

# Llibres de text i pràctiques d'ensenyament de la química (1700-1900)

## Part II: Ordre, cultura material, instruments de paper i exàmens

Chemistry textbooks and pedagogical practices (1700-1900).  
Part II: Order, cultural material, written material and exams

José Ramón Bertomeu Sánchez / Universitat de València-CSIC. Institut d'Història de la Medicina i de la Ciència «López Piñero»



### resum

L'objectiu principal d'aquest treball és oferir les principals conclusions dels estudis recents respecte a la història de l'educació científica. El centre d'atenció són els manuals de química dels segles XVIII i XIX, principalment els publicats a França i Espanya. La informació ha estat organitzada al voltant de grans temes de recerca històrica i les conclusions han estat dividides en dos articles. En aquesta segona part, estudiarem les transformacions dels continguts, l'organització i les eines pedagògiques dels manuals.

### paraules clau

Història de l'educació científica, didàctica de les ciències, manuals de química, segles XVIII-XIX.

### abstract

This work aims to summarize the main conclusions of recent scholarship on the history of science education. The discussion is focused on eighteenth and nineteenth century chemistry textbooks, mainly those published in France and Spain. The discussion is organised along major current research lines on the history of science and the results presented in two successive papers. This second paper will provide an overall picture of the main changes in the contents and structures of textbooks, and the related pedagogical ideas.

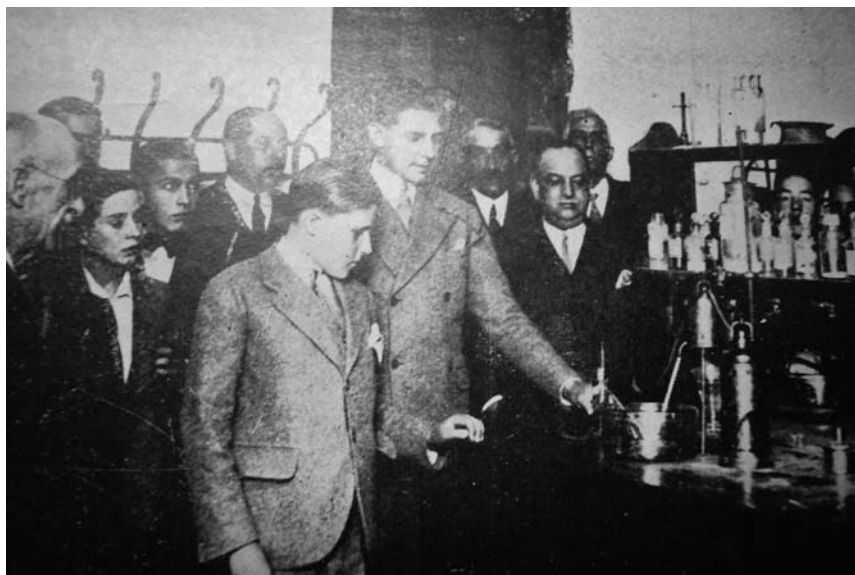
### keywords

History of scientific education, teaching of science, chemistry textbooks, 18th-19th centuries.

Aquest article és la segona part d'un treball de revisió dels estudis recents sobre l'ensenyament de les ciències, tot adoptant com a centre d'atenció els manuals de

química dels segles XVIII i XIX, principalment a França i Espanya. En el primer article, tractarem la formació de les disciplines acadèmiques, les carac-

terístiques de les disciplines escolars i el paper dels principals protagonistes de la producció i l'ús dels manuals escolars: els públics destinataris, els autors i els edi-



*Dos membres de la família reial, Juan i Gonzalo de Borbón, fent un examen de química a l'Institut de Reales Estudios de San Isidro de Madrid, durant el curs 1929-1930. Procedent del llibre Instituto de San Isidro. Homenaje al Excmo. Sr. D. José Ibañez Martín (1946), Madrid, s. n.*

tors. Hem mostrat que els llibres de text són el resultat de la interacció d'aquests grups en els diferents espais educatius, sota un variable control de l'estat i altres poders polítics, econòmics i religiosos. La forma i els continguts d'aquestes obres estan condicionats per múltiples forces i actors històrics, la qual cosa fa especialment complicat el fet d'analitzar-los sense entendre el context general de la seva producció i consum, que hem descrit molt breument a l'anterior treball. En aquesta segona part, estudiarem algunes de les característiques més importants dels manuals: l'estructura i l'ordenació pedagògica dels continguts, les demostracions experimentals i la cultura material de l'aula, les altres eines pedagògiques i els mètodes d'avaluació.

