La problemàtica de l'ensenyament de la física i la química

Roser Pintó i Casulleras *
Universitat Autònoma de Barcelona

El panorama general

La problemàtica de l'ensenyament de la física i la química és molt variada i, per tant, l'analitzarem des de diverses perspectives, centrant-nos en l'àmbit de la secundària. Fem, primer, un cop d'ull al panorama general.

A partir d'estudis, com ara els elaborats pel Seminari Permanent de Física i Química de les Illes, disposem de dades que permeten confirmar algunes sospites generalitzades: d'una banda, el nombre d'alumnes que superen amb èxit les assignatures de Física i Química en el batxillerat està per sota de la mitjana de les qualificacions en les altres assignatures i, de l'altra, la mitjana de la nota de Física i de Química en les proves de selectivitat és significativament inferior a la nota mitjana obtinguda en les altres proves. Altres estudis que s'han fet al nostre país també mostren que, en les assignatures de caràcter cientificotecnològic, hi sol haver un nivell més gran de fracàs escolar i unes puntuacions mitjanes dels rendiments escolars més baixes.

Però aquesta problemàtica cal emmarcar-la dins el context observat en altres països, sobre el qual s'actua des de molt diverses instàncies. Pel que sembla, el nombre d'estudiants que escullen fer recerca en física ha disminuït tant que el CERN s'ha sentit obligat a portar a terme noves iniciatives. A la tardor de l'any passat, va tenir lloc a Ginebra un esdeveniment per promoure l'interès per la física, anomenat Physics on Stage (POS), organitzat pel CERN, l'European Space Agency (ESA), l'European Southern Observatory (ESO) i algunes institucions encarregades de la recerca. S'hi van trobar professors de física i estudiants de 22 països europeus (uns 400 en total) durant una setmana. Pretenien, essencialment, millorar la percepció que es té de la física, a fi que el nombre d'alumnes que es matriculen en aquests estudis a la universitat no continuï baixant. Hi ha preocupació en la comunitat d'investigadors del camp de la física i també entre alguns industrials i polítics, ja que la investigació capdavantera que els centres realitzen no podrà anar endavant si els joves d'avui trien altres opcions per a la seva formació i més endavant falten recursos humans per portar-la a terme.

A Anglaterra, segons dades de l'any 2000 de Steven Chapman, dirigent de l'Institut of Physics de Londres, en els darrers deu anys, el nombre d'estudiants que han escollit Física a l'etapa postobligatòria (després dels 16 anys) ha baixat un 5 %. D'aquests, un 10 % continua amb estudis de física. Aquesta proporció no ha variat gaire amb els anys. L'any 2000, en els cursos de formació de professorat hi havia quatre biòlegs per cada físic. Especialment a les grans ciutats, els professors no hi volen anar, perquè els emoluments són excessivament baixos en relació amb les despeses que han d'afrontar. A més, una quarta part dels professors de física del Regne Unit tenen edats properes a la jubilació. El mateix passa amb l'ensenyament de la química.

L'informe de Steven Chapman afegeix que els que surten dels instituts amb bones qualificacions en ciències «[...] han après una ciència passada de moda que no ajuda a comprendre temes complexos, com ara els organismes transgènics, el canvi climàtic, etc.». La qüestió és com millorar l'alfabetització científica del públic en general, de manera que els permeti comprendre aspectes rellevants de la ciència i la tecnologia actuals. Cal dir que la ràpida difusió de les noves tecnologies entre la gent jove, l'èxit de les revistes sobre ciència i tecnologia, i altres factors fan pensar que l'interès per la ciència i la tecnologia en si no ha decaigut. Això no obstant, en un futur podria ocórrer.

La dificultat per contractar professors de ciències és un fet que pot tenir conseqüències molt negatives si la ciència i la tecnologia no es difonen de manera correcta i entenedora. Les autoritats educatives d'Anglaterra, per exemple, estan tan preocupades que fan campanyes de publicitat que podem veure fins i tot als cinemes i a tota mena de mitjans de comunicació. L'atractiu de ser professor es mostra en la campanya «Els que en sou capaços, ensenyeu» («Those who can, teach»; www.canteach.gov.uk/teaching/thosewhocan.htm).

Aquesta preocupació també és present en altres llocs. Per exemple, a Irlanda el Ministeri d'Educació s'ha mobilitzat i està portant a terme un conjunt d'iniciatives. Ha organitzat grups de treball per discutir, amb

*Roser Pintó (Manresa, 1945) és doctora en Física per la Universitat Autònoma de Barcelona (1991) i actualment és professora titular en el departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals a la Universitat Autònoma de Barcelona.

aportacions des de tots els països, la problemàtica de la disminució (d'un 6-7 % respecte als anys vuitanta) del nombre d'alumnes interessats a estudiar ciències, el baix percentatge de noies en proporció als nois (7 % davant del 24 %) i l'escàs nombre d'estudiants que escullen les carreres de ciències. A més a més han elaborat un fòrum perquè tothom hi pugui expressar el seu parer (www.sciencetaskforce.ie/). Paral·lelament, s'han pres una sèrie de mesures que ens poden donar una idea de l'interès per canviar la situació:

— Introduir en trenta escoles de noies l'assignatura Ciències Físiques per a tot l'alumnat.

— Donar una quantitat de diners a les escoles per cada alumne que estudiï Ciències Físiques, en concepte d'ajuda per pagar despeses de material.

— Fer un pla d'inversions per modernitzar els laboratoris de les escoles (21 milions d'euros en tres anys).

— Plans de formació de professors per tres anys, amb un pressupost d'uns 3,6 milions d'euros.

