

## RELACIONS ENTRE LA HISTÒRIA I LA DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES

**M. Izquierdo i Aymerich**

Departament de Didàctica de les Ciències. Centre d'Estudis d'Història de les Ciències

*Resum: En aquesta ponència reflexionem sobre les aportacions de la història de les ciències (HC) a la fonamentació teòrica de la Didàctica de les Ciències (DC), a l'ensenyament de les ciències i a la formació del professorat. Respecte els aspectes teòrics de la didàctica, les aportacions més innovadores són les que es refereixen als aspectes retòrics i axiològics de les ciències. Pel que fa als recursos, la història de les ciències els aporta sobretot per mostrar què són les ciències i per desenvolupar els nous currículums de ciència, tècnica i societat.*

*Paraules clau: filogènia, didàctica de les ciències.*

Contributions of the History of Science to the Didactics of Science.

*Summary: In this paper we reflect on the contributions of the History of Science to the theoretical Didactics of Science, to science education and to teacher training. With regard to the theoretical aspects of teaching, the most innovating are the rhetorical and axiological aspects of sciences. As to the resources, history of science gives, above all, a view of what science is and helps us to develop new science, technology and society (STS) curricula.*

**Key word:** phylogeny, science education.

### 1. Introducció

La història ha servit als professors de ciències per presentar els seus herois i els seus antiherois: en moments de canvi hi ha hagut distanciament de les pràctiques i teories anteriors, en moments de crisi s'ha somniat amb una innovació que «posi ordre», en moments d'eufòria s'ha mostrat com es progressa gràcies als líders que han superat suposats errors del temps anteriors. Però a mesura que ha anat augmentant el prestigi de les ciències i aquestes han arribat a ser, en els temps actuals, inqüestionables, ja no ha calgut cap altre suport per destacar-ne l'interès i l'oportunitat.

Però en aquest temps de silenci, la HC s'ha consolidat com a disciplina independent i el mateix passa ara amb la DC. Tant la història com la didàctica s'han fet complexes i relacionar-les esdevé més difícil, però també més seriós. En el moment actual la història de la

ciència es fa present de nou en els textos i projectes per a l'ensenyament de les ciències. Les aules han esdevingut problemàtiques i l'ensenyament de les ciències busca el suport, de nou, de la història, perquè ofereix l'oportunitat de mostrar les ciències com activitat humana vinculada als valors socials i individuals i, genèricament, a la cultura.

Ara veiem molt clar que la ciència actual no ve determinada per la seva història, ni tampoc determina la seva didàctica. Totes tres disciplines (ciències, història de les ciències, didàctica de les ciències) tenen els seus propis àmbits de treball i de recerca, tot i que, certament, estan relacionades d'alguna manera. En què consisteix exactament aquesta relació i com podem utilitzar-la per ensenyar millor? Aquesta es la pregunta que intentarem debatre en aquest simposi.

Crec que hi ha dues consideracions prèvies que emmarquen el debat. Són les següents:

- La relació entre la filogènia i l'ontogènia, és a dir, entre la gènesi del coneixement individual (que té lloc fonamentalment a l'aula de ciències) i la gènesi del coneixement al llarg de la història. Ambdós processos es consideren similars, perquè tots dos són constructius i discursius i en tots dos s'hi identifica una intenció similar de donar sentit al món dels fenòmens amb la construcció de teories i de llenguatges específics.
- La diferenciació entre la ciència, què és la ciència i com es fa ciència.

La DC permet diferenciar actualment entre fer ciència i ensenyar-la: els mètodes vàlids en el primer cas (el que fan els científics en els laboratoris i indústries) no tenen per què ser-ho en el segon (especialment quan s'ensenyà ciències a tota la població, que és el repte actual dels ensenyants). No és fàcil ensenyar alhora els continguts científics del currículum (amb un component normatiu molt important) i què és la ciència i com es fa (amb un caràcter temptatiu i social igualment important). Ara ens cal diversificar els objectius de la classe de ciències, perquè no només cal ensenyar ciències, sinó també què són i com es fan.

