

# HISTORIA



## Y EPISTEMOLOGIA DE LAS CIENCIAS

### LA DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES: UNA EMPRESA RACIONAL

ALIBERAS, J.,<sup>(1)</sup> GUTIÉRREZ, R.,<sup>(2)</sup> IZQUIERDO, M.<sup>(3)</sup>

(1) Moviment Educatiu del Maresme.

(2) Departamento de Didáctica de las Ciencias, IEPS, Madrid.

(3) Departament de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències, UAB.

Aquest article forma part de la tesina de llicenciatura de J. Aliberas (1987) que ha rebut el premi "Baldiri Reixach" per a professors, de la fundació catalana Jaume I.

---

#### SUMMARY

This article uses S. Toulmin's evolutionary epistemology in order to face the present-day situation of Science Education, considered a sufficiently different discipline in comparison with the other scientific disciplines, having its own professional field and research. As a result of this, the importance of timing and the pressure to find ways for collective work are emphasised. This may allow to reach theoretical agreements which have not yet been achieved in a satisfactory way. The change of teaching institutions, methods of working and training, which would allow for the innovative teaching behaviour now considered adequate by the professional staff is also considered absolutely relevant.

---

#### INTRODUCCIÓ

Per a contemplar amb suficient perspectiva el camp de la didàctica de les ciències i per a comprendre millor la seva conjuntura actual i la situació de canvi que està vivint, ens cal recórrer al terreny filosòfic i històric.

En els darrers 30 anys l'epistemologia s'ha ocupat de les "revolucions científiques". Les teories d'Einstein van destruir la física newtoniana i a partir d'aquell moment es varen enfonsar també les epistemologies

"justificacionistes", les quals consideraven que les ciències consisteixen en un conjunt de "coneixements comprovats". La tradició justificacionista havia estat la tradició dominant durant segles en el pensament racional i es varen fer grans esforços per tal de salvar els seus principis (els principis "sintètics a priori" dels intel·lectualistes i la validesa de la inferència inductiva a partir d'experiments comprovats); aquests esforços constituïen una fugida de posicions escèptiques que negaven la possibilitat de coneixement objectiu, donant així pas a l'irracionalisme.

La impossibilitat d'arribar a establir una lògica inductiva va plantejar diverses alternatives. És especialment conegut, per la seva importància, el falsacionisme metodològic de Popper, que és una modalitat del "convencionalisme revolucionari": el científic aplica teories als fets experimentals, però aquestes teories poden ser modificades si els fets experimentals no s'hi ajusten. Segons Popper les teories científiques no poden ser provades, però els científics han d'estar disposats a refutar-les amb la seva experimentació, que descobreix situacions experimentals noves.

Els sociòlegs de la ciència han considerat, però, que les idees de Popper referents a la formació dels coneixements científics no s'adiuen amb el que han fet i fan realment els científics quan investiguen. Una altra important alternativa ve donada pels filòsofs que intenten substituir les "veritats provades" per "veritats per consens". T.S. Kuhn i S. Toulmin són coneguts representants d'aquesta línia, en la qual el coneixement és considerat en el seu vessant sociològic; intenten comprendre el progrés de la ciència comptant amb el context social en el qual aquesta es desenvolupa i, amb això, una definició més global del que s'entén per racionalitat científica (Usabiaga 1987). L'epistemologia "evolutiva" de Stephen Toulmin (Toulmin 1972) ens sembla particularment útil per a una reflexió sobre què és la ciència, encaminada a ensenyar-la millor (Novak 1982) i dedicarem aquest article a fer això.

En la primera part de l'article es citen alguns punts del llibre de Toulmin, aquells que millor il·lustren la nostra reflexió. En la segona part, s'analitza la situació actual de la Didàctica de les Ciències i les vies que, al nostre entendre, la consolidaran com a disciplina, tot produint canvis professionals i institucionals importants.

## 1. L'EVOLUCIONISME CONCEPTUAL DE TOULMIN

### 1.1. Les disciplines són empreses racionals en evolució

Al seu llibre sobre la comprensió humana, S. Toulmin estableix un paral·lisme —que intentarem sintetitzar a continuació— entre l'evolució biològica de les espècies i l'evolució de les empreses racionals, com ho és una ciència.

El cos teòric i el bagatge pràctic d'una disciplina no formen una unitat organitzada com la d'un sistema lògic, sinó que constitueixen un agregat o "població històrica" de conceptes, teories, mètodes i objectius que són relativament independents uns dels altres a nivell lògic (p.139). I, així com els individus d'una població biològica s'organitzen en espècies, les activitats racionals humanes s'agrupen en "disciplines" (p.149), les quals estan sotmeses a un procés continu d'evolució històrica fonamentada en la "innovació" i en la "selecció". El mecanisme biològic de selecció afavoreix els individus millor adaptats a les exigències de l'ecosistema; el mecanisme racional de selecció, així mateix, tria aquelles variants conceptuals millor "adaptades" a les condicions de "l'ecologia intel·lectual" de la disciplina (p.150). És a dir, es decanta pels conceptes o procediments que semblen més prometedors per a assolir els objectius intel·lectuals que la disciplina es proposa, produint-se així un "canvi conceptual".