— Revisar el currículum per a alumnes de l'equivalent al nostre primer cicle d'ESO.

— Elaborar nous currículums de Física i de Química per al final de la secundària.

— Revisar el que aquí anomenaríem *proves de competències bàsiques* per fer-les més accessibles.

El més sorprenent des del nostre panorama és que moltes de les iniciatives són finançades per empreses de tot el ventall imaginable (telecomunicació, informàtica, laboratoris, indústries químiques, etc.).

També disposem de les dades del projecte SAS (*Science And Scientists*), una investigació sobre els interessos, les experiències i percepcions dels alumnes (9.300 alumnes de tretze anys) de 21 països (de nord a sud, d'occident a orient). Les comparacions internacionals permeten veure les situacions nacionals des d'una perspectiva més àmplia. Tenir present la diversitat cultural dins d'un país i la diversitat cultural entre països pot ajudar a enfocar adequadament l'ensenyament de les ciències, la qual cosa no és el mateix que universalitzar o homogeneïtzar els currículums.

El que és rellevant per a uns alumnes pot no ser-ho per a d'altres que viuen en situacions diferents. Evidentment, créixer a l'Àfrica rural no és el mateix que créixer a Londres. Créixer a Tòquio tampoc és comparable a créixer a Nova York. Alhora, dins d'una mateixa classe de secundària hi ha diferències d'interessos i d'experiències. El fet d'aprendre a espavilar-se en els reptes diaris i preparar-se per a la vida variarà segons les necessitats de cada alumne.

Això no obstant, la gran semblança entre els currículums actuals de diversos països fa pensar que aquest fet no s'ha tingut present. Els llibres de text de ciències de països ben diferents mostren una gran proximitat. En obrir-los, encara que no entenguem la llengua en què estan escrits, sigui alemany, rus, japonès o qualsevol altra, sabem a què s'estan referint.

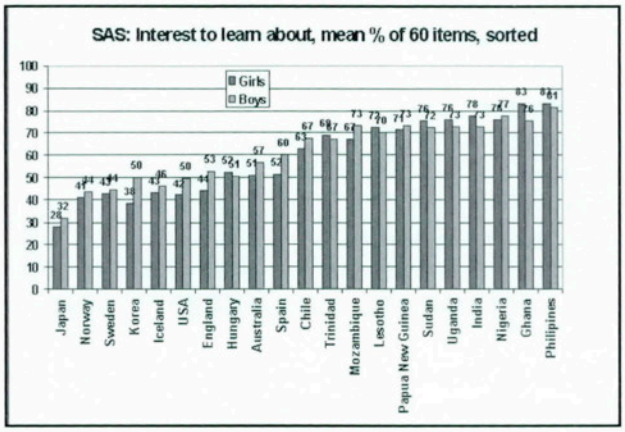
Aquesta similitud pot ser interpretada de diferents maneres. Alguns consideren que això fa palesa la universalitat de la ciència, evidencia que la ciència és independent de la cultura; mentre que d'altres opinen que aquesta homogeneïtat en els currículums reflecteix la dominació d'Occident a tot el món, pensen que es dóna una mena d'imperialisme cultural i educatiu. Ara bé, aquí, no entrarem pas en el debat sobre la universalitat o dependència cultural de la ciència considerada com a disciplina acadèmica.

Encara que no afrontem aquesta qüestió, fàcilment ens podem posar d'acord a dir que la ciència que s'ensenya als instituts i a les escoles no es correspon a la ciència que s'està investigant a les universitats. Tothom accepta que cada societat construeix els seus currículums per ajustar-los a les necessitats i als objectius de l'escolaritat.

També hi ha actualment un consens molt generalitzat en la visió constructivista de l'ensenyament, segons la qual, perquè els alumnes puguin elaborar nous coneixements, cal que els continguts els siguin significatius, cal que els resultin rellevants i que es corresponguin al seu context social.

Els resultats de l'estudi SAS, obtinguts de comparar la visió d'alumnes de contextos socials ben diferents, ens donen informació sobre alguns d'aquests aspectes. Per exemple, mostren que als països més rics els alumnes tenen un interès baix o moderat a aprendre temes de ciències, especialment als països europeus nòrdics (Noruega, Suècia i Islàndia) i, sobretot, al Japó.

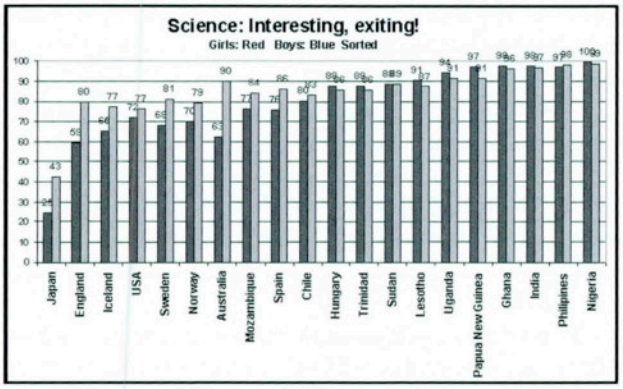
Sembla que els alumnes en països en vies de desenvolupament, d'una llista sobre la qual se'ls proposa triar, estan més interessats, en una gran proporció, pels temes de ciències.