Per tot això, la utilització de la història de les ciències en el seu ensenyament ha de ser planificada amb coneixements específics d'història i amb coneixements de didàctica. Veurem en aquesta ponència tres possibles aportacions de la HC a la DC:

- Contribució al desenvolupament teòric de la DC
- Recursos per a l'ensenyament de les ciències
- Idees i recursos per a la formació del professorat

## 2. Aportacions de la HC al desenvolupament teòric de la DC

Per ensenyar una disciplina cal conèixer-la bé i conèixer també els seus orígens i evolució. Per això la història de les ciències ha contribuït al llarg dels temps, i ara mateix, a l'ensenyament de les ciències. Però hi ha un altre plantejament més fonamental. Piaget (i altres abans d'ell) va plantejar la possible relació entre la gènesi de les idees en la història i la gènesi individual dels coneixements. Ara són les ciències cognitives les que mostren similituds entre l'activitat cognitiva humana «quotidiana» i l'activitat científica i, de nou, extrauen

de la història patrons de desenvolupament individual i col·lectiu (models de ciència) que poden fonamentar models didàctics.

L'anomenada «nova història de les ciències» (NHC), amb importants components de sociologia de la ciència i amb una concepció nova del llenguatge escrit (que en destaca la importància en la creació de nou coneixement) permet l'emergència d'un nou model de ciència. Aquest nou model de ciència connecta amb els «models de classes de ciències» desenvolupat per la DC perquè ambdues (NHC i DC) reben la principal inspiració de la psicologia cognitiva i de la nova filosofia de la ciència postkuhniàna, que donen importància als procediments i als valors i no només als coneixements declaratius.

### *Aportacions de la NHC que configuren el nou model de ciència.*

La nova història de les ciències, atenta als aspectes socials (externalistes) i no només als relatius als coneixements en si (internalistes), centrada en la interpretació dels fets en el context mateix (intrínsecs), ha fet aportacions d'un gran interès. Vegem algunes de les característiques dels coneixements científics que han estat més estudiades darrerament.

- Relació entre l'experimentació i les teories: La relació entre els fets i les teories ha esdevingut problemàtica, fent veure que un mateix fet (la combustió, la calcinació, la reproducció...) ha estat interpretat de maneres molt diverses, sense que cap d'elles pugui ser considerada «falsa». Els anomenats «experiments crucials» depenen molt dels recursos instrumentals i lingüístics de què es disposa i dels objectius que es persegueixen, i tenen sovint una funció retòrica (de convenciment), més que no pas de generadors de nou coneixement revolucionari.
- Les institucions i el poder: La creació de noves institucions i centres de poder, relacionada amb l'emergència de nous valors socials (culturals, econòmics, religiosos, ètics) determinen en gran part la supervivència de determinats coneixements i l'eliminació d'uns altres.
- Els artefactes i la tecnologia: També la utilització d'instruments, que donen lloc a nous fets «artificials» ha estat valorada de manera diversa, perquè genera un altre tipus de poder i també de relació amb la naturalesa. La interpretació dels fets experimentals està fortament mediatitzada pels instruments que s'utilitzen: el valor que se'ls dona, la representació que ens en fem.
- Rebuig de l'hagiografia: Les grans figures de les ciències (Newton, Lavoisier, Darwin, Pasteur...) es desmitifiquen, atès que es valora la importància del grup social i dels valors culturals en el qual aquestes persones varen realitzar la seva tasca i de les quals varen rebre ajut. Tot i això, donar a conèixer la vida de científics en la seva vessant més humana, immersa en dubtes, tempteigs i errors, és també una aportació molt valuosa.
- Interès per les aportacions de grups que s'havien tingut poc en compte, com les dones: Alhora que es desmitifiquen les grans figures, es dona valor a les aportacions de les minories. Per exemple, la participació de les dones en les ciències ha estat condicionada per factors fisiològics (maternitat), econòmics i axiològics que cal conèixer bé, però és més rica del que mostraven historiografies anteriors. En-

