

# Didàctica en la química: Recerca didàctica, innovació curricular i ensenyament de la química a l'educació secundària a Catalunya al començament del segle XXI

Aureli Caamaño

*IES Barcelona-Congrés; Subdirecció General de Formació Permanent, Departament d'Ensenyament, [acaamano@pie.xtec.es](mailto:acaamano@pie.xtec.es)*

L'ensenyament de la química a l'educació secundària ha experimentat canvis importants a les dues últimes dècades, motivats, d'una banda, pels canvis curriculars i estructurals que ha implicat el procés de reforma del sistema educatiu, i, d'altra banda, pels resultats de la investigació didàctica i de les noves tendències en l'ensenyament de les ciències. L'objectiu d'aquest article és valorar breument els avenços aconseguits en el camp de l'ensenyament de la química en aquestes dues últimes dècades i els canvis que han tingut lloc en el currículum de química de l'ensenyament secundari al començament d'aquest nou segle.

The teaching of chemistry in secondary education has undergone great changes in the last two decades. These were brought about, on the one hand, as a result of changes in the curriculum and structure envisaged in the reforms of the educational system. They were also introduced in response to the results of research on teaching and new tendencies in the teaching of science. This article reviews and evaluates the changes made in the teaching of chemistry in secondary schools in the past two decades as a result of educational reforms and teaching research.

## Introducció

La química ha tingut un desenvolupament extraordinari al llarg del segle xx: síntesi de noves substàncies, anàlisi química i determinació d'estructures cada cop més complexes, descobriments de nous catalitzadors, obtenció de polímers i de nous materials i avenços en el coneixement de com i per què tenen lloc les reaccions, que han influït en molts camps interdisciplinaris: les ciències de la vida i de la Terra, la ciència dels nous materials, la química agrícola, la química farmacèutica, etc. La divulgació d'aquests desenvolupaments i les seves repercussions socials no s'han vist incorporats al currículum de química del batxillerat amb la intensitat que hauria estat desitjable (Caamaño, 2001a).

Els processos de reforma dels sistemes educatius i del currículum en l'educació secundària, tant en l'etapa obligatòria com en el batxillerat, han modificat els objectius de l'àrea de les ciències experimentals en general i de la química en particular. La finalitat d'una ciència per a tots, és a dir, una ciència per a la ciutadania, i l'objectiu d'alfabetització científica de la població han fet disminuir la importància dels continguts disciplinaris i han situat en un camp més prioritari la comprensió pública de la ciència, les activitats de resolució de problemes i el desenvolupament d'actituds crítiques i responsables per valorar les implicacions socials de la ciència (Membiela, 2001).

D'altra banda, els resultats de la investigació en didàctica de les ciències i les experiències d'innovació curricular han proporcionat fonaments per comprendre millor les dificultats que es presenten en l'aprenentatge de la química, alhora que han proporcionat estratègies per portar a terme d'una manera més

eficaç l'ensenyament de la química (De Jong, 1996; Gabel, 1999; Herron i Nurrenbern, 1999; Gil i Pessoa, 2000; Caamaño, 2001b).

## Recerca didàctica i ensenyament de la química

Els anys 1970 i els primers vuitanta varen estar marcats per propostes de canvi en l'ensenyament tradicional de la química basades en el model didàctic del descobriment orientat, del qual el projecte anglès «Química Nuffield» va ésser un exemple paradigmàtic. Es tractava de posar els estudiants en situació de descobrir les regularitats i les lleis de la química a partir del treball experimental, realitzat en grup i guiat pel professor o professora, generalment amb l'ajut d'una guia de treball escrita.

Les noves concepcions constructivistes sobre la naturalesa de la ciència i sobre la naturalesa de l'aprenentatge van convergir a mitjan anys vuitanta per posar en qüestió el mètode del descobriment orientat i per centrar l'atenció de la recerca didàctica i dels mètodes d'ensenyament en les idees o concepcions prèvies dels estudiants i els models de canvi conceptual. D'altra banda, la millor orientació dels treballs pràctics, les estratègies per a la resolució de problemes, el llenguatge i la comunicació a les classes de ciències i la funció d'una avaluació formadora han estat també els grans camps investigats en aquestes dues últimes dècades.

## Les concepcions alternatives i les dificultats conceptuals

Les idees dels estudiants sobre els fenòmens físics i químics van resultar ésser diferents en molts aspectes respecte als conceptes científics que es pretenien ensenyar en el currículum escolar; per això es van anomenar concepcions alternatives. Els resultats de les investigacions portades a terme van mostrar que aquestes concepcions tenien un cert nivell de coherència interna, tot i que no sempre eren consistents; és a dir, que podien ésser utilitzades de manera diferent segons el context, que estaven dominades per la percepció sensorial i per la interpretació superficial de les experiències de la vida quotidiana, que eren construccions personals, tot i que de vegades guardaven un cert paral·lelisme amb les primeres concepcions científiques en la història de la ciència, i que eren molt resistents a ésser modificades per l'ensenyament formal (Autors diversos, 1995a).

Les causes que es van proposar per explicar l'origen d'aquestes concepcions alternatives van ésser diverses: domini de la percepció sensorial, formes de raonament superficial, formes inapropiades de pensament analògic, interferències del llenguatge de la vida quotidiana, visions errònies transmeses pels llibres de text i pels mateixos professors, etc. (Pozo *et al.*, 1991).

