enderrocar el significat històric de la seua obra no fan en realitat més que construir un antimite ornat de categories filosòfiques que, com el positivisme en el segle XIX, ben poc tenen a veure amb la història de la revolució química. Per tant els milers de documents inèdits i de repertoris naturalístics i els altres 500 instruments científics, que en conjunt constitueixen una de les col·leccions científiques més importants del segle XVIII, encara esperen ser estudiats. ☺

BIBLIOGRAFIA

- BERTHELOT, M., 1890. *La révolution chimique, Lavoisier. Ouvrage suivi de notices et extraits des registres inédits de laboratoire de Lavoisier*. Alcan. París.
- BRET, P. (ed.), 1995. «Débats et chantiers actuels autour de Lavoisier et de la révolution chimique» [Amb bibliografia actualitzada 1965-1994]. *Revue d'Histoire des Sciences*, 48: 3-8.
- GUERLAC, H., 1961. *The Crucial Year. The Background and Origin of His First Experiments on Combustion in 1772*. Cornell UP. Ithaca.
- POIRIER, J. P., 1996. *Lavoisier. Chemist, Biologist, Economist*. University of Pennsylvania Press. Filadelfia.

Marco Beretta. Professor d'Història de la Ciència i la Tecnologia, Universitat de Bolonya, i sotsdirector de l'Institut i Museu d'Història de la Ciència de Florència.



© MÈTODE

BERNADETTE BENSAUDE-VINCENT

Catedràtica d'Història i Filosofia de la Ciència de la Universitat de la Sorbona de París

LA IMATGE SOCIAL DE LA QUÍMICA: ENTRE EL TEMOR I L'ESPERANÇA

El seu incansable esforç per bastir ponts intel·lectuals que ens ajuden a comprendre la ciència en el passat i en el present és potser un dels trets que millor caracteritzen el treball de Bernadette Bensaude-Vincent, catedràtica d'Història i Filosofia de la Ciència a la Universitat de la Sorbona a París, nascuda a Béziers (França) el 1949, casada i mare de tres fills. Ponts entre la història i la filosofia de la ciència que han permès integrar el coneixement del passat en la reflexió filosòfica sobre l'estatut d'una ciència experimental com la química. Ponts també entre el passat i el present, que han ajudat a comprendre la química actual des d'una perspectiva històrica. Ponts, finalment, entre la ciència i els seus públics, cada un amb els seus propis sabers, pors i ignoràncies. De tot això, de química, d'història i filosofia, d'experts i profans, d'ignoràncies i de pors, parlem amb aquesta autora de desenes de llibres i centenars d'articles en què la química, les seues produccions i la seua imatge social han estat protagonistes destacats.

Per què una persona com vostè, amb formació filosòfica, es va dedicar a la història d'una ciència experimental com la química?

Els meus primers acostaments a la química daten de l'època en què preparava l'oposició de filosofia. Tenia llavors 21 anys. El tema triat per al concurs d'aquell any era «la matèria». Des de llavors no he cessat de «filosofar sobre la matèria», però no tant com a concepte general, sinó en relació amb les seues concrecions, és a dir, els materials. I, treballant sobre la matèria, era difícil no ensopegar amb la química.

I es pot suposar que també amb els químics. Què n'ha après?

En efecte, he tingut la sort de poder discutir amb molts químics i acostar-me a la seua visió de la química. Això m'ha permès identificar algunes de les qüestions d'ordre filosòfic inherents a aquesta ciència.

De seguida em vaig adonar que la química era, en certa manera, la parenta pobre de la reflexió epistemològica. La immensa majoria dels filòsofs de la ciència s'havien interessat preferentment per la física i la biologia. Això em va portar a preguntar-me si era possible construir una filosofia per a la química que tinguera en compte les seues especificitats i que fóra capaç de definir-se a si mateixa sense necessitat de comparar-se amb la física.

Pensa, per tant, que la química és essencialment diferent de la física?

Des del meu punt de vista, no hi ha una essència pròpia de la química. La seua identitat s'ha construït a través d'una llarga història de pràctiques diverses i multiformes, la seua especificitat s'ha anat conformant en les nombroses batalles entaulades en pro d'un reconeixement acadèmic i social, així com en les controvèrsies constants entre els seus diferents practicants. És precisament aquesta idea la que em va portar a interessar-me per la història de la química i a descobrir que existia una autèntica cultura dels químics, és més, que existien diferents cultures de la química. Cultures que els filòsofs han ignorat durant molt de temps.

Una de les seues principals línies d'investigació ha estat l'estudi de l'obra d'Antoine-Laurent Lavoisier. Va col·laborar en nombrosos actes i publicacions relacionades amb la celebració del bicentenari de la seua mort. Ara que han passat quasi dues dècades, podem valorar la repercussió que va tenir aquesta commemoració en la visió sobre aquest personatge i la revolució química?

Les commemoracions són sempre una ocasió perquè els historiadors es reactiven i guanyen una mica de visibilitat. També poden servir per a establir un balanç dels treballs realitzats des de l'última commemoració. Això és el que va ocórrer amb la commemoració del

«NO HI HA UNA ESSÈNCIA PRÒPIA DE LA QUÍMICA. LA SEUA IDENTITAT S'HA CONSTRUÏT A TRAVÉS D'UNA LLARGA HISTÒRIA DE PRÀCTIQUES DIVERSES I MULTIFORMES»



**«LA CIÈNCIA POT SER PRESENTADA
COM UN ESPECTACLE ATRACTIU
I SENSACIONAL, QUE FAÇA SOMIAR,
RIURE I, DE VEGADES, FINS I TOT...
PENSAR»**

bicentenari de la mort de Lavoisier, el 1994. Es van celebrar desenes i desenes de congressos i conferències, tant a França com en nombrosos països, i van aparèixer bastants publicacions. I, així i tot, no pot afirmar-se que de tot això sorgira una interpretació consensuada de la revolució química. Al contrari, tots aquests actes, en els quals es van aplegar químics i historiadors de la ciència professionals, no van fer més

que posar de manifest l'abisme que separa el culte a un Lavoisier fundador de la química moderna, encara fortament arrelat entre els químics, i les interpretacions molt més matisades dels historiadors.

Vol dir que la investigació històrica no ha aconseguit canviar la imatge de la revolució química instal·lada en la memòria de la comunitat química?

El desacord no és només entre científics i historiadors professionals. La commemoració de 1994 va posar de manifest la diversitat i divergència de les visions existents entre els «*Lavoisier scholars*». És cert que ja són pocs els historiadors que defensen actualment la idea d'una experiència crucial com a origen de la revolució química o d'una fundació de la química per Lavoisier. Però el rebuig d'una visió positivista i ingènua d'aquest tipus no ha servit per a construir una visió coherent del procés que es va desenvolupar durant les dues últimes dècades del segle XVIII ni tampoc del paper precís que en aquest procés va tenir Lavoisier.

El seu llibre *Lavoisier: memòries d'una Revolució*, publicat el 1993, va ser una invitació a una reflexió crítica sobre la figura del químic francès que va contrastar amb el to hagiogràfic de no pocs llibres i actes commemoratius del bicentenari. Què pretenia amb el seu llibre i què és el que pensa que va aconseguir?

Aquest llibre no és tant una biografia intel·lectual de Lavoisier com una contribució a la historiografia de les revolucions científiques, feta des de la perspectiva d'un estudi de cas, el de la revolució química. Hi havia diverses qüestions que m'interessava explorar i una d'elles era aclarir la relació entre revolució i fundació. Per fer-ho, vaig començar per reubicar l'esdeveniment considerat com a fundador, situant-lo en el context de la química de la Il·lustració i tractant així d'evitar l'*efecte pantalla* que provocava la revolució atribuïda a Lavoisier. Vaig tractar de mostrar que el treball de Lavoisier s'inscrivía en una tradició química que es trobava en el moment de màxima esplendor, gràcies, entre altres coses, al suport de la Reial Acadèmia de Ciències de París. I que, a més, aquest formava part de la cursa desfermada internacionalment per a la identificació dels gasos, l'anomenada ciència pneumàtica, que va ser l'escenari en què va tenir lloc la revolució química. La teoria química que Lavoisier va aconseguir implantar no va significar l'abandó de tota la química anterior. Els elements-principis imponderables van continuar vius, així com la química de les sals i de les afinitats, tan importants abans com després d'aquestes novetats teòriques.

On és, llavors, la ruptura, si és que n'hi va haver?

Crec que Lavoisier va ser un innovador sobretot en el pla de les pràctiques químiques. La balança, en particular, va ser en les mans de Lavoisier molt més que un simple instrument de mesura, que, per cert, ja existia en els laboratoris de química des de molt abans. La balança es va convertir en un instrument al voltant del qual Lavoisier va articular molts aspectes de la seua activitat i la seua carrera científica, però també financera, com a economista i reformador, etc.

I en el llenguatge...

Sí, en efecte, la publicació el 1787 del *Mètode de nomenclatura química* és un punt de ruptura amb el passat. Però aquesta reforma del llenguatge va ser en realitat una empresa col·lectiva duta a terme per quatre químics, i no va significar, com s'ha pensat, la culminació de la revolució química, sinó que va ser precisament un poderós vehicle per difondre-la, ja que va permetre propagar la nova química a través dels manuals d'ensenyança. En tot cas, com s'ha mostrat en els estudis més recents, l'adopció o l'adaptació de la nova nomenclatura no va significar necessàriament l'adhesió al conjunt de teories proposades per Lavoisier.

Creu que el seu llibre ha servit per a salvar l'abisme entre la història i la memòria de la revolució química?

La meua intenció, en tot cas, va ser mostrar al lector la historicitat de les diferents interpretacions de la revolució química. A més de recordar els orígens del concepte de «revolució científica» en el segle XVIII, en el meu llibre presente les diferents interpretacions de la revolució química, començant per la de l'actor principal, Lavoisier, i la dels testimonis d'aquells esdeveniments, que van viure, entre altres coses, la mort tràgica de Lavoisier al patíbul. Mostre que els químics del segle XIX (Jean Baptiste Dumas i, més tard, Charles Adolphe Wurtz, entre altres) van ser els qui van forjar l'estàtua del Lavoisier fundador de la química, en el context de les disputes nacionalistes entre els químics francesos i alemanys de finals del segle XIX. Tot això per a poder confrontar totes aquestes narracions amb les interpretacions que han avançat els historiadors professionals contemporanis. A partir d'aquesta confrontació, el que pretenc és invitar a una reflexió més general sobre les relacions entre la memòria i la

història i el paper que la història té en la vida de les comunitats científiques.

Creu vostè que un químic actual es pot reconèixer en la química del segle XVIII?

No sé si s'hi podria reconèixer, però sens dubte sí que podria trobar-hi molts elements de reflexió. Crec que els estudis recents sobre la química del segle XVIII ofereixen una imatge de la química que contrasta amb el desamor actual cap a aquesta ciència i que ajuda a reflexionar sobre les seues causes. La química era una ciència aviciada pel públic en el segle XVIII, considerada com un element essencial de la cultura de les Llums, valorada com una ciència útil al bé públic, a la prosperitat econòmica, a l'explotació dels recursos miners, de la higiene, etc. Açò invita a reflexionar sobre les raons que han pogut portar a transformar aquesta imatge positiva en una imatge diabòlica que

associa la química amb la mort, amb el verí, amb la contaminació, amb la depredació dels recursos naturals.

Quin seria el paper de la divulgació científica en aquesta presa de consciència sobre la responsabilitat de la ciència?

La ciència pot ser presentada com un espectacle atractiu i sensorial, que faça somiar, riure i, de vegades, fins i tot... pensar.

Pensar també sobre les causes que poden haver conduït a la imatge actual de la química i a la deserció dels estudiants de les aules de química...

És cert que la química té el trist privilegi de ser la ciència que més por produeix, almenys a França. Però crec que això té a veure menys amb la crisi d'identitat que amb els problemes de la contaminació, alguns medicaments mortífers o amb accidents espectaculars com el de Seveso. D'altra banda, no trobe que la deserció dels estudiants siga específica de la química. És un fenomen més general que afecta altres disciplines científiques tradicionals. La desconfiança actual cap a les ciències i les tècniques o cap als experts cal entendre-la a la llum de les conseqüències que han tingut catàstrofes com la de Txernòbil o escàndols com el de la sang contaminada o les vaques boges.

Com pot ajudar la història a afrontar la «por a la química»?

«LA QUÍMICA ERA UNA CIÈNCIA AVICIADA PEL PÚBLIC EN EL SEGLE XVIII, CONSIDERADA COM UN ELEMENT ESSENCIAL DE LA CULTURA DE LES LLUMS, VALORADA COM UNA CIÈNCIA ÚTIL AL BÉ PÚBLIC»



La por a la química no procedeix de la ignorància o de la credulitat d'un públic ignorant i prou ingrati per no voler veure tot el que deu a la química. La por cal buscar-la en dos aspectes de la història d'aquesta ciència, un de cultural i un altre de més aviat econòmic. D'una part hi ha l'oposició habitual entre «químic» i «natural», que té unes profundes arrels culturals que es remunten a l'alquímia medieval. En el context de la cultura escolàstica, la fabricació d'artificis es relaciona, bé amb la falsificació, o bé amb la màgia. L'artifici es considerava contranatural, subversor de l'ordre de la creació i revelador de l'arrogància de l'home en la seua pretensió d'igualar-se a Déu. Aquesta dimensió fraudulenta de la química roman ancorada molt profundament en la memòria cultural.

Però, com assenyalava, també és molt important la relació de la química amb els nous modes de producció industrial.

El desenvolupament de les indústries químiques en el context d'una economia dirigida a la producció massiva de productes d'un sol ús associa la química amb

la immoralitat i amb les nocions de vanitat, superficialitat i falta d'autenticitat. La química, amb els seus productes de consum massiu a base de petroli, s'associa a la figura del depredador que no té en compte la naturalesa. El moviment de l'ecologia industrial i de l'economia del *cow boy*, que explota els recursos sense preocupar-se per allò que deixa arrere, té en el seu centre totes les indústries químiques que fabriquen en massa productes efímers que multipliquen els fluxos de materials i les extraccions de fonts d'energia i materials del planeta.

I amb la producció de deixalles...

En efecte, a força d'acumular productes i deixalles clarament visibles i omnipresents, la química es troba, de nou, responsable dels atacs al medi ambient i una vegada més designada com a enemiga de la naturalesa. És en aquest context històric i cultural global on la qüestió ha de ser debatuda, més enllà dels titulars i de la propaganda. Ha passat ja el temps de les croades, quan les companyies químiques intentaven llavar-se la cara a colp de campanya publicitària.

I què pensen els químics d'aquesta por a la seua disciplina?

Estan molt preocupats per aquesta imatge, i potser per això els meus treballs han suscitat un gran interès. En un primer moment, la meua resposta a les seues inquietuds passava per assenyalar l'arrelament cultural i històric de la por a la ciència. Això els va agradar molt perquè segurament van pensar que si es tractava d'un problema cultural la cosa no anava amb ells. Però des que em vaig adonar que els meus arguments podien servir per a eludir responsabilitats he procurat posar sempre per davant que són ells, els químics acadèmics i industrials, els que s'han de preguntar per les seues pròpies pràctiques i, en particular, afrontar de manera clara els reptes ambientals a què s'enfronta la química, en lloc d'acceptar a contracor les imposicions de la societat.

Un dels seus llibres parla de les ignoràncies de la ciència i l'opinió pública. Quina és la major ignorància de la ciència?

El seu públic, això és el que més ignora la ciència.

ANTONIO GARCÍA BELMAR

Professor titular del Departament d'Infermeria Comunitària, Medicina Preventiva i Salut Pública i Història de la Ciència. Universitat d'Alacant.

JOSÉ RAMÓN BERTOMEU SÁNCHEZ

Professor titular de l'Institut d'Història de la Medicina i de la Ciència López Piñero (Universitat de València-CSIC).



LA VISUALITZACIÓ DEL CANVI QUÍMIC

LES TAULES D'AFINITATS DEL SEGLE XVIII

Pere Grapí

Quan el 1718 es va publicar la taula d'afinitats de Geoffroy es va presentar quelcom més que una llista dels materials a l'abast de tots aquells dedicats a la pràctica de la química. La continuïtat i el desenvolupament que la taula de Geoffroy va tenir a través de les nombroses taules d'afinitats que van aparèixer al llarg del segle XVIII la van convertir en el prototipus de la credencial visual del canvi químic. A més, el seu format va facilitar que s'adaptés com a recurs didàctic per a l'ensenyament de la química.