- cara cal trobar les variables que permeten l'estudi aprofundit d'aquestes aportacions, però s'ha obert una nova perspectiva de recerca.
- El llenguatge: El mateix llenguatge és una variable històrica, i ha de ser considerat alhora en la seva funció comunicativa d'idees i en la seva funció de generador d'idees. Per tant, és un instrument per a la creació de coneixement que no és neutre quan s'aplica a coneixements de contextos (històrics o socials) diferents.
  - Els canvis de paradigma: La identificació de moments importants de canvi de paradigma (com, per exemple, el que es va produir en el Renaixement) fan veure les diferents maneres de considerar la relació entre el coneixement humà i la naturalesa: d'amor, de domini, d'utilitat, de respecte... La complexitat, per tant, d'aquests canvis, fa difícil admetre que es pugui fer la història dels conceptes científics i fa difícil també determinar si hi ha hagut progrés o què es pot considerar «progrés». Però, tot i això, podem identificar línies d'experimentació, argumentació i debat que es mantenen malgrat els canvis de paradigma i que constitueixen exemples d'evolució conceptual.
  - L'ensenyament: Els coneixements científics són el resultat d'una activitat humana complexa, en la qual conflueixen innovacions tècniques, descobriments, noves justificacions i explicacions validades, aplicacions a la vida quotidiana i a la indústria... i també l'ensenyament a les noves generacions. En aquest marc, l'estudi històric de l'ensenyament de les ciències adquireix un nou interès.
  - Els valors: Si la ciència és resultat d'una activitat humana, ha de tenir una fita «humana», és a dir, està impregnada de valors: en el seu desenvolupament tria constantment entre el que és considerat bo i dolent per al correcte desenvolupament d'aquesta activitat. Per això, per entendre què és la ciència en diferents moments històrics cal veure quin és el sistema de valors que la sustenta, el qual determina també la seva justificació epistemològica.

### *Nou Model de Ciència*

Malgrat que l'historiador no pretén trobar pautes de desenvolupament històric de les disciplines, sinó interpretar esdeveniments contextualitzats amb la màxima cura i narrar-los, tampoc no pot evitar establir lligams entre les diferents èpoques. Amb això estem dient que l'historiador rep influències del filòsof, i que als professors de ciències els va molt bé que sigui així, perquè d'aquesta manera els coneixements històrics enriqueixen el model de ciència, el fan més humà i més adequat per oferir models de «classe de ciències». Així, l'actual història de les ciències, permet l'emergència de nous models de ciència que la mostren, ara, com una construcció humana dialògica, complementària a d'altres aspectes de l'activitat humana i menys «dogmàtica» del que semblava des de la perspectiva anterior.

La ciència es presenta ara de manera menys triomfalista, més humana i més propera a l'activitat cultural i política (GIERE, 1988, 1992).

Alguns dels trets d'aquest nou model de ciència rellevants per al nostre debat són els següents.

- La ciència és una activitat transformadora de la realitat del món. És una forma de cultura, és una pràctica difícil d'analitzar (però que cal conèixer detalladament, en