Gràfic 1. *Extret del SAS (*Science and Scientists). El gris clar correspon als nois i el fosc a les noies

No es noten grans dissemblances entre els alumnes de diferent sexe, excepte a Corea. Pel que sembla, als països desenvolupats la diferència és «a favor» dels nois, mentre que als països en vies de desenvolupament és «a

favor» de les noies. Una possible interpretació és que en aquests darrers països l'educació és un luxe i un privilegi, un recurs al qual ben pocs tenen accés i, encara que la motivació dels nois i de les noies per aprendre sigui elevada, per a elles l'educació pot ser considerada com un bé encara més preuat, ja que sovint no hi poden accedir. De fet, els agradaria aprendre la major part dels temes de la llista mostrada.



Gràfic 2. *Extret del SAS (*Science and Scientists). El gris clar correspon als nois i el fosc a les noies

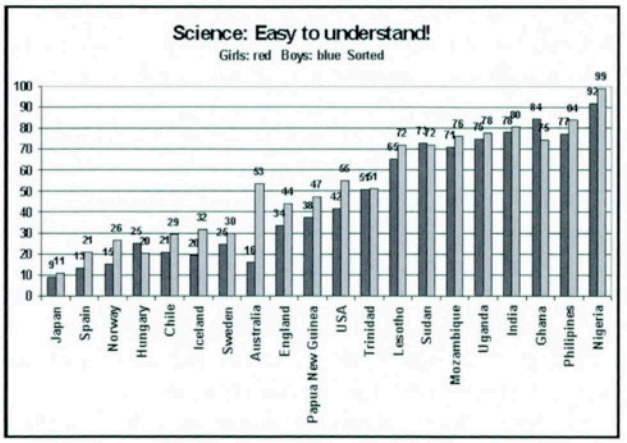
El segon gràfic ens mostra l'opinió que els alumnes de diversos països tenen de la ciència com a matèria interessant i estimulant. El bagatge intel·lectual de què disposen els alumnes, format a partir dels mitjans de comunicació i del seu món més proper, sobre què és la ciència, quina utilitat té, com són i què fan els científics sembla tenir un paper més decisiu en l'eficàcia de l'ensenyament/aprenentatge, que no pas els factors cognitius.

El gràfic 2 reforça la idea que els alumnes japonesos tenen poc interès per les ciències, particularment les noies. Aquí també observem que, globalment, als països més rics els alumnes expressen més sovint poc interès per saber ciències, que els alumnes dels països en vies de desenvolupament. Val a dir, però, que no tenim dades sobre el seu interès respecte a altres camps de coneixement.

Les diferències per sexes van en la mateixa línia: les respostes dels nois als països desenvolupats és més alta que les de les noies i, als països en vies de desenvolupament, succeeix a la inversa.

Si analitzem la visió de la ciència, segons la facilitat que tenen els alumnes per comprendre-la, obtenim el gràfic 3:

Si bé en els ítems anteriors, el lloc que ocupava Espanya era en una zona intermèdia entre els extrems, resulta que, quant a la incomprensió de la ciència, els nostres alumnes ocupen una posició capdavantera, només superada pels alumnes japonesos; només el 10 % troba que les ciències són fàcils d'entendre. Als països més rics, els alumnes no opinen que les ciències siguin molt fàcils d'entendre, en especial les noies. Novament, les millors puntuacions provenen dels alumnes dels països en vies de desenvolupament, que manifesten que les ciències són fàcils de comprendre. Amb tot, es fa difícil jutjar si es tracta d'una valoració realista del seu nivell d'aprenentatge o bé si són respostes que reflecteixen més aviat la seva actitud positiva respecte a l'aprenentatge de les ciències.



Gràfic 3. *Extret del SAS (*Science and Scientists). El gris clar correspon als nois i el fosc a les noies

El que també detecta l'estudi SAS és que en els temes més relacionats amb la tecnologia moderna hi ha una freqüència més alta de tria per part dels nois, i que les respostes estereotipadament sexistes corresponen al Japó, a Corea i als països nòrdics. Diferents contextos fan més atractiu un tema als nois que a les noies o a l'inrevés.

Així doncs, els alumnes dels països en vies de desenvolupament expressen que veuen amb més bons ulls la ciència que no pas els dels països rics. L'estudi també mostra com és de diferent la percepció entre els alumnes dels diferents països, pel que fa a la figura del científic i al paper de la ciència. Alguns alumnes de països rics, principalment els nois, tenen una imatge del científic com una persona cruel, mig boja i que pot malmetre l'entorn, mentre que els alumnes dels països en vies de desenvolupament consideren els científics com a ídols o herois que pretenen millorar la societat.

En definitiva, ens adonem que en diferents contextos culturals les respostes que obtenim dels alumnes entorn de la ciència són diverses. Detectem diferents perfils per sexes, com també apreciables diferències pel que fa a la seva visió sobre què és la ciència, quina utilitat i interès té, quin grau d'esforç representa el seu aprenentatge, etc.

Factors que contribueixen a la situació general

Totes les consideracions anteriors ens fan adonar que en l'ensenyament i aprenentatge de la física i la química, de ben segur hi intervenen components culturals que caldrà tenir presents a l'hora de decidir què i com s'ha d'ensenyar.

Si els nostres alumnes troben difícils les ciències i si avancem en la direcció dels països en què els alumnes se senten poc atrets pels nostres cursos de física i química, caldrà buscar i analitzar els factors que intervenen de manera decisiva en aquesta problemàtica al nostre país i quines intervencions són possibles per modificar-los.

Podem considerar rellevants factors com ara:

— El currículum proposat, més en concret, la selecció de continguts per ensenyar.

— Els processos cognitius que implica l'ensenyament/aprenentatge dels conceptes científics.

— La situació del professorat.

— El temps que cal dedicar a la docència d'aquestes matèries, en relació amb el nombre de temes del currículum.