A poc a poc es va anar modificant la visió de l'aprenentatge escolar dels conceptes i va anar adquirint importància una visió centrada en la construcció personal dels conceptes en un context social d'interacció amb la resta d'estudiants i amb el professor, en el qual tenia una rellevància especial la comprensió dels fenòmens i de les experiències mitjançant els recursos del llenguatge: els termes metafòrics, les analogies, les explicacions, les interpretacions, les hipòtesis, l'argumentació, etc.

Conèixer les idees o concepcions alternatives dels estudiants era un pas previ, però insuficient, per aconseguir l'objectiu del canvi conceptual dels estudiants. Calia establir les condicions que afavorissin aquest canvi i dissenyar estratègies didàctiques apropiades. Alguns autors van proposar que per aconseguir el canvi conceptual en els estudiants calia afavorir l'explicitació de les seves idees, provocar insatisfacció respecte de les seves concepcions i oferir-los alternatives intel·ligibles que poguessin ésser incorporades al seu coneixement mitjançant estratègies d'intercanvi o d'integració.

Al començament dels anys noranta van irrompre a l'escenari de l'ensenyament de les ciències els resultats de les investigacions portades a terme durant la dècada anterior sobre les concepcions alternatives dels estudiants. Gairebé per a cada un dels conceptes fonamentals de física i de biologia que s'estudien a l'ensenyament secundari s'havien identificat concepcions alternatives dels estudiants. La investigació de les concepcions químiques i geològiques va completar-se amb un cert retard respecte de les físiques i biològiques.

Tanmateix les dificultats dels estudiants en l'aprenentatge dels conceptes químics (Furió i Furió, 2000) no podien atribuir-se únicament a les concepcions prèvies d'aquells, perquè, d'una banda, l'experiència quotidiana sobre els fenòmens químics és més limitada que en el cas dels fenòmens físics o naturals, i, d'altra banda, la majoria dels conceptes químics remetien a un món microscòpic no visible. Tanmateix l'aprenentatge dels conceptes químics dins el marc escolar sí que genera concepcions alternatives que impliquen dificultats conceptuals en aprenentatges posteriors.

Algunes de les causes que s'han apuntat en la literatura didàctica per explicar les dificultats en l'aprenentatge dels conceptes i les teories químiques són les següents:

- L'existència de diferents nivells de descripció de la matèria –macroscòpic i microscòpic– amb diferents entitats i conceptes associats a cada un. La dificultat està en els salts constants que l'estudiant ha de fer entre aquests dos nivells per poder interpretar les propietats de les substàncies i dels materials en funció de la seva estructura.
- La complexitat del nivell de representació simbòlica i gràfic utilitzat per descriure i interpretar la composició i l'estructura de la matèria mitjançant símbols, fórmules empíriques i moleculars, fórmules estructurals, diagrames atòmics i multiatòmics, models moleculars, etc. (Caamaño, 1993).
- L'ús de diferents models i teories en successives versions al llarg de l'ensenyament de la química (teoria corpuscular, teoria atomicomolecular, teoria cineticomolecular, diferents models de l'estructura interna de l'àtom i de l'enllaç químic, etc.).

Dues de les àrees conceptuals essencials de la química àmpliament estudiades han estat l'estructura de la matèria (Autors diversos, 2000) i el canvi químic (Autors diversos, 1998).

Respecte a aquestes àrees destacarem les següents dificultats conceptuals detectades:

- Acceptar el caràcter discontinu de la matèria, atesa la seva aparença macroscòpica contínua.
- Acceptar l'existència del buit entre les partícules, un cop incorporada la idea de partícula microscòpica com a entitat constituent de la matèria.
- Comprendre el moviment intrínsec de les partícules microscòpiques, en contraposició amb l'experiència quotidiana, en la qual percebem que el moviment continu dels objectes requereix una força aplicada continuadament.
- Comprendre que les substàncies simples (anomenades sovint elements) poden estar formades per molècules ( $O_2$ ,  $P_4$ ,  $S_8$ ) i estructures gegants (Fe, C), a més d'estar-ho per àtoms (He), i que els compostos poden estar formats per estructures gegants (com el NaCl o el  $SiO_2$ ), a més d'estar-ho per molècules ( $H_2O$ ).
- Comprendre el caràcter evolutiu i instrumental dels models per poder-los utilitzar correctament, superant la visió empirista i inductivista que els estudiants poden tenir sobre l'adquisició del coneixement.
- Comprendre que en els canvis químics s'obtenen substàncies noves formades per molècules o estructures gegants diferents de les dels reactius, com a conseqüència del trencament i la formació d'enllaços.

Altres investigacions s'han centrat en les dificultats dels estudiants en la interpretació de les equacions químiques, la quantitat de substància i el mol, l'equilibri químic, les reaccions àcid-base, les reaccions redox i els processos electroquímics.

## Treballs pràctics

L'eficàcia dels enfocaments tradicionals dels treballs pràctics s'ha posat en qüestió (Hodson, 1994; Izquierdo, Sanmartí i Espinet, 1999), mentre que s'ha destacat la conveniència d'utilitzar treballs pràctics oberts de caràcter investigatiu. També s'ha ressaltat la importància de la diversificació dels tipus de treballs pràctics utilitzats (Caamaño, 1992). Alguns dels treballs pràctics recomanats han estat: les experiències, per viure els fenòmens; els experiments il·lustratius per exemplificar els principis; els exercicis pràctics per aprendre tècniques i habilitats pràctiques de mesura, i les investigacions, per donar als

estudiants l'oportunitat de treballar com a científics en la resolució de problemes.