Per a poder existir autònomament, una disciplina ha de poder perseguir els seus objectius propis amb independència d'altres fins. Per tant, el seu àmbit no és forçat simplement per les condicions externes, sinó que és determinat per l'actitud intel·lectual d'aquells que s'hi dediquen (p.182). El consens sobre les finalitats és el que dona unitat intel·lectual i professional a una disciplina. Les consideracions de tipus lògic, que fins ara semblaven intervenir de manera única, no tenen, doncs, un paper exclusiu en aquest aspecte.

Les ciències són disciplines que es caracteritzen per perseguir objectius de caràcter explicatiu (p. 369); les disciplines no científiques (com la jurisprudència, les artesanies o les tècniques), en canvi, es proposen una altra mena d'ideals. Una ciència treballa per trobar explicació a fets que encara no en tenen. Dit d'una altra manera:

Problemes científics = ideals explicatius - capacitats actuals (p.162)

Com que els recursos intel·lectuals d'una ciència evolucionen amb el temps, va variant també el seu àmbit d'aplicació i els problemes sobre els quals treballa, així com la seva capacitat explicativa. Es tracta d'una evolució sense trencaments, ja que les innovacions mantenen un encadenament genealògic amb els conceptes anteriors (p.158). La identitat històrica de la disciplina es manté tot i que canviï molt a llarg termini, de la mateixa manera que una espècie pot evolucionar sense que arribi a perdre la seva identitat (p. 247 i següents). Des d'aquesta perspectiva epistemològica una ciència adquireix un caràcter plenament dinàmic, que queda molt allunyat de la imatge estàtica i definitiva que encara se'n té en l'actualitat, fins i tot entre els professors de ciències (Hodson 1985).

L'evolució d'una ciència pot fins i tot arribar a canviar els seus límits, o els seus objectius; pot també fer-la interaccionar amb una altra ciència i fins i tot fer-la desaparèixer (p. 151). Pot passar també que una ciència

neixi per evolució d'una ciència anterior o bé que una artesanía adquireixi ideals explicatius i doni lloc progressivament a una nova disciplina científica. Això és el que va passar amb la química al llarg del segle XVIII (Meinel 1983) i potser és el que s'està produint en l'actualitat, en el terreny de la didàctica de les ciències.

### 1.2. Condicions pel canvi conceptual disciplinar

Un canvi en els conceptes bàsics d'una disciplina científica s'ha d'acomplir a tres nivells diferents, per tal que sigui complet: han de canviar el llenguatge, les formes de representació i l'àmbit d'aplicació (p. 190). Per això, per a comprovar que una persona ha captat un concepte científic ha de demostrar saber quan i com aplicar els seus procediments explicatius, a part de saber-ne parlar i representar-los (p. 169).

Però a més a més dels seus aspectes intel·lectuals, una disciplina científica és també una professió i sovint no es compta amb aquest aspecte (p. 152). Els interessos professionals i els interessos polítics de les institucions són tan presents en els processos de selecció d'innovacions com ho són les raons intel·lectuals (p. 273).

Així, la selecció efectiva de les noves variants disciplinars demana certes condicions. Cal un "Forum de Discussió" on aquesta es pugui realitzar (p. 216); aquest forum ha d'estar prou protegit perquè les innovacions interessants no desapareguin enmig de polèmiques desorganitzades, però al mateix temps ha de ser prou obert perquè les innovacions que han demostrat la seva adaptació a l'ecologia conceptual de la disciplina puguin sortir del "nínxol" on s'han format, i "colonitzar" la professió. Per una banda, les "barreres ecològiques" massa baixes porten al conformisme intel·lectual i a l'anarquia conceptual; i per l'altra, les barreres massa altes porten a l'aïllament social, que impedeix que entrin al nínxol idees i aportacions noves, i també que s'estenguin les "varietats" que s'hi han adaptat (p. 299).

Per a fer aquesta feina de selecció, una disciplina ben estructurada disposa de "grups de referència" amb autoritat -intel·lectual i professional- prou reconeguda per a poder exercir-la amb el consentiment dels seus col·legues (p. 271). Es tracta del grup de persones que, per exemple, signen els llibres de més difusió i els articles més llegits en un determinat àmbit disciplinar, i que acostumen a tenir un paper destacat en les trobades i en les revistes especialitzades. La feina d'aquest grup consisteix a realitzar "apostes racionals" respecte de la disciplina: mirant el passat ha d'aventurar-se a suggerir decisions racionals sobre quines són les opcions més prometedores de cara al futur. Si les seves decisions resulten encertades i donen fruits, el seu prestigi creix, minvant en cas contrari. D'aquesta manera l'autoritat en una disciplina pot anar canviant de mans amb el temps (p. 251). (Veurem més endavant fins a quin punt existeix o no aquest "forum" pel que fa a la disciplina "didàctica de les ciències").

Els criteris de selecció s'han d'aplicar simultàniament en termes interns (intel·lectuals) i externs (polítics-so-

cials), ja que són indèstriables (p. 310).

### 1.3. Les disciplines no són igualment madures

Les ciències -com la física- ben establertes tant a nivell intel·lectual (amb els seus ideals, conceptes i procediments) com a nivell professional (amb els seus forums de competència, autoritats disciplinàries, etc.) són disciplines "compactes" o "madures". N'hi ha també d'altres que només d'una manera aproximada s'acosten a aquest ideal: són "disciplines difuses"; i hi ha també aquelles que són tot just a l'inici del procés per a establir-se com a tals: les "disciplines possibles" (p. 383).

Les disciplines que no són "madures" es veuen obligades a donar prioritat als debats filosòfics i metodològics, més que al treball empíric (p. 385). És freqüent que es trobin sotmeses periòdicament a canvis importants en els seus pressupòsits principals, a la manera pendular; i també que es vegin obligades al treball en petits grups, fins a cert punt aïllats, sense que arribin a resoldre els seus problemes principals, que resulten fins i tot difícils de definir. De vegades, l'endarreriment d'una disciplina no és causada per problemes intel·lectuals sinó per deficiències de l'organització professional: comunicació deficient, autoritat mal exercida, etc. En les "disciplines compactes" és factible, com a mètode d'anàlisi del canvi conceptual, la separació dels factors interns (racionals, dialèctics) dels factors externs (polítics, econòmics...); en les disciplines menys madures, en canvi, les decisions racionals solen implicar necessàriament preses de posició polítiques (p. 310).

Segons Toulmin, hi ha també activitats racionals que mai no arribaran a esdevenir una disciplina, ni tampoc definiran una professió. I això no perquè no siguin racionals, sinó perquè només responen a ideals individuals i no col·lectius (com passa amb l'art) (p. 402), o perquè els seus objectius són tan complexos que no poden ser analitzats en detall (com és el cas de les decisions de la vida quotidiana).

Cal dir també que les relacions ecològiques que governen els conceptes en evolució regeixen també entre les institucions. És en aquest sentit que es pot dir que "els conceptes són microinstitucions" i que les "institucions són macroconceptes". Una disciplina pot considerar-se formada per una població de recursos intel·lectuals, una població de científics i una població d'institucions.

### 1.4. Racionalitat i lògica no és el mateix

El que hem anat veient defineix una determinada postura, des de la qual la racionalitat del progrés científic ja no és la lògica inductiva del model empirista (la "veritat cap amunt": de l'observació a la teoria) ni la deductiva, característica del model racionalista (la "veritat cap avall": de principis generals a enunciats concrets) (p. 81). La racionalitat s'ha de buscar en els procediments de selecció d'alternatives, en termes

d'"allò que és millor per ara" (p. 376) i no pas en les estructures lògiques. En paraules de S.Toulmin: "Un home demostra la seva racionalitat, no per l'adhesió a idees fixes, procediments estereotipats o conceptes immutables, sinó per les maneres i les ocasions en què canvia aquestes idees, procediments i conceptes" (p. 15).

Des d'aquesta perspectiva, les teories científiques no busquen la veritat absoluta, sinó més aviat l'aplicabilitat en el terreny explicatiu (p. 178). Són racionals precisament en la mesura que són criticables i modificables: allò que converteix una afirmació en superstició o prejudici no és el seu contingut, sinó la manera de sostenir-la, que no admet la revisió (p. 261). Per tant, les estructures lògiques formalitzades definitivament només serien possibles per als coneixements fora de dubte, els quals es podrien considerar fossilitzats per haver deixat de formar part dels problemes científics (p. 197): és el cas de la geometria euclidiana, per exemple. Els arguments formals que dona una ciència són idealitzacions de les explicacions científiques implicades, i no pas el seu contingut essencial: no es pot confondre un argument lògic amb la pròpia activitat d'explicar (p.167). La recerca de relacions lògiques o "de veritat" haurà de donar pas a la recerca de relacions de significat.

Les decisions racionals no poden ser mai definitives (p. 499 i següents). Un concepte o teoria no és millor que un altre, sense reserves; en alguns casos ni tan sols és possible la comparació o bé aquesta requereix determinades situacions, molt particulars (p. 320). No es tracta doncs de buscar un sistema universal de pensament, d'autoritat absoluta. Si la ciència pot estar en transformació constant és perquè no és cap sistema estructurat lògicament (p. 174).

### 1.5. ¿Kuhn o Toulmin?

Kuhn (1962) havia descrit el fenomen de canvi de paradigma que es produeix només en les etapes de "ciència revolucionària": "és una conversió mística que no és ni pot ser governada per regles racionals" (Lakatos 1983). Segons Kuhn els "paradigmes" són les unitats conceptuals coherents que s'han d'acceptar o rebutjar en conjunt i en les etapes de canvi es dona necessàriament la incomprensió entre defensors de paradigmes rivals.

Toulmin, en canvi, manté que la substitució d'un paradigma per un altre és un procés totalment racional (p. 113 i següents), i es mostra el mecanisme: fins i tot en les etapes que Kuhn anomena de "ciència normal" hom pot constatar sovint canvis conceptuals i no tan sols en les etapes de "ciència revolucionària". Tant el canvi conceptual com la continuïtat científica es poden explicar amb els mateixos processos racionals. Això suposa la superació de l'enfoc kuhnian, de la mateixa manera que la mecànica newtoniana va suposar la superació de la física medieval quan va aconseguir explicar tant el repòs com el moviment amb els mateixos termes (p. 109).

Segons Toulmin, les revolucions científiques que descriu Kuhn són canvis teòrics i professionals més ràpids dels habituals, però no substancialment diferents d'aquests (p. 128), doncs fins i tot en els grans trencaments teòrics els científics continuen compartint els ideals explicatius de la ciència en la qual treballen (p. 133), cosa que els permet de mantenir encara un cert grau de comunicació (p. 114). El més corrent, però, és que es produeixi innovació i selecció en parts limitades de la població de conceptes i no pas en la totalitat de la disciplina, ja que no són unitàries ni indivisibles (p. 137).

## 2. ¿ÉS UNA DISCIPLINA LA DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES?

Pel que fa a la didàctica de les ciències, comencen ja a perfilar-se els seus nous patrons de racionalitat, a mesura que es perfilen uns nous objectius (Butler i Yager 1981, Strike i Posner 1983).

### 2.1. L'esclat de la crisi

Les necessitats socials de finals dels cinquanta (ensenyar bé les ciències a la població escolar per tal de donar suport i de fer possible el desenvolupament tecnològic) van afavorir un seguit d'actuacions que van anar fent possible la cristallització de la didàctica de les ciències com a disciplina científica autònoma, creixent a la frontera entre diverses disciplines. Durant una vintena d'anys, el panorama de futur d'aquesta incipient disciplina semblava força clar: els seus conceptes, mètodes i objectius, molt propers encara als de les disciplines frontereres, semblaven fàcils d'establir i eren prou compartits pels tots els seus cultivadors.

És a finals dels anys setanta quan arriba la crisi, a la qual ens hem referit ja en la presentació d'aquest treball. La situació actual de la didàctica de les ciències va ser qualificada de "preparadigmàtica" en diversos articles (Bowen 1975, Berger 1979, Klopfer 1983, Gilbert i Watts 1983, Gilbert i Swift 1985). En termes toulminians diríem que manca un conjunt suficientment acceptat de conceptes, mètodes i ideals explicatius. Però precisament l'existència d'un seguit de problemes derivats de la pràctica docent en ciències, comuns a una àmplia comunitat formada per professors de ciències, en primer lloc, i també per psicòlegs, pedagogs, sociòlegs... ha anat configurant una comunitat científica que va esdevenint, dificultosament, ben caracteritzada i progressivament independent. L'existència d'aquest grup de referència és cada cop més evident i permet que s'assoleixi progressivament el consens que és necessari per a la consolidació de la didàctica de les ciències com a disciplina autònoma, ja separada de les disciplines d'origen.

Som, clarament, en un prometedor moment de canvis, d'emergència de noves idees, cada cop més consensuades (Linn 1987, Pennick i Yager 1986). Els professors

hem d'assimilar la crisi i repensar-ne el sentit per tal de poder-nos orientar en la nova perspectiva que se'ns presenta. El punt de vista de Toulmin resulta d'allò més adequat per a poder considerar racional una disciplina que difícilment podria ser-ho si ens fixéssim exclusivament en la seva estructura formal i si penséssim que aquesta ha de basar-se, com la d'algunes ciències, en models fonamentats en conceptes quantitius com els de les ciències. La crisi ha motivat el debat a l'entorn de realitzacions ben delimitades (diversos projectes per a l'ensenyament de les ciències), que són les que han fet sorgir els problemes, perquè s'ha detectat una inesperada manca d'aprofitament per part dels alumnes. (Peterson 1979). Les solucions d'aquests problemes van configurant progressivament un camp de treball específic amb els seus propis i relativament estables objectius, una comunitat científica diferenciada d'altres i un estil de recerca propis. Podem començar a parlar ara de la didàctica de les ciències com a disciplina científica diferenciada, amb uns nous i més amplis objectius, un cos teòric progressivament consolidat, un estil d'investigació propi i a la qual li caldran noves institucions educatives i un nou marc professional. (Gutiérrez 1987).

## 2.2. Canvis d'objectius: la interfase ciència-societat

Si es redueix el camp de treball de la disciplina "didàctica de les ciències" a la transmissió de coneixements científics a través de l'escola fem d'ella una tecnologia amb ideals pràctics, que no arribaria a ser una ciència per manca d'ideals explicatius (els dos aspectes, teòric i pràctic, són inseparables en aquesta disciplina: faltant una de les dues dimensions difícilment s'hi produirà cap progrés). Si, en canvi, es considera la Didàctica de les Ciències com a interfase ciència-societat, el seu domini s'amplia considerablement i es fa molt més interessant (Yager 1985).

Aquest nou enfoc permet considerar que les qüestions que sorgeixen respecte al canvi d'objectius d'un ensenyament de les ciències (que s'ofereix, ara, a tota la població escolar i per tant s'adreça cada vegada més a uns alumnes que mai no esdevindran científics) són autèntics problemes científics. Aquests nous objectius i aquestes noves funcions, més vivencials, de la didàctica de les ciències, estan relacionats, uns i altres, amb la necessitat d'atendre les necessitats de formació més fonamentals dels ciutadans i de donar, en conseqüència, un enfoc més ampli a l'ensenyament científic, que compti amb nous aspectes: els valors relacionats amb el vincle entre la ciència i la societat; la tecnologia; el coneixement del progrés de la ciència al llarg dels temps; el coneixement científic, en relació a la qualitat de vida dels alumnes; la significació personal que tot procés formatiu ha de tenir per a l'alumne....

El treball decidit per a posar la ciència a l'abast de tots els ciutadans (Fensham 1983), seleccionant aquells aspectes que poden ser formatius en sentit ampli per als alumnes i per als adults no científics i oferint-los un ensenyament significatiu de les ciències (la qual cosa suposa que es treballa a partir de la visió no científica

del món, pròpia dels no científics, que s'intenta de comprendre i de contrastar amb la del científic, a fi de fonamentar l'ensenyament en el pensament autònom de qui aprèn) dona a la didàctica de les ciències un nou camp d'actuació alhora més ample i més específic. Tot plegat contribueix a diferenciar clarament els interessos propis de la nova disciplina de les disciplines frontereres que li havien donat vida, i defineix tota una nova sèrie de problemes científics que abans, amb el terreny més reduït, no existien, i que ara caldrà afrontar.

## 2.3. Canvis en la metodologia: aparició de la etnografia

Fins fa molt poc, els mètodes d'investigació didàctica eren predominantment empiristes. (De manera semblant, en l'ensenyament de les ciències s'utilitzava l'anomenat, impròpiament, "mètode científic" (Gil 1983), amb el qual es descobria la "veritat"). Es procurava per damunt de tot conèixer, separar i controlar les variables que influeixen en l'aprenentatge, i es realitzaven observacions -preferentment quantitatives- reduïdes sovint a períodes molt breus, que col·locaven els estudiants en contextos poc habituals per a ells. Tant la investigació com l'ensenyament es recolzaven massa en la lògica inductiva.

Molts dels resultats generats d'aquesta manera de fer han estat difícils d'aprofitar. La raó, en el fons, ha estat la complexa interdependència de variables que intervenen en el procés d'aprenentatge i que converteix en il·lusòria la pretensió de controlar-les totalment.

Per això convenia que es produís una renovació també en l'aspecte metodològic, tant pel que fa a la recerca com a l'ensenyament. Els nous mètodes qualitius, manllevats a l'etnografia, pretenen d'aconseguir una visió integrada de l'objecte en estudi, amb totes les seves inter-relacions: una comprensió de la seva totalitat, la seva significació; en definitiva, de la seva racionalitat. Ja no interessa anar acumulant pacientment detalls del quadre que tenim al davant, sinó de contemplar-lo globalment per poder-lo entendre. Paral·lelament, les tradicionals investigacions "nomotètiques" (que tracten de determinar les característiques comunes a totes les situacions) s'enriqueixen amb les innovadores recerques "idiogràfiques" (que intenten de descobrir les peculiaritats i la racionalitat ecològica de cadascuna de les diferents situacions i maneres de pensar).

Sembla raonable de pensar que ni els mètodes qualitius ni els idiogràfics no venen a desplaçar els quantitius ni els nomotètics, sinó a complementar-los, col·locant uns i altres als llocs que els pertoca, amb la qual cosa es pot aconseguir un aclariment disciplinari important. Amb les innovacions metodològiques augmenten les possibilitats disciplinàries per afrontar amb prou garanties l'eixamplament dels objectius disciplinars. Si busquem significació per a l'alumne, també n'hem de buscar per als investigadors i per als professors. En aquesta recerca de significació els mètodes idiogràfics i qualitius hi tenen un paper important. (Gutiérrez 1987). En definitiva, si Toulmin adverteix

que la identificació de lògica i racionalitat no es justifica ni en la història ni en l'antropologia, podem afegir nosaltres, com han fet notar molts investigadors, que tampoc està d'acord amb la realitat de l'aprenentatge escolar.

#### 2.4. Un cos teòric fragmentat però convergent

L'evolució dels diferents models d'aprenentatge actualment utilitzats en l'ensenyament de les ciències—derivats respectivament de l'aprenentatge jeràrquic, de l'epistemologia genètica, de l'aprenentatge receptiu i de la psicologia de processament d'informació—han arribat a una situació sense cap vencedor clar de la seva confrontació. Cada model té un àmbit d'aplicació en el qual es mostra útil. Tot i que no ha estat possible d'arribar a un consens en les qüestions teòriques, sí que ho ha estat, en canvi, en les de tipus pràctic.

Aquest acord es basa en una nova manera d'entendre l'aprenentatge, el "constructivisme", segons la qual es concedeix més importància a la construcció d'una visió del món—i de si mateix—per part de l'alumne que no pas l'acumulació d'informacions o procediments. Tot això implica la impossibilitat d'oferir "receptes" didàctiques detallades que poguessin ser vàlides independentment del contingut a ensenyar i de les circumstàncies concretes dels alumnes. La recerca d'un model teòric sobre aprenentatge de les ciències que sigui acceptable per tota la comunitat investigadora és un repte pendent que estimula contínuament a fer-hi molts esforços.

Degut a la seva importància i, també, a la seva complexitat, no podem tractar aquí aquesta qüestió amb més profunditat.

#### 2.5. La professió de professor de ciències

L'actual organització professional dels professors de ciències (distribució de feines durant el temps de treball, organització dels equips de professors, formació del professorat, accés a la docència, funcionament institucional de la professió...) està millor adaptada a la funció tradicional de transmissió d'informació que no pas als actuals objectius, que són ja propis d'una disciplina científica, amb el que això implica de renovació i de connexió entre teoria i pràctica.

L'aparició de "moviments de renovació" en aquest terreny es pot considerar com una certa escissió professional que mostra, al mateix temps, la frustració que la situació actual genera en certs sectors i les vies d'innovació que s'han suggerit per superar l'actual estat de coses, en la tendència de procurar de dotar de significació els aprenentatges. La llarga història d'aquests intents demostra la permanència de la insatisfacció malgrat els canvis, així com la incapacitat de les mateixes idees alternatives per imposar-se. Les raons potser hauríem de buscar-les tant en les pròpies mancances teòriques com en la inèrcia professional i política de les institucions responsables.

Existeix una comunitat científica internacional pel que fa a la didàctica de la ciència, però ens costa de crear-la també al nostre país. Gutiérrez (1987) anomena la incipient comunitat en l'àmbit espanyol "Invisible College" (Facultat Invisible), degut a la seva dispersió i a la manca de suport institucional que pateix. No cal dir la importància de consolidar un forum autòcton d'on podrien sorgir resultats segons un estil i una sensibilitat propis, més d'acord amb les nostres necessitats i que constituïrien aportacions originals i específiques al forum internacional.

No tenir un forum propi—o tenir-lo amb barreres inadequades—ens condueix al conformisme (rutina escolar: les innovacions no arriben!) o a l'anarquia conceptual (un treball innovador malaguanyat: no és aquest el resultat de molts treballs fets per grups de treball dels ICE?).

Com que la feina a fer esdevé nova, la preparació professional—inicial i permanent—hauria de ser també molt diferent de l'actual. Si pensem que en la perspectiva toulminiana la racionalitat es demostra precisament en la tria dels camins a seguir, el concepte d'aplicabilitat es fa clau i la utilització pràctica tant de les teories didàctiques com dels continguts científics ha de ser la preocupació fonamental. En cap dels dos terrenys no n'hi ha prou d'ensenyar procediments i conceptes: també s'han de fer entendre les raons i els límits de la seva utilització: altrament, els coneixements perden la seva racionalitat.

La professió no pot abandonar els mestres quan comencen, ni deixar-los tots sols al moment crític d'entrar a l'aula. En aquest aspecte hem d'aprendre dels metges: cap cirurgià novell no ha començat mai a operar tot sol.

Una altra característica de la formació—precisament perquè és científica—hauria de ser l'evitar tot dogmatisme, i el respecte a les posicions discrepants. És a partir d'aquest respecte que pot ser viable un canvi de pensament (com el que volem provocar en els aprenents de ciències), després d'haver desvetllat, a través del diàleg, la insatisfacció per la pròpia manera de veure les coses i la necessitat d'una alternativa. Es tractaria d'aplicar a la formació del professorat els mateixos principis que proposem per a la formació dels nostres alumnes (Aliberas 1987).

És possible que la situació insostenible de la didàctica clàssica arribi a posar de moda la didàctica renovadora convertint-la en superficial i passatgera. Situacions així s'han donat en altres èpoques, i només es poden evitar amb una feina prou seriosa i respectuosa. També hi ha de contribuir una estructura professional no rígida, que disposi de procediments racionals de modificació, tant per a les teories com per a les institucions.

En definitiva, els factors intel·lectuals necessaris per provocar canvis conceptuals i professionals semblen ja, en aquests moments, disponibles per a la didàctica de les ciències. Ara cal que els elements socials sàpiguen jugar el seu paper decisiu.

## 2.6. Les limitacions disciplinars

La didàctica de les ciències ha crescut a partir de la professió de mestre o professor i es podria intentar d'independitzar de dues maneres: separant-se de la professió de mestre o separant els investigadors de la docència.

Per no caure en aquest parany podem prendre altra vegada com exemple la medicina, que és alhora una disciplina científica i tecnològica i una professió important. En aquest cas, l'exercici de la professió configura un estil de recerca que si bé no és l'únic possible, sí que és el que proporciona el nombre més gran de comunicacions en els congressos de medicina; i els professors dels futurs metges són sempre metges que exerciten la professió, coneguts pel seu bon criteri professional (tecnològic i científic).

Des de la nostra perspectiva d'anàlisi, la consolidació de la disciplina "didàctica de les ciències" requereix la reforma de la professió per tal de fer compatible l'ensenyament i la recerca. L'ensenyament sense recerca significa l'empobriment d'ambdues, i més en una època com l'actual, de creativitat investigadora. Inversament, investigar sense ensenyar és inviable: una innovació no només ha de ser bona sobre el paper; només podrà demostrar el seu valor si s'enfronta amb èxit amb les situacions d'aula. El model professional ha de ser més proper al de l'ideal mèdic (un metge ha de modificar progressivament les seves idees en funció de la seva pròpia experiència i de l'imprescindible coneixement de les innovacions en el seu terreny) que del buròcrata (amb procediments de treball molt ben establerts, però rígids).

D'altra banda, ser professor d'alguna de les ciències és exercir la mateixa professió que els mestres i els professors d'altres matèries en qualsevol dels nivells d'ensenyament, perquè el camp de treball (la formació de l'alumne) és el mateix per a tots. Aquesta és una professió difícil i poc valorada socialment. Però l'exercici d'aquesta professió també ens fa membres, potser no molt actius però convidats a ser-ne, d'una comunitat científica concreta, que correspon ara a una disciplina (la didàctica de les ciències) que s'ha anat desenvolupant a partir d'unes altres disciplines i que fa esforços per consolidar-se. Però no oblidem que altres qüestions són no disciplinables, tot i resultar definitives per a la nostra feina, i aquestes només poden detectar-se en l'exercici de la docència de les ciències. No seria desitjable, ni possible, per tant, la independència d'aquesta professió de la de mestre. Els seus objectius no són prou aïllables d'altres fins.

Finalment, volem assenyalar encara dues característiques de les disciplines "possibles" com ho és la nostra: per un costat, que és necessari disposar d'una panoràmica de conjunt de la disciplina abans d'emprendre-hi investigacions massa detallades, perquè altrament es corre el risc de malmetre esforços apuntant a metes prematurament elevades, o simplement ignorant el treball de pioner ja fet; per l'altre, recordar que els factors intel·lectuals de la disciplina són molt difícils

de separar dels de caire social i polític, i que un progrés en la disciplina requerirà probablement plantejaments que no siguin exclusivament intel·lectuals.

L'enfortiment disciplinar ha de donar una base d'actuació més ferma a la professió, ha de donar-li uns criteris d'actuació a l'aula ben fonamentats que portin si cal a la reforma de mètodes i de programació. L'enfortiment disciplinar és simultani a l'enfortiment i a l'autonomia de la professió. Ara és potser un bon moment per treballar en profunditat en aquest sentit; i hi ha algun símptoma, com la constitució de "Carnegie Forum's Task Force on Teaching as a Profession", que fa pensar que això comença a produir-se (Carnegie Report 1986).

## CONCLUSIONS

Estem assistint al naixement d'una nova disciplina, la didàctica de les ciències. L'obra toulminiana *La comprensió humana* és citada sovint pels autors que han contribuït a definir les noves perspectives de treball, però tot i això no ens sembla encara prou coneguda i assumida pel professorat, ni tampoc que s'hagin aprofitat totes les possibilitats que ens ofereix d'ajudar-nos a comprendre la situació única que estem vivint i a la qual contribuïm amb la nostra pròpia activitat professional.

L'extensió de l'escolaritat obligatòria a amples capes de la població que abans eren marginades del sistema educatiu ha coincidit (potser perquè l'ha provocada) amb la crisi dels models didàctics que eren utilitzats en l'ensenyament de les ciències en la dècada dels anys setanta. Les dificultats que s'han plantejat en ensenyar ciències a tothom en una societat progressivament des-culturalitzada d'un punt de vista científic han contribuït a estimular la recerca en didàctica de les ciències i aquesta ja no ofereix el mateix panorama que abans (Aliberas 1987); la crisi és profunda i ha canviat fins i tot les arrels teòriques de la didàctica.

En aquest article hem utilitzat la obra de Toulmin per tal d'intentar comprendre millor la situació en la qual es troba actualment la didàctica de les ciències, en dues vessants: com a possible nova disciplina científica en procés d'estructuració i de consolidació (amb un àmbit d'estudi i de recerca propis, que progressivament es van definint) i com a professió, en l'exercici de la qual es defineixen els problemes a estudiar i s'apliquen els nous models teòrics que la recerca proposa. L'aclariment progressiu i l'ampliació dels objectius de la didàctica, la utilització de nous recursos metodològics i la varietat de teories d'aprenentatge que permet cobrir una gama àmplia de situacions, van configurant un panorama ric en possibilitats, el qual representa un avenç respecte de situacions encara properes en el temps, i que s'obre cap a la recerca i l'aprofundiment, en el futur.

En el moment actual la perspectiva és engrescadora perquè s'insinua un nou consens, una nova fonamenta-

ció que permet un enfoc diferent de la recerca i de l'actuació a l'aula i que ofereix temes d'estudi fins ara inexistents, però que semblen d'allò més interessants i prometedors (Gutiérrez 1987, Driver 1986). Tot això permet suposar que la Didàctica de les Ciències és ja una nova disciplina, a partir de la qual s'haurà de redefinir la professió de professor de ciències, tot potenciant els aspectes professionals i enfortint l'autonomia de les seves decisions en referència a les estratègies a seguir en l'ensenyament. És arribat el moment de plantejar-se seriosament la formació permanent i inicial dels professors, la qual pot ja incloure aspectes teòrics a més dels "d'ofici". És també el moment de consolidar aquesta nova àrea d'investigació a la Universitat i en els centres de recerca, comptant que la característica fonamental serà l'aplicabilitat i la voluntat de centrar-se en els aspectes professionals, entre els quals s'hauran d'incloure els que tenen com a objectiu la divulgació científica.

El pensament de Toulmin ens ha resultat útil per a l'anàlisi de la situació actual i els canvis produïts en la didàctica de les ciències, però pensem que no ha esgotat encara la seva utilitat en el terreny educatiu: creiem que poden extreure-se'n reflexions útils referents al canvi conceptual individual (la racionalitat dels esquemes individuals dels alumnes, l'ecologia del canvi

conceptual) i a la funció i evolució de les institucions educatives (la racionalitat dels mecanismes de funcionament, la pressió selectiva, la seva evolució i condicions de canvi i adaptació en la població institucional...)

Tot i que l'obra toulminiana *La comprensió humana* és citada sovint per molts dels autors que han contribuït a perfilar les noves perspectives de treball a les quals ens hem referit abans, no ens sembla encara prou coneguda i acceptada pel professorat, ni que s'hagin explotat suficientment les possibilitats que ofereix. En aquest article, nosaltres l'hem utilitzada per intentar comprendre millor la situació en la qual es troba actualment la didàctica de les ciències, en dues vessants: com a possible nova disciplina científica en procés d'estructuració i consolidació (amb un àmbit d'estudi i de recerca propi que es van definint progressivament), i com a professió, en l'exercici de la qual es defineixen els problemes a estudiar i s'apliquen els models teòrics que ofereix la recerca.

En altres articles ens agradaria intentar fer el mateix per analitzar la recerca de nous models teòrics que s'està produint actualment en aquesta disciplina i per orientar de manera renovadora la pràctica docent, proposant determinats canvis en la seva organització institucional.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÀFIQUES

- ALIBERAS, J., 1987. *Crisi en l'ensenyament de les ciències*. Tesi de llicenciatura. Facultat de Ciències. UAB.
- BERGER, C.F., 1979. What are the implications of paradigms research for science education research? *Journal Research Science Teaching*, 16(6), pp. 517-521.
- BOWEN, B.L., 1975. The need for paradigms in science education research, *Science Education*, 59(3), pp. 423-430.
- BUTLER, J., YAGER, R.E., 1981. Current Indicators for the Discipline of Science Education. *Science Education*, 65(1), pp. 25-31.
- CARNEGIE REPORT, 1986. *Education Week*. May.
- DRIVER, R., OLDHAM, V., 1986. A constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education*, 13, pp. 105-122.
- FENSHAM, P.J., 1983. A Research Base for New Objectives of Science Teaching. *Science Education*, 67(1), pp. 3-12.
- GIL PÉREZ, D., 1983. Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), pp. 26-33.
- GILBERT, J.K., SWIFT, D.J., 1985. Towards a Lakatosian analysis of the piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, 69(5), pp. 681-96.
- GILBERT, J.K., WATTS, D.M., 1983. Concepts, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in science education, *Studies in Science Education*, 10, pp. 61-98.
- GUTIÉRREZ, R., 1987. La investigación en didáctica de las ciencias: elementos para su comprensión, *Bordón*, 268, pp. 340-362.
- HODSON, D., 1985. Philosophy of Science, Science and Science Education, *Studies in Science Education*, 12, pp. 25-57.
- KLOPFER, L.E., 1983. Research and the crisis in science education, *Science Education*, 67(3), pp. 283-284.
- KUHN, T., 1962. *La estructura de las revoluciones científicas*, (Fondo de Cultura Económica, México D.F., 1975).
- LAKATOS, I., 1983. *La metodología de los programas de investigación científica*. (Alianza Editorial: Madrid).
- LINN, M.C., 1987. Establishing a research base for science education: challenges, trends, and recommendations, *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (3), pp. 191-216.
- MEINEL, C., 1983. Theory or Practice? The eighteenth-century Debate on the Scientific Status of Chemistry, *Ambix*, pp. 121-132.
- NOVAK, J.D., 1982. *Teoría y práctica de la educación*, (Alianza Universidad: Madrid).
- PENNICK, J.E., YAGER, R.E., 1986. Trends in Science education: some observations of exemplary programmes in the United States, *European Journal of Science Education*, 8(1), pp. 1-8.
- PETERSON, R.W., 1979. The impact of paradigm based research on classroom practice, *Journal Research Science Teaching*, 16(6), pp. 523-533.
- STRIKE, K.A., POSNER, G.J., 1983. On Rationality and Learning: A Reply to West and Pines, *Science Education*, 67(1), pp. 41-43.
- TOULMIN, S., 1972. *La comprensión humana: I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. (Alianza Universidad: Madrid, 1977).
- USABIAGA, C., 1987. En torno al método científico. Reflexiones didácticas sobre un método no didáctico, *Bordón*, 268, pp. 405-420.
- YAGER, R.E., 1985. In defense of Defining Science Education as the Science/Society Interface, *Science Education*, 69(2), pp. 143-144.