— L'interès i la motivació del grup d'alumnes per aprendre en general, i per aprendre els continguts escollits.

— Els coneixements bàsics procedents de cursos anteriors amb què els alumnes comencen.

Passem a analitzar alguns d'aquests factors que semblen contribuir de manera més rellevant.

El currículum proposat

La selecció dels continguts que s'ensenyen és una peça clau per donar un caràcter o l'altre als cursos, ja que està relacionada amb la manera com el professor organitza les sessions de classe, com distribueix el temps per aconseguir despertar l'interès, i ajudar a aprendre, etc.

Sabem que hi ha un desajust entre el currículum que se segueix i les necessitats dels estudiants. Els aspectes que consideren propers al seu món no queden reflectits, normalment, en el pla d'estudis.

Els llibres de text només solen tenir present els destinataris pel que fa al nivell d'aprofundiment dels temes. Cadascuna de les branques de la física sol constituir un dels diferents capítols, sense que hi hagi una reorganització o seqüenciació en funció dels interessos dels alumnes o del context en què s'ensenyaran i s'aprendran. Així mateix, els capítols referents a química solen estar disposats de la mateixa manera que s'ensenya als nivells superiors. Probablement és natural, perquè així és com hem après a transmetre'ls i no sol haver-hi més reflexió i elaboració per part dels editors o dels autors.

Què hem d'ensenyar als alumnes en una secundària obligatòria? La societat valora l'ensenyament de les ciències com una cosa fonamental i necessària per a la formació de tots els alumnes i no només d'aquells que posteriorment seguiran cursos per arribar a ser científics o tècnics. Què li demanaríem a un nou currículum per aconseguir una alfabetització científica de tots els ciutadans? Concretar quines són les necessitats i els interessos dels alumnes no és fàcil. El problema actual sobre la selecció de continguts, no només és conseqüència dels canvis de la finalitat de l'ensenyament pel fet d'haver-se estès de forma obligatòria fins als 16 anys, també és conseqüència de la gran quantitat de coneixements culturalment disponibles. Com que no es pot ensenyar tot, s'han de decidir uns criteris de selecció.

És millor fer girar tot el currículum al voltant dels conceptes?, entorn de temes de la vida quotidiana?, entorn de mètodes de la ciència? Hem de donar prioritat a l'adquisició de tècniques, d'habilitats, de capacitats o bé hem de posar en primer pla l'adquisició de coneixements de física i química?

En les últimes dècades s'han elaborat currículums que segueixen les diferents alternatives anteriors; s'han fet principalment des d'Anglaterra i els EUA. Cada orientació representa una manera d'entendre què és important quan es vol educar i representa, de fet, una opció ideològica.

Com a intent per superar un ensenyament de física i química basat només en els llibres, el fet de basar-lo en el treball experimental i passar de l'aula al laboratori va ser un pas important. Sembla molt renovador i engrescador pensar que ensenyarem a treballar experimentalment i que els alumnes aprendran els conceptes amb les sessions al laboratori. Però la realitat, i les recerques ho avalen, és que aquestes hores de laboratori no donen els resultats esperats. Els estudis sobre les concepcions prèvies dels alumnes també van posar en entredit aquesta manera de plantejar el treball dels estudiants i van permetre teoritzar sobre la impossibilitat d'aconseguir resultats brillants només a partir de l'experiència. Habitualment, al laboratori només es verifica el que es coneix; només es pot observar allò de què se'n coneix l'existència. «Sense informació no hi ha observació», deia R. Duit (1993). Així doncs, l'època del «treball de descoberta de la ciència» com a orientació didàctica ha quedat superada.

També és engrescador pensar que ensenyarem a raonar lògicament i que els alumnes seran capaços de transferir aquesta capacitat a tots els àmbits. Els neopiagetians, com ara A. Shayer o P. Adey, del King's College de la Universitat de Londres, i J. Lawson, del Lawrence Hall de la Universitat de Berkeley, continuen treballant en aquesta perspectiva, encara que els resultats no semblin gaire clars.

L'enfocament CTS del currículum

En els darrers anys ha adquirit molta importància el moviment curricular que posa en primer pla que els coneixements que s'han d'ensenyar siguin els considerats propers als interessos dels alumnes, a la seva realitat. Em refereixo als enfocaments CTS (ciència, tecnologia, societat) en què la ciència que s'ensenya es relaciona amb la tecnologia que en fa ús dins d'un context social. Aquests currículums van néixer als països com ara Anglaterra, amb l'objectiu que més alumnes escollissin les assignatures de ciències, especialment la Física i la Química, quan eren opcionals. Actualment, aquests currículums no només s'elaboren amb un afany motivador, sinó també amb l'objectiu que en els cursos de ciències

els alumnes aprenguin coses de la vida quotidiana que els permetin opinar sobre el seu entorn i, per tant, tenir autonomia de criteri a l'hora de participar en els problemes de la societat. Si bé aquest és l'ideari bàsic de l'enfocament CTS, encara hi ha formes ben diferents d'enfocar els currículums que es designen amb el mateix nom.