El projecte britànic APU (Assesment Performance Unit) va escometre a la segona meitat de la dècada dels anys 80 la tasca d'avaluar les habilitats requerides als estudiants per resoldre investigacions experimentals. Es va definir la resolució de problemes com un procés que tenia lloc a través d'una sèrie d'etapes:

1. Generació del problema i percepció del seu significat.
2. Reformulació en una forma adequada per a ésser investigat.
3. Planificació del treball experimental.
4. Realització de l'experiment.
5. Tractament dels resultats de la manera apropiada.
6. Interpretació dels resultats i elaboració de conclusions.
7. Avaluació de tot el procés.

Altres projectes (APWIS, Assesment of Practical Work in Science 1988; OPENS, Open work in science 1992; AKSIS: ASE-King's College Science Investigations in Schools 2000) han estudiat els factors que condicionen el grau d'obertura de les investigacions i el seu nivell de dificultat. S'ha pogut comprovar que el nivell de dificultat d'un treball pràctic investigatiu depèn de la càrrega conceptual del problema a resoldre, de la complexitat del procediment experimental i del context en què es planteja la investigació. També influeix la manera en què el problema és presentat (el redactat de l'enunciat), les indicacions sobre el material que es pot utilitzar i les ajudes que es proporcionen al llarg de la investigació.

La introducció de treballs pràctics de caràcter investigatiu a l'aula requereix per part del professorat l'habilitat de convertir els guions tancats de les pràctiques tradicionals en guions oberts i d'organitzar la realització d'aquests treballs en tres fases: 1. Comprensió de l'objectiu de la investigació i planificació del mètode a seguir; 2. Realització del treball experimental i tractament de les dades; 3. Avaluació dels resultats i comunicació de les conclusions. Actualment s'està portant a terme des del Departament d'Ensenyament un programa per a la millora dels treballs pràctics al laboratori que té com un dels seus objectius aconseguir una obertura més gran en el tipus de treballs pràctics que es fan en les matèries de física i de química al batxillerat.

## Resolució de problemes

La forma tradicional d'ensenyar a resoldre problemes de paper i llapis consisteix a mostrar el camí de resolució i practicar amb casos similars fins que resultin familiars als estudiants. En aquest esquema la tasca del professor queda reduïda a ensenyar l'alumne a identificar o reconèixer problemes tipus, a transformar-los en exercicis i a facilitar-li els algorismes de resolució. Tanmateix la resolució de veritables problemes requereix tractar-los com a activitats d'investigació, amb un enfocament anàleg al descrit per a les investigacions pràctiques.

En la resolució de problemes de paper i llapis de tipus investigatiu, les etapes 1, 2, 6 i 7 de la classificació anterior del projecte APU continuen essent vàlides, però el disseny experimental, la realització de l'experiment i el tractament dels resultats (etapes 3, 4 i 5) han d'ésser substituïts per la recerca de les estratègies de resolució adequades i per l'aplicació d'aquestes estratègies.

S'han efectuat moltes investigacions entorn de la resolució de problemes. La literatura mostra bàsicament dues orientacions teòriques: l'associada a l'observació de com els experts resolen els problemes amb relació als novells, i la que podríem anomenar *orientació algorítmica*, que pretén facilitar la resolució dels problemes transformant-los en situacions estàndard que puguin resoldre's mitjançant operacions rutinàries.

S'ha comprovat que els bons resolvents de problemes són persistents: llegeixen el problema acuradament, el descomponen en diverses etapes, organitzen el seu treball de manera que en qualsevol moment puguin tornar a un punt anterior, sempre revisen el que han fet i utilitzen representacions mentals, que plasmen en dibuixos i anotacions. S'han proposat diferents models per a la resolució de problemes de paper i llapis, basats en els resultats d'aquestes investigacions encaminades a caracteritzar el comportament dels bons resolvents de problemes.

Aquests models proposen una sèrie d'etapes per resoldre els problemes. Les etapes del procés de resolució són:

1. La comprensió del problema.
2. La planificació de l'estratègia de resolució.
3. La resolució.
4. L'anàlisi de la solució i la verificació de les estratègies.

Diversos autors (Autors diversos, 1995b) han fet consideracions i recomanacions per a cada una de les etapes descrites, com ara:

- La importància de l'actitud de l'estudiant i del professor.
- L'interès de la utilització d'enunciats sense dades numèriques.
- La conveniència d'emprar estratègies per ajudar a la comprensió del problema.
- La necessitat de fer una representació gràfica i simbòlica del sistema.
- L'interès de fer una resolució qualitativa prèvia del problema amb les hipòtesis pertinents.
- La conveniència de fer una representació prèvia de les etapes de resolució mitjançant mapes o rutes de resolució.
- La necessitat d'utilitzar una terminologia correcta en l'expressió de les magnituds i dels càlculs realitzats, i també d'un nombre de xifres significatives adequat.
- La conveniència d'emprar estratègies d'avaluació del resultat.

La utilització dels models de resolució de problemes oberts determina canvis substancials en la manera de presentar i d'ajudar a resoldre els problemes als estudiants. Una primera tasca per al professor és la conversió dels enunciats tradicionals dels problemes en altres que converteixin la seva resolució en un problema obert.

## Llenguatge i comunicació

El llenguatge científic constitueix el vehicle de comunicació per exposar, discutir i debatre les idees científiques, amb una precisió més gran que la que ofereix el llenguatge de la vida quotidiana. Tanmateix aquest llenguatge, que és ple de significat per al professorat de ciències, no ho és tant per als estudiants. La importància del llenguatge verbal i visual a les classes de ciències ha estat ressaltada recentment en una gran quantitat de treballs (Autors diversos, 1997; Sanmartí, Izquierdo i Garcia, 1999). Aquests treballs mostren les dificultats dels estudiants en la comprensió dels missatges orals i escrits i indiquen la necessitat de plantejar-se explícitament l'ensenyament de la lectura, l'escriptura i la comunicació oral en l'àmbit de les ciències.