### **Un ordre per a la química: els continguts dels llibres**

Moltes persones consideren els manuals escolars com un tipus de literatura científica menor (repetitiu, poc originals, avorrits, etc.). El científic francès Paul Languévin els va anomenar «els catecismes de la ciència». L'anàlisi històrica d'aquestes obres ha mostrat, per contra, una gran varietat de situa-

cions, diferents plantejaments, continguts i seqüenciacions que demostren la creativitat limitada dels autors que hem descrit a l'article anterior. Situats al centre d'un grup tan complex d'interessos (professionals, acadèmics, disciplinaris, polítics, econòmics, ideològics, etc.), els continguts dels llibres de text estan condicionats per molts factors, no són una obra exclusiva dels autors, tot i que, tal com hem dit, aquests gaudeixen d'un ampli marge de creativitat. Al llarg dels segles XVIII i XIX, la qüestió més important que calia fixar era l'ordre dels continguts. Els llibres contenien una descripció detallada de les substàncies químiques que havien de ser presentades amb l'ordre adient per al seu estudi. La qüestió de la seqüenciació esdevingué un problema clau amb l'augment exponencial del nombre de substàncies químiques conegudes. La resposta habitual fou l'adopció de l'ordre creixent de complexitat química. El llibre començava amb les substàncies elementals per passar, d'una manera gradual, a descriure les substàncies més complexes (òxids, àcids, sals, etc.), agrupades segons les seves propietats i composició. Tot citant l'obra del filòsof Condillac, Lavoisier considerava

que aquest mètode analític era el més convenient per a l'aprenentatge de la ciència. Segons Lavoisier, l'estudiant havia d'aprendre la química d'una manera semblant a com l'infant construeix les seves primeres idees, tot començant per les idees més elementals i senzilles fins a arribar als conceptes més i més complexos.

*Convençut d'aquestes veritats, em vaig imposar la llei de procedir sempre d'allò que era conegut a allò que era desconegut, de no treure cap conseqüència que no es derivés immediatament dels experiments i de les observacions, i d'encadenar els resultats i les veritats químiques en l'ordre més estricte per tal de facilitar-ne la intel·ligibilitat als principiants.<sup>1</sup>*

Els llibres de química, doncs, haurien de començar per les substàncies elementals, continuar amb les seves combinacions binàries, les terciàries, etc., tot evitant sempre el fet de parlar de substàncies compostes abans de descriure els seus elements. Amb aquesta idea, la taula de substàncies elementals i la nova terminologia química, Lavoisier confiava que l'ordre didàctic coincidia amb l'ordre de la natura, tots dos

fonamentats en l'anàlisi. Els grans tractats del principi del segle XIX (escrits per Fourcroy, Thomson, Thenard i Berzelius) adoptaren aquests principis, els desenvoluparen i els transformaren en el model predominant per a la resta dels manuals de l'època. Aquesta seqüenciació de continguts, però, no estava exempta de problemes, tal com s'adonaren aviat els més importants professors de l'època. Obligava a parlar primer de les substàncies elementals, és a dir, dels productes més estranys per als estudiants, que estaven més familiaritzats amb els materials de la vida quotidiana, que són, normalment, compostos i mesclades complexes. A més, aquesta organització donava de vegades problemes per tal d'establir grups de substàncies amb propietats semblants, que era un objectiu molt important per tal de reduir l'esforç d'estudi. Per exemple, els àlcalis havien estat estudiats tradicionalment dins del mateix grup, però les noves anàlisis suggerien que els anomenats *àlcali fix vegetal* i *àlcali fix mineral* eren òxids dels nous metalls alcalins recentment descoberts. Les anàlisis químiques mostraren que l'altre àlcali (anomenat *volàtil*) era, però, un compost de nitrogen i hidrogen. En aquesta situació, els autors de manuals havien d'optar per l'agrupació d'aquests tres àlcalis en un mateix grup (és a dir, donant prioritat a les propietats químiques semblants) o bé seguir estrictament l'ordre creixent de complexitat i composició i tractar-los en apartats separats. Finalment, l'ordre creixent de composició deixava obertes moltes opcions i ambigüitats en la seqüenciació, la qual cosa va facilitar l'ús de criteris addicionals i debats pel que feia al millor ordre dels elements i compostos als manuals de química.

### La seqüenciació de continguts començant per les substàncies elementals no estava exempta de problemes, ja que obligava a parlar primer dels productes més estranys per als estudiants, que estaven més familiaritzats amb els materials de la vida quotidiana, que són, normalment, compostos i mesclades complexes

Per les primeres dècades del segle XIX, els principals criteris emprats per organitzar els elements als llibres de text van ser la reactivitat amb l'oxigen (Jacques Thenard) i el seu comportament amb l'electricitat (Jacob Berzelius). Aquestes classificacions van ser anomenades *artificials* (per comparació amb la botànica de Carl Linné), perquè estaven basades en una propietat única, arbitràriament escollida pels científics. Com a resposta als problemes d'aquestes classificacions, els professors dels anys 30 i 40 del segle XIX desenvoluparen les «classificacions naturals», basades en una multiplicitat de característiques que suposadament permetien descobrir les «famílies naturals» d'elements i adoptar aquest «ordre natural» en l'organització dels llibres. Fruit d'aquestes classificacions són els grups dels halògens, els metalls alcalins, els amfígens i d'altres que continuem emprant en l'actualitat. De fet, el desenvolupament de la taula periòdica està íntimament lligat a aquestes classificacions i pràctiques pedagògiques, perquè, recordem-ho, Dimitri Mendelèiev desenvolupà la seva proposta mentre preparava un manual destinat als seus

estudiants. La classificació periòdica fou adoptada molt lentament pels llibres de text i no va introduir, al principi, grans novetats, perquè moltes obres ja estaven organitzades segons famílies naturals semblants a les suggerides per Mendelèiev.