Alguns semblen haver retornat a les meres «lliçons de coses» dels anys cinquanta: un conjunt de temes de la vida quotidiana sense gaire lligam entre si, que a vegades deixen poc clars els conceptes científics que volen transmetre. Aquests enfocaments curriculars no donen facilitats perquè els alumnes organitzin els coneixements de manera significativa; d'un tema a un altre no hi ha més que un lligam molt superficial. D'altres, en canvi, han buscat uns eixos vertebradors entorn dels quals estructuren els conceptes. De fet, les recerques en el camp de la ciència cognitiva ens indiquen que, perquè es produeixi un aprenentatge significatiu, cal que els alumnes estableixin lligams entre els conceptes i que vagin «teixint xarxes» entre aquests. De la mateixa manera, els coneixements d'un expert no estan pas constituïts per una simple llista de fets i fórmules juxtaposats sense vincles entre si, sinó que el seu pensament està organitzat, categoritzat i jerarquitzat entorn d'idees potents que utilitza davant de cada problema nou.

Per aquest motiu crec que a l'hora de dissenyar el currículum cal donar prioritat als plantejaments en què les idees i els fenòmens s'organitzen entorn de conceptes inclusius o estructurants, els quals tenen gran potència explicativa per analitzar situacions o fenòmens ben diversos. Així, s'afavoreix que els alumnes construeixin estructures de pensament i no pas que acumulin fragments de coneixements aïllats.

Elaborar un currículum amb un enfocament CTS per a l'ESO o el batxillerat requereix estructurar els continguts entorn de nuclis de la vida quotidiana que resultin interessants per als alumnes i per a la seva formació. Alhora, cal introduir-hi els conceptes científics que hom desitja ensenyar i cal que siguin els significatius des de la perspectiva d'una alfabetització científica de tota la població (en el cas de l'ESO) o per una formació preparatòria per a la universitat (batxillerat i formació professional). A més a més, cal que els professors se sentin a gust ensenyant-lo. La selecció dels coneixements que cal ensenyar és, doncs, complexa i laboriosa, requereix bons equips de professors amb experiència i investigadors en didàctica. Val la pena citar alguns currículums elaborats darrerament per grans equips: un de l'Institute of Physics de Londres, sota la direcció de Jon Ogborn, *Advanced Physics Post 16* i dos més de la Universitat de York: *Salters* de Química i *Salters* de Física. Aquests dos últims tenen l'enfocament CTS, mentre que el primer està més orientat perquè els alumnes gaudeixin amb la física planerament, amb tota l'abstracció que significa, per exemple, la física moderna. En tots dos, l'aparat matemàtic que s'utilitza és molt reduït.

Els requeriments cognitius que demanen la comprensió de la física i la química són un altre factor que cal tenir present en abordar la problemàtica de l'ensenyament d'aquestes disciplines.

Els processos cognitius que implica l'ensenyament/aprenentatge dels conceptes científics

Sovint es diu que les disciplines de física i química són difícils. Però, podem dir amb algun fonament que són disciplines intrínsecament més difícils que d'altres? Què vol dir ser més difícils? El domini de cada disciplina, de cada art, de cada ofici, etc. requereix disposar d'unes capacitats. Algunes de les capacitats que requereix l'aprenentatge de la física i la química, no necessàriament exclusives d'aquestes disciplines, les podem sintetitzar d'aquesta manera:

— Capacitat de raonament racional, entenent com a tal la capacitat per operar amb proposicions i idees i no només amb objectes o amb associacions d'idees. Així, per exemple, estem exigint operar racionalment quan fem alguna demostració per deduir una llei.

— Capacitat de comprensió de les relacions de segon ordre o de conceptes no directament relacionats amb experiències concretes. La idea del ritme de canvi de velocitat, és a dir l'acceleració, seria un exemple de relació de segon ordre.

— Capacitat per interpretar i utilitzar els conceptes científics sense ambigüitats. Aquesta restricció no s'exigeix als conceptes quotidians, encara que siguin abstractes (per exemple, justícia, bellesa, veritat, etc.). Aquesta capacitat fa que el coneixement científic es diferenciï d'altres tipus de coneixement i que tradicionalment es comenci l'estudi d'un tema donant unes definicions prèvies dels conceptes que s'han de tractar.

— Capacitat de transferència per poder aplicar els conceptes a situacions diverses. Partint de l'anàlisi d'una realitat concreta plantegem un concepte general que ha de poder explicar-la. Així, per donar compte que un ganivet de fulla prima es clava millor que un ganivet gruixut, utilitzem el concepte de pressió. Posteriorment, demanem a l'alumne que sigui capaç d'aplicar aquest concepte general a noves realitats. L'aprenentatge de la física i de la química requereix ser capaç de passar amb molta fluïdesa del concret al general i del general a un altre concret.

— Capacitat i habilitat per avaluar la validesa dels arguments, o dit d'una altra manera, tenir un pensament crític. Els debats, en petits grups o bé generals de classe, sobre la idoneïtat d'una resposta pròpia o d'una altra, poden afavorir l'adquisició d'aquesta habilitat.

— Capacitat per raonar fent ús de la multimodalitat de les ciències. Atès que la ciència s'expressa mitjançant diferents llenguatges (verbal, visual, gràfic, algebraic, etc.) es demana als alumnes que els sàpiguen utilitzar i inte-

grar. Des dels primers cursos se'ls requereix raonar en termes d'imatges i, en cursos superiors, dominar l'àlgebra.

Adonar-nos d'aquests requeriments cognitius ens permet interpretar alguns entrebancs que trobem a les classes. A més, n'hi ha alguns que provenen de la manera en què les persones aprenem.