La importància de l'element lingüístic en l'aprenentatge d'una disciplina com la química amb un vocabulari molt específic per anomenar substàncies, magnituds fisicoquímiques, aparells, mètodes, etc., és evident. Tanmateix és important que aquest element no sigui imposat supraestructuralment, sinó que es defineixi i es desenvolupi paral·lelament als coneixements als quals dona accés i que ajuda a formar.

Molts autors han criticat la concepció que atribueix al llenguatge científic una funció fonamentalment descriptiva, neutra i independent de les persones que l'utilitzen i s'han manifestat a favor de considerar el llenguatge un instrument per posar a prova idees, per imaginar-se models i per interpretar els fets, és a dir, a favor d'una visió del llenguatge que destaquï la seva funció formadora de teoria.

En el camp de la terminologia científica, és tradició a les classes de química atorgar una gran importància a l'aprenentatge de la nomenclatura i de la formulació química; tanmateix s'oblida sovint la importància d'explicitar i justificar els termes que s'utilitzen per definir els conceptes i la importància d'un ús correcte dels símbols de les magnituds fisicoquímiques i de les normes d'expressió de les fórmules físiques (Caamaño, 1998).

Alguns dels problemes o dificultats detectats en l'aprenentatge i en l'ús de la terminologia dels conceptes químics són els següents:

- L'ambigüitat o polisèmia que de vegades presenta el llenguatge químic. Per exemple, el terme *element*, segons el context, s'utilitza amb el significat de substància simple o de tipus d'àtom.
- L'absència d'un terme apropiat per designar i interpretar una entitat en un determinat nivell estructural de la matèria. Per exemple, així com podem dir que les substàncies moleculars ( $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ) estan formades per molècules ( $\text{H}_2\text{O}$ ), en les substàncies iòniques o covalents ( $\text{NaCl}(\text{s})$ ,  $\text{SiO}_2(\text{s})$ ) no disposem d'un terme àmpliament acceptat per descriure el significat microscòpic d'aquestes fórmules ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{SiO}_2$ ), és a dir, el parell de ions de signe contrari ( $\text{Na}^+\text{Cl}^-$ ) o el conjunt d'àtoms ( $\text{OSiO}$ ) que defineixen la composició atòmica de l'estructura gegant, si bé s'ha proposat el d'*unitat-fórmula*.
- La interferència del significat de termes que també s'utilitzen en el llenguatge comú, però amb un significat diferent, com per exemple el de *substància pura*.

- L'ús de termes inadequats o poc afortunats, com, per exemple, designar com a substàncies covalents les substàncies moleculars, com l'oxigen o l'aigua, amb el risc evident de confusió amb les veritables substàncies covalents, com el  $\text{C}(\text{s})$  o el  $\text{SiO}_2(\text{s})$ .

## Enfocament ciència-tecnologia-societat

En el decurs d'aquests anys, els objectius de les ciències en un context de ciència-tecnologia-societat (CTS), articulats en tres camps –el de la naturalesa de la ciència, el de la ciència aplicada i el de la ciència i la societat–, han impregnat el currículum de ciències i l'elaboració de nous materials curriculars. La introducció de les relacions CTS en l'ensenyament de les ciències i la seva evolució ha estat analitzada recentment per diversos autors (Autors diversos, 1995a; Vilches, 1999; Martins, 2000; Membiela, 2001). L'orientació CTS en l'ensenyament de la química ha donat lloc a projectes innovadors, com el projecte APQUA i el projecte «Química Salters», als quals ens referirem posteriorment.

## Avaluació formadora

El paper de l'avaluació en el procés d'aprenentatge ha estat revalorat en aquests darrers anys des de la seva dimensió formadora, com un potentíssim instrument per conèixer les idees dels estudiants, planificar l'acció en la resolució d'un problema, reflexionar sobre el que s'ha après i autoavaluar-se. L'anomenada autoregulació del procés d'aprenentatge ha proporcionat una guia adequada per enfocar els mètodes d'ensenyament des d'una perspectiva d'atenció a la diversitat, que busca implicar els estudiants i ajudar-los a avançar a partir de la seva situació inicial (Sanmartí i Jorba, 1995).

## Revistes de didàctica

L'aparició en aquestes dues darreres dècades de diverses revistes de didàctica de les ciències i d'articles o números monogràfics de ciències en revistes d'educació general ha representat un gran ajut en la difusió dels resultats de la recerca i de les experiències didàctiques portades a terme. El 1983

apareix *Enseñanza de las Ciencias*, la primera revista a Espanya sobre investigació en didàctica de les ciències, editada pels ICE de la UAB i de la Universitat de València. Aproximadament nou anys més tard apareix *Alambique*, una revista de didàctica de les ciències experimentals amb un caràcter més divulgatiu que l'anterior i amb una estructura monogràfica, que ha publicat fins ara els monogràfics de química següents: *Canvi químic*, *Química dels elements*, *Estructura de la matèria* i *La química quotidiana*.

El 1989 surt a la llum la revista mexicana *Educación Química*, que tracta temes de didàctica i de recerca didàctica en química per als nivells secundari i universitari, en la qual es poden trobar cada cop més aportacions d'autors i d'investigadors espanyols.