■ 'SIMELE SIMILI GAUDET': ORDENAR I CLASSIFICAR

Abans del segle XVIII, els canvis observats en la naturalesa de les substàncies –els canvis químics– ja havien estat interpretats en termes de certa afinitat entre els cossos. La idea original que els cossos semblants tenien certa afinitat entre si –precisament per assemblar-se (*simele simili gaudet*)– va dur a finals del segle XVIII a la idea convencional d'entendre l'afinitat com una simple tendència a la unió entre substàncies.

El pensament filosòfic del segle XVIII es va caracteritzar, entre altres coses, per l'intent de fer encaixar tot allò conegut dins d'un tot sistemàtic i ordenat. La metodologia reconeguda per arribar a formular lleis generals era la inducció a partir dels fets observats pels sentits i, per tant, l'esperança que aquesta inducció fos possible va ser un dels principals motius per buscar una ordenació en els fets registrats.

La química aspirava a convertir-se en una ciència respectable. La tradició científica del moment era la newtoniana i alguns químics del segle XVIII tenien posades les esperances en el fet que els seus successors farien de la química un reflex de la física newtoniana. Imaginaven que aquest procés no seria el fruit d'una especulació teòrica sinó la conseqüència de l'observació dels fets, la recerca de regularitats en aquests fets i la inducció de lleis matemàtiques.

La idea de fer llistes de substàncies seguint l'ordre de la seva tendència a combinar-se amb altres substàncies no era pas una novetat a començament del segle XVIII. No obstant això, el mèrit per concebre allò que va ser conegut a partir del segle XVIII com a «taules d'afinitats» és degut a Étienne-François Geoffroy (1672-1731). Aquest ordre de les afinitats establert per les taules determinava el resultat d'una descomposició en preferència a una altra i, en definitiva, imprimia a les afinitats un caràcter electiu. Va ser per aquest motiu que a les afinitats químiques se les va reconèixer amb el sobrenom d'*afinitats electives*.

«EL PENSAMENT FILOSÒFIC DEL SEGLE XVIII ES VA CARACTERITZAR, ENTRE ALTRES COSES, PER L'INTENT DE FER ENCAIXAR TOT ALLÒ CONEGUT DINS D'UN TOT SISTEMÀTIC I ORDENAT»

■ GEOFFROY: EL MODEL PER A LES TAULES POSTERIORES

Geoffroy va designar la seva taula com una *Table des différents rapports observés entre différentes substances*, utilitzant el terme de *relacions (rapports)* en comptes del d'*afinitats* o *atraccions* per evitar qualsevol connotació amb les idees newtonianes

sobre la naturalesa de l'afinitat química. La taula de Geoffroy consistia en setze columnes en les quals les substàncies estaven indicades (quasi sempre) amb símbols alquímics. A la capçalera de la columna hi havia el símbol de la substància (o grup de substàncies) a la qual estaven referides totes les substàncies de la columna. Aquestes substàncies estaven llistades en ordre a la seva afinitat per a la substància que encapçalava la co-

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



El químic i metge francès Étienne-François Geoffroy va ser el precursor de les taules d'afinitats. Els químics francesos van adoptar la taula de Geoffroy com un estàndard.

lumna; així, com més amunt estava una substància més gran era la seva afinitat per la substància que donava nom a la columna, sense poder ser desplaçada per cap altra de les substàncies col·locades per dessota, a les quals sí que podia desplaçar en combinar-s'hi.

Les reaccions de desplaçament relacionades amb les vuit primeres columnes pertanyen a operacions químiques que impliquen la dissolució de substàncies en solucions àcides, conegudes genèricament com reaccions per via humida. Les operacions químiques que suposen combinacions i recombinacions de substàncies a temperatures elevades –per exemple, a la temperatura de fusió–, conegudes genèricament com reaccions per via seca, estan associades a les reaccions de desplaçament visualitzades des de la novena a la quinzena columnes. L'última columna representa solucions aquoses, és a dir, per la via

© Académie
© Collection Académie Nationale de Médecine, Paris

Taula de *rapports* de Geoffroy (1718). Com es pot observar, la taula consistia en setze columnes on s'indicaven les substàncies amb símbols alquímics. La capçalera de la columna contenia el símbol de la substància a la qual estaven referides totes les substàncies de la columna, llistades en ordre d'afinitat respecte a la primera.

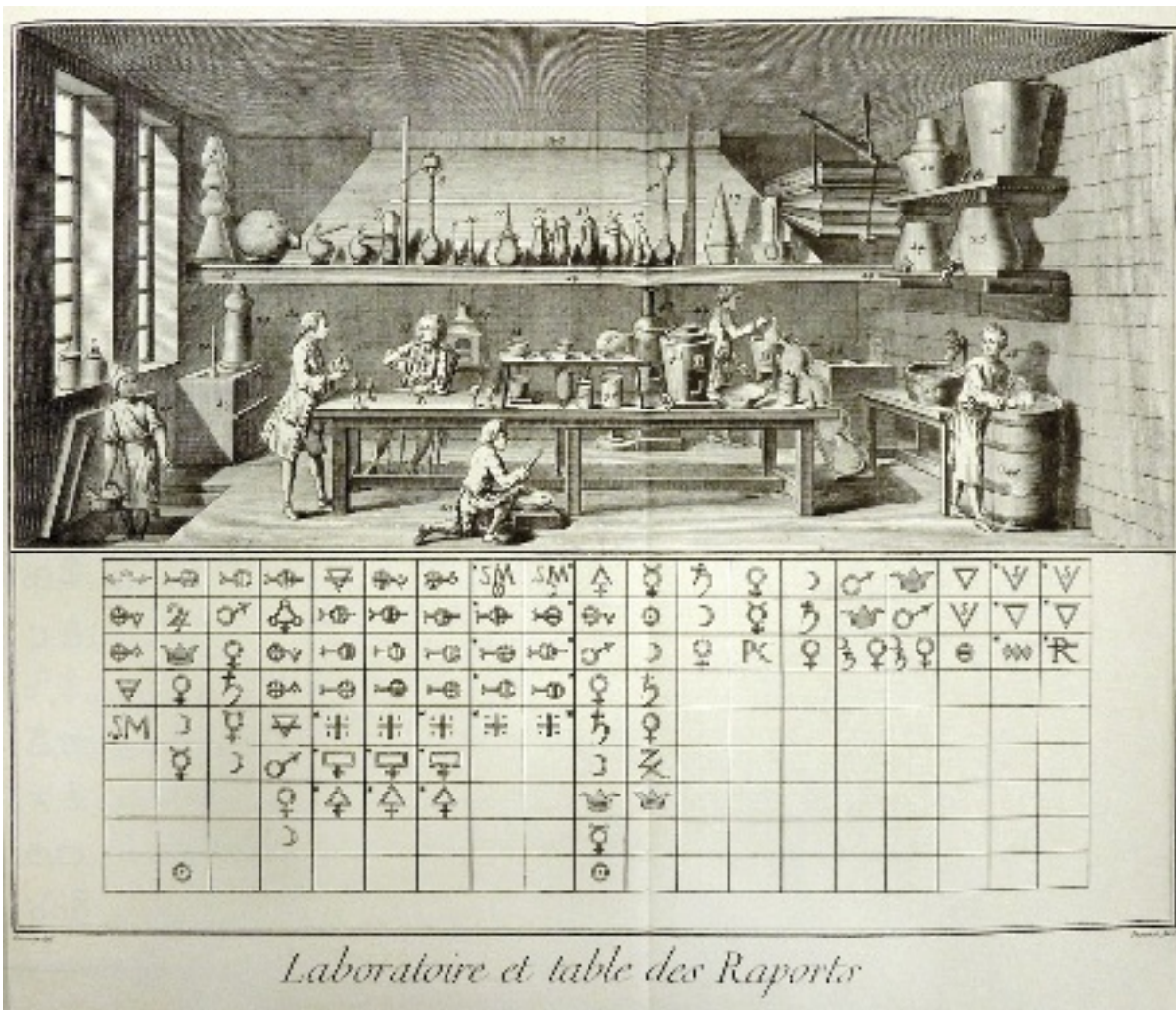
humida. La taula de Geoffroy distingeix implícitament aquests dos tipus d'operacions i això li permet mostrar-nos els dos principals dominis de la teoria i pràctica químiques del moment: la formació de sals a partir de solucions àcides, i les separacions metal·lúrgiques i les combinacions de metalls en els aliatges.

La taula de Geoffroy va ser entesa com una taula estàndard pels químics francesos. Com a prova d'això només cal tenir en compte que en el *Recueil de Planches* del volum vuitè de l'*Encyclopédie* (1763) apareix una *Table des rapports* (en la pàgina següent), basada en la taula de Geoffroy, amb dinou columnes i vint-i-quatre addicions (corresponents a l'entrada de sis noves substàncies) assenyalades per un asterisc. La juxtaposició de la taula amb el gravat d'un laboratori en plena activitat es pot interpretar com una estratègia visual per persuadir que l'organització del coneixement químic es fonamentava en el treball pràctic de laboratori i que,

també, l'assoliment d'un coneixement científic sistemàtic depenia de la cooperació activa entre els practicants de la química en combinar la teoria amb l'experiència.

Després de la publicació de la taula de Geoffroy el 1718 es té coneixement de l'existència de catorze taules més fins a l'aparició el 1775 de les taules de Torbern-Olof Bergman (1735-1784), però les diferents taules d'afinitats publicades entre la de Geoffroy i la de Bergman són d'una importància menor. Les taules de Berg-

«LA IDEA DE FER LLISTES DE SUBSTÀNCIES SEGUINT L'ORDRE DE LA SEVA TENDÈNCIA A COMBINAR-SE AMB ALTRES SUBSTÀNCIES NO ERA UNA NOVETAT. PERÒ EL MÈRIT PER CONCEBRE ALLÒ QUE VA SER CONEGUT COM A "TAULES D'AFINITATS" ÉS DEGUT A GEOFFROY»



© Biblioteca d'Humanitats Joan Reglà, Universitat de València

Laboratori i taula de *rapports* basada en la taula de Geoffroy, làmina apareguda en l'*Encyclopédie* de Diderot i D'Alembert. El fet que la taula apareguera amb el gravat d'un laboratori es pot interpretar com un intent de mostrar que el coneixement químic es fonamentava en el treball pràctic de laboratori i que l'assoliment d'un coneixement científic sistemàtic depenia de la cooperació activa entre els practicants de la química en combinar la teoria amb l'experiència.

man –una per la via humida i l'altra per la via seca–, formades per cinquanta-nou columnes, van superar tot allò que s'havia fet fins aleshores i es van convertir en el model que calia seguir. És evident que un treball tan laboriós no hauria estat possible sense el vast coneixement que Bergman tenia de les reaccions químiques adquirint en el seu treball analític i que el va col·locar en una posició excel·lent per estudiar l'afinitat química. A partir de Bergman el projecte de fer una taula del tot completa i que agrupés totes les reaccions químiques esdevingué cada vegada més difícil d'assolir.

El particular recorregut que va tenir a França el text de Bergman *Disquisitio de attractionibus electivis* –on es presentaven les seves taules– reforça encara més la idea que la taula de Geoffroy va gaudir d'una notable

acceptació entre els químics francesos durant quasi setanta anys. La *Disquisitio* de Bergman va ser publicada el 1775 en la *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis*, un extracte en francès (de traducció anònima) va aparèixer el 1778 en les *Observations sur la Physique*. L'edició, augmentada i revisada, del text en llatí de 1775 va ser publicada pel mateix Bergman el 1783 en el volum tercer dels seus *Opuscula Physica et Chymica*. Louis-Bernard Guyton de Morveau (1737-1816) va traduir al francès només els dos primers volums dels *Opuscula* en els *Opuscules Chymiques et Physiques* (1780-1785) i no va ser fins el 1788 quan va aparèixer la traducció francesa de la versió de 1783 en el text *Traité des Affinités Chymiques ou Attractions Electives*, sent-ne François-Joseph Bonjour el traductor. No obstant

això, la versió original en llatí del 1783 va ser traduïda per primera vegada, a l'anglès, per Thomas Beddoes el 1785 (*A Dissertation on Elective Attractions*) i, probablement, Bonjour va redactar la versió francesa de 1788 a partir de la traducció de Beddoes.

■ EL REREFONS TEÒRIC

El sistema de les afinitats químiques a finals del segle XVIII va ser el resultat de la fascinació que les idees de Newton sobre la combinació química havien produït en els homes de ciència, en haver suggerit que el canvi químic era degut a l'acció d'una força atractiva anàloga a l'atracció astronòmica. No obstant això, va ser Georges-Louis Leclerc, comte de Buffon (1707-1788), qui primer va generalitzar les lleis de l'atracció newtoniana a la resta dels fenòmens naturals i, en particular, a les reaccions químiques.

La generalització de les lleis de la gravitació a les reaccions, per tal que les afinitats químiques poguessin ser presentades com a simples modificacions de la llei general, significava salvar dos obstacles importants. Primer, l'explicació mitjançant una mateixa força d'atracció de la diversitat d'efectes que mostraven els fenòmens químics. Segon, l'aplicació d'una llei que depenia tant de la massa dels cossos com de la distància entre ells a fenòmens que representaven un contacte o una distància quasi bé nul·la entre partícules. Buffon va superar ambdós obstacles fent intervenir la forma de les partícules de les substàncies reaccionants.

Aquesta forma, que en el cas dels cossos celestes no semblava alterar sensiblement la seva atracció recíproca, esdevenia un factor important a distàncies extremadament petites en entrar com un element en la distància. D'aquesta manera, la llei de la raó inversa al quadrat de la distància en el cas de les reaccions químiques només semblava variar per efecte de la forma de les parts constituents de cada substància. Si només la varietat de les formes de les partícules constituents podia ser la causa de la modificació de l'atracció de curt abast, aleshores, l'afinitat química d'una substància respecte d'una altra havia de ser constant.

Aquest és l'anomenat «axioma de constància», ras i curt. Les afinitats químiques entre cada parell de substàncies havien de ser constants independentment de les circumstàncies en les quals la reacció tenia lloc. Quan Bergman, al començament del seu *Traité*, es va plantejar la pregunta de si l'ordre de les afinitats era constant, va deixar en suspens el sentit afirmatiu de la seva resposta a l'espera, per part del lector, de l'estudi de la resta del seu text. Això no obstant, en relació a les dificultats que ja s'havien presentat en contra d'aquest ordre va ser més

© Méroze

Després de la publicació de la taula de Geoffroy el 1718 es té coneixement de l'existència de catorze taules més, però d'una importància menor, fins a l'aparició el 1775 de les taules de Torbern-Olof Bergman. En la imatge, primeres 34 columnes de la seva taula.

**«LA TAULA DE GEOFFROY ENS MOSTRA
ELS PRINCIPALS DOMINIS DE LA TEORIA
I PRÀCTICA QUÍMICA DEL MOMENT:
LA FORMACIÓ DE SALS A PARTIR DE
SOLUCIONS ÀCIDES I LES SEPARACIONS
METAL·LÚRGIQUES I LES COMBINACIONS
DE METALLS EN ELS ALIATGES»**



taxatiu i va assegurar que encara no havia trobat cap cas que, un cop examinat en detall, no pogués ser reconduït a l'ordre constant de les afinitats. Aquest axioma de constància, eix vertebrador de la teoria de les afinitats durant el segle XVIII i part del XIX, va ser un reflex d'una particular visió del món segons la qual la naturalesa actuava sempre de manera uniforme i quan semblava que no era així, era perquè o bé les opinions havien substituït les veritables lleis de la naturalesa o bé només s'havien tingut en compte una part de les causes a considerar. La naturalesa, doncs, era portadora de veritats que només l'experiència –l'oracle de la naturalesa– podia desentrellar.

■ LES TAULES D'AFINITATS COM A CREDENCIAL VISUAL DEL CANVI QUÍMIC

Acreditar l'axioma de constància de les afinitats no va ser l'única funció de les taules en el segle XVIII. Les taules van complir altres funcions que han suscitat l'interès dels historiadors de la ciència. Alistair Duncan va suggerir quines haurien estat les funcions que els químics del segle XVIII van atorgar a les taules d'afinitats. Primera, havien de ser predictives. Se n'esperava que fossin útils per preveure les reaccions sense necessitat de realitzar-les a la pràctica. Segona, les taules –fornides per un nombre cada cop més gran de resultats experimentals– haurien de poder revelar lleis generals, amb la qual cosa augmentaria el crèdit científic de la química. I, tercera, les taules d'afinitat tindrien una funció simplement informativa proporcionant una llista de les substàncies conegudes, el material de treball bàsic dels químics.