Els estudis sobre les capacitats i competències dels experts ens indiquen que qui té domini en un camp capta ràpidament les peculiaritats de les situacions que hi fan referència, perquè relaciona les noves dades amb altres patrons d'informació dels quals disposa. Per exemple, un professor amb experiència és capaç d'identificar les característiques d'un llibre de text o les peculiaritats d'una classe amb poc temps d'observació. És a dir, la rapidesa en la percepció de certes realitats obeeix al fet que hom ha desenvolupat estructures conceptuals organitzades o *esquemes* (segons la terminologia d'alguns cognitivistes) que li permeten copsar i destriar informació ràpidament. En el nostre exemple, els llibres de text, les classes o les escoles, que el professor ha conegut al llarg de l'exercici de la seva professió, li han permès desenvolupar uns esquemes que, quan observa un nou llibre, o una nova classe o escola, el fan ser expert a captar els detalls significatius i diferenciadors i a desestimar la informació no rellevant.

És important que els estudiants tinguin experiències d'aprenentatge que estimulin les habilitats específiques per identificar i reconèixer patrons d'informació significatius (Simon, 1980). Les activitats d'observació, comparació i classificació hi poden ajudar.

Els experts no només han adquirit coneixement, sinó també la capacitat de recuperar la part d'informació que és rellevant per a cada problema concret. No han de buscar entre tot allò que saben, sinó només seleccionar la part que és apropiada per a una tasca concreta (Glaser, 1992), ja que saben quan, on i per a què utilitzar cada coneixement. «Ajudar els alumnes a contextualitzar el coneixement seria fer-los explícites les condicions en què és rellevant.» Simon (1980) deia: «Els llibres de text dediquen molt més espai a enunciar les lleis, que no pas a dir quan poden ser útils per resoldre un problema o per analitzar una situació.» Les condicions d'aplicabilitat permeten que l'alumne comprengui en quin moment i de quina manera pot utilitzar la nova informació que se li ha subministrat. Valdria la pena dedicar certs esforços a aquest objectiu.

Diríem, doncs, que al llarg de les sessions de classe és important establir seqüències d'aprenentatge que permetin als alumnes delimitar la nova informació amb precisió, relacionar-la amb informacions prèvies per tal que puguin ancorar-la en bases sòlides, donar-li el sentit físic que els permeti contextualitzar-la i explicar quina és la funció del nou concepte: per què s'introdueix?, què resol?, o què ens permet explicar o interpretar de més a més? Aquest tipus d'exercicis ajuden a fixar la informació nova en les preexistents, ja que li donen significació; podríem dir que permeten categoritzar-la dins del conjunt d'altres conceptes amb els quals es relaciona.

I tot això des d'una perspectiva en què l'alumne va adquirint la capacitat per autoregular el seu aprenentatge; és a dir, va aprenent què s'espera d'ell, quins aspectes ja coneix bé i quins són els seus punts febles. Són aspectes que no podem descuidar; el coneixement metacognitiu permet créixer en autonomia personal.

No sempre es dedica temps perquè els alumnes organitzin les seves idees. Diversos instruments mediadors (mapes conceptuals, V de Gowin, diagrames, bases d'orientació, etc.) poden ser útils i cada professor té les seves preferències.

La situació del professorat

Davant d'aquesta mena de «fracàs escolar internacional» pel que fa a l'aprenentatge de la física i la química, quina és la situació del professorat? En el nostre cas aquest «poc apreci» per la física i la química va lligat al moment de l'entrada en vigor de l'ESO i el batxillerat. En la nova secundària hem pogut detectar nombrosos col·lectius de professors amb il·lusió per tirar endavant amb tots els esforços que calguin, però també, tots coneixem casos de professors «cremats» que senten malmesa la seva autoestima per la manera amb què s'ha implantat la reforma de la secundària.

Els canvis de perspectiva que ha representat per als professors la implantació de la reforma fan pensar que convindria proporcionar-los molts recursos nous. Probablement, molts dels professors no van tenir l'ocasió d'adquirir una àmplia formació en Didàctica i el que els ha permès tirar endavant i, fins i tot, il·lusionar-se ha estat la seva reflexió sobre la pràctica docent i la lectura d'articles o d'algun llibre. De tota manera voldria destacar dues coses:

a) És relativament freqüent la sensació d'inseguretat o d'angoixa que experimenten els professors quan se'ls proposen canvis curriculars. Generalment no se senten prou assistits. Hem pogut comprovar com resulten de difícils els canvis en el currículum que impliquen una reordenació dels continguts. Els currículums de ciència aplicada només solen tenir acceptació com a assignatures optatives, i tot i així sense aspirar a ensenyar conceptes científics. Sembla com si tractar els problemes quotidians des d'un vessant científic només fos útil per a la formació personal dels alumnes, però no per aprendre ciències.

b) Els estudis sobre la introducció d'innovacions en els cursos de física i química mostren una certa resistència per part dels professors a modificar el tractament habitual del currículum i les maneres de promoure'n l'aprenentatge. En un projecte europeu STTIS, d'ampli ressò i volada, es va analitzar la implantació d'innovacions curriculars per part de professors de cinc països. Això va

permetre detectar alguns trets generals que no depenien dels països. Davant de situacions d'inseguretat provocades per un nou enfocament dels continguts disciplinaris, per unes noves pautes de treball o bé per un recurs didàctic no utilitzat abans, s'han observat unes tendències generals de comportament dels professors consistents a adequar les innovacions al context, cosa que redueix el grau d'exigència envers els alumnes i que negligeix els detalls i les «subtileses». Aquestes pautes de conducta podríem dir que corresponen a la manera humana de reaccionar davant de certes situacions.

c) Del projecte STTIS també es va poder inferir que la formació inicial de gran part del professorat és anterior a l'època en què la didàctica ha fet grans avenços i per tant, una formació permanent actualitzada, ben orientada i amb els recursos adequats podria ser de gran utilitat per a aquests professors. A la vegada, l'estudi va mostrar com és d'important la manera en què les autoritats educatives plantegen els canvis i les noves orientacions, a fi de situar els professors en una o altra perspectiva (Pintó et al., 2001).