Els continguts dels llibres de text del segle XIX canviaren en molts altres aspectes. Alguns exemples són l'adopció de les fórmules de Berzelius per les dècades de 1830 i 1840, les noves equacions químiques, la progressiva desaparició de la química vegetal i animal i el desenvolupament de la química orgànica, amb les noves fórmules estructurals durant la segona meitat del segle XIX, que transformaren substancialment els continguts dels llibres de text, que, tot i això, mantingueren una forta presència de la química descriptiva. El desenvolupament de la termoquímica i d'altres àrees de la química física, particularment la mecànica quàntica, va canviar aquesta situació pel segle XX, gràcies a la publicació de llibres de text com els escrits per Linus Pauling, que servien de model per a moltes altres obres. Per exemple, amb el seu llibre *The nature of the chemical bond*, publicat per primera vegada l'any 1939 i fruit d'un curs dirigit a universitaris, Pauling elaborava la noció de *ressonància* per tal de desenvolupar la teoria d'enllaç de valència (*valence bond theory*), que permetia explicar les propietats de les molècules. A la primera edició de *College chemistry*, una obra molt més elemental que l'anterior, Pauling afirmava que, tot i que la química era un camp d'estudi molt extens, sempre creixent amb noves substàncies i mètodes, «el desenvolupament de conceptes unificadors» havia estat suficient per tal de fer possible una presentació de la química general molt més «simple, directa i lògica». La major part



Exercici escrit per a un premi de física a l'Institut Lluís Vives de València pels darrers anys del segle XIX. El tema del concurs era «Màquines pneumàtiques» i, a la part inferior dreta, podem observar la descripció de la font d'Heron, un instrument molt característic de les aules del segle XIX. Procedent de l'arxiu de l'Institut Lluís Vives (València), gràcies a la col·laboració del doctor Carles Sirera.

del llibre estava dedicada a tractar qüestions relatives a la teoria atòmica, la llei periòdica, les propietats dels gasos, la valència, les reaccions redox, les dissolucions o els intercanvis d'energia en les reaccions químiques. La part dedicada a la descripció de les propietats, l'extracció i els usos dels principals compostos químics, que constituïa més del noranta per cent dels llibres del segle XIX, quedava ara reduïda a dos capítols dedicats als metalls i als no metalls, els quals eren agrupats per famílies de la taula periòdica. Aquesta tendència a la desaparició de la química descriptiva s'agregaria al llarg de les dècades següents, fins a deixar els estudiants de química pràcti-

cament sense informació pel que feia a les propietats dels principals productes químics.

### La cultura material de la química

A més de la descripció de les substàncies, els llibres de text de química del segle XVIII i del principi del segle XIX incloïen imatges d'instruments científics, generalment a la part final, en forma de làmines separades. Amb les noves tècniques d'impressió que es difongueren durant les dècades de 1830 i 1840 a tot Europa, les imatges passaren a l'interior del text. A més, la nova xilografia permetia reproduir escenes més naturalistes, molt diferents del dibuix tècnic i lineal que podem trobar a les làmines realitzades

per Madame Lavoisier per al famós *Traité* del seu marit. La descripció de la cultura material de la química era una informació molt important als manuals del segle XVIII, molts d'ells destinats a apotecaris que havien de fabricar els productes químics mitjançant les operacions i els instruments adients. El centre de l'educació química eren les propietats de les substàncies i els mètodes de separació i de preparació, així com la fabricació i l'ús dels instruments del laboratori, els quals es mantingueren estables durant molt de temps: balances, forns, retortes, alambins i un ampli ventall de recipients de vidre. Al llarg del segle XVIII, amb el desenvolupament de la física experi-

mental i de la química pneumàtica, s'afegiren nous instruments destinats a l'estudi dels fenòmens elèctrics (l'ampolla de Leiden, la màquina de Ramsden), de la calor (calorímetre) i dels nous gasos (col·lectors, eudiòmetres i gasòmetres). Alguns d'aquests instruments es transformaren en eines didàctiques al llarg del segle XIX i molts d'ells es troben encara en molts instituts de secundària.