Sense perdre de vista les diferents aproximacions a la funcionalitat de les taules, cal considerar també les taules d'afinitat com a inscripcions que van esdevenir la credencial d'una determinada visió del canvi químic. El valor de credencial visual per a les taules d'afinitat es pot concretar en els següents aspectes. Primer, les taules proporcionaven, resumida i en un sol lloc, la informació verbalitzada en el text. Segon, les taules gaudien de certa autonomia respecte del text, es podien utilitzar en el discurs sobre el canvi químic per persuadir el lector o l'audiència a veure allò que era escrit o es deia. I, finalment; les taules no es podien llegir com un text; cada símbol s'havia de llegir com una unitat d'informació que estava relacionada amb altres unitats o símbols d'una mateixa columna. Així doncs, llegir la taula suposava visualitzar una regularitat, una manera d'ordenar les substàncies per mostrar de ma-

nera consistent la constància de les seves afinitats. Aquest valor de les taules com a credencials visuals es pot constatar mitjançant dues opinions significatives.

La primera és la presentació feta per Bergman de la mateixa taula de Geoffroy en el seu *Traité*: «El 1718, Geoffroy imaginà fer veure a primera vista la sèrie d'atraccions electives tot disposant els símbols químics en una taula, seguint un ordre determinat.»

La segona opinió és la del químic Claude-Loius Berthollet (1748-1822) –que es convertiria més endavant en el gran adversari de les afinitats electives i, per tant, de les taules d'afinitats–. Berthollet va dir en els cursos de química de l'École Normale de l'any III (1794): «Una taula d'afinitats exposa davant dels ulls la comparació de les forces que han produït els fenòmens i que estan a disposició del químic.»

Aquesta intervenció de Berthollet du a considerar també el valor didàctic que van tenir les taules d'afinitats. Ell mateix va explicar als seus alumnes que la millor manera per explicar les afinitats electives era utilitzar les taules d'afinitats i els diagrames figuratius com a recurs didàctic, tot apostant per la confecció d'un mural a tall d'una taula d'afinitats durant el desenvolupament del curs.

A la Gran Bretanya, la taula de Geoffroy no va despertar massa interès fins la dècada del 1760, quan el químic escocès William Cullen (1710-1790) la va adoptar com a recurs didàctic per a les seves classes de química. Cullen, com a professor d'aquesta disciplina, primer a la Universitat de Glasgow i, després, a la d'Edinburg, va fer imprimir les seves pròpies taules d'afinitats per a l'ús dels seus estudiants. D'aquesta manera les taules d'afinitats com a recurs didàctic van contribuir a fer que les afinitats químiques electives esdevinguessin una part significativa de la química britànica. ☺

BIBLIOGRAFIA

- DUNCAN, A. M., 1996. *Laws and Order in Eighteenth-century Chemistry*. Clarendon Press. Oxford.
- GOUPIL, M., 1991. *Du Flou au Clair? Histoire de l'Affinité Chimique*. CTHS. Paris.
- GYUNG KIM, M., 2003. *Affinity, That Elusive Dream. A Genealogy of the Chemical Revolution*. The MIT Press. Cambridge i Londres.
- KLEIN, U. i W. LEFÈVRE., 2007. *Materials in Eighteenth-century Science. A Historical Ontology*. The MIT Press. Cambridge i Londres.
- LEVERE, T., 1971. *Affinity and Matter. Elements of Chemical Philosophy 1800–1865*. Clarendon Press. Oxford.
- STENGERS, I., 1991. «La afinidad ambigua: el sueño newtoniano de la química del siglo XVIII». In SERRES, M. (ed.). *Historia de las ciencias*. Cátedra. Madrid.

Pere Grapi. Professor associat del Centre d'Història de la Ciència, Universitat Autònoma de Barcelona.



SECRETS, RECEPTES I RESISTÈNCIES

L'ART DE LA TINTURA I LA REVOLUCIÓ QUÍMICA

Agustí Nieto-Galan

Contràriament al que podríem pensar, en l'època de la revolució de Lavoisier la indústria química es basà més en la saviesa de les tradicions artesanals que no pas en l'aplicació efectiva dels coneixements acadèmics als tallers i manufactures. Aquest article ressegueix el cas de l'art de la tintura amb matèries d'origen natural i analitza la seva particular lògica de control de qualitat i de racionalització dels seus mètodes i procediments, que no encaixen bé amb les nostres categories actuals de ciència i tecnologia, de química i indústria.

■ ENTRE L'ACADÈMIA I EL TALLER

A finals del segle XVIII, en els anys daurats de la suposada revolució química i de l'impacte de l'obra d'Antoine-Laurent Lavoisier, les tradicions artesanals, sovint organitzades sota una estructura gremial, gaudien d'un gran prestigi. Eren, a més, les depositàries d'una part molt important del saber sobre les propietats i les possibles transformacions de la matèria. Les receptes per a la metal·lúrgia, la tintura, el blanqueig, la fabricació de sabó, els àlcalis, els àcids, la ceràmica, el vidre, etc., eren tresors molt ben guardats, no sempre compatibles amb les discussions acadèmiques provinents de les universitats o de les societats científiques de l'època.

Si consultem, per exemple, la famosa *Encyclopédie* de Diderot i D'Alembert, hi trobarem explicacions exhaustives sobre l'estatut de la química com a ciència, sobre les diverses filosofies naturals que la sustentaren al llarg del segle XVIII (afinitats, flogist, pneumàtica, etc.), però llur connexió amb les magnífiques làmines que descrivien cadascuna de les arts o manufactures no és en absolut evident. Com en altres moments de la història, categories del nostre present com: *teoria, pràctica, recerca, ciència aplicada, tecnologia, etc.*, no funcionen bé, simplement perquè la percepció dels protagonistes del passat no coincideix amb la nostra.

Només una rigorosa reconstrucció històrica d'algunes arts de l'època ens pot ajudar a comprendre quina era la lògica de la química industrial a finals de segle XVIII.

■ LES TINTURES D'ORIGEN NATURAL

Des del Renaixement ençà, amb la conquesta del Nou Món, el mercat de les tintures augmentà notablement en relació als colors que havien estat accessibles a Europa a l'Antiguitat i l'Edat Mitjana. Els nous continents es van convertir en una important font de nous colorants naturals com l'indi, la cotxinilla o els *palos* americans (Brasil, Campeche, Amarillo), que completaren tintures occidentals com la roja (*Rubia tinctoria*), el pastel, la galda, el roig d'Adrianòpolis o el blau de Prússia. En el procés de coloració de les teles (llana, seda, lli i cotó) es requeria a més un gran nombre de substàncies químiques auxiliars, complements fonamentals per a la correcta fixació, estabilitat i resistència de les matèries tintòries, de manera que els petits tallers, les manufactures reials i les fàbriques d'estampats de cotó (les indianes) es convertiren en autèntics rebosts de substàncies que calia organitzar, a més de racionalitzar-ne l'ús.

Aquest era un món de tradicions artesanals poderoses, que estaven fermament arrelades en la cultura gremial, on el coneixement tàcit no sempre explicitat

**«NOMÉS UNA RIGOROSA
RECONSTRUCCIÓ HISTÒRICA
D'ALGUNES ARTS DE
L'ÈPOCA ENS POT AJUDAR
A COMPENDRE QUINA ERA
LA LÒGICA DE LA QUÍMICA
INDUSTRIAL A FINALS DEL
SEGLE XVIII»**

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

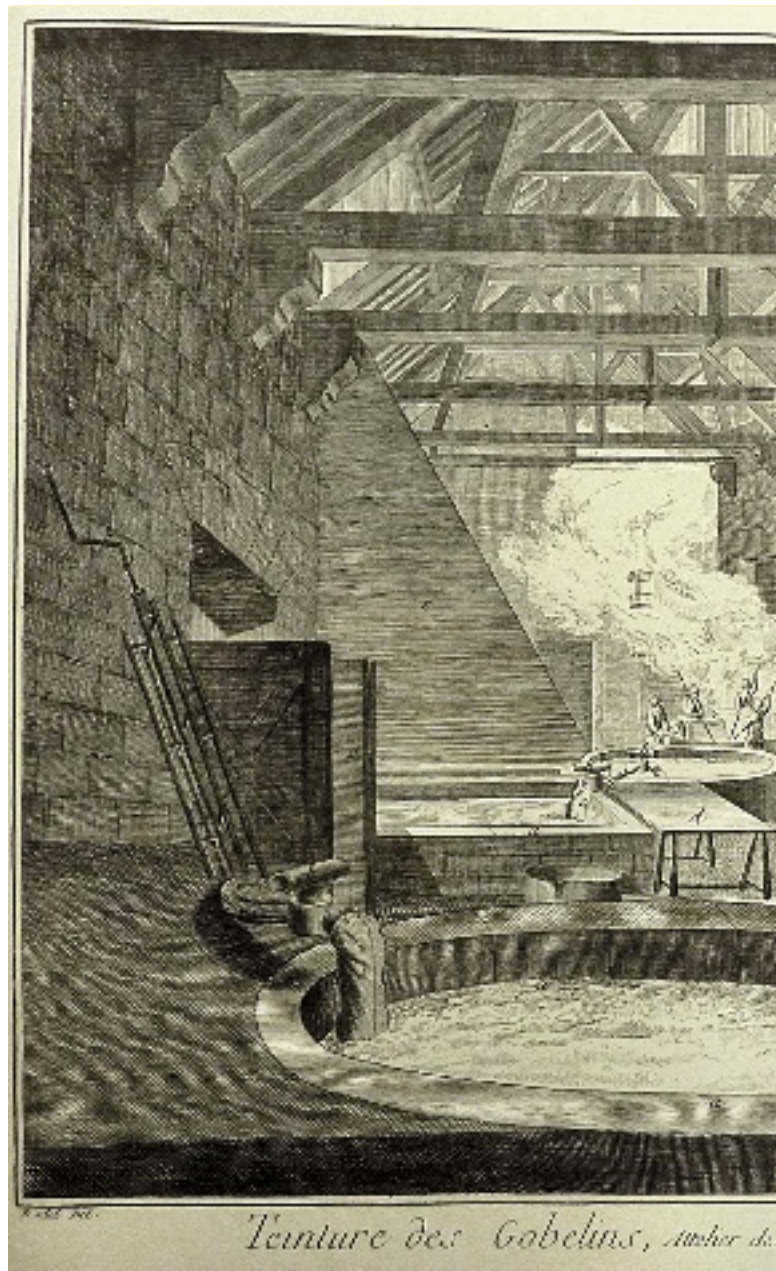


© Biblioteca d'Humanitats Joan Reglà, Universitat de València

Dalt i a la dreta, taller de tintura de la Manufactura Reial dels Gobelins, en dos gravats de 1772 apareguts en l'*Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers* de Diderot i D'Alembert. Aquest era un món de tradicions artesanies, on la pràctica estava molt lluny de la química moderna.

i la transmissió oral de procediments i receptes havien estat fonamentals. Lluny de la química analítica moderna, les mostres tenyides eren tractades amb àcids i àlcals, dissoltes en líquids diversos i deixades en digestió en temps prèviament determinats, exposades a la llum solar o a les condicions meteorològiques més adverses per avaluar, sovint de manera qualitativa, la resistència (o solidesa) de la tintura. Els procediments de tintura i d'estampació eren complexos i plens de petits detalls que només els mestres tintorers podien governar en la pràctica quotidiana. La temperatura i concentració dels banys, el temps d'agitació, els rentats i eixugats, etc., constituïen tota una declaració de coneixement tàcit de replicació difícil lluny d'unes determinades condicions locals.

A més, es constituí progressivament una xarxa europea de la tintura, una espècie de peculiar República



«ELS VERITABLES EXPERTS EN L'ART DE TINTURA NO EREN PAS ELS QUÍMICS ACADÈMICS. DE FET, LA PROFESSIÓ COM A TAL NO EXISTIA I MOLTS PRACTICANTS DE LA QUÍMICA PROVENIEN DE LA MEDICINA, L'APOTECARIA O DE LES TRADICIONS ARTESANES»



© Biblioteca d'Humanitats Joan Reglà, Universitat de València

ca de Lletres, per la qual circulaven experts de tota mena: tintorers, gravadors, dibuixants, impressors, però també multitud de mostres tenyides, manuscrits amb receptes o textos impresos. Era una república on les nostres categories tradicionals de teoria i pràctica, de ciència pura i ciència aplicada, no hi tenien cabuda, on la qualitat de les teles tenyides o estampades es mesurava per altres criteris, resultat del consens, no sempre senzill, entre tots els experts de l'art de la tintura. El secretisme gremial es convertia a poc a poc en una selecta xarxa de persones amb interessos comuns

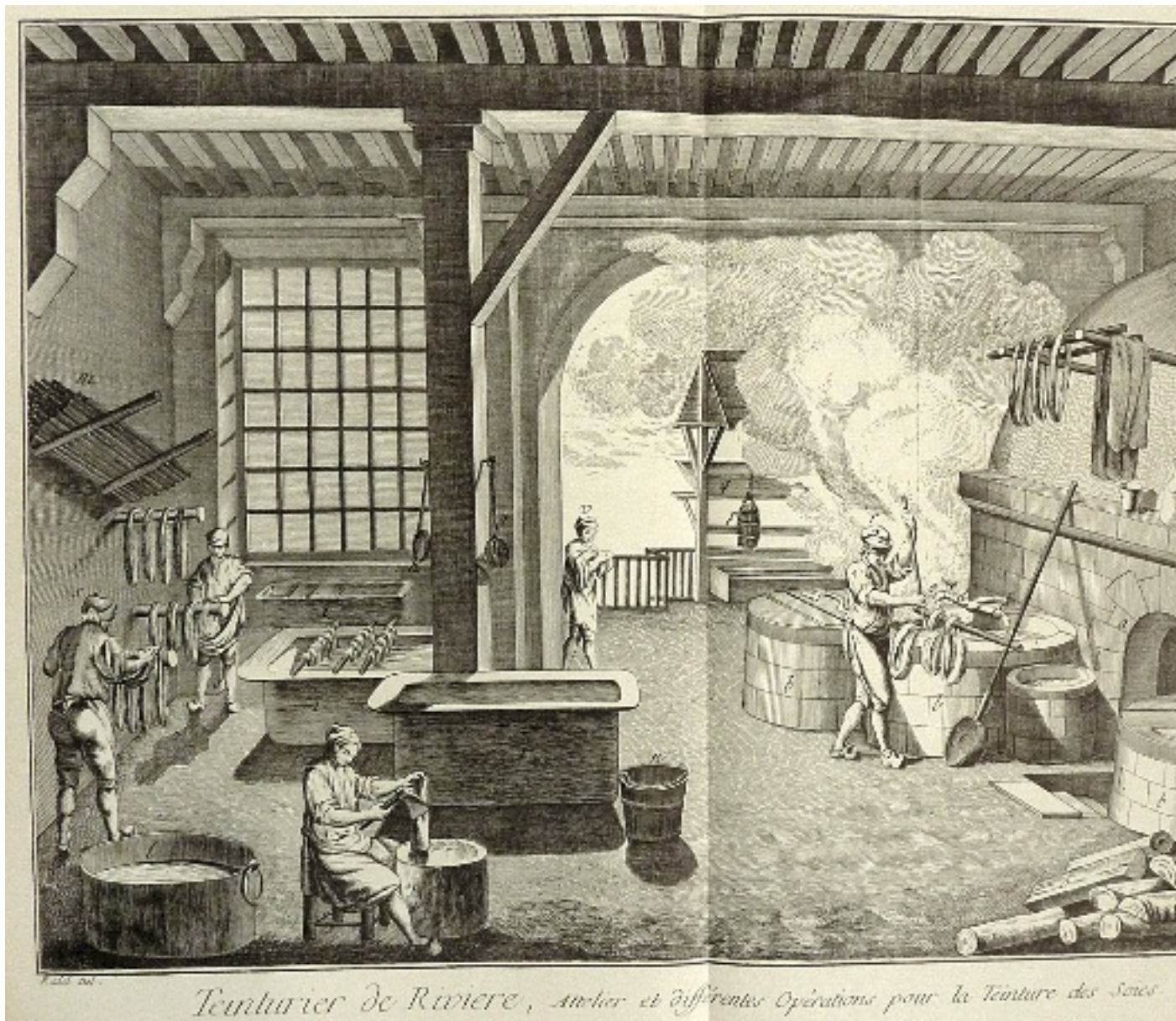
que compartien receptes, màquines, consells pràctics i estratègies comercials. Aquest intercanvi fluid d'opinions i de matisos sobre cadascuna de les operacions va contribuir decisivament a la racionalització de l'art de la tintura al llarg del segle XVIII.