El temps que cal dedicar a la docència de la física i la química

La variable temps és un factor que sembla menor, però que resulta de gran rellevància. Ens ho podem mirar des de diverses perspectives:

— El temps de docència. Donar molts continguts en poc temps de docència impossibilita un ensenyament de qualitat en el marc de l'ESO o del batxillerat. El temps de docència no pot ser excessivament curt si el currículum és ampli, ja que si pretenem que els estudiants comprenguin allò que se'ls ensenya i no només que ho memoritzin, caldrà que els professors programin una sèrie d'activitats que demanen temps. Penso que ja és compartida l'opinió que les nostres classes no poden ser per als alumnes unes sessions d'anar a escoltar què diem i prou. La construcció del coneixement, qüestió sobre la qual crec que hi ha un consens general, requereix la interacció social, d'una banda, entre els alumnes i, de l'altra, entre els alumnes i el professor. Aquesta interacció la faran mitjançant unes activitats, ja siguin exercicis, problemes, experiències, etc. Des d'una altra perspectiva observem que atendre a la diversitat de ritmes d'aprenentatge que es donen en una classe també requereix temps. Reduir el temps de docència en les matèries de ciències, tal com sembla que succeirà en els nous plans d'estudi, és fer-li un mal servei.

— El temps per preparar i organitzar les sessions de classe. Si considerem adequat adaptar les nostres sessions de classe segons el que observem en els nostres alumnes, és a dir, si hem decidit regular el ritme de docència partint de la resposta dels alumnes, caldrà disposar de temps de preparació al llarg del curs. No podem calcar un curs d'un altre. Improvisar activitats de classe no és fàcil i encara menys idear a corre-cuita sessions de laboratori.

— El temps per aprendre. Els estudis en ciència cognitiva mostren que es necessita temps per processar les informacions, per fer que els diversos lligams que cal que els estudiants estableixin entre els diferents fragments de coneixement es puguin donar. S'acostuma a dir que el temps amb què es produeix l'aprenentatge d'un coneixement no coincideix amb el temps amb què s'ensenya. Per aquest motiu sol ser molt fructífer tornar a tractar els conceptes que s'han vist en sessions anteriors. Recuperar els temes passats i relacionar-los amb el que s'ha ensenyat de nou, també requereix temps.

L'interès i la motivació del grup d'alumnes per aprendre, i per aprendre els continguts escollits

La societat en què viuen els nostres adolescents és ben diferent de la de fa una dècada, i encara ho és més de la societat en què va ser escolaritzada la generació anterior i, probablement, els professors actuals.

La disponibilitat de mitjans i de tecnologies de la informació i la comunicació ha canviat en gran manera. Els valors socioculturals dominants s'han modificat. Del culte a l'autonomia personal, al desenvolupament de les pròpies potencialitats, a la creativitat, a l'originalitat, al pensament crític, al gust pel saber gratuït, etc., s'ha passat a donar protagonisme a l'eficiència, a l'establiment de les fites més adequades que s'han d'aconseguir, al seguiment de les pautes correctes per obtenir certs resultats, a considerar l'èxit —sovint des d'un vessant econòmic— com a mesura de la vàlua personal. Tots aquests valors impregnen els nostres alumnes i fan que els gustos i interessos que tenen siguin molt llunyans d'aquells a què els professors recorrien per incentivar el treball dels estudiants. Així, avui dia els professors fan grans esforços per detectar què els pot motivar.

D'altra banda, l'escolaritat obligatòria fins als 16 anys de tota la població fa que es doni una gran heterogeneïtat d'alumnes dins d'un mateix grup classe. Aquesta varietat de capacitats en el període en què els adolescents intenten afirmar la seva personalitat —cosa que els fa mostrar-se desorientats i inestables— condiciona amb gran manera el ritme i la dinàmica de la classe. Els professors han de fer front a moments de tensió i irritació inhabitualment freqüents o bé cauen en el pessimisme. Fóra molt desitjable que les autoritats educatives donessin facilitats per assumir aquesta tasca.

Els coneixements bàsics procedents de cursos anteriors amb què comencen

Són freqüents els comentaris sobre el baix nivell amb què arriben els alumnes a les nostres classes. Encara que no serveixi de consol, val a dir que són comuns en professors de tots els països europeus. A tots ens agradaria trobar-nos amb alumnes brillants i amb uns coneixements bàsics ben assolits; però no seria contribuir a educar una població escolar normal, amb la diversitat i

riquesa que això significa.

El fet que alguns alumnes passin de curs sense superar uns mínims no acostuma a resultar problemàtic en els primers cursos, però el desnivell es va engrandint a mesura que avancem a cursos superiors i la convivència dintre d'un mateix grup classe es pot arribar a fer difícil. De tota manera, aquestes lamentacions sobre el baix nivell se solen fer, bàsicament, en dues circumstàncies:

— Com a justificació o pal·liatiu dels rendiments que hom espera aconseguir. No solen tenir la finalitat de mostrar com han millorat o milloraran els alumnes a partir de la pròpia docència. Si bé és molt dur fer front a certes situacions de partida, el que sembla un contrasentit o una renúncia a les pròpies responsabilitats és, per exemple, que un professor de llengua es queixi que els alumnes surten sense saber llegir ni escriure. Amb les mancances i amb el bagatge dels cursos anteriors hem d'intentar tirar endavant.