Altres revistes d'educació també han publicat articles de didàctica de les ciències i de la química, com *Cuadernos de Pedagogía*, *Aula de Innovación Educativa*, *Revista del Col·legi* (amb una secció dedicada al Centre Didàctic de Ciències Experimentals), *Perspectiva Escolar*, *Guix* i *Escola Catalana*.

L'aparició l'any 2000 de la *Revista de la Societat Catalana de Química* amb una secció dedicada a la didàctica de la química, que s'inicia amb el present article, implicarà un nou espai d'intercanvi d'experiències i de reflexió en aquest camp emergent de coneixements, amb el valor afegit de constituir una nova via de comunicació entre docents i investigadors dels nivells secundari i universitari.

## La reforma del currículum

Durant els darrers anys han tingut lloc canvis importants en el currículum de química a l'educació secundària i es preveuen nous canvis en un futur proper. La tendència general és revisar els continguts i els mètodes didàctics del currículum de química per oferir un ensenyament de la química més proper a una orientació de química-tecnologia-societat, és a dir, una aproximació a la química basada alhora en la importància dels conceptes i models que ens permeten comprendre el món químic que ens envolta, en la reflexió sobre la naturalesa de la química com a ciència i en el coneixement de les aplicacions pràctiques i de la utilitat social de la química.

## La química a l'ESO

L'extensió de l'ensenyament obligatori fins als setze anys (ESO) i la comprensivitat del nou sistema educatiu a Catalunya ha obligat a modificar els objectius de l'ensenyament de les ciències de la naturalesa en aquesta etapa. D'acord amb les finalitats de l'àrea de Ciències de la Naturalesa, s'ha posat l'èmfasi en un ensenyament de les ciències centrat en l'adquisició dels coneixements, les habilitats i les actituds que necessiten els futurs ciutadans. Aquest canvi d'objectius ha coincidit amb el moviment emergent d'educació ciència-tecnologia-societat, que ressalta la importància de la interdisciplinarietat i les connexions entre la ciència, la tecnologia i la societat. La transposició d'aquests objectius als materials curriculars i a les aules és molt lluny d'ésser una realitat i topa amb una sèrie de problemes i dificultats que han estat manifestats i analitzats en diversos articles i treballs (Solbes, 1999; Caamaño i Vidal 2001; Autors diversos, 2001).

L'estructura del currículum adoptada a Catalunya és una estructura modular en la qual la part comuna de l'àrea de Ciències de la Natura disposa de vuit crèdits en tota l'etapa (cada crèdit equival a trenta hores i normalment s'ofereix com una assignatura trimestral de tres hores setmanals). El problema més important d'aquesta estructura és la falta de continuïtat de l'assignatura al llarg del curs.

La nova àrea de les Ciències de la Naturalesa, que engloba disciplines de física, química, biologia i geologia, ha representat un intent d'una integració més gran d'aquestes disciplines, especialment en el primer cicle. La conveniència de la seva integració en el segon cicle és un tema de debat. En general, les Ciències de la Naturalesa s'estan impartint d'una forma més integrada en el primer cicle que en el segon, en el qual predominen les programacions de crèdits separats per especialitats.

Els continguts de química de la part comuna del currículum de ciències giren en el primer cicle de l'ESO (12-14 anys) al voltant dels conceptes següents: propietats de la matèria; substàncies, mescles i dissolucions; mètodes de separació; canvis d'estat; elements i compostos; canvi químic; l'aire, l'aigua, els combustibles i els metalls; els àcids i les bases. I en el segon cicle (14-16 anys) al voltant de: substàncies i materials; mètodes de separació; el model cineticomolecular; l'estructura dels gasos, dels sòlids i dels líquids; àtoms, molècules i ions; la reacció química; la radioactivitat.



L'existència d'una part variable del currículum amb assignatures optatives (*crèdits variables*) ha permès l'ensenyament d'alguns continguts que tradicionalment no havien tingut cabuda en l'anterior sistema educatiu. «Petites investigacions», «La naturalesa de la ciència», «Els materials», «La reacció química» i «L'estructura de la matèria» són alguns dels crèdits variables tipificats que s'ofereixen als centres. En general, els crèdits variables, amb una ràtio alumnes-professor més baixa, permeten tractar més fàcilment aspectes procedimentals i realitzar activitats experimentals i de caire CTS.

## La química al batxillerat

En el batxillerat LOGSE, la Química és una matèria de modalitat (de sis crèdits, tres hores setmanals durant dos cursos) només en el Batxillerat de Ciències de la Naturalesa i de la Salut. Sorprenentment, no apareix en el batxillerat de Tecnologia, on tan sols figura com a tal una assignatura anomenada Física i Química (de dos crèdits, és a dir, dues hores setmanals durant un curs), que alguns seminaris de física i química proposen com a assignatura de reforç o d'ampliació a l'hora de decidir quines assignatures s'ofereixen als centres com a optatives, aprofitant el pes específic que li proporciona el fet d'ésser una matèria de modalitat.

A Catalunya, la matèria de Química es cursa separatament de la Física en els dos cursos de batxillerat, a raó de tres hores setmanals cada curs. Aquesta és una decisió curricular altament positiva, tot i que és la causa indirecta que la física i la química de primer curs no sigui obligatòria per a tots els estudiants del batxillerat de ciències i de tecnologia, com passa a la resta de l'Estat. És a dir, amb la reglamentació curricular actual pot passar que un estudiant del batxillerat de Ciències no cursi cap curs de física al batxillerat i que un del batxillerat de Tecnologia no cursi cap curs de química. Alguns centres solucionen aquest problema oferint de forma obligatòria la Química 1 (els tres primers crèdits de la Química) i la Física 1 (els tres primers crèdits de la Física) en el primer curs de batxillerat.