■ QUI EREN ELS EXPERTS DE LA TINTURA?

Durant bona part del segle XVIII, els veritables experts en l'art de tintura no foren pas els químics acadèmics –de fet la professió com a tal no existia i molts practicants de la química provenien del món de la medicina, l'apotecaria, o de les mateixes tradicions artesanes–. No sense controvèrsia, els coneguts com a inspectors generals de tintures cobraren un important protagonisme, especialment a França. Noms com Charles-François du Fay (1698-1739) o Jean Hellot (1685-1766), des de la seva posició privilegiada en l'Académie des Sciences de París, supervisaven mostres de teixits tenyits enviades per nombrosos tintorers francesos i revisaven les proves de qualitat o *débouillis*, que eren el resultat de sotmetre la mostra tenyida a diferents productes químics sovint en calent i en dissolució. No obstant, en la veu *teinture* de l'*Encyclopédie* es considerava que els *débouillis* eren insuficients per a assegurar el bon tint.

Aquests problemes esperonaren precisament els inspectors generals a introduir progressivament discussions més acadèmiques sobre l'art de la tintura. Hellot advocà, per exemple, per una explicació mecànica, en la qual les partícules de color s'introdueixen en els orificis o porus de la fibra, però sense descartar la utilització dels seus *débouillis* en el control de qualitat rutinari de les mostres tenyides. Malgrat el pes creixent de la nova química i de la suposada revolució que aquesta representava, les explicacions mecàniques no foren totalment desplaçades per explicacions químiques. Altres inspectors generals de tintura, com Pierre-Joseph Macquer (1718-1784), adoptaren uns anys més tard una posició eclèctica, considerant que en la unió entre el colorant i la fibra hi havia causes mecàniques i causes químiques. Discussions aquestes més o menys esotèriques que semblaven interessar poc als tintorers en els tallers i manufactures.

En el llibre *Eléments de l'art de la teinture* (1791), Claude-Louis Berthollet (1748-1822), estret col·laborador de Lavoisier, va presentar l'afinitat química entre la fibra, el tint i el dissolvent del bany tintori com l'explicació fonamental dels diferents graus de fixació de colorants en fibres. Els mestres tintorers criticaven sovint la ingerència progressiva en el seu món dels inspectors reials, però també de membres de distingides societats científiques o de professors universitaris, personatges



En l'àmbit dels gremis de tintorers no agradaven els canvis que es volien introduir des del món acadèmic, com la nova nomenclatura o les noves teories sobre l'afinitat. En la imatge, gravat que representa la tintura de la seda a la Manufatura Reial dels Gobelins, també de l'*Encyclopédie*.

provinents de la cultura acadèmica, i que, en la percepció dels artesans, no aportaven res de nou a la millora de l'art de la tintura. Es publicaren molts llibres, escrits en un llenguatge senzill, que pretenien arribar a les esferes més baixes del món artesanal, però la capacitat d'incidència fou més aviat pobra. El 1748, Hellot estava convençut que la descripció acadèmica dels processos de tintura era incomprensible per als artesans.

Coneixem algun cas especialment significatiu de resistència artesanal, com el del Homassel, cap del taller de tintura de la Manufatura Reial dels Gobelins

a París entre 1778 i 1787. En el pròleg del seu *Cours théorique et pratique sur l'art de la teinture* (1798), Homassel expressava les seves discrepàncies amb la química acadèmica sorgida del cercle de Lavoisier des de la perspectiva de la cultura artesana dels tintorers. En la seva opinió la intenció dels acadèmics de París de visitar la seva manufatura a fi de controlar i estandaritzar els seus procediments de tintura era un gran error, i només responia a interessos de promoció acadèmica. En particular dirigia les seves crítiques a Berthollet, que en aquella època era l'inspector general de



© Biblioteca d'Humanitats Joan Reglà, Universitat de València

tintures, i en els seus *Eléments* defensava la utilitat de la nova química acadèmica per a la millora de l'art de la tintura. Acostumat a la seva pròpia lògica de producció, Homassel no podia veure els suposats avantatges que havien de reportar, segons els acadèmics, un canvi de nom de les tintures, resultat de la nova nomenclatura química de Lavoisier, Berthollet i el seu cercle, o l'aplicació de les noves explicacions teòriques sobre l'afinitat a l'hora de resoldre en la pràctica problemes de fixació entre el colorant i la fibra tèxtil.

■ JOAN PAU CANALS I LUIS FERNÁNDEZ: EXPERTS TINTORERS

En l'Espanya borbònica del segle XVIII s'imità el model de manufactures reials i d'inspectors generals de tintures. Aquest fou, per exemple, el cas del català Joan Pau Canals i Martí (1730-1786), nomenat director general de Tintes del Reino el 1764. Canals publicà una llarga llista d'informes sobre tintures espanyoles i americanes i sobre altres productes químics que s'utilitzaren àmpliament en la dècada de 1770: porpra, orxella, blau de Prússia, verdet de Montpeller (acetat de coure), grana-quermes, sals de plom, l'alum, caparrós (sulfat de coure), pastel, galda, a més d'un estudi detallat de productes americans útils a la tintura. L'objectiu estava perfectament definit en la memòria número XII de Canals, titulada *Sobre que ingredientes de los nuestros pueden sustituir por los estrangeros en los tintes*.

Volia promoure efectivament tintures locals que fossin assequibles a Espanya per evitar la dependència colonial de les matèries primeres. Traduí obres de l'agrònom francès Henry Louis Duhamel du Monceau (1700-1782) i defensà les explicacions mecàniques de Jean Hellot. En la seva recerca d'un substitut de la cotxinilla –la principal font dels vermells de les colònies americanes espanyoles– i també en un intent per reduir la tradicional dependència respecte als holandesos, Canals promocionà el conreu de la roja a diversos indrets castellans propers a Valladolid. Se li va concedir el títol de baró de la Vallroja en reconeixement als anys que va dedicar al conreu de tints precisament de color roig. Canals era un altre d'aquests experts de tintura, que no coincidí exactament amb les percepcions i valors artesanals dels mestres de taller, però tampoc amb la

química acadèmica que anava emergint cada cop amb més força en les dècades finals del segle.

Les paraules del mateix Canals, escrites el 1763, reflecteixen força bé les característiques genuïnes de l'art de la tintura a la segona meitat del segle XVIII:

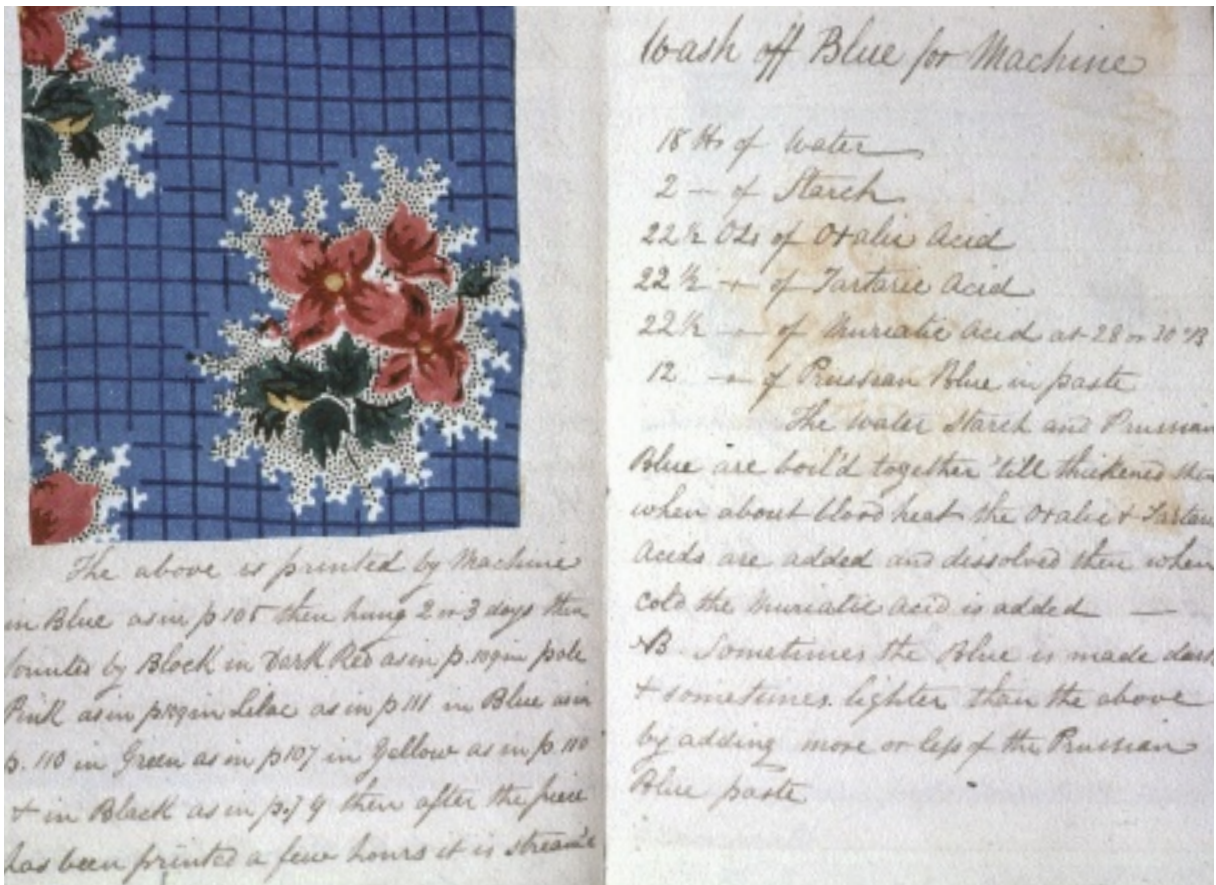
Me excitó la idea de investigar los secretos de operaciones, tintes y colores, no sólo porque costaron muy caros a mi padre, sino también por el grande misterio que hacían los fabricantes que a sus expensas atrajo de países extranjeros para enseñar a los naturales. Y como miraba con dolor que la multitud de ingredientes que entran en la composición de los colores, tintes y operaciones de la citada indianas, y de otras manufacturas, las más venían de países extraños, y señaladamente de Holanda la granza o rubia: no dejé estudio ni diligencia para averiguar cómo podía conseguirse algún día el cultivo y preparación de estas producciones de la naturaleza, y el arte en España; como se ha conseguido efectivamente, y lo he practicado en cumplimiento de obligación de mis empleos según se manifiesta en esta colección.

«ELS MESTRES TINTORERS CRITICAVEN SOVINT LA INGERÈNCIA PROGRESSIVA EN EL SEU MÓN DELS INSPECTORS REIALS, PERÒ TAMBÉ DE MEMBRES DE DISTINGIDES SOCIETATS CIENTÍFIQUES O DE PROFESSORS UNIVERSITARIS»

A València sorgiren també altres experts de l'art de la tintura. Coneixem, per exemple, el cas de Luis Fernández. Aprenqué l'art a Toledo, amb una prestigiosa família de tintorers, els Sedeño. Fou també un destacat membre de la Junta General de Comercio y Moneda, institució destinada a la promoció de les arts i manufactures en el context de les reformes borbòniques. Fernández fou, a més, director de tintura d'una manufactura reial de seda a València.

Després de rebre un encàrrec de la Junta per a la confecció d'unes *Ordenanzas generales, gubernativas e instructivas del arte de tintoreros*, el 1778 publicà un *Tratado instructivo y práctico sobre el arte de la tintura*, que defensava la necessitat d'optimitzar la divisió del treball a les manufactures. En una magnífica col·lecció de gravats a imitació dels de l'*Encyclopédie*, Fernández descrivia amb tot tipus de detalls el procés de coloració de les fibres de la seda, resultat de concentrar en un sol espai les activitats de diversos gremis que fins llavors tenien els tallers per separat.

Canals, Fernández i altres experts lluitaren per aconseguir suficient autoritat en l'art de la tintura, sense renunciar, però, a un conjunt de coneixements tàcits i d'habilitats diverses que anaven des del coneixement botànic de les plantes tintòries als detalls de les operacions químiques i mecàniques realitzades en els banys.



© John Mercer's Archive, Museum of the History of Science, Oxford

Quadern de mostres del colorista anglès John Mercer (1791-1866), on es descriuen diversos procediments químics i mecànics per a la impressió en continu de teles de cotó o indianes a començ del segle XIX.

Sense viatges freqüents, visites i estades a manufactures i tallers, la seva formació hauria estat impossible, i segurament poc eficaç.

■ LES INDIANES

En el cas de les indianes (imitació de teles de cotó estampades en colors, originària de l'Índia), es requeria un llarg procés de rentat, blanqueig, engreix i avivat de color, entre motlles i cilindres d'impressió, calderes de vapor o assecadores, fins a tenir la peça acabada i llesta per a exposar-la al mercat. Quatre classes diferents de líquids o mescles es disputaven el protagonisme en la superfície de les teles: un ampli ventall de substàncies d'origen vegetal, animal i mineral d'on s'extreien els colorants naturals; les sals minerals fixadores o mordents; els productes substractors de colors o descàrregues, i els productes protectors o reserves.

En el sistema tècnic de les indianes hi representaven a més un paper fonamental els dibuixants, dissenyadors, pintors o gravadors, en els seus múltiples intents

de combinar colors i formes per fabricar un producte a escala industrial amb unes característiques estètiques que el fessin atractiu per als potencials compradors dels diversos mercats internacionals. S'observava una interessant aliança entre dos significats de la paraula art: el sentit estètic i l'antiga significació tècnica, ara convertida en industrial.

Més de vint matèries tintòries podien ser utilitzades habitualment en un taller de tintura, a més de trenta o quaranta substàncies auxiliars. El dissenyador o dibuixant representava també un paper clau. Havia de dirigir l'estratègia del fabricant cap a la producció d'un tipus determinat de formes i colors, estudiar amb esperit crític les preferències dels clients, i conèixer els capricis de la moda. Les firmes més poderoses contractaven dissenyadors i gravadors a temps complet perquè creessin diàriament noves combinacions de formes i de colors, però només un de cada cent dissenys arribava amb èxit al mercat després de superar les dures proves a les quals se'ls sotmetia en relació a la bellesa de l'acabat, a la solidesa dels colors i al gust dels compradors.



© John Mercer's Archive, Museum of the History of Science, Oxford

The above is ~~printed~~ padded & raised
 orange, printed in Green put in the stream
 dried as in p. 132 then printed with Black
 white as in p. 131, in Pink as in p. 135 &
 Green as in p. 107 then soon after printing
 it into the stream for 2 or 3 minutes then
 washed, rung, dried in the stove and
 Mercer'd

L'estampació de teles introduïa a més algunes operacions clau que complicaven encara més les relacions entre la química acadèmica i el món artesanal. Per una banda, eren imprescindibles els processos de mecanització tant a nivell continu com discontinu, de manera que noves habilitats mecàniques i nous experts havien de representar un paper molt important en la fabricació a gran escala d'aquestes teles en factories industrials. Dibuixar, gravar el cilindre, imprimir i fixar bé el disseny imprès es convertiren en operacions molt importants que complicaven encara més la definició de l'expert en tintura.

Per altra banda, els dibuixos estampats només podien tenir una qualitat suficient si les tintures s'apliquen sobre una superfície totalment blanca. La química aplicada al blanqueig de teles passava a ser una peça fonamental del procés. Si a l'inici del segle XVIII aquest procés s'aconseguia estenent les teles en camps a cel obert durant mesos o tractant-les amb àcids diluïts, el descobriment del gas clor permeté a Berthollet el 1785 proposar-ne l'aplicació per al blanqueig ràpid i eficaç de les teles. El 1788 la manufactura de Javel, prop de París, va desenvolupar un producte comercial conegut

com *Eau de Javel* diluint el clor en una solució alcalina. El 1789, Thomas Henry (1734-1816) va patentar a Escòcia un lleixiu sòlid que tenia uns certs avantatges respecte a l'*Eau de Javel*. Detalls tècnics a part, el fet és que s'havia produït una aplicació industrial d'un gas que pocs anys abans havia estat descobert en un context acadèmic, al laboratori. Malgrat l'ús de les solucions de clor, el blanqueig industrial de les teles requeria també d'habilitats artesanals, moltes proves i ajustos. Aquest exemple ha estat utilitzat per alguns historiadors per mostrar una certa connexió entre la cultura acadèmica i la cultura artesanal. En qualsevol cas, l'univers de materials i operacions de l'art de la tintura i l'estampació superava amb escreix qualsevol simplificació entre ciència i tècnica o entre química i indústria que avui dia ens vulguem imaginar.