— També s'ha observat com alguns professors de física i química que s'han esforçat al llarg dels anys a ensenyar bé aquestes disciplines a alumnes de BUP i COU, és a dir, a una població escolar ja seleccionada, es lamenten d'haver d'ensenyar ciències a tothom. Semblen sentir una falta de reconeixement a la seva professió i a la preparació científica a la qual havien dedicat molts esforços. Per superar aquesta barrera, molts professors no han vist que l'Administració hi posés els mitjans adequats (disminució de les hores de docència, dotació del material adient, augment de l'opcionalitat i del professorat de reforç, etc.) i amb certa freqüència el desànim s'apodera d'ells. Fer front a la heterogeneïtat de nivells d'un grup classe amb alumnes de 15 o 16 anys, requereix molt de suport. No podem oblidar que la *comprensivitat* és una opció política que ha d'anar acompanyada, especialment en la seva implantació, de molts recursos econòmics.

Presentar un currículum raonable, posar a disposició els recursos humans i materials pertinents, vetllar per unes condicions d'ensenyament dignes, perquè els professors puguin tirar endavant sense esforços excessius, és tasca dels responsables de l'educació.

En definitiva

L'ensenyament de la física i la química a secundària al nostre país travessa, actualment, una situació delicada en què confluueixen diversos factors. Al problema general de la falta d'interès pel coneixement de bona part de la població dels països rics, s'hi afegeix la implantació de la *comprensivitat* a la secundària sense que els professors notin haver rebut els mitjans adequats i el suport i la comprensió de les autoritats educatives. Explicar els avantatges que significa per a qualsevol alumne els grups de classe heterogenis i saber-ho aprofitar no sembla haver estat una fita important. Són molts els clams dels professors que es planyen del fet que les administracions estan més pendents d'implantar normes, que no pas d'encarar situacions humanes i això es podria canviar i caldria canviar-ho.

Si les administracions públiques estan realment interessades a millorar el nivell d'alfabetització científica de la població, convé que posin els mitjans perquè la societat tregui el màxim profit del fet de tenir la població escolaritzada fins als 16 anys, de comptar amb la riquesa i diversitat d'alumnes que comparteixen uns mateixos espais, de les il·lusions amb què el jovent d'aquestes edats descobreixen el món i la vida, de la tradició innovadora de molts professors del país, com també dels esforços fets arreu per millorar els currículums o per investigar els processos d'aprenentatge, etc.

Fer que els alumnes de secundària progressin en l'aprenentatge de la física i la química dins del Pla de la reforma és responsabilitat de molts: l'Administració, els encarregats de la formació del professorat, els mateixos professors, els alumnes i els pares. Ara bé, en cada moment i a cada país, hi ha uns responsables últims de l'educació de la població. Crec que només cal que recordem una frase final:

Una reforma educativa només es pot implantar amb èxit si disposa de la il·lusió del professorat.

Referències bibliogràfiques

Projectes curriculars

Science Education Group University of York, *Salters Horners Advanced Physics,* Heinemann Educational Publishers (Oxford).

AS Level Student Book. 2000. ISBN: 0435628909.

AS Level Teacher and Technician's Resource Pack. 2000. ISBN: 0435628917.

A2 Level Student Book. 2001. ISBN: 0435628925.

A2 Level Teacher and Technician's Resource Pack. 2001. ISBN: 0435628933.

Science Education Group University of York, *Salters Advanced Chemistry,* Heinemann Educational Publishers (Oxford).

Chemical Storylines. 2000.

Chemical Ideas. 2000.

Activities and Assessment Pack. 2000.

Teacher's Guide. 2001.

GBORN, J. (dir.), POST 16, Institute of Physics Publishing (Bristol, 2000; Philadelphia, 2001).

Advancing Physics AS: Student's Book. ISBN: 0 7503 0585 1.

Advancing Physics AS2: Student's Book. ISBN: 0 7503 0677 7.

Advancing Physics AS: Student's CD-ROM. ISBN 0 7503 0736 6.

Bibliografia

ADEY, P., SHAYER, M. i YATES, C., *Thinking Science: The Curriculum Materials of the CASE Project*, Macmillan Education (Basingstoke, 1989).

CHI, M. T. H., FELTOVICH, P. J. i GLASER, R., Categorization and Representations of Physics Problems by Experts and Novices, *Cognitive Science*, **5**, 121-152 (1981).

DESFORGES, C., *How Does Experience Affect Theoretical Knowledge for Teaching?* Paper Presented at EARLI Conference, (Aix-en-Provence, 1992).

DUIT, R., Research on Students' Conceptions – Developments and Trends, *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, (1993).

GLASER, R., Expert Knowledge and Processes of Thinking, A: HALPERN, D. H. (ed.), *Enhancing Thinking Skills in the Sciences and Mathematics*, Erlbaum (Hillsdale, NJ, 1992). pàg. 63-75.

PINTÓ et al., *Teachers' Transformations Trends when Implementing Innovations. Report of STTIS Project*, (2001).

SHAYER, M. i ADEY, P., Accelerating the Development of Formal Thinking in Middle and High School Students II: Post-project Effects on Science Achievement, *Journal of Research in Science Teaching*, (1991).

SIMON, J., Individual Differences in Solving Physics Problems, A: SIEGLER, R. (ed.), *Children's Thinking: What develops?*, Erlbaum (Hillsdale, NJ, 1978) pàg 325–348.

SJOBERG, S., *Science and Scientists: The SAS Study. Cross-cultural Evidence and Perspectives on Pupils' Interests, Experiences and Perceptions*, University of Oslo, Department of Teacher Education and School Development (2000).