El nou disseny curricular de la química de batxillerat ha intentat corregir el desequilibri que existia entre els continguts conceptuals, procedimentals i actitudinals i ha introduït tímidament objectius relatius a la naturalesa de la química com a ciència i a les aplicacions pràctiques de la química, i també a

les seves implicacions socials (Caamaño, 1999, 2001a). Tanmateix la plasmació d'aquests objectius en els grans blocs de continguts apareix molt difuminada. A la pràctica, aprofundir en la comprensió dels conceptes, en les aplicacions pràctiques de la química, en l'aprenentatge dels procediments científics i en els aspectes socials de la química queda fora dels objectius assolibles en el temps disponible.

La planificació i realització d'activitats d'aula que pretenguin la comprensió dels conceptes, l'elaboració d'explicacions i interpretacions científiques, la realització d'experiències i investigacions pràctiques, la presentació i discussió de resultats, i així mateix una avaluació formativa dels aprenentatges, requereixen temps, recursos i un esforç considerable en formació. La realització de treballs experimentals de química va sofrir una consolidació important amb la recomanació d'una relació mínima d'aquests treballs en les orientacions per a la preparació de les proves d'accés a la universitat de la matèria de Química en la darrera etapa de l'antic COU, però cal veure si aquestes recomanacions es mantindran en les proves actuals. Un grup de treball de la Comissió de Física i Química del Col·legi de Doctors i Llicenciats ha elaborat recentment un document orientatiu, per encàrrec del Departament d'Ensenyament, sobre els treballs pràctics de química al batxillerat, que es troba en fase de consultes (Departament d'Ensenyament, 2001). La introducció dels nous continguts de ciència-tecnologia-societat en la programació d'aula és encara un objectiu per aconseguir, si bé s'han fet alguns intents d'innovació curricular en aquest sentit, com l'adaptació i l'experimentació del projecte «Química Salters».

La situació de l'ensenyament de la química i de la física al batxillerat s'ha vist agreujada per la inexistència de matèries optatives tipificades de física i de química. El col·lectiu de professors de física i química han reclamat en diferents ocasions la millora del currículum de química, tant pel que fa a la inclusió de la química com a matèria de modalitat en el batxillerat de Tecnologia com pel que fa a la creació de matèries optatives de física i de química. Aquestes demandes van ésser considerades per l'Administració educativa, que a finals del curs 98-99 va encarregar el disseny del primer nivell de concreció de quatre matèries optatives: Química Pràctica i Física Pràctica (de caràcter eminentment experimental) i Química Moderna i Física Moderna (de caràcter eminentment CTS). Aquestes matèries han estat ofertes per alguns centres durant els cursos 1999-2000 i 2000-2001 com a matèries optatives

pròpies del centre, tot esperant la seva tipificació (Comissió de Física i Química, 2000).

Tot i que això pot representar un reequilibri de les dimensions del currículum de química per als alumnes que optin per aquestes matèries, no podem oblidar que deixa inalterada la situació de la química de modalitat, el currículum de la qual hauria d'ésser revisat per aconseguir orientar-lo més en la direcció dels objectius proposats.

## Algunes experiències d'innovació curricular

Afortunadament, en el camp de l'ensenyament de la química d'aquestes dues últimes dècades han tingut lloc al nostre país experiències d'innovació curricular de gran interès; algunes de caràcter més ampli, amb el suport de les institucions i, en un únic cas, de la indústria química, i d'altres de més concretes en els mateixos departaments de física i química dels centres, gràcies a l'entusiasme i la dedicació de molts professors i professores de química. És difícil poder fer esment de totes, però ens referirem a algunes de les més significatives.

A la dècada dels anys vuitanta, un grup de professors i professores de batxillerat van elaborar i experimentar el projecte «Química Faraday» (Grup Recerca-Faraday, 1988), un projecte de química per al BUP que va tenir el suport de l'ICE de la Universitat Autònoma de Barcelona i que va ésser àmpliament difós a través d'articles, cursos i seminaris fins a la seva finalització el 1988. Aquest projecte es va caracteritzar per organitzar els continguts de química seguint el fil històric d'aparició dels conceptes i teories de la química i per posar l'èmfasi en el treball experimental i en el treball en grup. Basat inicialment en el model de descobriment orientat, més tard va incorporar les propostes constructivistes per a l'ensenyament de la química.

El projecte APQUA (Aprentatge dels Productes Químics, els seus Usos i Aplicacions) (Medir, 1995) és un projecte educatiu, resultat de la col·laboració establerta amb el programa americà CEPUP (Chemical Education for Public Understanding Program), desenvolupat al Departament de Química Tècnica de la Universitat Rovira i Virgili amb el suport de la indústria petroquímica de Tarragona. El seu objectiu és aconseguir que

els estudiants aprenguin a obtenir informació sobre els productes químics i compreguin com interaccionen amb les persones i amb el medi. El projecte està estructurat en mòduls que poden ésser utilitzats en escoles de primària i en centres d'ensenyament secundari. Alguns d'aquests mòduls són: «Els productes químics», «Solucions i contaminació», «Contaminació de l'aigua subterrània de Vallfroncosa», «Risc: el joc de la vida», «Toxicologia: els valors llindars», «Tractament dels residus industrials», «Els plàstics a la nostra societat».