L'art de la tintura en l'època de la revolució química es caracteritzà per una complexa combinació de controls de qualitat i tècniques analítiques molt allunyades de la química moderna. Amb experiments de prova i ajust, criteris taxonòmics diversos per classificar i ordenar les tintures, els productes químics, els procediments i patrons de color, amb nombroses apropiacions de receptes estrangeres, circulació de llibres, de fórmules i de mostres, i una dosi considerable de coneixement tàcit, de difícil quantificació i estandardització. El lector sempre pot objectar que potser el cas de l'art de la tintura fou una excepció, i que podríem trobar aplicacions interessants de la química acadèmica de Lavoisier en altres activitats industrials. No obstant això, les evidències històriques semblen indicar el contrari. Fins i tot en el cas del clor, la seva aplicació industrial per al blanqueig de les teles tenia poc a veure amb els experiments de laboratori de dècades anteriors. La síntesi de la sosa (carbonat sòdic) de Nicolàs Leblanc a partir de sal marina (clorur sòdic) i àcid sulfúric, o les produccions industrials d'altres àlcals i àcids, restaven en bona part dins del paradigma del coneixement tàcit, les tradicions gremials i una lògica particular de racionalització de cadascun dels processos. Malgrat això, aquesta és també una part molt important de la història de la química, que, com en el cas de la tintura, cal investigar, difondre i dignificar. ☺

BIBLIOGRAFIA

- FOX, R. i A. NIETO-GALAN (eds.), 1999. *Natural Dyestuffs and Industrial Culture in Europe, 1750-1880*. Science History Publications. Canton MA.
 KLEIN, U. i E. SPARY (eds.), 2010. *Materials and Expertise in Early Modern Europe: Between Market and Laboratory*. University of Chicago Press. Chicago.
 NIETO-GALAN, A., 2001. *Colouring Textiles. A History of Natural Dyestuffs in Industrial Europe*. Kluwer. Dordrecht.

Agustí Nieto-Galan. Director del Centre d'Història de la Ciència. Universitat Autònoma de Barcelona.



ENTRE LA CIÈNCIA I L'ART

LES IMATGES DEL LABORATORI QUÍMIC

Santiago Álvarez

Sens dubte, el laboratori químic ha experimentat una gran evolució des que va néixer fins a l'actualitat. En aquest article es presenten unes breus notes d'alguns aspectes rellevants en l'evolució històrica del laboratori químic: des de la imatge i disseny, la creació i el finançament, fins a l'esperit que l'ànima.

■ LA IMATGE ANTIGA DEL LABORATORI

És, per tant, una cosa indispensable per a tot aquell que vulgui esdevenir químic, tenir un laboratori proveït dels instruments més necessaris per a la pràctica d'aquesta ciència.

JOSEPH-PIERRE MACQUER, 1766. *Dictionnaire de Chymie*.

Des de l'antiguitat ens han arribat imatges de praxi química que van des dels egipcis fonent i pesant or, fins a les populars representacions de laboratoris alquímics que podem trobar en llibres i pintures dels segles XVI al XIX, passant pels frescos de la Casa dels Vetti, a Pompeia, realitzats abans de l'erupció del Vesuvi, l'any 79. Aquests frescos mostren querubins preparant i tastant vins, fent extractes, olis i essències perfumades, i encunant monedes en una seca. En moltes d'aquestes imatges no hi ha una representació de l'espai on es realitzen els experiments. En d'altres, les experiències es realitzen a l'aire lliure, o bé en estances normals amb les mínimes adaptacions per a les tasques químiques que s'hi duen a terme, i amb un mobiliari gens especialitzat. A l'Anglaterra del segle XVII, per exemple, els experiments es feien en llocs tan diversos com ara farmàcies, tallers d'artesans, residències privades o soterranis de museus. En molts casos la química a l'aire lliure devia ser tan sols una llicència artística que permetia situar el químic (o l'alquimista) en el seu paisatge.

En algun moment imprecís, però, les operacions químiques comencen a representar-se en espais especialitzats, o laboratoris. En la cultura occidental les imatges d'alquimistes i els seus laboratoris van ser tractades *in extenso* per pintors de fama molt diversa com Pieter Bru-

eghel el Vell, Adraen van Ostade, Carl Spitzweg, Cornelis de Man, Justus Gustav van Benthum, Joseph Wright of Derby, Thomas Wijck o Jan Steen, per citar-ne tan sols uns pocs. Entre ells destaca David Teniers el Jove, qui va pintar a mitjan segle XVII almenys una vintena de quadres sobre alquimistes, variacions sobre el tema que combinaven els mateixos elements amb diverses disposicions. Elements comuns en aquestes imatges eren gresols, retortes, flascons de vidre de formes i dimensions variades, foc i estris per a atiar-lo, rellotges de sorra i, ocasionalment, una balança. Alguns d'ells es poden veure en el gravat que representa el monjo franciscà Berthold Schwarz, tal vegada el primer europeu que va preparar pólvora, a la primera meitat del segle XIV.

«EN LA CULTURA OCCIDENTAL, LES IMATGES D'ALQUIMISTES I ELS SEUS LABORATORIS VAN SER TRACTADES 'IN EXTENSO'»

■ QUI FINANÇA UN LABORATORI?

—Digueu-me, senyor Varney: en aquest refugi que m'ofereix, podré comptar amb el meu laboratori?

—Tot un gran laboratori, estimat i vell amic —respongué Varney—. Un reverend abat, que fa una vintena d'anys va haver de deixar-li el lloc a l'obès rei Enric i a molts dels seus cortesans, tenia un laboratori completament equipat que es va veure obligat a deixar en herència als seus descendents. En ell es podrà vostè dedicar sense cap mena d'entrebancs a fondre, flamejar, bufar, desxifrar, fins que el dragó verd es transformi en una oca d'or, o en qualsevol altra cosa de les esmentades pels seus col·legues.

WALTER SCOTT, 1821. *Kenilworth*.

Poder disposar d'un laboratori equipat amb els estris adients, antigament, presentava la mateixa dificultat que en l'actualitat: trobar una font suficient de finançament.

A l'esquerra, Eugènia Balcells. *Brindis (invitació a l'abundància)*, 1999. Instal·lació multimèdia.



© Science Museum / Science & Society Picture Library, London

Berthold Schwarz, qui tal vegada va ser el primer europeu a preparar pólvora, al seu laboratori durant la primera meitat del segle XIV. En aquest gravat de R. Custos (1643) es poden veure alguns elements comuns als laboratoris dels alquimistes.

Ja al segle XIII Albert el Gran, al seu llibre *De Alchimia*, apuntava entre les condicions que havia de reunir un bon alquimista el ser prou ric com per fer front a les despeses d'aquest art. No és estrany, doncs, que molts laboratoris estiguessin sota el paraigua de reis i nobles. Sabem, per exemple, de la creació de laboratoris a Königsgrätz el 1476 per Wenzel von Troppau, pel rei Jaume IV d'Escòcia el 1501, instal·lat al castell de Stirling sota l'assessorament del metge i alquimista John Damian, i pel rei Rodolf II a Praga el 1578, al qual treballaren els alquimistes John Dee, Michael Maier i Michael Sendivogius. També sabem que el comte de Saint-Germain, reconegut alquimista, va convèncer el rei Lluís XVI perquè li cedís un espai al castell de Chambord per instal·lar-hi un laboratori, pels volts de 1758. Giacomo Casanova, per la seva banda, ens explica a les seves memòries que la marquesa d'Urfé, a París, tenia un laboratori privat acompanyat d'una bona biblioteca.

Lavoisier va realitzar les seves investigacions al laboratori de l'Arsenal de París, finançat per ell mateix. Berthollet va seguir el seu exemple i va instal·lar un laboratori a Arcueil, a la rodalia de París, en el qual



© Edgar Fañs, Smith collection

Laboratori de docència i investigació de Justus von Liebig a Giessen (1842), on es van formar més de set-cents estudiants. El primer per la dreta és August Wilhelm von Hofmann.

«PODER DISPOSAR D'UN LABORATORI EQUIPAT AMB ELS ESTRIS ADIENTS, ANTIGAMENT, PRESENTAVA LA MATEIXA DIFICULTAT QUE EN L'ACTUALITAT: TROBAR UNA FONT SUFICIENT DE FINANÇAMENT»

es reunien científics del calibre de Laplace, Gay-Lussac, von Humboldt, Thénard i Chaptal. Segons Sir John Meurig Thomas, fins els temps de Humphry Davy els científics havien desenvolupat el seu propi equipament i havien treballat en laboratoris creats amb els seus propis recursos. Encara a finals del segle XIX Lord Rayleigh, després d'haver establert a la Universitat de Cambridge un dels laboratoris de física més desta-

cats del món, el Cavendish Laboratory, va instal·lar un laboratori privat a la seva baronia de Terling (Essex), on va realitzar el seu tercer treball de separació dels gasos nobles. Durant els segles XVIII i XIX també era habitual que els professors sufraguessin aparells amb els seus diners, com sabem que succeï en la Universitat



© Universitat de Barcelona

Disseny de laboratori proposat per Samuel Parkes a *The Chemical Catechism* (5a edició, Londres, 1812), gravat de A. W. Warren a partir d'un dibuix de Cornelius Varley.

de Glasgow, mentre que el laboratori de Priestley va ser una donació d'un mecenes. En alguns casos, la universitat els comprava aquests aparells un cop finalitzada la seva carrera acadèmica.

Davy, el 1803, va recórrer al públic per aconseguir finançament i va marcar l'inici d'una era en què els laboratoris deixen de dependre de les finances dels mateixos científics. El laboratori docent d'Edmond Frémy al Museu d'Història Natural de París, per exemple, va ser finançat pel ministre Duruy, a qui va convèncer amb l'argument que els químics francesos s'havien de formar a Alemanya, als laboratoris de Liebig, Bunsen i Hofmann. Al suport ministerial, Frémy va afegir el mecenatge d'importants industrials per a l'adquisició d'instruments i material, així com una dotació de l'editor Masson per a la biblioteca.

També és significatiu el cas de Liebig, qui, un cop nomenat professor a Giessen, no va aconseguir que la universitat financés la instal·lació d'un laboratori, ja que «el paper de la universitat és educar futurs servi-

dors públics, no pas entrenar farmacèutics, fabricants de sabons, cervesers ni altres artesans». Per tant, Liebig i els seus associats van haver d'establir el seu institut com una activitat privada. Tan sols el 1835 es va dotar un pressupost per a un ajudant, que Liebig havia pagat fins aleshores del seu propi salari. Les dificultats per a aconseguir finançament persistien encara el 1838, quan va voler ampliar el laboratori per poder fer front al creixent nombre d'estudiants vinguts d'arreu, fins el punt que va amenaçar de traslladar-se a Darmstadt amb tots els aparells de laboratori i reactius que havia adquirit pel seu compte. Finalment la seva petició va ser atesa i les obres d'ampliació del laboratori van començar el 1839, i van doblar pràcticament la superfície de treball.

■ LABORATORIS AMB NOM PROPI

Una mà ferma i ulls ràpids són els auxiliars més útils, però hi ha hagut molt pocs grans químics que hagin con-



© Mètode

Laboratori dels doctorands novells d'Alfred Werner a Zuric, anomenat col·loquialment *la catacumba* per les seues pèssimes condicions (ca. 1907).

servat aquestes qualitats durant tota la seva vida, ja que la feina d'un laboratori és tot sovint una feina perillosa...

HUMPHRY DAVY, 1830.
Consolations in Travel.

Amb el vessant de recerca aplicada, hom considera com a primer gran laboratori industrial el fundat pel prolífic inventor nord-americà Thomas Alva Edison (1847-1931). De fet, Edison va crear diversos laboratoris al llarg de la seva vida, entre els quals el que va inaugurar a Menlo Park (Nova Jersey) el 1876 ha merescut el qualificatiu de «la fàbrica d'invents». Encara va construir un centre d'investigació més gran a West Orange, al mateix estat (1887), format per cinc edificis, tres dels quals estaven destinats a laboratoris de física, química i metal·lúrgia. En aquest centre hi va treballar fins la seva mort, assistit per un equip que va arribar a comptar deu mil persones durant la Primera Guerra Mundial.

La primera càtedra de química europea, creada a Marburg el 1609, va ser ocupada per Johannes Hartmann, qui va muntar el primer laboratori docent el 1615, per al qual escrigué la *Praxis Chymiatrica*, que es va publicar al cap d'uns anys. Una il·lustració d'un antic laboratori docent es pot trobar en un llibre d'Annibal Barlet, en què un grup de deixebles atén les explicacions del professor, que no és cap altre que Hermes Trismegist. Poc més tard l'Acadèmia de Ciències de París va posar en marxa un laboratori, i Johann Hofmann un altre a la Universitat d'Altdorf. Altres laboratoris docents rellevants són els de Mihailo Vasilevich Lomonosov a Sant Petersburg (1748), Nikolaus Joseph von Jacquin a l'Escola de Mines de Schemnitz (1763), Louis Clouet a l'Ecole du Génie Militaire de Mézières, Jacques-Elie

**«UN COP ESTABLERTS
ELS LABORATORIS COM
A ESPAIS ESPECÍFICS PER
A L'EXPERIMENTACIÓ QUÍMICA,
ALGUNS VAN SENTIR LA
NECESSITAT DE SORTIR-NE.
AIXÍ VAN NÉIXER
ELS LABORATORIS
PORTÀTILS»**

Lamblardie a l'Ecole Polytechnique de París (1794), i el de Friedrich Stromeyer a Göttingen (1806). Entre els laboratoris d'Europa, el més influent al segle XIX va ser el de Justus von Liebig, establert a Giessen el 1827, i que combinava ensenyament i recerca. Liebig, després d'una estada a París amb Gay-Lussac, havia estat nomenat el 1824 professor extraordinari de Química als vint-i-un anys. Durant els vint-i-vuit anys que va dirigir el seu laboratori, s'hi van formar més de set-cents estudiants. Al mateix temps, Amos Eaton iniciava a l'estat de Nova York l'ensenyament de la química al laboratori en el Rensselaer Polytechnic Institute.

■ DISSENY I ORGANITZACIÓ DELS LABORATORIS

Margarida pujà al laboratori. En entrar, va veure son pare al mig d'una cambra immensa, fortament il·luminada, repleta de màquines i de vidrieria polsosa; per tot hi havia llibres, taules plenes de productes etiquetats i numerats. [...] Aquest conjunt de matrassos, de retortes, de metalls, de cristallitzacions amb colors fantasmagòrics, de mostres fixades a les parets, o llençades als forns, estava dominat per la figura de Baltasar Cläes, qui, sense camisa, els braços nus com els d'un obrer, mostrava el pit cobert de pèls blanquinosos com els del seu cap.

HONORÉ DE BALZAC, 1834. *La recherche de l'absolu.*

A mesura que creixia el nombre de laboratoris químics es feia palesa la necessitat d'establir criteris racionals de disseny i organització. El 1766, per exemple, Pierre-Joseph Macquer va incloure al seu diccionari de química una secció dedicada al mot *laboratori*, en què discutia a fons aspectes generals de disseny i d'instal·lacions. Poc més tard, Michael Faraday escrivia el seu llibre *Chemical Manipulation*, dedicat en bona part a descriure com ha de ser un laboratori, quines són les operacions que s'hi realitzen i quin és el material necessari per a dur-les a terme.

Com a mostra dels aspectes que tractaven aquests manuals, anotem que tots dos autors donen una gran importància a la il·luminació. Aquesta preocupació es reflecteix en moltes imatges de laboratoris, tant d'aquella època com posteriors, als quals veiem grans finestres, com en el laboratori proposat per Samuel Parkes, o en el que es mostrava uns anys abans a l'*Enciclopèdia* de Diderot i D'Alambert. Com passa sovint, no obstant això, amb el pas del temps les necessitats

©Staatsgalerie, Stuttgart



Carl Spitzweg. *L'alquimista*, ca. 1860. Oli sobre llenç, 38 x 36 cm. Aquesta obra es pot prendre com exemple de l'actitud entusiasta i inquisidora de tots aquells que han treballat en el món de la química.

d'espai ultrapassen les previsions del dissenyador i s'acaben habilitant espais menys adients, com li devia passar a Alfred Werner, a Zuric. El pare de la química de coordinació ubicava els doctorands novells en un laboratori conegut com *la catacumba*, en un semisoterrani mal il·luminat.