Les pràctiques didàctiques associades als instruments varien enormement durant el període estudiat. L'objectiu d'autors del principi del segle XVIII com Nicolas Lemery era aconseguir que els seus estudiants, futurs apotecaris, poguessin desenvolupar les operacions químiques descrites al seu llibre. Per això la seva obra està repleta de receptes detallades, amb instruccions precises, i d'instruments senzills que podien trobar-se en qualsevol laboratori farmacèutic. L'aprenentatge de la química passava per la repetició dels experi-

ments i per l'adquisició de les habilitats adients per utilitzar adequadament els aparells. La situació va canviar amb l'arribada dels nous instruments que procedien de la física experimental, en què el model d'ensenyament estava basat en la demostració per part del professor o del seu ajudant (demostrador). Aquestes experiències, de vegades espectaculars, es feien amb instruments cars i complicats que no podien romandre a les mans dels alumnes. D'altra banda, l'objectiu de les experiències era la demostració de principis teòrics de la ciència, com per exemple les lleis dels moviments, que es poden estudiar amb la famosa màquina d'Atwood. En altres ocasions, el professor pretenia meravellar els alumnes amb fenòmens sorprenents més o menys relacionats amb els continguts del curs. Aquest és el cas de l'eudiòmetre de Volta, un aparell que permetia la combustió de l'hidrogen amb oxigen mitjançant l'espuma elèctrica i que es va transformar en una mena de «pistola» que produïa explosions i trets espectaculars. Al llarg del segle XIX, la formació pràctica al laboratori estava limitada a un grup molt reduït d'estudiants, normalment als cursos universitaris, mentre que la major part dels alumnes aprenia els continguts experimentals mitjançant la lectura de llibres i les explicacions i demostracions dels professors i els seus ajudants. La situació va canviar de nou amb l'arribada de noves idees pedagògiques, com ara el mètode heurístic, defensat pel científic britànic Henry Edward Armstrong, que postulava la transformació de l'estudiant en un científic en miniatura que podia descobrir les lleis físiques amb experiments fets pels alumnes amb la guia del professor. Al Finsbury College, Armstrong donava als estudiants

instruccions precises per fer una llarga llista d'experiments senzills que servien per introduir la terminologia química i els conceptes bàsics. Els primers experiments giraven entorn de l'aire i l'aigua (substàncies suficientment familiars per als estudiants), després introduïa les substàncies elementals (inicialment l'oxigen, l'hidrogen, etc.) i avançava d'aquesta manera fins als conceptes teòrics.

Altres moviments posteriors, particularment centrats en l'ensenyament elemental, defensaren al principi del segle XX la creació d'instruments senzills per part dels mateixos alumnes i l'ús d'exemples de la natura i de la vida quotidiana. Les col·leccions històriques d'instruments dels nostres instituts actuals mostren perfectament aquests canvis en la cultura material de l'aula. Només cal comparar els instruments de la darrereria del segle XIX i del principi del segle XX, pensats per a les demostracions experimentals fetes pels professors, amb els que arribaren pels anys 1950 i 1960, molts d'ells fabricats conjuntament per l'Institut Torres Quevedo i l'empresa ENOSA i que proposaven experiències senzilles fetes pels estudiants. A la Gran Bretanya del principi del segle XX, inspirats pel mètode heurístic d'Armstrong, els fabricants d'instruments van comercialitzar tota una col·lecció d'instruments senzills que podien ser fàcilment construïts pels alumnes. El lema emprat per un d'aquests fabricants és suficientment indicatiu del plantejament didàctic: «Every Boy & Girl, A Scientist».

### Instruments de paper, eines didàctiques i mecanismes de control

Els llibres de física i química del segle XIX estaven replets d'imatges d'instruments i d'experiments que eren un component

825. Se propone medio pie cúbico de otra mezcla de gas oxígeno y de azoe, que se quiere tambien analizar mediante el eudiometro de Volta. Despues de haber trasladado la mitad de la mezcla gasosa al tubo del instrumento con un volúmen igual de hidrógeno, y de haberla inflamado á favor de la chispa eléctrica, el volúmen del residuo despues de la combustion se halló equivalente á 216 partes.

Se pregunta cuántas pulgadas cúbicas de oxígeno y de azoe habia en el gas misto sometido á la esperiencia?

Resp. Debia haber 432 pulgadas cúbicas de azoe y 216 de oxígeno.

826. En una campana cilíndrica esactamente graduada y colocada en la tablita del baño de agua, se mezcló medio pie cúbico de aire atmosférico con volúmen igual de deutóxido de azoe.