- els diferents contextos en què es porta a terme) gràcies a la qual es construeix coneixement alhora que s'intervé en el món. No és una forma autònoma de saber, sinó que està interrelacionada amb altres activitats socials.
- Es proposa una concepció semàntica de teoria científica que destaca, com a tret fonamental, que tingui «sentit» en relació amb el món. Com que les teories són per intervenir en el món, depenen dels instruments utilitzats i de les finalitats d'aquesta intervenció. Per això les disciplines evolucionen, perquè ho fan també els instruments i les finalitats que es persegueixen.
  - Els canvis de teoria (que poden arribar a ser considerats «revolucions científiques») no es justifiquen segons un model de racionalitat categòric sinó hipotètic, perquè en aquest procés són molt importants els judicis dels científics.
  - Els experiments ja no es consideren totalment objectius sinó que són «plàstics». Es dissenyen en el marc d'un model i com a conseqüència de l'experiment els fenòmens esdevenen «fets interpretats», alhora que es desenvolupa el model i es fa més precís el llenguatge amb el qual s'explica què ha passat.
  - El que podem dir del món depèn de la perspectiva del nostre estudi (de la finalitat, de les institucions implicades, dels llenguatges i instruments disponibles), per això es parla d'un «realisme pragmàtic» davant del realisme ingenu d'altres models de ciència.
  - Es proposen 4 contextos d'activitat científica sense voluntat de demarcació: innovació, avaluació, aplicació i ensenyament. Aquest darrer context es caracteritza per la «normativitat»: allò que s'ensenya és el coneixement (declaratiu i procesal) que ha estat avaluat i consensuat (ECHEVARRÍA, 1995).

### *Nou Model de Classe de Ciències*

Com tots els models de ciències, l'actual (influenciat per la NHC) contribueix a elaborar (junt amb altres aportacions de les ciències cognitives i de la didàctica), un model de classe segons el qual aquesta ha de ser un lloc de discussió i d'acció, gràcies a les quals el coneixement evoluciona i canvia. La relació entre el nou model de ciència i el nou model de classe de ciències ha estat posada en evidència per molts autors (CLEMINSON, 1990; NUSSBAUM, 1989; SIEGEL, 1993).

La conseqüència més important de tot això és el reconeixement de la gran diferència entre l'activitat científica i l'activitat científica escolar, perquè els seus valors intrínsecs, que són els que la impulsen i fan que es desenvolupi, són molt diferents (IZQUIERDO, 1995).

### *Conseqüències per a la fonamentació de la DC*

Arribats a aquest punt, se'ns plantegen, als professors, alguns «problemes» força interessants, que cal resoldre per tal de fonamentar teòricament l'ensenyament de les ciències com «activitat científica escolar»:

- La relació entre ciència escolar i la ciència dels científics.  
El professor és una peça clau per fer avançar la ciència a l'escola, però aquesta figu-

ra és inexistent en l'activitat dels científics. Els processos de convenciment (la retòrica de la ciència) adquireix una importància més gran, a classe, que la que aparentment té en els processos de creació científica. Com fer la «transposició» d'una ciència a l'altra?

– El «canvi conceptual».

Estar atent als «canvis d'enfocament» que s'han de produir necessàriament al llarg dels cursos escolars i que condueixen els alumnes a canviar les seves idees i ha construir els conceptes i les accions pròpies de les ciències. Hem de considerar-los «revolucions conceptuals» o evolució de les idees? Com podem impulsar aquests canvis?

– Els aspectes «normatius» i els aspectes «pragmàtics» de les ciències.

Els primers són els dels llibres de text i constitueixen els requisits per poder-se incorporar a la comunitat científica. Els segons ens mostren els processos de formació d'aquests coneixements, amb la finalitat de transformar el món. Per això les ciències i les tècniques estan molt relacionades; però també ho estan les ciències i els valors, que són els que condicionen les finalitats que es persegueixen amb l'activitat humana. Com ensenyar alhora els dos aspectes de les ciències de manera adequada al moment actual?

– Resituar tant el llibre de text com l'experimentació escolar, així com la relació entre l'un i l'altra.

La construcció de la ciència escolar passa probablement per aprendre a parlar «científicament» sobre els fenòmens del món, admetent que se'n podria parlar de moltes altres maneres. Com introduïm un llenguatge científic amb significat experimental, sabent que el llenguatge evoluciona (també el dels alumnes) i que les paraules tenen diferents sentits segons els esquemes culturals dels qui les utilitzen?