Els dissenyadors de laboratoris també criden l'atenció sobre la presència de visitants. En un manual recent, per exemple, B. Griffin els considera com un factor de risc «per al personal, per a l'equipament i per a ells mateixos». Una advertència semblant es podia trobar al manual de Faraday: «Sobre una taula ha d'haver-hi un quadern en blanc, amb tinta i ploma, per anotar immediatament els experiments. Es pot admetre una cadira, i una sola serà més que suficient per a aquest propòsit, ja que un laboratori no és lloc per les persones que no participen en les operacions que s'hi realitzen.»

**«EN ELS LABORATORIS
ES REPETEIXEN
QUOTIDIANAMENT
ELS MIRACLES DE LA
TRANSFORMACIÓ DE LA
MATÈRIA I LA CREACIÓ DE
NOVES MOLÈCULES»**

També John Joseph Griffin aconsellava al seu llibre *Chemical Recreations* (1834), entre altres instruccions per a l'equipament d'un laboratori: «Disposeu una taula sòlida i ben anivellada davant d'una finestra, en una habitació lliure de pols i de distraccions, en què no hi hagi infants.»

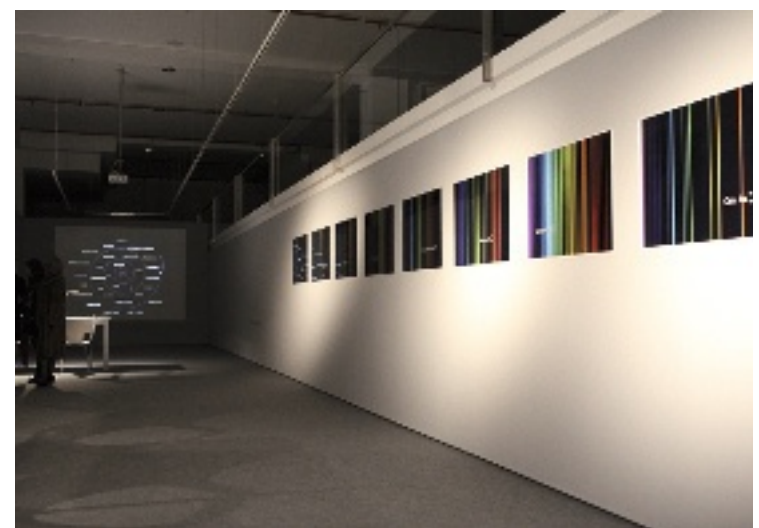
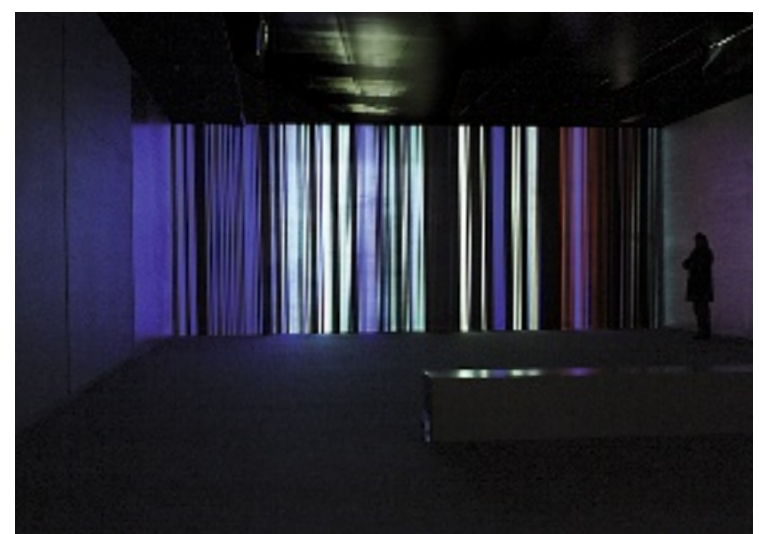
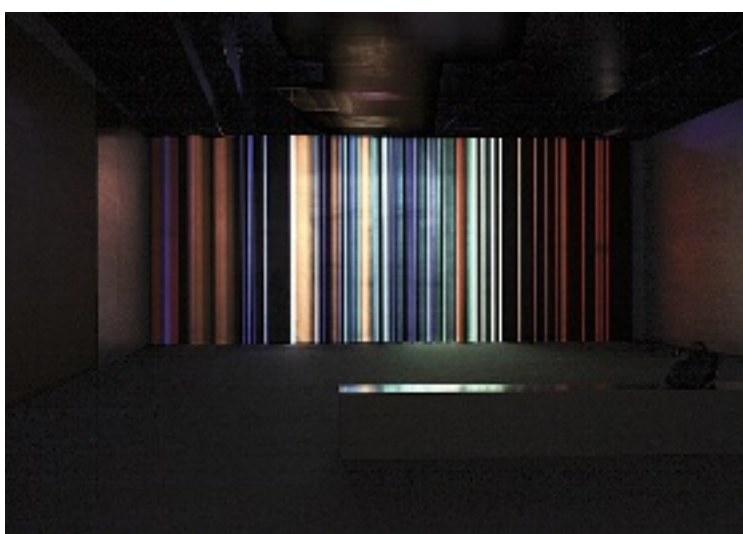
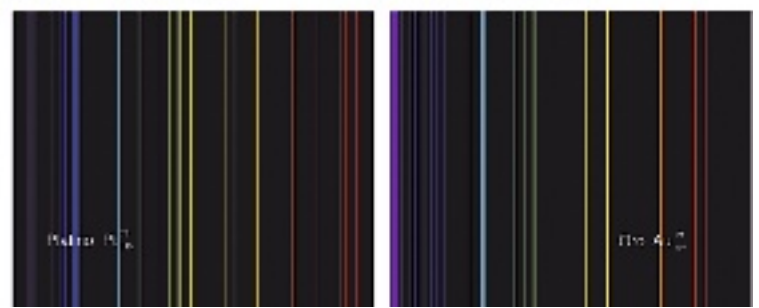
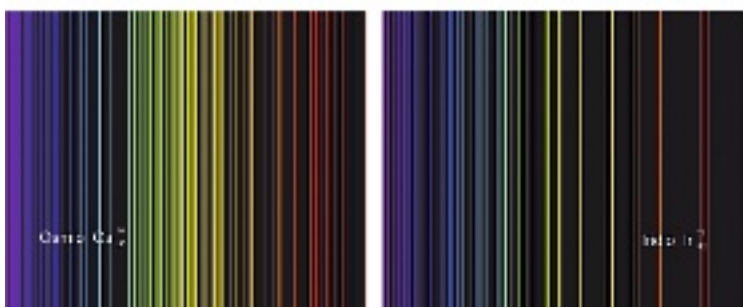
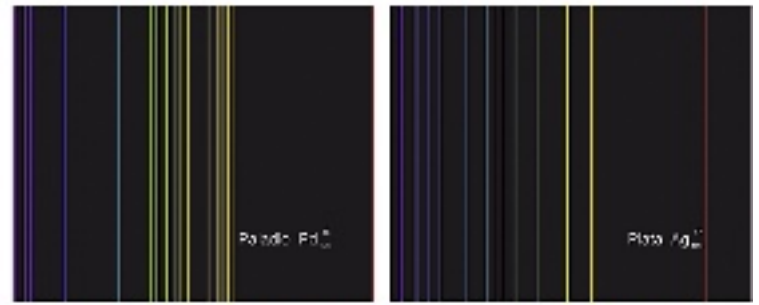
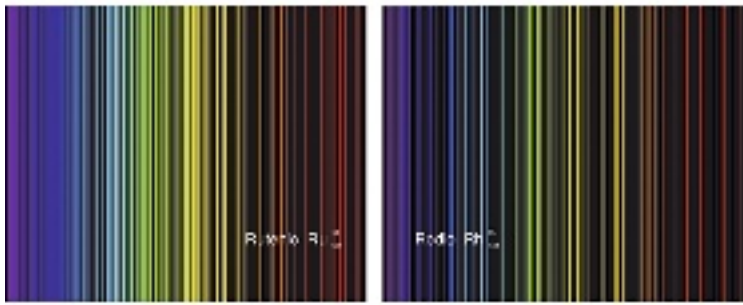
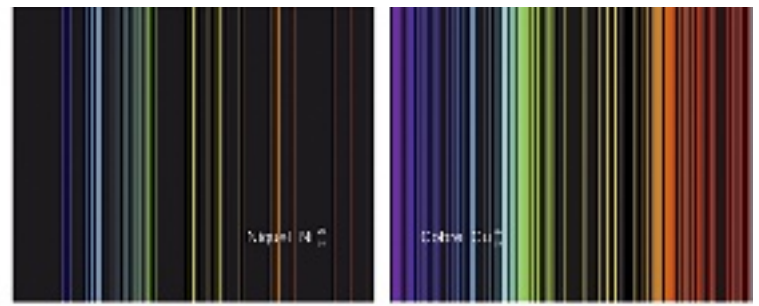
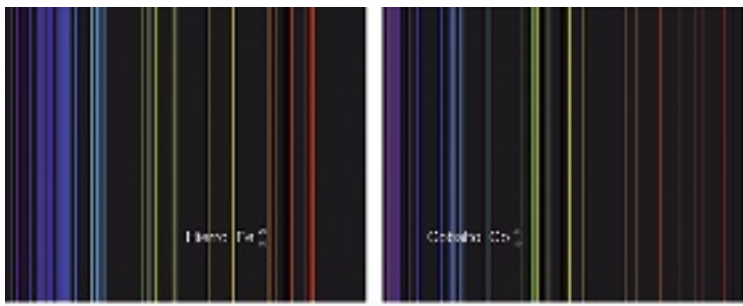
■ EL LABORATORI DE VIATGE

Un cop establerts els laboratoris com a espais específics per a l'experimentació química, alguns van sentir la necessitat de sortir-ne per fer, per exemple, anàlisi de minerals a peu de mina. Així van néixer els laboratoris portàtils. El primer de què tenim notícia va ser proposat per Becher al seu llibre *Tripus hermeticus fatidicus* (1680). Lavoisier, per la seva banda, va fer un viatge de quatre mesos a cavall pels Vosgos el 1767 amb el propòsit d'identificar minerals per a l'*Atlas de minéralogie* que preparava Jean Guettard, raó per la qual es va equipar amb un petit laboratori portàtil. Guyton de Morveau, conegut per la seva participació amb Lavoisier en l'establiment de la nomenclatura química, va descriure un *necesser químic* el 1783, format per dues caixes que contenien diversos flascons amb solucions i material de laboratori divers. Un cas digne de menció és el de John Smithson (1754-1829), químic anglès més conegut per haver deixat la seva herència als Estats Units per a la fundació de la Smithsonian Institution.

Aquest viatjava sempre acompanyat d'un laboratori portàtil, així com d'un gabinet amb milers de petits minerals, per facilitar la identificació de nous espècimens mitjançant l'anàlisi química i la comparació amb els minerals coneguts.

Johann Friedrich August Göttling, professor de química a la Universitat de Jena, va dissenyar diversos models de laboratori portàtil (*Probierkabinet*), la venda dels quals li permetia comple-

mentar el seu salari. L'anomenada d'aquests gabinets va arribar a Goethe, qui en fa esment a la seva novel·la *Les afinitats electives*. També Humphry Davy trobava que els estris de laboratori imprescindibles es podien portar fàcilment de viatge en un petit bagul, i això va fer en un llarg viatge per França i Itàlia, iniciat a finals de 1813. Gràcies al seu laboratori portàtil va poder realitzar diversos assajos sobre una mostra d'una substància violeta descoberta per Courtois que li va facilitar Ampère i va poder comprovar que es tractava d'una substància ele-



mental amb un comportament químic semblant als del clor i el brom, que va anomenar *iodine* (iode). Esmentem per últim els gabinets introduïts per John Joseph Griffin (1802-1877) al seu llibre *Chemical Recreations*, que més tard comercialitzaria a través de la primera empresa especialitzada en la venda de reactius i aparells per a laboratoris químics, creada el 1848 a Londres.

No podem deixar els laboratoris viatgers sense anotar que posteriorment han emprat diversos mitjans de transport. Els vaixells, com el que va equipar John Young Buchanan l'any 1872 a bord del *Challenger*, en una històrica expedició oceanogràfica, predecessor modest dels actuals vaixells oceanogràfics. Un vagó de tren, com el primer laboratori instal·lat per un Thomas Alva Edison encara adolescent. O les naus espacials com el *Mars Science Laboratory* (MSL, també anomenat *Curiosity*) o el *Phoenix Mars Lander* de la NASA, portadors de petits laboratoris que incorporen tècniques instrumentals modernes com ara la cromatografia de gasos, l'espectrometria de masses, espectroscòpies làser diverses i microscòpies òptica o de força atòmica.

■ IMATGE I ESPERIT DEL LABORATORI CONTEMPORANI

L'amo del castell havia estat de vigília tota la nit, fonent i refredant, destil·lant i mesclant amb excitació febril. [...] La llàntia es va extingir, però ell no ho va notar. Vaig revifar el foc de les brases, i va llençar una lluentor vermella sobre la seva pàl·lida cara, encenent-la amb una resplendor, mentre els seus ulls enfonsats miraven estranyament des de les seves profunditats cavernoses, i semblaven fer-se més grans i prominents, com si anessin a saltar de les conques. «Mira el vidre alquímic –crijà–, alguna cosa brilla en el gresol, pura i pesant.» El va aixecar amb una mà tremolosa, i exclamà amb veu agitada, «Or! Or!»

HANS CHRISTIAN ANDERSEN, 1859. *Allò que el vent conta de Valdemar Daae i de les seves filles*.

La imatge del laboratori químic contemporani és, en molts aspectes, força diferent de les que hem vist fins ara i mereixeria una anàlisi més detallada. Ens conformarem d'apuntar dos detalls: l'aparició d'instrumental electrònic i de les omnipresents pantalles d'ordinador, així com un aspecte més asèptic i lluminós, com de vidre i acer inoxidable. Un bon exemple recent n'és el Chemistry Research Laboratory de l'Oxford University, dissenyat pels arquitectes Hawkins i Brown.¹ Malgrat tot, els laboratoris actuals comparteixen amb els

¹ <http://www.chem.ox.ac.uk/oxfordtour/crl/>

A l'esquerra, Eugènia Balcells. *Freqüències*, 2009. Instal·lació multimèdia.

dels alquimistes el títol de santuaris de la ciència que els va atorgar Pasteur. S'hi repeteixen quotidianament els miracles de la transformació de la matèria i la creació de noves molècules.

L'actitud inquisidora i entusiasta dels qui hi treballen es veu reflectida magistralment en dues obres d'art. Una, pintada el 1795 per Joseph Wright de Derby, representa el moment en què Hennig Brandt descobreix el fòsfor per serendipitat, i porta per títol *L'alquimista, a la recerca de la pedra filosofal, descobreix el fòsfor, i prega per la reeixida conclusió de la seva operació, com era el costum dels Antics Astròlegs Chymics*. Una altra, *L'alquimista* de Carl Spitzweg, s'exhibeix a la Staatsgalerie de Stuttgart, i és una obra gairebé ascètica si la comparem amb els nombrosos quadres d'alquimistes pintats per David Teniers el Jove. Entre els pocs elements que Spitzweg ens mostra al seu quadre, un baló reflecteix les finestres lluminoses que fan palesa

**«AMB EL VESSANT DE RECERCA
APLICADA, HOM CONSIDERA COM PRIMER
GRAN LABORATORI INDUSTRIAL
EL FUNDAT PEL PROLÍFIC INVENTOR
NORD-AMERICÀ THOMAS ALVA EDISON
(1847-1931). DE FET, EDISON VA CREAR
DIVERSOS LABORATORIS AL LLARG
DE LA SEVA VIDA»**

la seva esfèricitat. L'alquimista, lleugerament inclinat davant el baló, amb les ulleres caigudes sobre un nas sospitosament vermellós, l'observa atentament, esperant amb emoció veure caure les primeres gotes d'un destil·lat. No és l'or ni cap interès material el que apreciem en el seu esguard, tan sols la fascinació de qui es troba en un lloc sagrat presenciant un prodigi. ☺

BIBLIOGRAFIA

- ÁLVAREZ, S., 2011. «Los laboratorios químicos, estancias sagradas». *Anales de Química*, 106 (en premsa).
- FERCHL, F. i A. SUSSENGUTH, 1933. *A Pictorial History of Chemistry*. William Heinemann. Londres.
- GREENBERG, A., 2007. *From Alchemy to Chemistry in Picture and Story*. Wiley Interscience. Nova York.
- GRIFFIN, B., 2005. *Laboratory Design Guide*. Elsevier. Amsterdam.
- MAAR, J. H., 2008. *História da Química. Primeira Parte: Dos Primórdios a Lavoisier*, 2a edició. Conceito Editorial. Florianópolis, Brasil.
- READ, J., 1947. *Humour and Humanism in Chemistry*. B. Bell and Sons. Londres.