Finalment, l'elaboració i experimentació de la «Química Salters» ha estat el projecte més ambiciós portat a terme per a la química del batxillerat. La «Química Salters» és un projecte de química de caire CTS, adaptació del projecte anglès Salters Advanced Chemistry de la Universitat de York. Aquesta adaptació ha estat feta per un equip de professors de secundària i d'universitat, de Barcelona, Madrid i València, amb el suport de les administracions educatives de Catalunya i València i del MEC (Grup Salters 1999, 2000). El projecte consta de vuit unitats: «Elements de la vida», «Desenvolupament de combustibles», «Dels minerals als elements», «La revolució dels polímers», «L'atmosfera», «Aspectes d'agricultura», «La química de l'acer» i «Els oceans», i de dos mòduls complementaris: «Visita a una indústria química» i «El treball de recerca». Cada una de les unitats consta de tres parts: una lectura o narració sobre el tema que dona títol a la unitat, un conjunt d'activitats i una secció de conceptes. El fil conductor de cada unitat és donat pels continguts CTS (aplicacions de la química) i no pels conceptes, com és habitual en els cursos de química tradicionals. Al llarg de la lectura hi ha crides que indiquen el moment oportú per estudiar els conceptes relacionats o per efectuar les activitats. La realització de la investigació individual que proposa el projecte s'ha vist facilitada a Catalunya per l'existència del treball de recerca al batxillerat.

L'experimentació de la «Química Salters» en dotze centres d'ensenyament secundari de Catalunya durant els cursos 1996 a 1999 ha evidenciat com és de difícil la introducció d'aquesta orientació CTS en el currículum de química actual mentre no s'especifiquin més clarament els continguts CTS en el disseny curricular de l'assignatura, s'inclouguin en la prova d'accés a la universitat i s'estableixi normativament el tipus de pràctiques i la proporció de temps lectiu que cal dedicar al treball pràctic de laboratori en els centres. Tot i així, ha estat una experiència positiva, ben valorada pel professorat experimentador, que deixa un conjunt de lectures CTS i d'activitats



contextualitzades molt valuoses, tant per a la química de modalitat com per a la nova matèria optativa de Química Moderna. Constitueix també un material excel·lent per a ésser utilitzat en activitats de formació del professorat.

## A tall de conclusió

En resum, aquests darrers vint anys han estat abundosos en recerca didàctica i en canvis curriculars i han permès desenvolupar algunes experiències didàctiques d'interès que constitueixen un bon pòsit sobre el qual encarar els reptes de l'ensenyament de la química en aquest segle que comença.

Molts dels problemes estructurals detectats al començament dels anys vuitanta continuen sense resoldre's satisfactoriament, entre els quals trobem la baixa proporció de temps lectiu dedicat a les matèries de ciències en els batxillerats de Ciències i de Tecnologia, la manca de recursos materials i la inexistència d'una reglamentació i d'un suport adequat per a la realització de les pràctiques: temps específic per a pràctiques, desdoblaments suficients, incorporació de laborants als centres, etc.

Els canvis en les noves orientacions curriculars que proposen donar més importància a la comprensió dels conceptes i de les teories fonamentals, als procediments, al treball experimental i als continguts CTS topen també amb la inèrcia de la tradició curricular heretada, amb els problemes estructurals esmentats anteriorment i amb la poca sintonia de les proves de selectivitat amb aquesta orientació.

Altres dificultats originades pels canvis que s'han produït a l'ensenyament secundari i per la diversitat de l'alumnat actual requereixen temps, recursos suficients i decisions polítiques adequades per poder ésser superades, per tal d'aconseguir un batxillerat modern i adaptat a les noves necessitats socials, però rigorós en els seus objectius i equiparable al de la resta de països europeus. Probablement, algunes de les decisions curriculars preses hauran d'ésser revisades en funció de les mancances i les dificultats detectades.

En línies generals, és indubtable que la química que s'ensenyarà en aquesta dècada que comença està destinada a sofrir canvis en els continguts, en l'orientació i en la metodologia didàctica, més ràpids i profunds dels que han tingut lloc a l'última dècada. D'una banda, el paper canviant de la química

com una ciència cada cop més auxiliar d'altres ciències, però alhora sustentadora de camps tan importants per al benestar de la humanitat com el medi ambient, els nous materials, la bioquímica, la biotecnologia, l'agricultura, l'aprofitament de l'energia solar, l'energia electroquímica, la química mèdica i farmacèutica, la química alimentària, etc., requerirà canvis en l'orientació curricular d'aquesta assignatura, en sintonia amb els canvis que tindran lloc en el currículum de química de les universitats. D'altra banda, les demandes creixents d'alfabetització científica i tecnològica de la societat, la introducció de les noves tecnologies de la informació a l'escola i al món del treball, i els nous resultats de la recerca didàctica ens demanaran actituds obertes i flexibles per afrontar aquests canvis i resituar i repensar les finalitats, els continguts i la metodologia didàctica de la química en el currículum de l'educació secundària del nou segle.

## Bibliografia

- AUTORS DIVERSOS (1994). «Los trabajos prácticos». *Alambique*, núm. 2.
- (1995a). «La educación ciencia-tecnología-sociedad». *Alambique*, núm. 3.
- (1995b). «La resolución de problemas». *Alambique*, núm. 5.
- (1996). «Las ideas del alumnado en ciencias». *Alambique*, núm. 7.
- (1997). «Lenguaje y comunicación». *Alambique*, núm. 12.
- (1998). «Terminología científica / Cambio químico». *Alambique*, núm. 17.
- (2000). «Estructura de la materia». *Alambique*, núm. 26.
- (2001). «Las ciencias en la ESO». *Alambique*, núm. 27.
- CAAMAÑO, A. (1992). «Els treballs pràctics en ciències. Una reflexió sobre els seus objectius i una proposta per a la seva diversificació». *Butlletí del Col·legi de Doctors i Llicenciats de Catalunya*, núm. 81, p. 58.
- (1993). *Concepcions dels alumnes sobre la composició i estructura de la matèria i sobre el canvi químic. Comprensió de les formes simbòliques de representació*. Universitat de Barcelona, Facultat de Química. [Tesi doctoral]
- (1998). «Problemas en el aprendizaje de la terminología científica». *Alambique*, núm. 17, p. 5.
- (1999). La química en el bachillerato. Nuevos contenidos QTS, pero los mismos conceptos. *Aula de Innovación Educativa*, núm. 81, p. 35.
- (2001a). La introducció dels avenços de la física i de la quí-

mica en el currículum de secundària, *Escola Catalana*, núm. 378, p. 30.

— (2001b). «Formación del profesorado y desarrollo de actividades de enseñanza centradas en el análisis de las dificultades conceptuales de los contenidos de química». Comunicació presentada al VI Congrés Internacional sobre Investigació en Didàctica de les Ciències. Barcelona: Institut de Ciències de l'Educació de la Universitat Autònoma de Barcelona.

CAAMAÑO, A.; VIDAL, F. (2001). «Las ciencias de la naturaleza en la ESO. Una visión desde Cataluña». *Alambique*, núm. 27, p. 31.

COMISSIÓ DE FÍSICA I QUÍMICA DEL COL·LEGI DE DOCTORS I LLICENCIATS DE CATALUNYA (2000). «Noves matèries optatives tipificades: Química pràctica, Física pràctica, Química Moderna i Física Moderna». *Revista del Col·legi*, núm. 112, p. 47. [El document sencer pot consultar-se al web del Col·legi: <http://www.cdlicat.es>]

DEPARTAMENT D'ENSENYAMENT. DIRECCIÓ GENERAL D'ORDENACIÓ I INNOVACIÓ EDUCATIVA (2001). *Els treballs pràctics de Química al Batxillerat*. [Document de treball. Pot consultar-se al web del Col·legi de Doctors i Llicenciats de Catalunya: <http://www.cdlicat.es>]

DE JONG, O. (1996). «La investigación activa como herramienta para mejorar la enseñanza de la química: nuevos enfoques». *Enseñanza de las Ciencias*, 14, núm. 3, p. 279.

FURIÓ, C.; FURIÓ, C. (2000). «Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos». *Educación Química*, núm. 11, núm. 3, p. 300.

GABEL, D. (1999). «Improving teaching and learning through chemistry education research: a look to the future». *Journal of Chemical Education*, 76, núm. 4, p. 548.

GIL, D.; PESSOA, A. M. (2000). «Dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación en didáctica de las ciencias». *Educación Química*, 11, núm. 2, p. 13.

GRUP RECERCA-FARADAY (1988). *Química Faraday*. Libro del alumno y Guía del profesor. Barcelona: Teide.

GRUP SALTERS (1999). Proyecto Química Salters. *Cuadernos de Pedagogía*, núm. 281, p. 68.

— (2000). *Química Salters. Materials en fase d'experimentació*. Barcelona: Departament d'Ensenyament.

HERRON, J. D.; NURRENBERN, S. C. (1999). «Chemical education research: improving chemistry learning». *Journal of Chemical Education*, 76, núm. 10, p. 1355.

HODSON, D. (1994). «Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio». *Enseñanza de las Ciencias*, 12, núm. 3, p. 299.

IZQUIERDO, M.; SANMARTÍ, N.; ESPINET, M. (1999). «Fundamen-

tación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales». *Enseñanza de las Ciencias*, 17, núm. 1, p. 45.

MARTINS, I. [ed.] (2000). *O Movimento CTS na Península Ibérica*. Aveiro: Universidade de Aveiro. Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa. Asociación Española de Profesores e Investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales.

MEDIR, M. (1995). EL proyecto APQUA. *Alambique*, núm. 3, p. 53.

MEMBIELA, P. [ed.] (2001). *La enseñanza de la ciencia desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad. Una aproximación a la formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea.

POZO, I. [et al.] (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: CIDE. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia.

SANMARTÍ, N.; IZQUIERDO, M.; GARCIA, P. (1999). «Hablar y escribir. Una condición necesaria para aprender ciencias». *Cuadernos de Pedagogía*, núm. 281, p. 54.

SANMARTÍ, N.; JORBA, J. (1995). «Autorregulación de los procesos de aprendizaje y construcción de conocimientos». *Alambique*, núm. 4, p. 59.

SOLBES, J. (1999). «La enseñanza de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria: algunos problemas y sus posibles soluciones». *Cuadernos de Pedagogía*, núm. 281, p. 48.

VILCHES, A. (1999). «El contexto ciencia-tecnología-sociedad». *Cuadernos de Pedagogía*, núm. 281, p. 64.

## Autor

*Aureli Caamaño és enginyer químic (1973) per l'Institut Químic de Sarrià i doctor en química (1994) per la Universitat de Barcelona. És catedràtic de física i química de Secundària a l'IES Barcelona-Congrés i professor col·laborador del Departament de Didàctica de les Ciències de la Universitat Autònoma de Barcelona i de l'ICE de la Universitat de Barcelona. Ha participat en el desenvolupament de diferents projectes de ciències i de química i és autor de diversos llibres de text per a l'ESO i el batxillerat. Des del 1994 codirigeix la revista Alambique.*