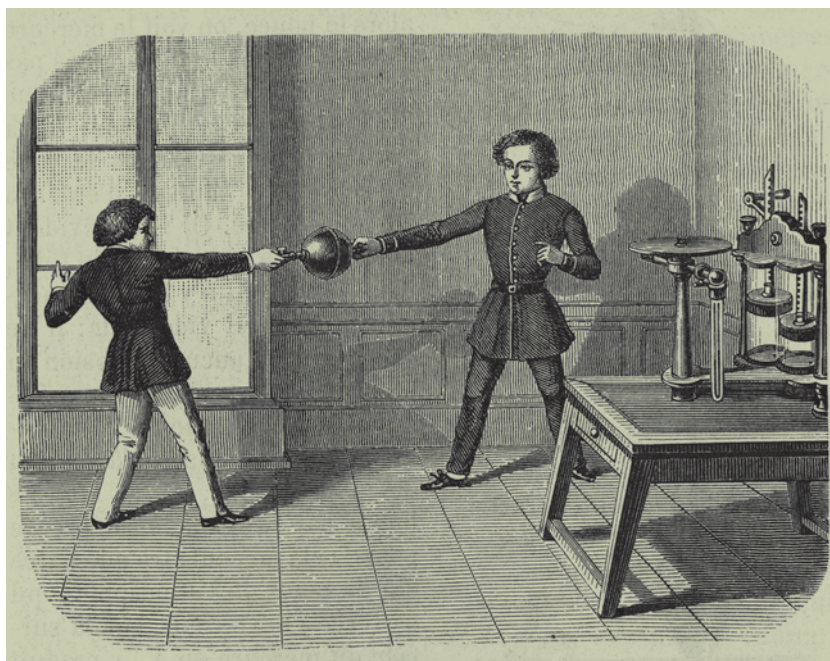
Se pregunta cuál debe ser sobre poco mas ó menos la absorcion despues de la combinacion y el restablecimiento de la temperatura primitiva, y cuál será la composicion del gas residuo?

Se prescinde de la porcion de deutóxido que se disuelve en el agua, y del efecto producido por la pequeña diferencia de nivel entre el agua exterior y interior.

Resp. La absorcion deberá ser igual á 725,76 pulgadas cúbicas, y las 1002,24 pulgadas de gas residuo estarán formadas de 682,56 de azoe y 319,68 de deutóxido.

*Problemas d'eudiometria procedents del llibre J. Mieg (1840), Colección de problemas y cuestiones sobre la física y la química, Madrid, Pedro Sanz.*

bàsic de l'ensenyament d'aquestes ciències en aquell període. A més, els llibres utilitzaven tot un ventall de recursos didàctics que podríem anomenar *aparells de paper*, allò que James Clerk Maxwell designava com «the familiar apparatus of pen, ink and paper» per referir-se a les eines fonamentals de la física matemàtica. Tot i que la química és una ciència experimental, també disposa d'aquests «aparells» fets amb llapis, tinta i paper. Hem esmentat ja a l'altre treball les famoses taules d'afinitats que organitzaren la informació química del segle XVIII. Al llarg del segle XIX, els «instruments de paper» que van transformar l'ensenyament de la química foren les fórmules introduïdes per Jacob Berzelius, que esdevingueren clau per al desenvolupament de la química orgànica per les dècades de 1830 i 1840, tal com ha mostrat la historiadora Ursula Klein. Aquestes fórmules indicaven inicialment la suposada quantitat d'àtoms d'elements als compostos i permetien fer més senzills els càlculs estequiòmètrics, a més de donar una informació més ràpida sobre la composició de les substàncies. Més endavant, van ser utilitzades per a la classificació de les substàncies, especialment en química orgànica. Pel darrer terç del segle XIX, aparegueren als llibres de text les noves fórmules espacials i estructurals que permeteren la difusió de conceptes com la *isomeria* o la *tetravalència del carboni*. A més, aquestes noves fórmules suposaren una presència implícita de la teoria atòmica de Dalton, malgrat els debats al voltant dels diferents sistemes de pesos atòmics o sobre l'existència o no dels àtoms. Una vegada consolidades, l'ús d'aquestes fórmules esdevingué fins a l'actualitat un dels trets més característics dels llibres de química. Pel segle XX,



*Esferes de Magdeburg i màquina pneumàtica. Procedent del llibre A. Ganot (1875), Cours de physique purement expérimentale et sans mathématiques..., Paris, L'Auteur.*

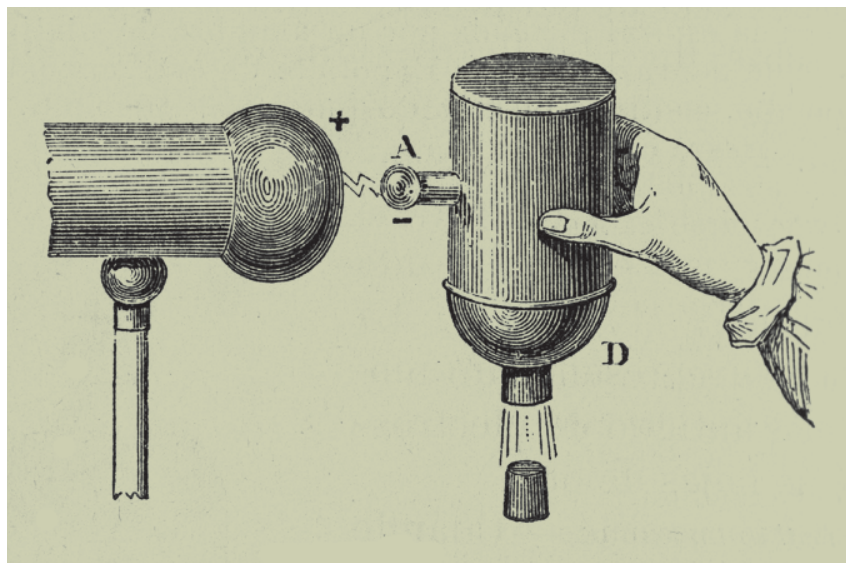
aquestes fórmules han estat complementades amb les representacions introduïdes per Gilbert L. Lewis l'any 1902, amb la intenció d'explicar les propietats periòdiques, les valències principals dels elements i, més endavant, amb un treball publicat l'any 1916, la formació de combinacions químiques, explicades amb la idea de compartició d'un parell d'electrons. Aquestes fórmules, introduïdes abans de l'aparició de la mecànica quàntica, han continuat als llibres de química fins a l'actualitat, gràcies en part al fet d'haver estat adoptades per Linus Pauling en els seus influents manuals ja esmentats. Aquestes representacions tenen moltes similituds amb els instruments materials pel que fa al seu aprenentatge i al seu posterior ús com a eina intel·lectual, tal com ha mostrat l'estudi de David Kaiser sobre la difusió dels diagrames de Feynman en la física nord-americana del segle XX.

Les fórmules químiques, els diagrames de Lewis, les equacions químiques o els diagrames

de Feynman són la base d'una altra característica fonamental de l'educació científica dels darrers segles: els problemes. Tal com apuntava Thomas Kuhn, «el procés d'aprenentatge d'una teoria depèn de l'estudi de les seves aplicacions, que inclouen la pràctica de resolució de problemes, tant de llapis i paper com experimentals». Dit d'una altra manera: en finalitzar la seva formació, els estudiants de ciències rarament han estudiat una definició precisa dels principals conceptes (força, energia, quantitat de matèria, equilibri químic, etc.) ni tampoc dels diferents punts de vista i debats referents a aquestes qüestions, com solen fer els seus companys d'història o de filosofia. Aquests conceptes han estat generalment estudiats durant els darrers segles mitjançant conjunts de problemes que, suposadament, obliguen els estudiants a aplicar les idees fonamentals. La naturalesa, les funcions i les característiques d'aquests problemes han variat al llarg dels darrers segles, però és

poc allò que coneixem en relació amb aquestes transformacions. Podem trobar exemples de problemes de física, tant pràctics com escrits i orals, als llibres del segle XVIII, particularment pel que fa a temes relacionats amb la matemàtica aplicada, el dibuix geomètric, l'arquitectura, la gestió de les aigües o l'enginyeria. De vegades, aquests problemes eren la base dels exàmens escrits o orals emprats per a la selecció de professors d'ensenyament secundari, arquitectes, enginyers, forestals, etc. Els problemes de química són una mica posteriors i, amb les característiques que hem esmentat, el seu desenvolupament coincideix amb la creixent quantificació de la química per la darrer part del segle XVIII.

Un dels primers llibres en castellà dedicats als problemes de física i química va ser publicat l'any 1840 per Juan Mieg, professor d'origen centreeuropeu resident a Madrid. Conté gairebé mil problemes, molts d'ells relacionats amb fenòmens de la vida quotidiana i que tracten les principals lleis de la dinàmica, de la gravitació, de la hidrostàtica, de l'electricitat, de l'òptica i de la química, entre d'altres. Un repàs de les qüestions de química ens donarà una idea de la gran distància entre aquests problemes i els actuals. Mieg plantejava qüestions curtes respecte de la formació de «tintes simpàtiques», com ara fabricar panys impermeables, les tècniques de gravats químics, etc. També hi havia tota una sèrie de càlculs d'anàlisi química i del resultat previst per a determinades operacions, tot i que sense utilitzar les fórmules químiques o els pesos atòmics, tal com ja era habitual a l'època. La introducció de les fórmules i de les equacions químiques que hem descrit abans va crear nous tipus de problemes que acabarien consolidant-se als



Una versió de la «pistoleta de Volta» procedent del llibre A. Ganot (1896), *Tratado elemental de física*, París, Bouret.

llibres de text de química, amb les qüestions relacionades amb el que avui dia s'anomena *estequiometria*. La resolució d'aquests problemes suposava emprar determinades tècniques matemàtiques i procediments pautats que han variat al llarg de les dècades. D'altra banda, alguns exercicis pràctics, com ara els experiments amb la màquina d'Atwood o les anàlisis eudiomètriques, es transformaren en problemes «de paper», de vegades sense cap contacte amb els instruments originals, que ja havien deixat de ser emprats en l'ensenyament de la química.

Els problemes han estat un dels fonaments més importants dels coneixements exigits als estudiants de química per tal de superar els exàmens. També aquestes proves tenen la seva història. Amb un conegut estudi, Andrew Warwick ha mostrat els canvis dels continguts i de les pràctiques de l'ensenyament de la física matemàtica a Cambridge, com a conseqüència de l'abandonament dels exàmens orals i de la realització de proves escrites («the shift from a culture of reading and oral discourse to

one of writing on paper»). Al llarg del segle XVIII, els exercicis orals, de vegades realitzats amb l'assistència d'un públic curiós per la ciència, eren habituals en moltes universitats europees i en una bona part de les matèries. A l'inici de l'any 1805, la Universitat de València va organitzar un concurs de química amb el suport d'un aficionat a les ciències que va oferir un premi al guanyador. Els candidats havien de respondre tres qüestions triades a l'atzar del popular manual de química de Pierre Macquer, tot ampliant la informació amb la «doctrina de los gases descubierta posteriormente» i fent servir la nova nomenclatura química. Els candidats també podien ser interrogats pels examinadors i havien de «responder a los reparos y dificultades que les propongan los examinadores sobre los puntos que explicuen, y sobre las mismas explicaciones», segons descriu la notícia apareguda al *Diario de Valencia* pel juny del 1805. Els premis i concursos públics eren habituals. Per l'hivern del 1788, els estudiants de farmàcia dels hospitals de Madrid foren convocats a un concurs públic sota la

supervisió del comte de Montijo i de Casimiro Gómez Ortega, apotecari del rei. El guanyador del concurs, Antonio de la Cruz, va presentar una dissertació sobre la fabricació d'essències que començava amb una discussió de les idees antigues sobre aquest problema, tot centrant-se en les idees de Herman Boerhaave i de Pierre Macquer sobre l'aroma o «esperit rector». L'estudiant va disculpar-se per no emprar la «nueva nomenclatura química», perquè, «no estando aún muy extendida, y siendo su punto totalmente farmacéutico, se había propuesto la denominación más general y comprensible». Finalment, va explicar les dificultats per a l'elaboració d'aquestes aigües aromàtiques a Espanya, tant pel prestigi dels productes estrangers com per les imperfeccions dels mètodes de destil·lació dels aiguardents. Com en el cas anterior, el concurs va ser llargament descrit a la premsa local, al *Memorial Literario* del juny del 1788, la qual cosa mostra l'existència d'un públic molt ampli interessat a assistir a aquests exercicis i a conèixer els continguts de les dissertacions.

Aquests dos exemples mostren la gran diferència entre aquestes proves i els mètodes d'avaluació emprats més generalment en l'actualitat. Els exàmens actuals són actes privats, individuals i escrits, en contrast amb aquests concursos públics, col·lectius i orals. Tal com ha mostrat Warwick, que ha analitzat aquesta qüestió en l'àmbit de la física matemàtica, aquests canvis en les proves d'avaluació comportaren nous objectius formatius associats a noves formes d'ensenyament i a noves pràctiques d'estudi. Als exàmens orals, la capacitat memorística i les habilitats oratòries dels candidats eren fonamentals, tant per pre-

sentar ordenadament els continguts dels manuals com per respondre els examinadors. De vegades, particularment en el cas dels estudiants de farmàcia, els candidats havien de repetir experiments o realitzar petites preparacions químiques, la qual cosa comportava una formació prèvia al laboratori. La desaparició d'aquestes proves orals i pràctiques i l'arribada de les noves proves escrites està associada amb la generalització dels nous problemes de física i química durant la segona meitat del segle XIX. Amb aquestes proves, els estudiants havien de mostrar la seva habilitat per resoldre qüestions amb un aparell matemàtic cada vegada més sofisticat i que difícilment es podia incloure als exàmens orals. Les experiències pràctiques foren substituïdes per la resolució de problemes amb «instruments de paper» i la reproducció d'una sèrie de procediments pautats que permetien obtenir una resposta correcta, tot i que, de vegades, amb poca relació amb els resultats dels experiments al laboratori. Els canvis en les proves d'avaluació, doncs, suposaren una transformació molt important en els continguts ensenyats a les

**Les experiències pràctiques foren substituïdes per la resolució de problemes amb «instruments de paper» i la reproducció d'una sèrie de procediments pautats que permetien obtenir una resposta correcta, tot i que, de vegades, amb poca relació amb els resultats dels experiments al laboratori**

aules de ciències i en els mètodes pedagògics associats.

### Conclusions

De la mateixa manera que en el cas dels mètodes d'avaluació, hem comprovat la gran variació de les característiques dels llibres de text de química durant els darrers tres segles. Han canviat els autors, els editors i els públics destinataris, els mercats editorials i les lleis de control del llibre, les disciplines escolars, les institucions i les polítiques educatives, els continguts dels textos, la seva seqüenciació, la cultura material de l'aula, els usos dels experiments com a eina didàctica, etc. També han variat altres aspectes dels llibres de text que hem deixat de banda per motius d'espai, com, per exemple, la imatge de la història de la química, les concepcions ideològiques o els biaixos de gènere que transmeten, de vegades, d'una manera implícita. En definitiva, tal com hem indicat a l'inici d'aquest treball, els estudis sobre la història de l'ensenyament de les ciències mostren que no hi ha una pràctica educativa invariable que es pugui identificar com a «model tradicional» de l'ensenyament de les ciències, un model al qual oposar-se o al qual donar suport amb condescendència. Les reconstruccions actuals d'aquest model (paradís perdut per als uns, rêmora del passat per als altres) són interessades i indiquen ben clarament les idees dels seus partidaris o detractors, els quals rarament mostren interès per la diversitat de les pràctiques pedagògiques del passat.

Tot i que telegràficament, hem mostrat exemples de l'ampli ventall de discussions, de problemes i de respostes que han estat formulats pels protagonistes principals del procés educatiu al llarg dels darrers segles i que han



## Els estudis dels canvis en les pràctiques educatives permeten repensar les condicions que faciliten (o que dificulten) les innovacions educatives

estat recentment estudiats amb cura per una nova generació d'historiadors de la ciència, més preocupats per les pràctiques quotidianes de la ciència en el seu context social i cultural. Tal com passa en altres històries especialitzades (la història econòmica o la història política), la història de l'ensenyament de les ciències pot obrir un espai de reflexió als professors de ciències actuals. Els llibres de text de química del segle XIX, per exemple, ofereixen una gran varietat d'experiències didàctiques que seria absurd de rebutjar, com també seria poc intel·ligent el fet de menysprear la gran quantitat de reflexions i de propostes ofertes pels professors que hem revisat. Al mateix temps, la història de l'ensenyament de les ciències reviscola una gran varietat de situacions, molt diferents de les actuals, que proporcionen un referent extern a partir del qual podem observar els problemes del present, amb la suficient distància i perspectiva com per propiciar una reflexió crítica i la recerca de noves alternatives. Finalment, els estudis dels canvis en les pràctiques educatives permeten repensar les condicions que faciliten (o que dificulten) les innovacions educatives. D'aquesta manera, resulta possible el fet de renovar el paper de la història en l'ensenyament de les ciències i superar la limita-

ció en l'estudi de l'evolució històrica dels conceptes, en la reconstrucció imaginària d'experiments considerats crucials o en les dades biogràfiques d'un grup reduït de grans herois (rarament heroïnes) de la química. Aquestes aproximacions ja han estat abandonades per la història acadèmica i són d'una utilitat didàctica molt dubtosa. L'estudi de la ciència en acció i l'anàlisi de les pràctiques científiques a tots els escenaris on es desenvolupa, incloent les aules de ciències, pot ajudar a un nou ús didàctic de la història molt més interessant i productiu, tot servint, al mateix temps, per enriquir els debats actuals pel que fa als mètodes d'ensenyament de les ciències.

### Bibliografia

Tal com hem indicat a l'anterior treball, per motius d'espai hem recollit la bibliografia d'aquests dos articles a la pàgina web <http://www.uv.es/bertomeu/hmanuals>. Les principals obres esmentades en aquest article són les següents:

- BENSAUDE-VINCENT, B.; GARCÍA BELMAR, A.; BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R. (2003). *L'émergence d'une science des manuels. Les livres de chimie en France (1789-1852)*. París: Éditions des Archives Contemporaines.
- BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R.; GARCÍA, A. [ed.] (2002). *Obrint les caixes negres*. València: PUV.
- GOLINSKI, J. (1992). *Science as public culture: Chemistry and enlightenment in Britain, 1760-1820*. Cambridge: Cambridge University Press.
- KAISER, D. [ed.] (2005a). *Pedagogy and the practice of science: Historical and contemporary perspectives*. Boston: MIT.

- (2005b). *Drawing theories apart: The dispersion of Feynman diagrams in Postwar physics*. Chicago: Chicago University Press.
- KLEIN, U. (2003). *Experiments, models, paper tools: Cultures of organic chemistry in the Nineteenth Century*. Stanford: Stanford University Press.
- LUNDGREN, A.; BENSAUDE-VINCENT, B. [ed.] (2000). *Communicating chemistry. Textbooks and their audiences, 1789-1939*. Canton: Science History Publications.
- OLESKO, K. M. (1991). *Physics as a calling: Discipline and practice in the Königsberg seminar for physics*. Ithaca: Cornell University Press.
- RUDOLPH, J. L. (2002). *Scientists in the classroom: The Cold War reconstruction of American science education*. Nova York: Palgrave.
- WARWICK, A. (2003). *Masters of theory: Cambridge and the rise of mathematical physics*. Chicago: Chicago University Press.



**José Ramón Bertomeu Sánchez**

és professor titular del Departament d'Història de la Ciència i Documentació de la Universitat de València. Ha escrit nombrosos articles sobre història de la química, en particular, sobre els manuals escolars, els instruments científics i les pràctiques didàctiques; darrerament, ha centrat la seva recerca en el desenvolupament de la toxicologia i en l'obra del químic menorquí Mateu Orfila. És director del projecte d'investigació «La ciència a les aules del segle XIX» (HUM2006-07206-C03-02).  
A. e. Jose.R.Bertomeu@uv.es.

1. Antoine de LAVOISIER, *Tractat elemental de química*, ed. a cura d'Agustí Nieto-Galan, Barcelona, Institut d'Estudis Catalans, 2000, col·l. «Clàssics de la Ciència», núm. 6, p. 9.