Santiago Álvarez. Departament de Química Inorgànica i Institut de Química Teòrica i Computacional, Universitat de Barcelona.



AMM 4/11/10
2010

LA HISTÒRIA DE L'OBRA TEATRAL 'OXIGEN'

CIÈNCIA I LITERATURA, DEL PAPER A L'ESCENARI

Carl Djerassi

La «ciència en ficció» i el teatre poden servir per a presentar de manera versemblant i comprensible els descobriments i una idiosincràsia tan tribal com la dels científics? L'exemple de l'obra teatral *Oxigen* demostra contundentment que sí.

La relació entre ciència i literatura és un tema molt vast, que només es pot tractar superficialment dins dels límits d'un article breu. Per això he optat per abordar-la dins dels límits restringits de la meua pròpia experiència: com a químic que, després de mig segle de recerca –més de mil articles científics en donen fe–, va decidir reinventar-se a si mateix dedicant-se a la «vertadera» literatura, que per al meu actual propòsit vol dir novel·la i teatre. Les raons personals que em van moure a transformar-me de científic a novel·lista i dramaturg necessiten poca explicació, ja que les he descrites en un llibre de memòries (Djerassi, 2001). Barata això, permeteu-me reduir encara més l'enfocament d'aquest article utilitzant, en l'Any de la Química, la meua pròpia disciplina com la ciència que s'examinarà a través de la lent de la literatura.

■ LA QUÍMICA EN LA LITERATURA

Sense cap prova quantitativa, m'atrevesc a generalitzar i dir que la química és, probablement, la disciplina científica menys representada en la ficció o en el teatre en comparança amb la medicina o la física. De la mateixa manera, i a desgrat que alguns grans escriptors com ara Primo Levi o Elias Canetti foren també químics, em fa la impressió que hi ha molts menys escriptors de ficció amb formació química que no científics especialitzats en medicina. Per què?

Potser és que els químics utilitzen moltes més estructures químiques que paraules i per tant els resulta difícil comunicar-se, fins i tot dins de la seua pròpia especialitat –i encara més amb el públic en general–

sense recórrer a la pissarra, a diapositives o a algun altre tipus de pictograma? O és que els químics tracten quasi exclusivament amb abstraccions a escala molecular, mentre que els metges es passen el dia escoltant les històries d'altres éssers humans? Al capdavall, fins i tot les novel·les o obres de teatre de caràcter més científic tenen èxit, quan en tenen, perquè treballen el costat humà. Finalment, permeteu-me afegir un altre entrebanc que explica per què són tan pocs els químics que han escrit obres de teatre. Des de l'època de Galileu, el discurs escrit més formal dels científics és monològic o indirecte, mentre que en el teatre domina el diàleg.

«EN COMPTE DE
DESCRIURE ABANS QUE
RES QUÈ INVESTIGUEN ELS
CIENTÍFICS, M'ESTIME MÉS
CENTRAR-ME A IL·LUSTRAR
COM ACTUEN ELS
CIENTÍFICS»

■ LA CIÈNCIA EN LA FICCIÓ

Què em va animar a mi, un científic d'una ciència molt difícil, la química, a passar-me a la ficció per convertir-me en un contrabandista intel·lectual? Un poc tard en la vida, als meus seixanta i tants, em vaig decidir a ajudar a salvar l'abisme cada vegada major entre ciència i cultura popular d'una manera poc ortodoxa, i a fer-ho per mitjà d'un gènere que jo anomene «ciència en ficció», que no s'ha de confondre amb la ciència-ficció. Per a mi, una novel·la només es pot considerar «ciència en ficció» si tota la ciència o el comportament propi dels científics que descriu és real o almenys plausible. Cap d'aquestes restriccions s'apliquen a la ciència-ficció. En absolut estic suggerint que no siga legítim deixar volar la fantasia científica en la ciència-ficció. Però si un realment vol usar la ficció per introduir de contraban fets científics en la consciència d'un públic científicament analfabet –i jo trobe que aquest

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

contraban és intel·lectualment i socialment beneficiós—, llavors és fonamental que els fets es descriguen amb precisió. Altrament, com pot el lector no informat científicament saber què forma part de l'entreteniment i què se li explica en pro del coneixement objectiu?

Però de totes les formes literàries, per què utilitzar la ficció? A la majoria de persones no formades científicament els fa por la ciència. «No entenc la ciència», remuguen sovint mentre corren una cortina mental així que s'adonen que algun coneixement científic està a punt caure'ls damunt. És a aquesta part del públic —el lector acientífic i fins i tot l'anticientífic— a la que vull dirigir-me. En compte de començar amb un preàmbul agressiu —«deixeu-me explicar-vos que la meua ciència...»—, m'estime més començar amb un altre més innocent: «permeteu-me que us explique una història...», i després incorporar la ciència real i els científics de carn i ossos a la trama. Però en lloc de descriure abans que res *què* investiguen els científics, m'estime més centrar-me a il·lustrar *com* actuen els científics. I és ací on un científic reconverit en autor pot exercir un paper especialment important, perquè els científics operen dins d'una cultura tribal les normes de la qual, costums i idiosincràsia en general no es comuniquen per mitjà de conferències especialitzades o llibres, sinó que s'adquireixen mitjançant aquella mena d'osmosi intel·lectual que tan sols es dona en la relació entre mestre i deixeble. Per a mi, com a membre de la tribu científica durant més de cinc dècades, és important que el públic no veja els científics sobretot com uns pirats típus Frankenstein o Strangelove. I és perquè la «ciència en ficció» s'ocupe no sols de la ciència real, sinó d'una cosa més important, dels científics reals. Al meu parer un membre del clan pot descriure millor la cultura tribal i el comportament dels científics. Com a exemple dels molts temes que em sentia esperonat a tractar mitjançant la ficció, deixeu-me remetre el lector a la meua darrera novel·la, titulada *NO* (Djerassi, 2003) de la meua tetralogia de ciència en ficció. L'he triada perquè mostra l'àmplia gamma de temes relacionats amb la ciència que poden acollir les pàgines d'una novel·la: la química de l'òxid nítric, la funció biològica que té en l'erecció del penis, la comercialització d'aquesta substància a través de la creació i el desenvolupament d'una empresa model de biotecnologia (basat en l'estudi d'un cas real a Silicon Valley), la lluita de les dones en una cultura científica dominada encara per homes, l'asianització cada vegada major de la ciència nord-americana, i, finalment, la reparació en *NO* de tots els personatges de les tres novel·les anteriors. Però aquesta aparent fanfarronada també requereix fer un advertiment important.



Cartell de la producció en francès (*Une immaculée Miss Conception*) d'*An Immaculate Misconception*, al Théâtre Du Grütli, Ginebra, 2002.



Laboratori de la producció en portuguès (*Esse Espermatozoide e meu!*) d'*An Immaculate Misconception*, al Teatre do Trindade, Lisboa, de 2004.



© Istituto di Storia della Scienza, Firenze

Dibuix del segle XVIII del laboratori «pneumàtic» de Lavoisier realitzat per la seua esposa. En l'extrem dret, la senyora Lavoisier i el científic, al centre.

El desig de fer servir les meues novel·les per passar de contraban informació a la ment d'un lector innocent té clars motius didàctics i probablement s'origina en el meu arrelat hàbit com a científic, ja que l'escriptura científica serveix sobretot com a vehicle de transmissió de la informació. No obstant això, la paraula *didàctica* generalment té sentit pejoratiu quan s'utilitza en la ficció o el teatre. Tot i això, trobe que el poeta llatí Horaci justificava convincentment fer-ne un ús assenyat en la seua famosa recepta de l'*Ars poetica*: «*Lectorem delectando pariterque monendo*» [“delectant i instruint alhora el lector”].

■ CIÈNCIA EN EL TEATRE

Passem ara al teatre per donar l'argument més convincent que explica per què unes pinzellades lleugeres de didacticisme intercalades en el text no tenen per ser mortals. En un llibre recentment publicat (Djeras-

«LA QUÍMICA ÉS LA DISCIPLINA CIENTÍFICA MÉS SOVINT REPRESENTADA EN LA FICCIÓ O EN EL TEATRE EN COMPARANÇA AMB LA MEDICINA O LA FÍSICA. DE LA MATEIXA MANERA, HI HA MOLT MENYS ESCRITORS DE FICCIÓ AMB FORMACIÓ QUÍMICA QUE NO CIENTÍFICS ESPECIALITZATS EN MEDICINA»

si, 2010), vaig explicar per què m'atrau tant l'ús del diàleg.

Una de les raons té a veure amb la meua biografia. En la meua anterior encarnació com a científic durant més de mig segle, mai no em van permetre, ni jo m'ho vaig permetre, usar el llenguatge directe en el discurs escrit. Amb molt rares excepcions, els científics eviten per complet l'ús del diàleg escrit des dels temps del Renaixement, quan, sobretot a Itàlia, alguns dels seus textos més importants s'escriuen en forma de diàleg. Podia ser expositiu, fins i tot didàctic, o bé col·loquial o satíric, però atreia lectors i autors per igual. Galileu és un esplèndid exemple en aquest sentit. I no sols a Itàlia. Fixem-nos en Erasme de Rotterdam: els seus col·loquis constitueixen un exemple superlatiu de la manera com una de les ments més grans del Renaixement va aconseguir tractar en forma estrictament dialògica temes que anaven des de «Qüestions militars» (*Militaria*) o «L'esport» (*De lusu*) fins al «Festeig» (*Proci*

et puellae) o «El jove i la prostituta» (*Adolescentis et scorti*). Aquesta explosió d'escriptura dialògica va propiciar fins i tot estudis teoricoliteraris. Des del segle XVI fins ara els crítics han intentat exaltar, defensar, regular o, ai las!, abolir aquest gènere d'escriptura, que de vegades s'ha definit com *closet drama*, és a dir, teatre per a ser llegit en compte d'interpretat.

Avui dia, l'ús exclusiu de l'estil directe només és practica en l'escriptura teatral, i aquesta és una de les raons per les quals he optat pel teatre per a la meua activitat literària durant els últims dotze anys.

La ciència és intrínsecament dramàtica –almenys en opinió dels científics–, però això què vol dir? Que els científics són personatges de teatre? O que la ciència pot arribar a ser l'argument del teatre? Per a mi una qüestió igualment important és si la «ciència en el teatre» també pot complir una funció pedagògica efectiva en l'escenari o si és que pedagogia i teatre són antitètics. El desig d'educar representa el bes de la mort quan s'escriu teatre comercial? *Didàctic* –és a dir, *avorrit*– sol ser el terme més condemnatori que un crític pot utilitzar per espantar l'audiència potencial d'una obra.

Com he dit en més d'una ocasió, moltes persones sense formació científica estan tan convençudes que són incapaces de comprendre els conceptes científics que això els priva fins i tot d'intentar-ho. Per a aquest tipus d'audiència, en compte d'una conferència sense concessions, les «històries clíniques» poden ser més atractives, com també la manera més persuasiva de superar aquests obstacles. Si una narració d'una «història clínica» que aborda la ciència o els científics s'interpreta en l'escenari i no en el faristol o en la pàgina impresa, llavors estarem parlant de «ciència en el teatre» (per a una visió més àmplia, vegeu Zehelein, 2009).

■ UNA IMMACULADA I ERRÒNIA CONCEPCIÓ

Per explorar el terreny, vaig triar com a tema de la meua primera obra *An Immaculate Misconception*, la desvinculació que d'ací a poc es produirà entre sexe (al llit) i fertilització (sota el microscopi), ja que considere aquest un dels problemes fonamentals que haurà d'afrontar la humanitat durant el segle vinent. Per al component científic de la meua obra, he triat la tecnologia reproductiva amb més càrrega ètica, el procediment ICSI (injecció intracitoplasmàtica d'espermatozoides, és a dir, la injecció directa d'un sol espermatozoide en l'òvul). Sospite que és poc discutible la meua suposició que tothom té una opinió sobre la reproducció i el sexe, i que la majoria de la gent en edat d'anar al teatre estan convençuts de conèixer l'entrellat



«MOLTES PERSONES SENSE FORMACIÓ CIENTÍFICA ESTAN TAN CONVENÇUDES QUE SÓN INCAPACES DE COMPENDRE ELS CONCEPTES CIENTÍFICS QUE AIXÒ ELS PRIVA FINIS I TOT D'INTENTAR-HO. PER A AQUEST TIPUS D'AUDIÈNCIA, EN COMPTE D'UNA CONFERÈNCIA SENSE CONCESSIONS, LES «HISTÒRIES CLÍNQUES» PODEN SER MÉS ATRACTIVES»





© Col·lecció privada C. Djerassi

de la vida reproductiva. Però, realment és així? Estic segur que pocs d'ells podrien contestar correctament una pregunta tan simple com aquesta: encara que només es necessita un espermatozoide per a fecundar un òvul, quants espermatozoides ha d'ejacular un home per a ser fèrtil? Resposta: un home fèrtil ejacula entre 50 i 100 milions d'espermatozoides durant la relació sexual; un home que ejacule entre 1 i 3 milions d'espermatozoides, encara que parega una quantitat molt elevada, és funcionalment estèril. Fa menys de vint anys, no hi havia esperança per a aquests homes. Però ara molts poden arribar a ser pares mitjançant la ICSI. No obstant això, quants dels espectadors potencials de la meua obra han sentit parlar de la ICSI? Una vegada que hagen vist la meua obra, no ho oblidaran.



© Col·lecció privada C. Djerassi

Per a il·lustrar un altre dels avantatges del teatre, aquestes fotografies mostren com una imatge històrica d'un experiment clau de Lavoisier es pot escenificar de manera molt diferent. De dalt a baix, imatge del 2001 i de 1777, en el muntatge d'*Oxygen* de la producció de Costa Rica, al Teatre Nacional de San José, 2010; laboratori «pneumàtic» de la producció coreana d'*Oxygen*, al KCAF Arts Theatre, Seül 2006; i principi de l'escena de laboratori «pneumàtic» de la producció costa-riquenya d'*Oxygen*, al Teatre Nacional de Sant José, 2010.

**«LA CIÈNCIA ÉS INTRÍNSECAMENT
DRAMÀTICA, PERÒ AIXÒ QUÈ VOL DIR?
QUE ELS CIENTÍFICS SÓN PERSONATGES
DE TEATRE? O QUE LA CIÈNCIA POT
ARRIBAR A SER L'ARGUMENT DEL
TEATRE?»**

© Col·lecció privada C. Djerassi

La meua primera obra va tenir un èxit bastant ràpid: per ara s'ha traduït a dotze idiomes, ha estat retransmesa pel BBC World Service, la NPR (EUA), la WDR (Alemanya) i les emissores radiofòniques de Suècia i la República Txeca i també s'ha publicat en forma de llibre (Djerassi, 2002). Aquesta acollida en gran part es pot atribuir a l'oportunitat del tema i als aspectes intrínsecament dramàtics de la reproducció humana, i que *An Immaculate Misconception* presenta de manera molt gràfica, com han comentat tots els crítics.

■ OXIGEN: EL GAS I L'OBRA

No obstant això, com a químic transformat en dramaturg, em vaig veure obligat a comprovar si la química es pot representar en l'escenari d'una manera tan convincent com, per exemple, el sexe. Vaig tenir la sort de trobar un soci, Roald Hoffmann, interessat a unir-se a mi en un experiment teatral. El 1981 Hoffmann va ser guardonat amb el premi Nobel de química per la seua contribució a la química teòrica. Però, a diferència de la majoria dels químics, ha passat anys interessant-se per comunicar-se amb un públic més ampli, i ho ha fet mitjançant la poesia i obres de no ficció.