### 3. La història de les ciències, recurs per a la classe de ciències (per ensenyar què és la ciència i com es construeix)

Com que utilitzem un model de classe de ciències inspirat per la història i la filosofia de les ciències, és evident que la història de les ciències pot proporcionar recursos per a la classe. Ara bé, aquí hem de ser molt prudents, perquè hi ha moltes diferències entre aprendre ciències i fer ciències, tot i que ambdues són activitats amb les quals es dona significat al món (BEBILACQUE I GIANETTO, 1995; MATTHEWS, 1994).

Un dels temes que caldria debatre és si la HC és necessària només per ensenyar què és la ciència i com es fa ciència (amb predomini de la dinàmica científica) (BLANCO I NIAZ, 1998; GARCIA CRUZ, 1998) o si també ho és per ensenyar ciència (amb predomini dels aspectes normatius de la ciència tal com és ara) (SOLAZ I SAN JOSÉ, 1992). En tot cas, l'alumnat ha de saber què és la ciència per tal que la ciència normativa que aprèn tingui algun sentit (IZQUIERDO, 1996).

No és fàcil introduir la NHC a l'escola, perquè admetre la temporalitat del coneixement sense perdre la confiança en la capacitat humana de conèixer el món requereix una maduresa que no sempre trobem a les aules. Es poden oferir diversos suggeriments, que caldria concretar, desenvolupar, implantar i avaluar.

*Narracions: la ciència és una activitat humana, que pretén transformar el món*

- «Explicar històries» contextualitzades (amb un enfocament interdisciplinar, propi dels currículums CTS), que poden ser utilitzades des d'un punt de vista didàctic: per introduir conceptes, per motivar, per promoure determinades actituds, per relacionar coneixements de diferents àrees, per fonamentar activitats interdisciplinars, per ajudar a concebre unitàriament la docència de les diferents disciplines (GOTSCHL, 1990; IZQUIERDO, 1994; CRAWFORD, 1998; GIMÉNEZ I FERNÁNDEZ, 1998).
- Donar a conèixer personatges històrics que mostrin els aspectes humans de les ciències i el conjunt de valors (individuals i socials) en els quals es recolzen, però defugint l'hagiografia (MARCO, 1982).
- Relacionar la tecnologia, l'economia, la política, la literatura, la indústria... amb les ciències, en diverses èpoques històriques (PICKERING, 1989).

*Llenguatge i construcció del coneixement*

- Fer simulacions de situacions històriques, de debat, en les quals calgui descriure, definir, argumentar, justificar.
- Llegir textos històrics seleccionats (com es fa a la classe de literatura) fent veure que els llibres sempre s'escriuen pensant en qui els ha de llegir i que reflecteixen els valors de l'època (NERSESSIAN, 1992; MARCO, 1986).

*Experimentació*

- Repetir pràctiques «històriques» rellevants, fent veure quins eren els seus objectius, les possibilitats d'interpretació que es tenien i la seva utilitat, superant les limitacions d'una anàlisi centrada en si «eren veritat o no» (MACHAMER I WOODY, 1994).
- Identificar instruments antics: el seu objectiu, la manera de funcionar, les idees que suscitava (GORMAN I ROBINSON, 1998).

*Canvi conceptual*

- Mostrar situacions històriques de crisi i dubte que facin veure que el coneixement científic no és un dogma, ni una història de «bons i dolents» (NERSESSIAN, 1989).

**4. La formació del professorat**

Per tot el que acabem de dir, els professors de ciències haurien de saber història de les ciències.

Per això, en parlar de la formació del professorat hauríem de referir-nos a:

- Els recursos, procedents de la HC, que poden utilitzar-se a la classe de DC (és a dir, en la formació dels futurs professors).
- Les habilitats, procedents de la HC, que són necessàries per fer investigació en didàctica de les ciències (segons la nova versió de relació entre filogènia i ontogènia).

### *Recursos per a la classe de DC*

Presentació d'assajos o dissertacions en les quals un fet històric sigui analitzat, en el seu context, des de la perspectiva pròpia de la DC: fent veure l'emergència de nous conceptes i de nous llenguatges.

- Combinar la història amb l'anàlisi dels esdeveniments actuals, defugint el determinisme històric que oblida que els objectius de les ciències els determina cada època i cada societat: poden ser més humans, poden ser més ètics, poden ser més lúdics...
- Fer estudis transversals que mostrin si és possible o no fer la història d'un concepte científic, i si es pot parlar o no de progrés del coneixement al llarg de la història (ESTANY I IZQUIERDO, 1990)
- Relacionar les ciències amb la cultura: la poesia, la música, la religió... no desenvolupen dimensions humanes incompatibles amb els coneixements científics.
- Entrar a fons en l'anàlisi dels textos antics, introduint les tècniques necessàries per fer-ho.
- Buscar les causes de la marginació de les minories (de les dones, per exemple) i també de la participació real d'aquestes, tot i que la seva aportació no hagi estat recollida per escrit.
- Utilitzar tècniques de representació del coneixement contextualitzat i de la seva evolució, que entrena per fer el mateix a classe.
- Veure com s'han utilitzat els símbols per construir coneixement i utilitzar, a classe, símbols nous pel coneixement nou, per afavorir una visió pragmàtica del llenguatge.
- Analitzar, de cada època, les concepcions sobre el coneixement i les concepcions sobre l'ensenyament, i veure la relació entre ambdues.

Finalment, la HC fa aportacions a la recerca en DC:

- Facilita instruments i tècniques d'anàlisi que ajuden al tractament de les dades a l'aula.
- Proporciona patrons de pensament i de comportament diferents dels actuals, que poden utilitzar-se com a «mitjancers» per interpretar les dades sobre el pensament o el comportament de professors i alumnes en el procés de construcció del coneixement.
- Proporciona temes de recerca específics: els que es refereixen a la utilització de la HC a la classe i els que es refereixen a la història de l'ensenyament de les ciències.



## 5. Conclusió

Amb aquesta reflexió, que serà complementada per les diverses aportacions a aquest simposi, he intentat mostrar la importància de la història de les ciències per als professors de ciències i per als alumnes. Així, sembla del tot necessari que la HC formi part del curs de formació inicial i permanent dels professors. Els professors, els científics, els historiadors, etc., formem un col·lectiu molt ric amb moltes possibilitats de treball conjunt per millorar l'ensenyament de les ciències i de la història de les ciències.

## Bibliografia

### *Llibres consultats*

- AUDIGIER, F.; FILLON, P. (1991), *Enseigner l'histoire des sciences et des techniques*, Paris, INRP.
- GIERE, R. N. (1988), *Explaining Science*, University of Chicago Press.
- GIERE, R. N. (1991), *Understanding Scientific Reasoning*, Chicago, Holt, Rinehart and Winston.
- GONZALEZ, M.; LOPEZ, J.; LUJAN, J. (1996), *Ciencia, Tecnología, Sociedad*, Madrid, Tecnos.
- GOODING, D.; PINCH, T.; SCHAFFER, S. (1989), *The Uses of Experiment*, Cambridge, Cambridge University Press.
- GROSS, A. G. (1990), *The rhetoric of Science*, Harvard University Press.
- HALLIDAY, M. A. K.; MARTIN, J. R. (1993), *Writing Science*, University of Pittsburg Press.
- HANNAWAY, O. (1975), *The chemist and the word. The didactic origins of Chemistry*, John Hopkins University Press.
- KUHN, T. S. (1971), *La estructura de las revoluciones científicas*, Méjico, Fondo de Cultura Económica.
- LAKATOS, I. (1983), *La metodología de los programas de investigación científica*, Madrid, Alianza Editorial.
- LAUDAN, L. (1986), *El Progreso y sus Problemas*, Madrid, Encuentro.
- MATTHEWS, M.R. (1991), *Science Teaching. The role of History and Philosophy of Science*, London and New York, Routledge.
- SHORTLAND, M.; WARWICK, A. (ed.) (1989), *Teaching the History of Science*, Oxford and New York, Blackwell.

### *Bibliografia citada*

- BEVILACQUE, F.; GIANETTO, E. (1995), «Hermeneutics and Science Education. The Role of History of Science», *Science & Education*, 4 (2), pàgs. 115-126.
- BLANCO, R.; NIAZ, M. (1998), «A Lakatosian reconstruction of Student and teachers' understanding of structure of the atom», *Science & Education*, 7 (4), pàgs. 327-360.
- CLEMINSON, A. (1990), «Establishing an Epistemological Base for Science Teaching in

- the Light of Contemporary Notions of the Nature of Science and of How Children Learn Science», *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (5), pàgs. 429-445.
- CRAWFORD, E. (1998), «M. Faraday on the Learning of science and attitudes of mind», *Science & Education*, 7 (2), pàgs. 203-211.
- GARCÍA CRUZ, C. M. (1998), «De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes: una aproximación a la enseñanza-aprendizaje de la geología», *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), pàgs. 323-330.
- GIMENEZ, E.; FERNANDEZ, E. (1998), «Didactic problems in the concept of electron potential difference and an analysis of its philogenesis», *Science & Education*, 7 (2), pàgs. 129-144.
- GORMAN, M. E.; ROBINSON, J.K. (1998), «Using History to teach invention and design: the case of telephone», *Science & Education*, 7 (2), pàgs. 173-201.
- GOTSCHL, L. (1990), «Philosophical and scientific conceptions on Nature and the place of responsibility», *Int. J., Sci. Educ.*, 12 (3), pàgs. 288-296.
- ECHEVARRÍA, J. (1995), *Filosofía de la ciencia*, Madrid, Akal.
- ESTANY, A.; IZQUIERDO, M. (1990), «La Evolución del Concepto de Afinidad Analizada desde el Modelo de Toulmin», *Llull*, 13, pàgs. 349-378.
- IZQUIERDO, M. (1994), «Cognitive Models of Science and the teaching of Science. History of Science and Curriculum». A: *Proceedings of the 2nd. Summer School «Research in Science Education»*, Thessaloniki, Grecia.
- IZQUIERDO, M. (1995), «Epistemological Foundation of School Science». Comunicació presentada en la *3rd. International Conference History and Philosophy of Science and Science Education*, Minneapolis, Minnesota.
- IZQUIERDO, M. (1996), «Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias», *Alambique*, 8, pàgs. 7-21.
- MACHAMER, P.; WOODY, A. (1994), «A model of Intelligibility in Science: Using Galileo's Balance as a Model for Understanding the Motion of Bodies», *Science & Education*, 3, pàgs. 215-244.
- MARCO, B. (1982), *Historia de la Ciencia. Material didáctico*, Madrid, IEPS.
- MARCO, B. (1986), *La perspectiva histórica en el aprendizaje de las ciencias. Apuntes IEPS 41*, Madrid, Narcea.
- MATTEWS, M. R. (1994), «Historia, epistemología y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual», *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), pàgs. 255-277.
- NERSESIAN, N. J. (1989), «Conceptual Change in Science and in Science Education», *Synthese*, 80, pàgs.163-183.
- NERSESIAN, N. (1992), «How do scientist Think? Capturing the Dynamics of Conceptual Change in Science». A: GIÈRE, R. N. (Ed.): *Cognitive Models of Science*,. University of Minnesota Press, pàgs. 3-44.
- NUSSBAUM, J. et al. (1989), «Classroom Conceptual Change: Philosophical Perspectives», *International Journal of Science Education*, vol. II, Special Issue, pàgs. 530-540.
- PICKERING, A. (1989), «Living in the material world». A: GOODING et al. *The uses of Experiment*. Cambridge University Press, pàgs. 275-297.
- SIEGEL, H. (1993), «Naturalized Philosophy of Science and Natural Science Education», *Science & Education*, 2, pàgs. 57-68.
- SOLAZ, J. J.; SANJOSE, V. (1992), «El papel del péndulo en el paradigma newtoniano», *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (1), pàgs. 95-100.