Igual com en la meua primera obra de teatre, quan vaig tractar d'ocultar les meues motivacions didàctiques sota el teló del sexe, en la segona obra, *Oxygen*, Hoffmann i jo triem un tema –el premi Nobel– que, almenys per als científics, també pot ser molt *sexy*. El 2001, el centenari del premi Nobel, és també l'any en què se situa la nostra obra. En *Oxygen*, imaginàvem que la Fundació Nobel havia decidit celebrar el centenari mitjançant l'establiment d'un nou premi Nobel: el «Nobel retrospectiu», en honor a invencions o descobriments realitzats abans de 1901, any en què es van atorgar els primers Nobel.

A més de descriure de manera teatral la història del descobriment de l'oxigen, la nostra obra tracta d'afrontar dues preguntes fonamentals: què significa descobrir per a la ciència i per què és tan important per a un científic ser el primer? En *Oxygen*, ens acostem a aquestes qüestions quan el nostre imaginari comitè del Nobel retrospectiu es reuneix per seleccionar, en primer lloc, el descobriment que mereix l'honor de ser homenatjat i, tot seguit, a quin científic cal atribuir-li'l. Vegem una de les primeres escenes, en la qual la presidenta del comitè, Astrid Rosenqvist, discuteix la qüestió amb els seus col·legues masculins:

ASTRID ROSENQVIST: Repassaré els que tenim fins ara: John Dalton, pare de la teoria atòmica...; Dimitri Ivanovitx Mendeléeiev, per la invenció de la taula periòdica; August Kekulé, per l'estructura del benzè... i, per

descomptat, Louis Pasteur. Tots de primera classe... i ben repartidets pel mapa: un anglès, un rus, un alemany i un francès.

ULF SVANHOLM: I per a variar, cap americà!

A. ROSENQVIST: Un altre avantatge de centrar-nos en el segle XIX. Però també convindreu amb mi que cap dels quatre és el candidat més apropiat per a un primer Nobel retrospectiu, millor deixar-los per a un de posterior. El primer ha de reconèixer el principi de la química moderna.

SUNE KALLSTENIUS: En altres paraules... el descobriment de l'oxigen.

A. ROSENQVIST: A algú li fa goig empecar-se unes senzilles paraules per explicar al públic que sense el descobriment de l'oxigen no hi hauria hagut revolució química... almenys no la química tal com la coneixem ara?

BENGT HJALMARSSON: Ho intentaré. Abans que Antoine Lavoisier...

S. KALLSTENIUS: Deus voler dir abans que Carl Wilhelm Scheele...

U. SVANHOLM: I què passa amb Joseph Priestley?

B. HJALMARSSON: Ja hi som: el dilema de sempre! Massa candidats al Nobel.

Al llarg de l'obra, mentre el Comitè del Nobel retrospectiu discuteix la selecció, el públic va coneixent els tres principals candidats a través d'un diàleg a tres bandes en què els protagonistes van al·legant els seus mèrits per aconseguir el premi reial. Hi intervenen l'apotecari suec Carl Wilhelm Scheele (el primer a aïllar l'oxigen), el clergue anglès reconvertit en químic Joseph Priestley (que va publicar el descobriment per primera vegada), i el químic, recaptador d'impostos, economista i funcionari francès Antoine Laurent Lavoisier (el primer a entendre què era l'oxigen). En el viatge d'anada i tornada entre 2001 i 1777 es presenten els documents històrics i personals que porten el Comitè del Nobel a dictar una resolució.

SCHEELE: «Aclarim la qüestió: qui va aïllar primer l'aire de foc?» Aquesta va ser l'ordre de Sa majestat... i ens la va donar a tots tres.

LAVOISIER: Però és aquesta la qüestió real?

PRIESTLEY: Per descomptat. I vós, Monsieur Lavoisier... no vau ser el primer a aïllar l'aire... com vós mateix vau reconèixer ahir sense anar més lluny.

LAVOISIER: Jo ho vaig comprendre primer...

SCHEELE: La comprensió només es produeix després de l'existència!

PRIESTLEY: Però, ben volgut Scheele, la prova de tal existència l'hem de compartir!

[...]

LAVOISIER: Però certament no fa anys, com ara al·legueu. [Impacient.] Quin és el vertader propòsit d'aquesta reunió?

PRIESTLEY: El primer vaig ser jo! A l'agost de 1774 vaig aïllar aire desflogitzat... El vostre oxigen...

LAVOISIER: Però si us pensàveu que havíeu obtingut aire nitrós.

[...]

PRIESTLEY: I vós heu citat els meus experiments en química pneumàtica més d'una vegada.

LAVOISIER: I això és motiu per a queixar-se?

[...]

PRIESTLEY: Vós heu escrit: «Vam fer tal cosa... i vam descobrir tal altra.» El vostre «nosaltres», cavaller, fa esfumar-se les meues contribucions, puf, en l'aire! Jo, quan publique, escric: «jo he descobert... he observat...» Jo no m'amague darrere d'un «nosaltres».

LAVOISIER: Ja hi ha prou de vaguetats i llocs comuns. I ara què?

PRIESTLEY: La qüestió, senyor! La qüestió! Qui va aïllar l'aire per primera vegada?

SCHEELE: Jo ho vaig fer. Jo, Carl Wilhelm Scheele de Köping. I les generacions futures ho reconeixeran.

PRIESTLEY: Però, per l'amor de Déu, jo també ho vaig fer... Jo, Joseph Priestley, i vaig ser el primer a publicar-ho!

LAVOISIER: [A l'auditori.] No sabien ben bé el que es feien... on ens portaria l'oxigen.

■ LA CIÈNCIA COM A LLIBRE CIENTÍFIC

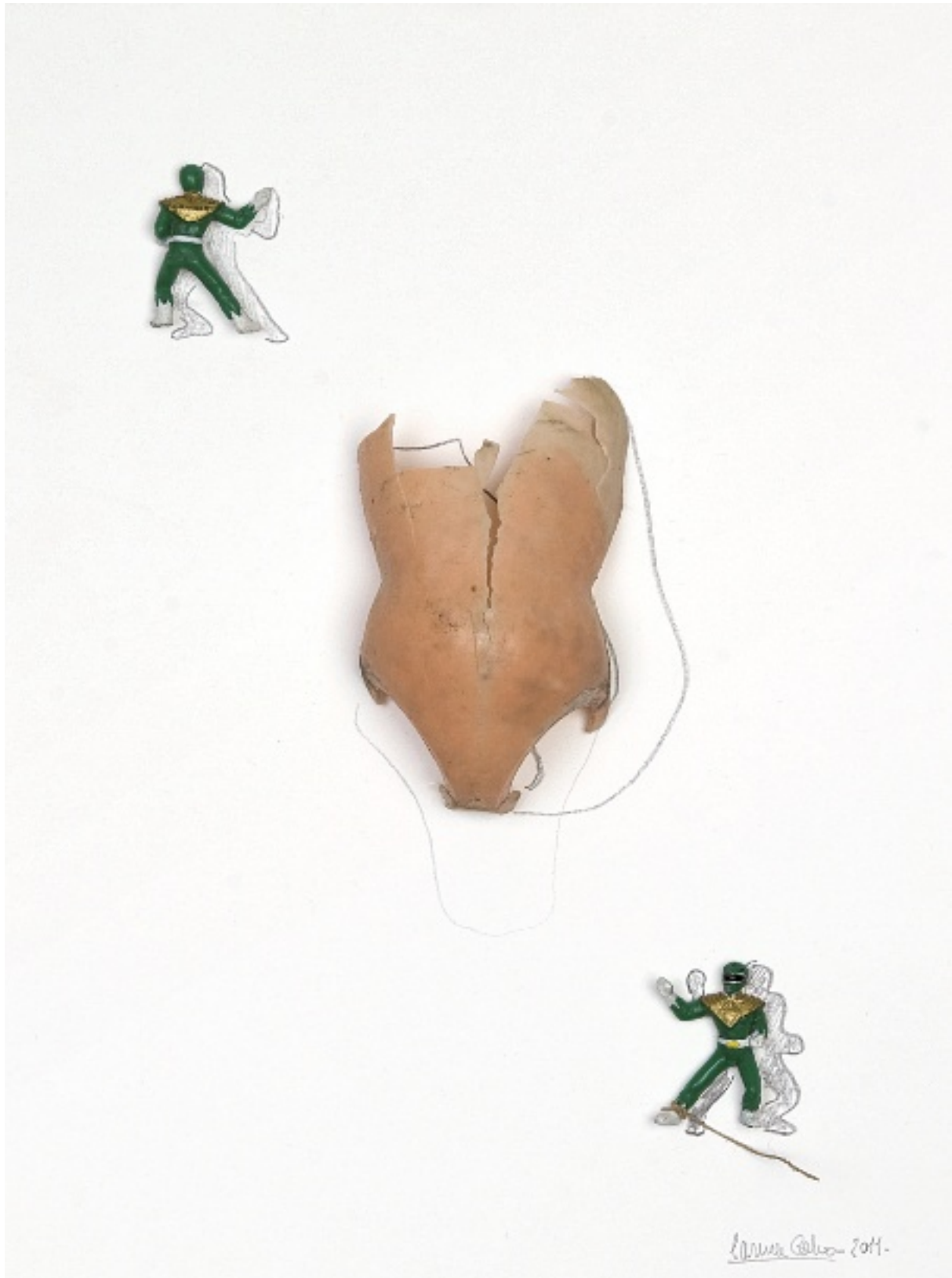
Per ara, *Oxigen* s'ha traduït a setze idiomes (el català inclòs), el que em porta a un punt final que es pot aplicar també a les altres sis obres de teatre que he escrit des de llavors. Les obres de teatre contemporànies només són adequades per a representar-les de tant en tant en l'escenari o també són textos que val la pena llegir per si mateixos, com un llibre normal? En altres paraules, únicament serveixen per a exhibir-les damunt d'un escenari o també es poden llegir tancades en les cobertes d'un llibre, cosa que generalment només es dona en les obres teatrals canòniques, les d'autors clàssics com Shakespeare, Schiller o Molière? Estic fermament convençut que algunes obres de teatre contemporani mereixen aquesta doble exposició, i que *Oxigen*, ara publicada en format de llibre en vuit idiomes (vegeu, per exemple, Djerassi i Hoffmann, 2003), entra en aquesta categoria. ☺

BIBLIOGRAFIA

- DIERASSI, C., 2001. *La píldora de este hombre: Reflexiones en torno al 50 aniversario de la píldora*. Fondo de Cultura Económica. Mèxic, DF.
- DIERASSI, C., 2002. *Inmaculada concepción furtiva: El sexo en la era de la reproducción mecánica*. Fondo de Cultura Económica. Mèxic, DF.
- DIERASSI, C., 2003. *NO*. Fondo de Cultura Económica. Mèxic, DF.
- DIERASSI, C., 2010. *Cuatro judíos en el Parnaso—Una Conversación*. Capital Intelectual, Buenos Aires.
- DIERASSI, C., i HOFFMANN, R., 2003. *Oxígeno*. Fondo de Cultura Económica. Mèxic, DF.
- ZEHELEIN, E.-S., 2009. *Science: Dramatic. Science Plays in America and Great Britain, 1990 – 2007*. Universitätsverlag Winter. Heidelberg.

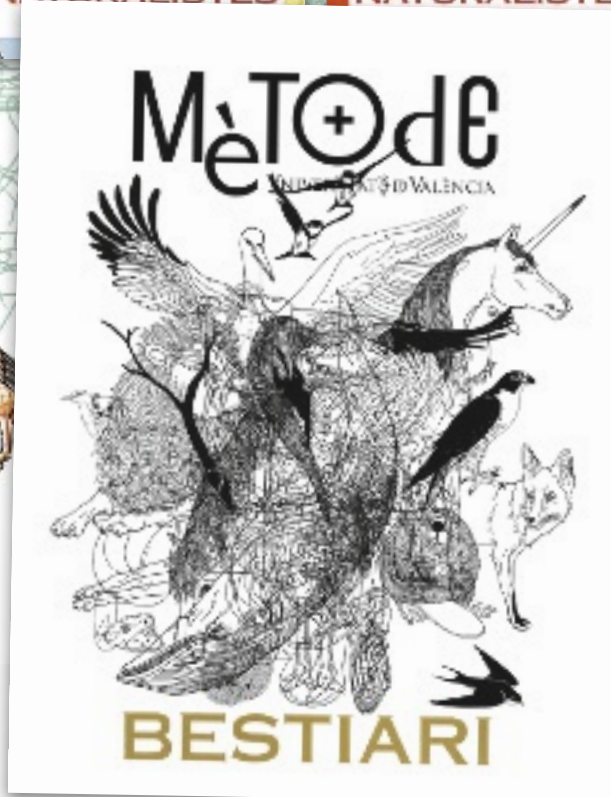
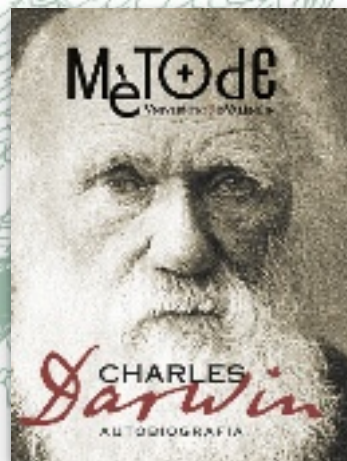
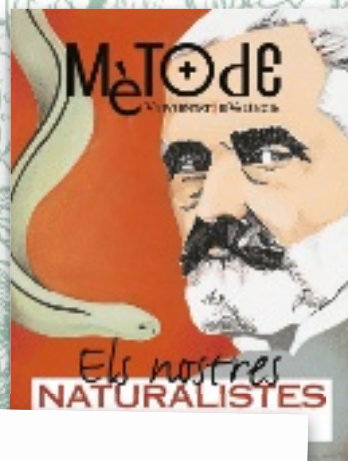
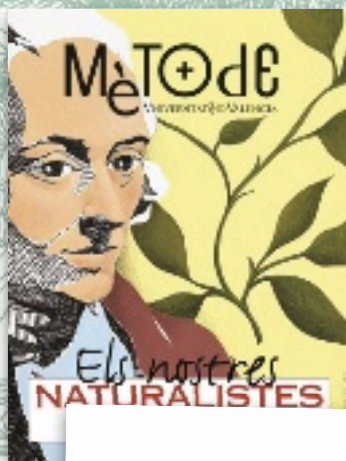
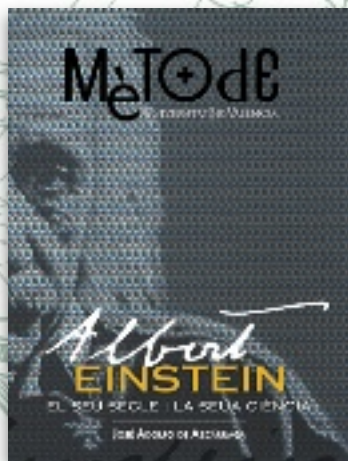
Carl Djerassi. Professor emèrit de Química en la Universitat de Stanford.

Mirada Calviana



Carmen Calvo 2011.

Carmen Calvo. En el cim del meus somnis, 2011. Tècnica mixta, 24 x 32 cm.



MÈTODE presenta el **Bestiari**, una edició il·lustrada i adaptada al català modern del **Bestiari català**. Amb un llenguatge actual, el **Bestiari** ens acosta a la visió medieval de la fauna i la natura a través de diferents animals reals i mitològics. Una nova entrega de la col·lecció MONOGRAFIES MÈTODE, amb introducció i adaptació de Xavier Bellés i il·lustracions de Moisés Mahiques.

Subscriu-te ara a Mètode

i rebràs la col·lecció completa de les Monografies!

BUTLLETA DE SUBSCRIPCIÓ

Vull subscriure'm a la revista Mètode durant un any

Preu de subscripció anual (4 números l'any): 25€ per a Espanya, 40€ per a l'estranger

FORMA DE PAGAMENT:

Rebut domiciliat en el meu compte corrent

(20 dígits)

(LA RENOVACIÓ, SI NO S'INDICA EL CONTRARI, SERÀ AUTOMÀTICA)

PROMOCIÓ ESPECIAL 2011:

Tots els nous subscriptors rebran com a regal de benvinguda la col·lecció completa de MONOGRAFIES MÈTODE, que inclou quatre títols: *Albert Einstein. El seu segle i la seua ciència*, *Els nostres naturalistes* (2 vol.), *Autobiografia* de Charles Darwin i *Bestiari*.

Nom i cognoms (nom fiscal)

DNI

Telèfon

Domicili

Codi Postal

Població

Adreça electrònica

DATA I SIGNATURA: