

ACTES DE LA
IX JORNADA
SOBRE LA HISTÒRIA
DE LA **CIÈNCIA**
I L'ENSENYAMENT

“Antoni Quintana Marí”

Coordinació:

Pere GRAPÍ VILUMARA
Maria Rosa MASSA ESTEVE

Barcelona, 18 i 19 de novembre de 2011



**SOCIETAT CATALANA D'HISTÒRIA
DE LA CIÈNCIA I DE LA TÈCNICA**
FILIAL DE L'INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS

ACTES DE LA
IX JORNADA
SOBRE LA HISTÒRIA
DE LA CIÈNCIA
I L'ENSENYAMENT

ACTES DE LA
IX JORNADA
SOBRE LA HISTÒRIA
DE LA CIÈNCIA
I L'ENSENYAMENT

“Antoni Quintana Marí”

Coordinació

Pere GRAPÍ VILUMARA

Maria Rosa MASSA ESTEVE

Barcelona, 18 i 19 de novembre de 2011



SOCIETAT CATALANA D'HISTÒRIA
DE LA CIÈNCIA I DE LA TÈCNICA
FILIAL DE L'INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS

Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament Antoni Quintana i Marí

(9a : 2011 : Barcelona, Catalunya)

Actes de la IX Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament "Antoni Quintana Marí" :

Barcelona, 18 i 19 de novembre de 2011

Bibliografia. — Textos en català, resums en anglès

ISBN 9788499651545

I. Grapí Vilumara, Pere, dir. II. Massa Esteve, M. Rosa (Maria Rosa), dir.

III. Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica IV. Títol

V. Títol: Actes de la Novena Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament "Antoni Quintana Marí"

1. Ciència — Història — Ensenyament — Congressos

5:37(091)(061.3)

© dels autors de les ponències

© 2012, Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica,
filial de l'Institut d'Estudis Catalans, per a aquesta edició

Carrer del Carme, 47. 08001 Barcelona

Primera edició: desembre del 2012

Compost per Anglofort, SA

ISBN: 978-84-9965-154-5

Són rigorosament prohibides, sense l'autorització escrita dels titulars del *copyright*, la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol procediment i suport, incloent-hi la reprografia i el tractament informàtic, la distribució d'exemplars mitjançant lloguer o préstec comercial, la inclusió total o parcial en bases de dades i la consulta a través de xarxa telemàtica o d'Internet. Les infraccions d'aquests drets estan sotmeses a les sancions establertes per les lleis.

SUMARI

P. GRAPÍ VILUMARA; M. R. MASSA ESTEVE: Presentació	7
M. BATLLONDRE; A. MÜLBERGER: L'avaluació de la moral a les escoles catalanes abans de la Guerra Civil	9
S. CABELLO: Per la immersió coeducativa de la història de la ciència a l'aula: Experiències en un institut de secundària	15
E. J. CHIFRÉ: Els grans científics i tècnics de la història de la ciència i la tècnica a través del cinema i la televisió.....	21
F. DACHS; T. CADEFAU: Algunes definicions d'Apol·loni amb el GeoGebra.....	27
J. M. FERNÁNDEZ-NOVELL; R. FUSTÉ; M. PARAIRA: Introducció de la història de la química a classe	35
P. GRAPÍ: Trets de la naturalesa de la ciència accessibles als estudiants de secundària. El cas de la teoria atòmica de Dalton	41
A. GRAUS; A. MÜLBERGER; V. MORENO; L. ROVIRA; R. PALACÍN: El debat sobre la formació del mestre en psicologia experimental.....	55
I. GUEVARA-CASANOVA; C. PUIG-PLA: L'ús de la geometria dinàmica en la <i>deconstrucció</i> de les figures fonamentals de la matemàtica xinesa antiga	61
M. NAVARRO; L. PUIG: Aspectes de la representació gràfica de funcions en el <i>Tractat Elemental de Trigonometria</i> de Lacroix.....	73
J. M. NÚÑEZ; J. SERVAT: La resolució d'igualacions algebraïques i l'arbre analític en el <i>Compendio matemático</i> de Tomàs Vicent Tosca (1651-1723).....	87
F. ROMERO; M. R. MASSA: Anàlisi de materials d'història de la matemàtica per a l'aula .	95
F. SAVALL; J. L. DOMÈNECH; J. MARTÍNEZ: La introducció del concepte de fotó en el batxillerat	107
C. SENDRA; Ó. BARBERÁ; J. M. SANCHIS: Fonts històriques per a l'aprenentatge de la ciència: <i>l'Autobiografia</i> de Charles R. Darwin	113
N. SOLSONA: L'ús de «petites històries» en el currículum de química.....	119
I. SUAY: Ciència, política i diplomàcia: José Casares Gil (1866-1961).....	127
LI. TUSET: El paper de la història a l'aula universitària	133

PRESENTACIÓ

És gratificant pels coordinadors de la IX Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament, celebrada a Barcelona els dies 18 i 19 de novembre de 2011, presentar-vos les Actes corresponents que recullen la majoria de les comunicacions presentades en aquesta Jornada. La convocatòria d'aquesta nova Jornada ha estat aprofitada per actualitzar la seva cronologia. Per això, cal recordar que en el marc de la VIII Trobada de la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica (2004), es va organitzar la que cronològicament fou la segona Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament, però que malauradament no es va tenir en compte per a les convocatòries següents. Així, el 2005 es va convocar formalment una altra segona Jornada. L'any 2010, en el context del 4th International Conference of the European Society for the History of Science, es va organitzar el Symposium on the History of Science and Education, el qual s'ha considerat com la vuitena convocatòria de la nostra Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament.

Una part important dels articles estan dedicats a presentar experiències d'incorporació de la història de la ciència a l'aula. L'anàlisi de textos històrics de matemàtiques, astronomia i història natural, i la seva utilitat en l'aprenentatge de les ciències constitueix una altra part significativa dels articles. Per acabar, cal destacar aquells articles que tracten sobre el context institucional de l'ensenyament de les ciències i sobre la psicologia com una ciència al servei de l'educació.

En el decurs d'aquesta IX Jornada es va lliurar el X Premi Antoni Quintana i Marí al treball de recerca de batxillerat titulat «Charles Darwin, ciència i religió» elaborat per Júlia Ontiñón Berenguel, alumna de l'IES Leonardo da Vinci de Sant Cugat del Vallès, a qui fem arribar la nostra felicitació.

La Jornada va incloure la conferència magistral del professor Michael Matthews (School of Education, University of New South Wales, Sydney, Australia), sobre «Pendulum Motion: How the History and Philosophy of Science can Enrich Science Teaching and Promote Liberal Education». El conferenciant va presentar un captivador recorregut històric per ressaltar la importància del pèndol no tan sols en la ciència i la filosofia, sinó també en el comerç, la navegació, l'exploració i l'expansió de la cultura occidental. Així mateix, aquesta aproximació historico-filosòfica a l'ensenyament del moviment pendular es va presentar com l'estudi d'un cas que permetia aflorar diferents aspectes de la naturalesa de la ciència i de les relacions entre la ciència i la filosofia.

L'AVALUACIÓ DE LA MORAL A LES ESCOLES CATALANES ABANS DE LA GUERRA CIVIL¹

MÒNICA BALLTONDRE;¹ ANNETTE MÜLBERGER²

¹ FACULTAT DE PSICOLOGIA. UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA.

² CEHIC. UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA.

Paraules clau: *mesures, Mira, renovació pedagògica, pedagogia social, Escola Catalana, dècada de 1920*

Moral testing in Catalan schools before the Spanish Civil War

Summary: The paper deals with the psychological measurement of children's morality at the beginnings of the twentieth century in Catalonia (Spain). At a time when the new pedagogy was expected to be based on experimental psychology, morality was also considered an appropriate research topic. Prior to the Civil War, while ideological conflicts and social struggles were taking place in Spain, moral education was considered a key issue. The promotion of civic values was an important concern to the political parties and the Catalan government. The second part of the paper is devoted to the work of Emili Mira i López, a psychiatrist that applied moral tests to adults and children. Mira did some adaptations of foreign tests and created his own instruments with which the «moral reactions» are studied.

Key words: tests, Mira, new school, social pedagogy, child morality, child movement, Twenties

El context escolar, l'ensenyament de la moral i el paper de la psicologia

La nova pedagogia que s'estengué per Europa i els EUA des de finals del segle XIX, sorgia de les noves necessitats d'una societat industrialitzada, urbana i amb afany democràtic. Volia fonamentar el procés educatiu sobre bases positivistes i experi-

1. Aquesta comunicació ha rebut suport per part del projecte concedit pel Ministerio de Ciencia e Innovación (MICIIN, HAR2009-11342).

mentals, i alhora manllevar de mans de l'Església el camp de l'educació (González-Agapito *et al.*, 2002). A Catalunya aquesta renovació pedagògica fou impulsada des de les institucions de govern: des de la Mancomunitat de Prat de la Riba es defensava la renovació com un projecte per evitar els conflictes revolucionaris o l'expansió de propostes populistes com les de Lerroux (González-Agapito *et al.*, 2002). Així mateix, el Noucentisme defensava els ideals de civilitat, harmonia i progrés, emmirallant-se en la burgesia europea, i atribuïa a la manca de sentit social el tret que ens feia inferiors i menys civilitzats que d'altres societats (González-Agapito *et al.*, 2002: 83). La qüestió educativa i com educar aquest «sentit» social fou prioritari. Calia educar per a la convivència a mesura que els conflictes ideològics de classe es feien més evidents. Els nous temps socials portaven, doncs, a definir la moralitat en termes de convivència, solidaritat, respecte i pau. Serà el moment en què es comenci a debatre a Catalunya allò fonamental per a una educació en la ciutadania. Cal assenyalar que en aquest ambient de les dècades de 1920 i 1930, fortament polititzat, totes les opcions polítiques, a banda de veure l'escola com un medi privilegiat per transmetre la seva ideologia, veien l'«educació social» com un element clau.

Nous mètodes pedagògics que s'importaren, com ara el mètode Montessori, l'ensenyança per centres d'interès de Decroly, o les tècniques de Freinet, incorporaven com a objectius de treball el foment de la socialització i es van expandir durant el període republicà (Rubiés, 1927; Andrés, 1930). Els darrers models donaven més importància a la socialització i a l'espontaneïtat i llibertat del nen que el model Montessori, més intervencionista. Si tradicionalment la literatura i la història se suposava que eren les matèries vehiculars per excel·lència de l'ensenyament moral, la nova pedagogia defensava que l'educació moral i la sentimental no podia fer-se a través dels llibres o donant lliçons morals (Montessori, 1920; Mira, 1933b). Les noves formes d'educar aquesta moral estaran basades en el foment d'una participació entre iguals que promogui l'autonomia de l'infant (experiències d'autogovern, d'elecció democràtica dels seus representats, de distribució de càrrecs, etc.) (González-Agapito, 1992). Es creen «societats infantils» o «repúbliques escolars» on es pretén que el nen visqui a l'escola una vida social de cooperació. Fins i tot s'arriben a proposar visites escolars a les presons, hospitals i cases de beneficència per tal de fomentar-los sentiments d'altruisme (Rovira de Forn, 1909: 122).

A la vegada, la pedagogia científica comporta també la introducció de la quantificació del nen a les escoles. De la medicina adreçada a l'infant i de la nova psicologia pedagògica s'esperava que poguessin contribuir a fonamentar l'educació sobre bases científiques. Els inicials registres físics, amb finalitats mèdiques, s'anirien ampliant cap a aspectes psicològics i a la dècada de 1920 s'incorporà la temptativa de mesurar les qualitats morals de l'infant. Tenim constància que en els registres antropomètrics que feien els mestres s'hi afegien consideracions d'ordre caracterològic i de tipus moral. Aquests registres van des de simples anotacions d'observacions personals i imprecises, com ara si el nen o nena era respectuós, generós, si es movia per interès o no, fins a exhaustives categoritzacions com els «rellotges morals» de les cases reformatòries del Salvador de Amurrio (Àlaba) dels caputxins (González Pérez, 2011).

D'aquesta manera, per una banda, l'interès del mestre, seguint l'ideari de la renovació pedagògica, era conèixer el nen de forma individualitzada per adaptar l'escola a les seves necessitats específiques (Llorca, 1927; Demoor, 1927). Per altra banda, la pedagogia, la medicina i la psicologia hi sumaven un interès experimental amb fins d'investigació. Pel que fa a l'àmbit de l'educació moral s'esperava també que la psicologia pogués oferir concepcions modernes i eines d'anàlisi objectives en matèria de valors. Una part de la pedagogia i de la psicologia es va dedicar a conceptualitzar de forma «objectiva» el camp de la moral, tradicionalment de domini de la teologia i la filosofia.

A grans trets, podem dir que en la psicologia de les dècades de 1920 i 1930 imperaven teories evolutives de la moral i l'afectivitat. Aquestes teories s'entenen com un producte de l'evolució psíquica infantil, i es busquen les seves suposades etapes maduratives (psicogenètiques), a les quals s'ha d'ajustar l'educació. Les marcades tendències biologistes que s'havien imposat a finals del segle XIX s'estaven començant a matisar. A la dècada de 1930 les tesis nativistes fortes sobre la moralitat infantil estaven en franca davallada i la psiquiatria i la psicologia tendien a afirmar que, si bé es podia parlar d'unes certes tendències o disposicions constitucionals biològiques cap a l'afectivitat, per exemple, o de la socialització, calia garantir l'assoliment del sentit ètic amb l'educació (Mira, 1933b; Rodríguez Lafora, 1932).

Encara que l'origen de les primeres proves objectives per intentar mesurar la moral pertanyen al camp jurídic (Pérez-Delgado & Mestre, 1995; vegeu, així mateix, Fuster, 1930), els intents més originals d'inventar i adaptar mesures per a l'avaluació moral dels escolars a Catalunya vindran de la mà d'Emili Mira, psiquiatre compromès amb tasques de recerca experimental psicològica amb finalitats aplicades, que s'hagué d'exiliar després de la Guerra Civil (Mülberger, 2010). Sobre el seu treball en matèria moral centrarem la segona part d'aquesta comunicació.

Els intents d'Emili Mira d'avaluar experimentalment la moralitat infantil

Emili Mira i López (1896-1964) se sentia vinculat als ideals de progrés social, moral i democràtic als quals feiem referència. Congruent amb les seves idees polítiques socialistes defensava la solidaritat i la fraternitat com a valors claus per a la cohesió social (Mülberger & Jacó-Vilela, 2007). Seguint a Claparède, ell també pensava que l'educació social era fonamental. Era partidari de les experiències angleses del *self-government*, de la coeducació, i de tot allò que potenciés a les escoles un treball col·lectiu i de cooperació (Mira, 1933a). De fet, el Mira pedagog estava molt més preocupat per l'educació moral i afectiva dels infants que per la seva intel·ligència, ja que creia que l'afectivitat era tant la base dels comportaments morals com l'impuls necessari per realitzar, *de facto*, conductes intel·ligents (Mira, 1922; 1930). La traducció psíquica que féu dels seus ideals polítics, la podem rastrejar clarament en els seus treballs pedagògics, tant d'investigació, que publicà en diferents revistes mèdiques i pedagògiques de l'època, com de divulgació, en els cursos i conferències que féu a l'escola d'estiu, per exemple (Mullerat *et al.*, 1936). Mira féu servir el terme psicològic de 'sociabilitat' per capturar aquest esperit en forma d'habilitat o capacitat personal que intentaria avaluar. L'entenia com la capacitat per viure en societat de forma pacífica. Pensava que l'ésser humà no naixia sociable, sinó que només podia arribar a ser sociable un cop certes tendències primitives de reacció (egoistes) havien desaparegut (Mira, 1933b). A més, Mira va dedicar bona part de la seva carrera científica a inventar i adaptar mesures per determinar diferents característiques mentals. Des de l'Institut d'Orientació Professional es dedicaria a provar mesures per avaluar la intel·ligència, el caràcter, l'afectivitat, la moral i diferents habilitats professionals de diversos col·lectius (Vilanou, 1998).

Un dels seus primers intents d'obtenir una mesura objectiva de la moral fou incorporant preguntes a altres proves. En proves que servien per mesurar la intel·ligència, hi incloïa petites històries on el nen s'havia de decantar cap a alguna opció moral. Preguntes com: Què faries si et trobessis un moneder amb diners i una nota dient que és un regal per a qui ho trobi? (Mira, 1926b, 1931, 1933a). També va adaptar, i en alguns casos inventar, proves específiques basades en el principi d'escollir entre diferents accions morals (Mira, 1926a, 1933a). Ell i el seu equip van passar les proves a delinqüents, malalts mentals i professionals de diferents àmbits, i també a nens escolaritzats. Així que,

mentre 578 matrimonis van passar el «test de la infidelitat conjugal» (creació seva, havent d'ordenar de més a menys reprovables una sèrie d'accions davant la descoberta d'una infidelitat), els infants havien de jutjar de més a menys dolentes les accions que el «petit Joanet» feia per apropiat-se d'un llapis que no era seu (Mira, 1933b, 1945).

La darrera prova, que inicià l'any 1929 a Ohio, fou passada a 1.587 nens i nenes nord-americans de 6 a 14 anys i a 876 escolars barcelonins d'entre 5 i 15 anys. Va trobar una variabilitat tan gran de respostes que no va poder establir cap patró (Mira, 1933b, 1945).

Però Mira tenia la sospita que els tests verbals potser no reflectien el comportament moral real. Al segon Congrés Internacional d'Orientació Professional de l'any 1921 ja va discutir sobre quina podria ser la millor manera d'avaluar l'afectivitat i la moral (I.O.P., 1922; Mira, 1926a). A mesura que les teories funcionalistes i conductistes anaven prenent força també al nostre país, Mira buscà proves que no estiguessin basades en l'informe verbal, sinó proves que poguessin avaluar el seu suposat comportament moral real.

Els tests de comportament moral que va inventar consistien a simular ambients on el nen o l'adult s'havia de comprometre a una determinada acció altruista o bé rebutjar-la. Un dels tests dels quals Mira va estar més orgullós fou el «test de la transfusió de sang»; aquest test es podia passar tant a petits com a grans (Mira, 1926a; Mira, 1929). En la versió infantil l'experimentador havia d'interrompre una classe, parlar amb el mestre i informar els escolars que acabava d'haver-hi un accident on un nen o una nena, greument ferit, necessitava una transfusió de sang per salvar la seva vida. L'experimentador deia que havia vingut amb un metge i dos assistents per a qui volgués donar sang, i que els cridarien un per un per demanar-los si estaven disposats a fer-ho i en quina quantitat, ja que se'ls especificava una quantitat màxima que suposadament podien oferir sense perill per a la seva salut. Efectivament, eren cridats a part, se'ls preguntava si donarien sang o no i per què i, en cas afirmatiu, en quina quantitat. S'anotaven també les seves reaccions emocionals. Quan totes aquestes observacions havien sigut recollides, algú havia de dir a la classe que el nen havia mort i que ja no necessitaven la sang (Mira, 1930, 1945). A banda del seu entusiasme, Mira també era conscient dels problemes ètics que tenien aquestes simulacions, però defensava que eren justificades quan els seus resultats podien suposar un benefici més gran per la humanitat (Mira, 1945).

Mirà dissenyà i passà altres versions del test que funcionaven de manera semblant (Mira, 1927). Segons Mira aquestes proves també reflectien si s'havia o no sublimat l'instint de conservació, condició *sine qua non* per a l'aparició de la conducta altruista (Mira, 1927). D'elles en faria algunes tipologies, força «psiquiatritzadores», classificant les respostes segons categories tals com: tipus esquizoïdes, paranoïcs, «psiconeuròtics», etc., algunes de les quals, per ell, estaven relacionades amb certa inferioritat orgànica.

Concloem que Mira mostrava una certa concepció biològica de la moral, fonamentada en reaccions emocionals que ell considerava primàries i que es presentarien evolutivament en tres etapes que es van succeint en el temps. En cada suposat estadi predominaria un estil emocional que condicionaria el tipus de moral adoptada, la conducta ètica que predomina en l'individu. Aquest plantejament pressuposa una evolució normal i biològica de la moral, on és palesa certa influència psicoanalítica i piagetiana. Segons aquest esquema, primàriament apareix una actitud defensiva davant la vida (dominada pel sentiment de la por), després una de combativa (on un es mou per la ràbia), per passar finalment a una actitud amorosa, de fusió amb la vida.

Referències bibliogràfiques

- ANDRÉS, P. (1930), «Animosa experiencia de una sociedad infantil», *Revista de Pedagogía*, **9**, (107), 301-307.
- DEMOOR, J. (1927), «El método activo. Sus bases psicológicas», *Revista de Pedagogía*, **6**, (71), 497-507.
- FUSTER, J. (1930), «Resultats obtinguts en els delinqüents amb el qüestionari emocional de Woodworth». A: DIVERSOS AUTORS, *Comunicació del IV Congrés de metges en llengua catalana*, Barcelona, 1930.
- GONZÁLEZ PÉREZ, F. (2011), «Historia y Desarrollo de la Ficha Biopsicopedagógica en los Centros para Jóvenes de la Congregación de Religiosos Terciarios Capuchinos», *Psychologia Latina*, **2**, (1), 47-108.
- GONZÁLEZ-AGAPITO, J. (1992), *L'Escola Nova Catalana. 1900-1939. Objectius, constants i problemàtica*, Vic, Eumo.
- GONZÁLEZ-AGAPITO, J.; MARQUÈS, S.; MAYORDOMO, A.; SUREDA, B. (2002), *Tradició i renovació pedagògica. 1998-1939. Història de l'educació. Catalunya, Illes Balears, País Valencià*, Barcelona, Publicacions de l'Abadia de Montserrat.
- I.O.P. (1922), *Segona Conferència Internacional de Psicotècnica Aplicada a l'Orientació Professional i a l'Organització Científica del Treball. Actes*, Barcelona, Publicació de l'Institut d'Orientació Professional.
- LLORCA, A. (1927), «Reflexiones sobre la vida interna en la escuela», *Revista de Pedagogía*, **6**, (69), 406-409.
- MIRA, E. (1922), «¿Qué es la inteligencia?», *Revista de Pedagogía*, **1**, (2), 56-62.
- MIRA, E. (1926a), «La exploración de la afectividad en la escuela», *Revista de Pedagogía*, **5**, (59), 481-486.
- MIRA, E. (1926b), «Pruebas para la determinación de los tipos de inteligencia en los niños», *Actualidad Médica*, **2**, (15), 225-246.
- MIRA, E. (1927), «Pruebas de la afectividad en la escuela», *Revista de Pedagogía*, **6**, (64), 183-190.
- MIRA, E. (1929), «New directions in testing affectivity». A: ANÒNIM, *Proceedings and papers of the ninth International Congress of Psychology. Yale University, Princeton*, Psychological Review Company, 313-314.
- MIRA, E. (1930), «Exploración de la afectividad», *Revista Médica de Barcelona*, **14**, (81), 222-259.
- MIRA, E. (1931), «Pruebas para el reconocimiento de la inteligencia abstracta», *Revista de Pedagogía*, **1**, (110), 49-56.
- MIRA, E. (1933a), «La nova concepció experimental de la conducta moral», *Revista de Psicologia i Pedagogia*, **1**, (3), 229-251.
- MIRA, E. (1933b), «Psicopedagogia de la sociabilitat», *Revista de Psicologia i Pedagogia*, **1**, (4), 354-368.
- MIRA, E. (1945), *Manual de psicología jurídica*, Buenos Aires, El Ateneo.
- MONTESSORI, M. (1920), «Sobre l'educació moral i religiosa», *Quaderns d'Estudi*, **45**, (12), 177-192.
- MORENO LOZANO, V.; MÜLBERGER, A.; GRAUS FERRER, A.; BALLTONDRE, M. (2012), «Cabós: A teacher as scientist. Popularizing psychological testing in the 1920s in Catalonia». A: ROCA-ROSELL, A. (ed.), *Proceedings of the 4th ICESHS (International Conference of the European Society for the History of Science)*, Barcelona, Societat Catalana d'Història de la Ciència i la Tècnica, 632-637.
- MÜLBERGER, A. (2010), «Un psicólogo abandona su mundo. El exilio de Emilio Mira y López». A: BARONA, J. (ed.), *El exilio científico republicano*, València, Universitat de València, 157-172.
- MÜLBERGER, A.; JACÓ-VILELA, A. M. (2007), «Es mejor morir de pie que vivir de rodillas: Emilio Mira y López y la revolución social», *Dynamis*, **27**, 309-332.
- MULLERAT, M.; POU, J.; AYESTA, J. M. (1936), «Una aplicació del test de Morey Otero», *Revista de Psicologia i Pedagogia*, **5**, (14-15), 219-259.
- PÉREZ-DELGADO, E.; MESTRE, V. (1995), «Aportación de Emilio Mira y López al desarrollo de la psicología moral. Estudio de sus cuestionarios de evaluación», *Revista de Historia de la Psicología*, **16**, (3-4), 53-61.
- RODRÍQUEZ LAFORA, G. (1932), «Métodos psicotécnicos aconsejables para el estudio de la personalidad», *Revista de Pedagogía*, **11**, (123), 97-108.
- ROVIRA DE FORN, F. (1909), «Valor de la introspección en la educación», *La Evolución Pedagógica*, **1**, (4), 120-125.
- RUBIÉS, A. (1927), «El método Decroly. Un curso-ensayo en una escuela nacional», *Revista de Pedagogía*, **8**, (74), 58-65.
- VILANOU, C. (1998), *Els orígens de la psicopedagogia a Catalunya*, Barcelona, Universitat de Barcelona.

PER LA IMMERSIÓ COEDUCATIVA DE LA HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA A L'AULA: EXPERIÈNCIES EN UN INSTITUT DE SECUNDÀRIA

SARA CABELLO I OCHOA
INSTITUT GUINDÀVOLS, LLEIDA.

Paraules clau: coeducació, gènere i educació, història de la ciència, experiències d'aula, interdisciplinarietat

The History of Science at School: Towards Co-educational Insight. Secondary School Class Experiences

Summary: The presentation seeks to place the co-educational experiences in an unified context, the one of the history of science from a co-educational point of view, and to provide an overview of these significant experiences implemented in a secondary school.

Four years ago several teachers in the school Guindàvols carried out an innovative project «Educating for Equality». The relevance of the topic, as well as the positive impact it had in the educational community, has led us to continue working on it becoming thus an issue of the educational project of our school.

Out of the basic objectives of the project, we have focused on developing the activities about significant events for the school community which are relevant not only in the educational field but in the social one. Thus, each course is assigned a significant action in each of these dates: November 25th (Day against Gender-Based Violence); Science Week, March 8th and St. George (literary contest).

This communication aims to expose some of the actions related to the theme, with an interdisciplinary perspective that is treated from a global point of view not strictly linked to the compulsory curriculum of different subjects in the scientific field.

On the occasion of the «Science Week» in Lleida, where our school is traditionally involved and, the group also uses the project as a visible platform to show the different achievements of women in science.

The actions listed below on the subject are summarized in the following activities:

- Science is also for women.
- Hypatia of Alexandria.
- Women in space.

For each activity we present a summary in tabular form that includes a description, the objectives associated, the educational level addressed to, the curricular material and its corresponding evaluation.

Key words: Co-education, Gender and Education, History of Science, Class experiences, Interdisciplinary

Introducció

Un grup de docents de l'Institut Guindàvols vam impulsar el curs escolar 2008-2009 el projecte d'innovació *Eduquem per la igualtat*, liderat per Rosa Borrell Feliu i M. Teresa Quintillà Zanuy. El projecte coeducatiu va desenvolupar-se al llarg de dos cursos i, atesa la rellevància del tema i la gran implicació de la comunitat educativa, s'ha considerat oportú continuar treballant dins aquesta línia fins al punt que s'ha convertit en un element més del Projecte Educatiu del nostre centre.

Paral·lelament al projecte esmentat, algunes persones membres del professorat continuem treballant des d'aquesta perspectiva a partir del grup de treball *Coeducació a Secundària*, que forma part del programa de formació de professorat del Centre de Recursos Pedagògics del Segrià.

A partir dels objectius bàsics del projecte *Eduquem per la igualtat*, el grup de treball està polaritzant gran part de l'elaboració de les activitats adreçades a l'alumnat al voltant d'esdeveniments significatius per a la comunitat educativa que també ho siguin fora de l'àmbit educatiu. Així, cada curs s'assigna una acció significativa o campanya a cada una d'aquestes dates: 25 de novembre (Dia contra la violència sexista); Setmana de la Ciència; 8 de març (Dia de la dona treballadora), i Sant Jordi (Festa literària).

En aquesta comunicació es pretén exposar algunes de les accions vinculades a la temàtica de la jornada, amb una perspectiva interdisciplinària, és a dir, tractades des d'un punt de vista global sense vincular-les estrictament al currículum oficial de les matèries de l'àmbit científic.

Aprofitant la celebració de la Setmana de la Ciència a Lleida, en la qual el centre està tradicionalment molt implicat, i gràcies a l'impuls i la dedicació especial del Departament de Ciències Experimentals del centre, l'equip del projecte també la utilitza com a plataforma de visibilització de les fites de les dones en l'àmbit de la ciència (Quintillà, 2010: 29).

Les accions que s'exposen a continuació sobre el tema es concreten en les activitats següents:

- La ciència també és cosa de dones.
- Hipàtia d'Alexandria, una gran desconeguda.
- Dones a l'espai.

S'indiquen els objectius associats a les accions, i per a cada una d'elles es presenta una fitxa resum en forma de taula on s'especifica l'espai educatiu o les matèries curriculars vinculades, també s'hi defineix el nivell educatiu al qual van adreçades i inclou una descripció i la seva corresponent valoració.

Objectius associats a les activitats

A més de voler aconseguir la visibilització de les dones i de les seves fites i sabers en el currículum, els objectius associats a les activitats, extrets del projecte *Eduquem per la igualtat*, van ser els següents:

1. Identificar els elements sexistes presents en l'activitat quotidiana d'un centre de secundària.
4. Potenciar la presència i visibilitat de les dones en els currículums.
5. Incorporar els sabers de les dones dins el coneixement i la realitat quotidiana.
6. Reflexionar sobre el paper de les dones en la nostra societat tot reivindicant espais d'igualtat.
8. Destruir els prejudicis sexistes.
10. Implicar tots els agents educatius en el procés.

La ciència també és cosa de dones

L'acció es va centrar al voltant de l'exposició «Dones de ciència», cedida per l'Institut Català de les Dones, la qual tenia com a objectiu reconèixer les aportacions de les primeres dones catalanes científiques i tecnòlogues, les quals van transformar i encara transformen les fronteres dels espais tradicionalment assignats a dones i homes.

Es va elaborar un dossier d'activitats dirigides als cursos del primer cicle d'ESO, que tenia el format de joc-concurs. El dossier elaborat per al segon cicle d'ESO i Batxillerat pretenia incitar a la reflexió i al debat a l'aula sobre el context històric de les protagonistes de l'exposició i les dificultats que han hagut de superar les dones científiques de tots els temps (Fig. 1).

Fitxa resum Acció Coeducativa: La ciència també és cosa de dones.

<i>Temporització</i>	26 novembre – 12 desembre 2008
<i>Espai educatiu: àrees curriculars</i>	• Ciències experimentals • Tecnologies • Ciències Socials • Educació per a la ciutadania • Ciències per al Món Contemporani
<i>Nivell educatiu</i>	de 1r d'ESO a 1r Batx.
<i>Materials específics elaborats</i>	• Dossier d'activitats 1r cicle ESO. • Dossier d'activitats 2n cicle ESO – Batx. • Articles d'opinió, ressenyes i reportatge fotogràfic de les accions dutes a terme al centre.
<i>Accions vinculades</i>	• Inauguració oficial de l'exposició «Dones de ciència» (6 de desembre 2008). • Treball amb l'alumnat d'ESO i Batx. a partir del dossier d'activitats de l'exposició (format concurs). • Visita d'un grup d'alumnes de l'Escola de Primària Pràctiques II. • La revista coeducativa (3r ESO). • Publicació de la crònica al bloc «Escoles en xarxa».

FIGURA 1. Fitxa resum de l'acció coeducativa *La ciència també és cosa de dones*.

Hipàtia d'Alexandria, una gran desconeguda

Aprofitant que l'any 2009 era l'Any de l'Astronomia i que va estrenar-se amb gran èxit la pel·lícula *Àgora*, d'Alejandro Amenábar, l'equip del projecte va dissenyar activitats al voltant del personatge d'Hipàtia d'Alexandria.

Un pas previ va ser l'elaboració d'un dossier sobre Hipàtia per al professorat que abordava diferents aspectes i disciplines: context historicosocial, biografia, obres científiques (matemàtica, astro-

nomia, mecànica i filosofia), etc. Tot això amb la finalitat d'oferir al professorat una eina útil de consulta que li servís per dissenyar les seves pròpies activitats a l'aula o adaptar les propostes al seu nivell educatiu, sense haver de fer un treball previ d'investigació (Fig. 2).

Fitxa resum Acció Coeducativa: *Hipàtia d'Alexandria, una gran desconeguda*.

Temporització	octubre 2009 – gener 2010
Espai educatiu: àrees curriculars	• Ciències experimentals • Tecnologies • Ciències Socials • Educació per a la ciutadania
Nivell educatiu	de 1r d'ESO a 2n Batx.
Materials específics elaborats	• Dossier informatiu sobre Hipàtia. • Dossier d'activitats sobre la pel·lícula <i>Ágora</i>. • Dossier de treballs de recerca sobre Hipàtia. • Material didàctic per treballar l'exposició sobre Hipàtia. • Articles d'opinió, ressenyes i reportatge fotogràfic de les accions dutes a terme al centre.
Accions vinculades	1. Campanya d'informació sobre la figura d'Hipàtia d'Alexandria per a tot el professorat i l'alumnat interessat. 2. Elaboració de treballs de recerca sobre el personatge i transcendència científica d'Hipàtia (alumnat de Grec 1 Batx.). 3. Elaboració d'un material didàctic per treballar l'exposició dels treballs amb l'alumnat d'ESO. 4. Sortida conjunta al cinema per veure <i>Ágora</i> d'A. Amenábar (tot l'alumnat de 3r ESO a 2n Batx.) 5. Elaboració de material didàctic per treballar a l'aula el contingut de la pel·lícula. 6. Treball de recerca d'un alumne de 2n Batx.: <i>Hipàtia d'Alexandria, matemàtica, astrònoma i present a la Lluna</i> (1r premi al 1r Concurs de Treballs científics convocat pel CDEC, el CREMAT i l'AULATEC). 7. Taller de construcció d'astrolabis (a càrrec del catedràtic de física i professor del Parc de les Ciències de Granada). 8. Preparació d'un vídeo de divulgació científica sobre el personatge d'Hipàtia, la seva faceta d'astrònoma i la seva vinculació amb el disseny d'astrolabis. 9. La revista coeducativa (3r ESO). 10. Publicacions al bloc «Escoles en xarxa».

FIGURA 2. Fitxa resum de l'acció coeducativa *Hipàtia d'Alexandria, una gran desconeguda*.

Dones a l'espai

L'any 2010 es va muntar una exposició amb alumnat de 2n d'ESO sobre les dones a l'espai. L'alumnat va fer recerca sobre el tema escollint la figura d'una dona astronauta, posteriorment se'ls van facilitar diferents plantilles (arxius ppt) per crear el seu pòster sobre una dona a l'espai. Un cop triada, l'alumnat havia de substituir el text de la plantilla per la informació necessària, afegint les imatges escollides en els espais corresponents (Fig. 3).

Un cop acabats, els pòsters van ser impresos i exposats a la paret d'un dels passadissos del centre.

Fitxa resum Acció Coeducativa: Dones a l'espai.

Temporització	novembre 2010
<i>Espai educatiu: àrees curriculars</i>	• Ciències experimentals • Tecnologies
<i>Nivell educatiu</i>	1r d'ESO
<i>Materials específics elaborats i accions vinculades</i>	• Guia de l'activitat per a l'alumnat. • Exposició al passadís del centre.

Figura 3. Fitxa resum de l'acció coeducativa *Dones a l'espai*.**Consideracions finals**

La valoració de les activitats presentades és realment satisfactòria, tant pel que fa a la resposta de l'alumnat i del personal docent, com per la consecució dels objectius plantejats. Cal subratllar, a més, l'alt índex de participació dels membres de la comunitat educativa, cosa que anima el professorat impulsor de les activitats a continuar treballant en la mateixa línia.

Compartim, doncs, l'opinió que «el treball en grup és una metodologia de suport molt gratificant per tal d'introduir els sabers femenins en l'educació. Formar part d'un grup d'investigació-acció, o treballar amb el seminari o departament i fins i tot impulsar des del claustre un projecte d'innovació educativa específic de coeducació, són suports significatius per insertar els sabers femenins de forma gradual. Els materials didàctics sobre dones compositores, inventores i científiques, i sobre les diferents branques del saber com a reconeixement de l'aportació cultural de les dones, són un recurs excel·lent per introduir la cultura femenina a les aules» (Solsona Pairó, 2010: 10).

S'ha de valorar també molt positivament el tractament des d'un punt de vista global de les accions presentades, sense vincular-les estrictament al currículum oficial de les matèries de l'àmbit científic. Indubtablement el tractament interdisciplinari de la temàtica, i no tancat estrictament al currículum de les matèries de l'àmbit científicotecnològic, motiva en major grau tota la comunitat educativa i enriqueix el procés d'ensenyament-aprenentatge.

Notes

Els materials elaborats de les accions presentades, així com altres actuacions del grup de treball *Coeducació a Secundària*, es poden consultar a l'espai de la intraweb de l'Institut Guindàvols, de lliure accés des de <http://www.institutguindavols.cat/moodle/course/view.php?id=13> i, més recentment, a <http://blocs.xtec.cat/eduquemperalaigualtat/>.

Referències bibliogràfiques

- QUINTILLÀ, M. T. (2010), «Coeducando en secundaria, más allá de la anécdota», *Aula*, **191**, 27-32.
- SOLSONA PAIRÓ, N. (2010), «Génesis y desarrollo de los saberes femeninos en la educación», *Aula*, **191**, 7-11.

ELS GRANS CIENTÍFICS I TÈCNICS DE LA HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA I LA TÈCNICA A TRAVÉS DEL CINEMA I LA TELEVISIÓ

EDUARD-JOSEP CHIFRÉ I PETIT

DEPARTAMENT D'AGRICULTURA, RAMADERIA I PESCA.

Paraules clau: ciència, tècnica, científic, tècnic, cinema, sèrie de televisió, pel·lícula, film, didàctica, Louis Pasteur, matrimoni Curie, Galileo Galilei, Leonardo da Vinci, Blaise Pascal, René Descartes, Charles Darwin, Santiago Ramón y Cajal, Narcís Monturiol, Severo Ochoa, Albert Einstein

The great scientists and technicians in the history of science and technology through the cinema and the television

Summary: *In this essay I would like to comment the didactic possibilities that the cinema and the television offer us to study the tasks carried out by some scientists and technicians through history. Among the films and the series selected, I would like to mention the following ones: The tragedy of Louis Pasteur, Mme. Curie, Galileo, The Life of Leonardo da Vinci, The Darwin adventure, Ramón y Cajal: Story of a Willpower, Monturiol, the Lord of the Sea, and Severo Ochoa, the Achievement of the Nobel Prize. These films and series are examples of the didactic possibilities that the cinema and the television can offer us, always obeying the current legislation on the matter, to study the lives of the great scientists and technicians.*

Key words: *science, technique, scientist, technician, cinema, television serial, film, movie, didactic, Louis Pasteur, Mr. and Mrs. Curie, Galileo Galilei, Leonardo Da Vinci, Blaise Pascal, Descartes, Charles Darwin, Santiago Ramón y Cajal, Narcís Monturiol, Severo Ochoa, Albert Einstein*

Introducció

En aquest assaig faré una anàlisi de les possibilitats didàctiques que ofereixen el cinema i la televisió per a l'estudi de la tasca que van dur a terme alguns dels grans científics i tècnics que hi ha hagut al llarg de la història.

Les personalitats de les quals parlaré en aquest treball són: Louis Pasteur, Pierre i Marie Curie, Galileo Galilei, Leonardo da Vinci, Blaise Pascal, Descartes, Charles Darwin, Santiago Ramón y Cajal, Narcís Monturiol, Severo Ochoa i Albert Einstein.

Les pel·lícules i sèries televisives que esmentaré sobre aquests personatges són una mostra de les possibilitats didàctiques que el cinema i la televisió ens ofereixen, sempre complint amb la legislació vigent en aquesta matèria, per a l'estudi de la vida dels grans homes i dones de la ciència i la tècnica.

Louis Pasteur

En relació amb L. Pasteur, esmentaré la pel·lícula *La tragèdia de Louis Pasteur* (*The Story of Louis Pasteur*), pel·lícula de William Dieterle (1936), amb Paul Muni (que interpreta L. Pasteur) i Josephine Hutchinson en els seus papers principals. El film descriu la vida de Louis Pasteur i els seus treballs científics sobre l'àntrax, la ràbia, els gèrmens, etc.

Temàtiques relacionades amb la pel·lícula

- Vida de Louis Pasteur
- L'àntrax
- La ràbia
- La generació espontània
- Els gèrmens
- La pasteurització

Pierre i Marie Curie

Quant al matrimoni Curie parlaré de dues produccions cinematogràfiques: *Madame Curie* (1943) i *Els mèrits de Madame Curie* (*Les palmes de M. Schutz*, 1997).

Madame Curie és un film de Mervyn Le Roy (1943) protagonitzat per Greer Garson i Walter Pidgeon. *Els mèrits de Madame Curie* (*Les palmes de M. Schutz*) està dirigida per Claude Pinoteau (1997) i compta en els seus papers principals amb Isabelle Huppert, Charles Berling i Philippe Noiret.

Les pel·lícules mostren temàtiques tals com els treballs dels Curie sobre el radi i el poloni, el seu treball a la universitat o la situació en què es trobava la investigació en l'època del matrimoni Curie.

Temàtiques relacionades amb les pel·lícules

- Vida del matrimoni Curie
- Els treballs de Pierre i Marie Curie, les expectatives que van originar
- El radi
- El poloni
- Els premis Nobel
- La investigació en l'època del matrimoni Curie
- La universitat en el temps dels Curie

Galileo Galilei

Sobre Galileo assenyalaré dos films, *Galileo*, de Liliana Cavani (1968), protagonitzat per Cyril Cusack (interpretant Galileo), amb música d'Ennio Morricone; i *Galileo*, realitzat per Joseph Losey (1974), basat en una obra de Bertolt Brecht, amb Topol de protagonista (fent el paper de Galileu Galilei).

Temàtiques relacionades amb les pel·lícules

- La biografia de Galileo Galilei
- Les tesis d'Aristòtil
- Els treballs de Copèrnic
- Giordano Bruno
- L'astronomia en el segle XVII
- El mètode científic
- El telescopi
- L'Església i Galileu
- La Inquisició
- Els enfrontaments entre ciència i religió
- Urbà VIII
- Efectes de l'abjuració de Galileo
- Bertolt Brecht

Leonardo da Vinci

Comentaré aquí la producció televisiva *La vida de Leonardo da Vinci* (*La vita di Leonardo da Vinci*), sèrie de televisió dirigida per Renato Castellani (1971), amb Philip Leroy interpretant Leonardo da Vinci, que narra la vida i l'obra de Leonardo.

Temàtiques relacionades amb la sèrie

- Vida de Leonardo da Vinci
- La seva família
- La seva obra artística
- Els seus treballs tècnics
- Leonardo com a científic
- El Renaixement
- La seva estada a Florència

Blaise Pascal

De B. Pascal indicaré el film *Blaise Pascal*, realitzat per Roberto Rossellini (1972), amb Pierre Arditi (Pascal en la pel·lícula) i Rita Forzano de protagonistes. Aquesta producció ens descriu la biografia de Blaise Pascal.

Temàtiques relacionades amb la pel·lícula

- Vida de Blaise Pascal
- Pascal matemàtic
- El Principi de Pascal
- Pascal i les ciències naturals
- La ciència en el segle XVII
- Coneixement i religió

René Descartes

Per tractar la figura de Descartes tenim el film *Cartesius*, dirigit per Roberto Rossellini (1974) i protagonitzat per Ugo Cardea (Descartes en la pel·lícula) i Anne Pouchie. La cinta ens mostra la vida de Descartes.

Temàtiques relacionades amb la pel·lícula

- Vida de Descartes
- Les seves relacions amb l'Església
- Els seus treballs com a matemàtic
- Descartes físic
- El pensament de Descartes
- La frase: «Penso, doncs existeixo»

Charles Darwin

En relació amb Ch. Darwin tractaré dues pel·lícules: *L'aventura de Darwin* (*The Darwin Adventure*, 1972) i *Creation* (2009).

L'aventura de Darwin (*The Darwin Adventure*) fou dirigida per Jack Couffer (1972) amb Nicholas Clay (Charles Darwin), Ian Richardson (capità Fitzroy) i Susan Macready (Emma, l'esposa de Ch. Darwin) de protagonistes. El film descriu la vida de Charles Darwin, el seu viatge en el vaixell *Beagle*, la seva relació amb el capità Fitzroy, el que van significar per a Darwin i els seus estudis les illes Galápagos, i la redacció del llibre *L'origen de les espècies*.

Creation és una cinta de Jon Amiel (2009), amb Paul Bettany (Charles Darwin) i Jennifer Connell (Emma Darwin) en els seus papers principals. Aquesta producció cinematogràfica se centra bàsicament en les relacions familiars de Darwin amb els seus fills i la seva esposa.

Temàtiques relacionades amb les pel·lícules

- La vida de Charles Darwin
- El seu viatge en el *Beagle*
- El capità Fitzroy
- Les illes Galápagos
- La teoria de l'evolució
- El llibre *L'origen de les espècies*
- L'Església i Ch. Darwin
- El debat a Oxford entre el bisbe Bishop Wilberforce i Thomas Huxley
- Les relacions de Darwin amb la seva família

Santiago Ramón y Cajal

La figura de S. Ramón y Cajal ha estat duta a la petita pantalla mitjançant la sèrie de televisió *Ramon y Cajal: Història d'una voluntat* (*Ramon y Cajal: Historia de una voluntad*), de José María Forqué (1982), protagonitzada per Adolfo Marsillach (Ramon y Cajal en la sèrie), Verónica Forqué i Fernando Fernán Gómez.

Temàtiques relacionades amb la sèrie

- La vida de Santiago Ramón y Cajal
- Els seus estudis
- Els instruments científics en l'època de Ramón y Cajal
- La situació de la universitat a l'Estat espanyol a finals del segle XIX i principis del XX
- Context històric en el qual va viure Santiago Ramón y Cajal
- El premi Nobel

Narcís Monturiol

Quant a Narcís Monturiol disposem de la producció cinematogràfica *Monturiol, el senyor del mar*, dirigida per Francesc Bellmunt (1993) i protagonitzada per Abel Folk (Narcís Monturiol en el film), Elena Pérez-Llorca i Xabier Elorriaga. El film mostra el procés de construcció del submarí *Ictini*.

Temàtiques relacionades amb la pel·lícula

- Vida de Narcís Monturiol
- Construcció del submarí *Ictini*
- Les immersions amb l'*Ictini*
- Context històric en el qual va viure Monturiol
- Monturiol polític
- La burgesia catalana en el segle XIX

Severo Ochoa

Sobre S. Ochoa s'ha produït el film *Severo Ochoa: la conquesta d'un Nobel* (*Severo Ochoa: la conquesta de un Nobel*), realitzat per Sergio Cabrera (2001) amb Imanol Arias (interpretant a Severo Ochoa) i Ana Duato (com a esposa del científic). La cinta narra la vida de Severo Ochoa i els seus treballs científics.

Temàtiques relacionades amb la pel·lícula

- Vida de Severo Ochoa
- Els seus treballs científics
- La Guerra Civil
- La seva vida als EUA
- La Cacera de Bruixes
- El premi Nobel
- Les seves relacions amb l'Estat espanyol franquista

Albert Einstein

En relació a Albert Einstein tenim la sèrie de televisió *Einstein*, dirigida per Lazare Iglesis (1985), protagonitzada per Ronald Pickup (Einstein en la sèrie) i Marie Dubois; i la pel·lícula *Einstein*, de Philip Martin (2008), amb Andy Serkis (interpretant Albert Einstein) de protagonista. Aquestes produccions narren la vida d'A. Einstein, així com els seus treballs científics.

Temàtiques relacionades amb les pel·lícules

- Vida d'Albert Einstein
- Els seus estudis científics
- La II Guerra Mundial
- L'exili als EUA
- La bomba atòmica
- La teoria de la relativitat
- El premi Nobel

Conclusions

Les pel·lícules i sèries televisives esmentades són un exemple de les possibilitats didàctiques que el cinema i la televisió ens ofereixen, sempre complint amb la legislació vigent en aquesta matèria, per a l'estudi de la vida dels grans científics i tècnics que hi ha hagut al llarg de la història. A través d'aquestes produccions cinematogràfiques podem aprofundir en el coneixement dels seus treballs.

Referències de consulta

AGUILERA, C.; DIAS, N. (1999), *Los actores de los óscar del siglo xx*, Barcelona, Ed. 2001.

CAPARRÓS LERA, J. M. (1997), *100 Películas sobre Historia Contemporánea*, Madrid, Alianza.

CHIFRÉ PETIT, E. J. (2009), «L'astronomia i la meteorologia vistes pel cinema», *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, **2** (1), 101-111.

CHIFRÉ PETIT, E. J. (2009), «Darwin al cinema», *Revista del Col·legi de Biòlegs de Catalunya*, **13**, 16-21.

SCHNEIDER, S. J. (2007), *1001 películas que hay que ver antes de morir*, Barcelona, Grijalbo.

ALGUNES DEFINICIONS D'APOL·LONI AMB EL GEOGEBRA

FERRAN DACHS;¹ TRINI CADEFU²

¹ ESTUDIANT DEL MAMME DE LA FACULTAT DE MATEMÀTIQUES I ESTADÍSTICA DE LA UPC.

² IES PERE BORRELL, PUIGCERDÀ.

Paraules clau: *diàmetre, eix, còniques, Apol·loni*

Some definitions of Apollonius with the GeoGebra

Summary: Conics are present everywhere, many objects of daily life fit its shapes and we take advantage of its properties, even though sometimes we are not conscious of it. The first systematic study of conics is due to Apollonius of Pergamon, called by his contemporaries «the great geometer». He would be the first to obtain the conics as flat sections of the same cone with circular base, in order to study its properties. Moreover, he would give them the name we call them nowadays.

The present project is an interdisciplinary activity for 16-to18-year-old students. The main goal is to use GeoGebra programme to analyze some of the definitions that Apollonius began his project with and to look into his proposals.

Key words: *diameter, axe, conics, Apolloni*

Les còniques les trobem presents arreu, molts objectes de la nostra vida quotidiana adopten les seves formes i n'aprofitem les seves propietats, tot i que moltes vegades no en som conscients. El primer estudi sistemàtic de les còniques es deu a Apol·loni de Pèrgam (246-221? – 170 aC), anomenat pels seus contemporanis «el gran geòmetra». Ell serà el primer que obtindrà les còniques com a seccions planes d'un mateix con de base circular, per després estudiar-ne les seves propietats. També les anomenarà pel nom amb què ara les coneixem.

El GeoGebra és un programa educatiu lliure que permet dibuixar elements i figures geomètriques alhora que proporciona la seva expressió algebraica o valor, i viceversa, és a dir combina geometria, àlgebra i càlcul. Per tant, és òptim per a l'estudi de les còniques i les seves propietats.

Les pautes de l'activitat proposada es poden concretar en: primer, es proporcionarà a l'alumne les definicions amb les quals Apol·loni inicia el seu tractat de les còniques, i es farà una lectura prèvia a fi d'interpretar-les. Després, per a cada cònica, utilitzant el joc que ens proporciona el GeoGebra, caldrà determinar i limitar els elements que Apol·loni defineix, consegüentment l'alumne haurà de paucar les definicions per poder fer les construccions amb el GeoGebra. A continuació es compararan aquelles definicions amb les actuals. I per acabar es pot completar el treball analitzant alguna proposició o alguna de les propietats de les còniques amb el GeoGebra.

Introducció

No es coneix gaire la vida d'Apol·loni; de les poques dades que es coneixen amb certesa és que va néixer a Pèrgam, ciutat de Pamfília al sud de l'Àsia Menor, a l'actual Turquia, en l'època en què Ptolemeu Evergates era rei d'Egipte (entre el 246 i el 221 aC). Segons Ptolemeu Chenus va estudiar matemàtiques a Egipte, concretament al Museu d'Alexandria, amb els deixebles d'Euclides, ja sota el regnat de Ptolemeu Philopator (entre el 221 i el 205 aC) on començà a destacar com a geòmetra i astrònom (Ver Eecke, 1963: VII).

La majoria d'evidències que tenim sobre la seva vida ens les dona ell mateix en els prefacs dels diferents llibres de *Les Còniques*. Gràcies a això sabem per exemple que tenia relació amb els principals geòmetres de l'època, així com que va visitar Pergamum i Ephesus. Els prefacs dels tres primers llibres estan adreçats a Eudemus de Pergamum, però pel quart sabem que Eudemus és mort, i a partir d'aquests els envia a un tal Attalus. Gràcies a aquests preàmbuls sabem que coneix el geòmetra Philonide, que *Les Còniques* són corregides a instàncies de Naucratis i ens menciona altres geòmetres que van dedicar-se a estudiar les corbes de segon grau.

Apol·loni, però, va tenir els seus detractors. El bibliògraf Heràclit considera Arquimedes com l'inventor de la majoria de proposicions sobre les còniques, però que va negligir en no publicar-les. Però a l'hora de la veritat sembla que Arquimedes utilitza proposicions enunciatades per Euclides i Aristée el Vell (Ver Eecke, 1963: IX-X). Es creu que Apol·loni va morir l'any 170 aC. La seva influència s'estén a autors com Johannes Kepler (1571-1630), Blaise de Pascal (1623-1662) o Edmund Halley (1656-1742), que s'encarregarà de la primera traducció al llatí.

L'obra més important d'Apol·loni és el seu tractat sobre les còniques; aquest està dividit en 8 llibres dels quals només ens n'han arribat set, els quatre primers en grec, i els tres últims a través d'una traducció àrab del segle IX que va ser traduïda al llatí al segle XVII. El llibre VIII es va perdre, però el 1646 Halley, meravellat per l'obra d'Apol·loni, va intentar reconstruir-lo a partir dels fragments que n'hi havia en altres obres (Ver Eecke, 1963: XXI).

A la Biblioteca de Catalunya es conserva una versió llatina dels textos del segle XVI, concretament és la traducció del grec al llatí de l'any 1537 feta per Ioanem Baptista Memun, procedent de Venècia, que si més no és curiós de veure, n'assenyalaríem els preciosos dibuixos que acompanyen els textos (Fig. 1).

Molts autors el destaquen com la culminació de la matemàtica grega: no només per la seva rigorositat i completesa, sinó també perquè marca el punt de màxima esplendor de la matemàtica, i en especial de la geometria grega, oferint una visió més actual de les corbes: la construcció d'Apol·loni permet expressar les corbes amb un sistema de referència. Aquests avenços i la completesa li valdran que sigui considerada una obra de referència fins a l'època de Descartes.

Les Còniques és un llibre molt extens (amb més de 400 proposicions, i nombroses definicions i corol·laris), molt rigorós i amb una forma d'enunciar les proposicions molt precisa en les paraules,

però dificultós a l'hora de comprendre-les. Tot això fa que sigui un llibre complex de llegir i d'estudiar que surt com a referència en molts treballs però que realment pocs treballin amb l'obra original.

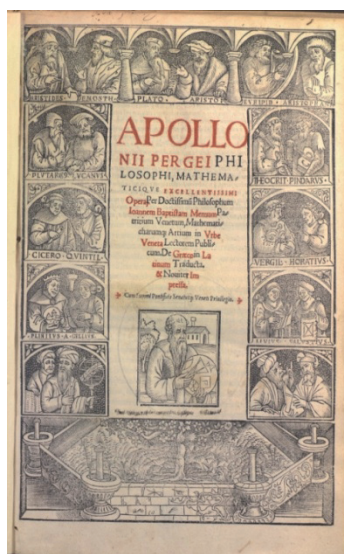


FIGURA 1. Portada de *Les Còniques* d'Apol·loni.

El primer llibre del tractat sobre *Les Còniques* comença amb un prefaci, on presenta el que serà *Les Còniques* explicant-ne la seva divisió. Conté 60 proposicions i alguns corol·laris. Amb 8 definicions relatives a la generació de les superfícies dels cons drets, cons oblics, diàmetres conjugats i eixos de les línies corbes. Comença a entrar en matèria dins les proposicions, de més o menys complexitat, i serà on s'introduiran alguns nous conceptes; cal remarcar les proposicions XI, XII i XIII que construeixen i donen les propietats fonamentals que defineixen la paràbola, la hipèrbola i l'el·lipse a partir de la intersecció d'un pla i un con. Apol·loni és el primer que considera la hipèrbola amb les seves dues branques, les quals anomena «seccions oposades», com una única corba (proposició XVI), que fins aleshores s'havien considerat per separat.

Ens basem en la traducció al francès de Paul Ver Eecke, *Les coniques d'Apollonius de Perge* (Ver Eecke, 1963) i ens proposem analitzar les vuit definicions; en algunes utilitzarem el GeoGebra, així seguirem les pautes marcades per Apol·loni adaptant-nos i ajustant-nos amb el GeoGebra. Com a referència actual utilitzarem l'*Enciclopèdia Catalana*, consultable en línia¹ i en paper. Tot seguit transcriurem les definicions d'Apol·loni i les comentarem.

Primeres definicions

Definició I. Si, d'un cert punt, tracem una circumferència de cercle, no situat en el mateix pla del punt, una recta d'un punt a l'altre, i si, deixant el punt fix, la recta, girant seguint la circumferència, torna a la posició on ha començat a moure's, anomeno **superfície cònica** aquella que, descrita per la recta, esta composta de dues superfícies oposades segons el vèrtex, on cada una creix cap a l'infinit, la recta generatriu es prolonga cap l'infinit. Anomeno **vèrtex** d'aquesta superfície el punt fix, i el seu **eix** la recta determinada pel punt i el centre del cercle (Ver Eecke, 1963: 3).

1. ENCICLOPÈDIA CATALANA, <http://www.enciclopedia.cat>, (darrer accés 27.11.11).

En la definició d'Apol·loni, la recta generatriu està *limitada a moure's* seguint una circumferència, a diferència de la definició actual que seguiria una corba tancada. L'*Enciclopèdia Catalana* defineix **superfície cònica** com a «Superfície engendrada per una família de rectes que passen per un punt (vèrtex) i recolzen sobre una corba directriu».

Definició II. Anomeno **con** la figura delimitada pel cercle i per la superfície cònica situada entre el vèrtex i la circumferència del cercle; **vèrtex del con**, el punt que és el vèrtex de la seva superfície; **l'eix del con**, la recta que va des del vèrtex al centre del cercle; i la **base**, el cercle (Ver Eecke, 1963: 4).

La definició que trobem a l'*Enciclopèdia Catalana* ve a ser equivalent però és més general: «Cos limitat per una superfície cònica tancada (superfície lateral del con) i un pla (base del con), el qual talla la superfície cònica segons una corba tancada (directriu del con)».

Tal com ens defineix un con, actualment correspondria a un *con de base circular*, ja que el segment generatriu segueix una circumferència o equivalentment la corba directriu és una circumferència, i actualment diríem que és una superfície *de revolució*.

Notem que Apol·loni ja defineix la superfície cònica com una superfície de revolució i que distingeix segons si considera el con infinit (superfície de revolució) o el con finit (que anomena simplement con). També ens introdueix el nom dels elements del con com són generatriu, eix, vèrtex..., i en distingirà dos tipus:

Definició III. Per altra part, dins dels **cons**, dic **dreus** (o rectes) els que tenen l'eix perpendicular a les bases, i **oblics** els que no tenen l'eix perpendicular a les bases (Ver Eecke, 1963: 4).

Aquesta classificació que fa Apol·loni dels cons es correspon a l'actual. Tornant a l'*Enciclopèdia Catalana* hi trobem: «[...] Si l'eix és perpendicular al pla de la base, hom parla de con recte, el qual també pot ésser generat per un triangle rectangle que gira al voltant d'un dels seus catets; la directriu d'un con recte és una circumferència, de manera que un con recte és un cas particular de con de base circular. [...] Si l'eix d'un con de revolució no és perpendicular al pla de la base, hom parla de con oblic [...]».

Cal dir que en la tercera proposició, que segueix les definicions, Apol·loni considera la intersecció del con i un pla que conté l'eix del con, i demostra que aquesta secció és un triangle (triangle axial).

Ja fetes aquestes definicions bàsiques, Apol·loni ens defineix conceptes bàsics que s'aniran repetint al llarg de *Les Còniques*: diàmetre d'una línia corba, diàmetre de dues línies corbes, diàmetres conjugats, eix i eix conjugat. Aquestes definicions centren l'activitat que proposem, ja que la simplicitat del GeoGebra permet pautar o reestructurar els conceptes implícits de les definicions per fer-ne les construccions, que haurà de realitzar l'alumne, i obtenir resultats.

Definició IV. Dic **diàmetre de tota línia corba situada en un sol pla** la recta que, feta en la línia corba, talla en dues parts iguals totes les línies rectes fetes en la línia (corba) paral·lelament a una recta qualsevol; **vèrtex** de la línia corba, l'extrem d'aquesta recta (diàmetre) que està situat sobre la línia corba, en fi, dic **rectes fetes d'una forma ordenada al diàmetre** (les ordenades) cada una de les paral·leles (Ver Eecke, 1963: 4).

La definició de diàmetre d'Apol·loni està limitada a corbes en el pla, i seria l'única diferència amb la definició actual. Si consultem l'*Enciclopèdia Catalana*, trobem: «Diàmetre: Línia que divideix per la

meitat un sistema de cordes paral·leles d'una corba». O bé «Corda que passa pel centre d'una figura (un cercle, una secció cònica, una esfera)».

Estudiem aquestes definicions amb l'ajut del GeoGebra, ens preguntem: Un segment qualsevol pot ser diàmetre d'una cònica? Quan ho és? O bé, tenint en compte la definició: Com són els diàmetres en cada una de les còniques? Què tenen en comú? Quants diàmetres tindrà una el·lipse? I una hipèrbola? I una paràbola? En cada cas: Els diàmetres tenen alguna característica en comú? Observant les pautes donades per Apol·loni, una opció de procediment a seguir amb el GeoGebra serà:

1. Dibuixar una cònica (el·lipse, hipèrbola o paràbola).
2. Traçar una recta secant a la cònica, i un mínim de dues rectes més paral·leles a aquesta.
3. Trobar els punts d'intersecció de cada una de les tres rectes anteriors i la cònica.
4. Determinar per a cada parella de punts d'intersecció el seu punt mig.
5. Dibuixar la recta que passa per dos d'aquests punts mitjos (comprovarem que també passa pel tercer punt mig).
6. Trobar la intersecció d'aquesta última amb la cònica i traçar el segment entre els dos punts d'intersecció, obtenim així el diàmetre.

A la pantalla gràfica del GeoGebra, mantenint premut el botó dret del cursor sobre l'element que es vol modificar, fàcilment se'ns permet variar la grandària, la posició, l'orientació... de la cònica, canviar la posició i l'orientació de la recta secant, i la posició de les rectes paral·leles, visualitzant en tot moment com és el diàmetre, si n'hi ha. Observem que en el seu tractat Apol·loni, a continuació de la proposició XVI del llibre I, afegeix unes segones definicions (tres) en les quals defineix el centre i el radi per a una el·lipse i per a una hipèrbola: «[...] El punt que divideix un diàmetre en dues parts iguals es diu centre de la secció; i la recta que va del centre a la secció es diu un radi de la secció [...]».

En el cas de l'el·lipse i la hipèrbola, podem dibuixar el seu centre:

7. En el cas de l'el·lipse i la hipèrbola, podem trobar el centre com a punt mig del diàmetre, o bé com a punt mig entre els dos focus.

Els resultats que s'obtenen mostren que: per a l'el·lipse i per a la hipèrbola tindrem infinits diàmetres i tots ells passaran pel seu centre (Fig. 2). És a dir, el centre és un punt comú a tots els diàmetres, és el centre de la corba. Per a la paràbola els diàmetres serien semirectes perpendiculars a la recta directriu.

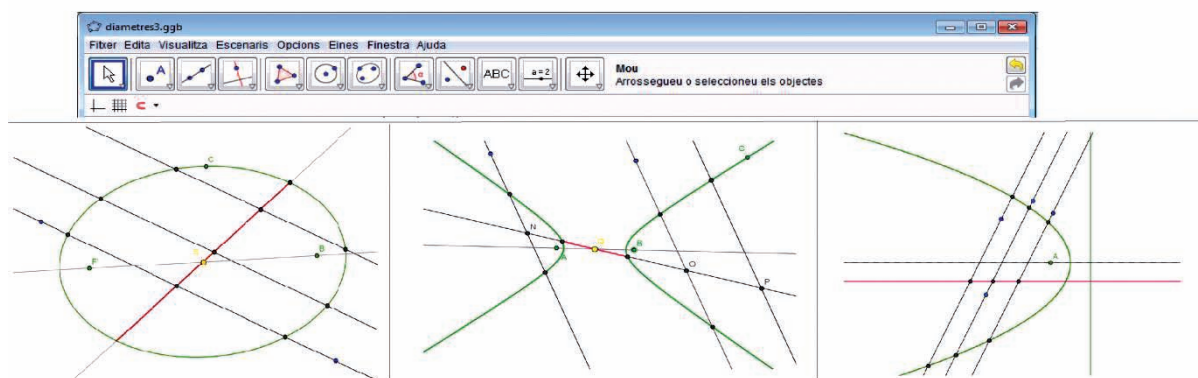


FIGURA 2. Composició, tres possibles pantalles del GeoGebra per a l'estudi del diàmetre.

Definició V. Jo dic també, de la mateixa forma, **diàmetre de dues línies corbes** situades en un mateix pla, per una part, la recta transversal que, tallant aquestes dues línies, talla en dues parts iguals totes les rectes fetes paral·lelament a una recta qualsevol a cada una d'aquestes línies, i **vèrtex d'aquestes línies**, els extrems del diàmetre situat sobre aquestes línies; per una part, la recta que, situada entre les dues línies, talla en dues parts iguals totes les rectes fetes paral·lelament a una recta qualsevol, i interceptades entre les línies; en fi, anomeno **rectes determinades d'una forma ordenada** al diàmetre de cada una d'aquestes paral·leles (Ver Eecke, 1963: 4).

Aquesta definició no deixa de ser una ampliació de l'anterior. Seguir les mateixes pautes i tenir en compte els resultats de l'anterior definició ens ajudarà a deduir com seran els diàmetres. Per a cada cas podem preguntar-nos: Com són els diàmetres? Què tenen en comú? Quants n'hi haurà? Els resultats ens mostren que: en el cas de dues el·lipses cal que siguin concèntriques i tinguin la mateixa excentricitat. Si són dues paràboles hauran de tenir les rectes directrius paral·leles i el mateix paràmetre. Si es tracta de dues còniques diferents, en general, només en casos concrets podrem definir el diàmetre.

Definició VI. Anomeno **diàmetres conjugats** d'una línia corba i de dues línies corbes les rectes on cada una és un diàmetre que talla en dues parts iguals les rectes paral·leles a l'altra (Ver Eecke, 1963: 4).

Definició VII. Per altra part, anomeno **eix d'una línia corba i de dues línies corbes** la recta que, diàmetre d'aquesta línia o d'aquestes línies, talla les paral·leles (és a dir les paral·leles al diàmetre conjugat d'aquest eix) amb angles rectes (Ver Eecke, 1963: 4).

Amb el GeoGebra procedint com s'ha dit i movent o variant el conjunt de rectes paral·leles es pot determinar quin o quins diàmetres seran eix. El GeoGebra també permet mesurar i tenir en tot moment el valor de l'angle entre diàmetre i paral·leles.

Definició VIII. Anomeno **eixos conjugats d'una línia corba i de dues línies corbes** les rectes que, diàmetres conjugats, tallen recíprocament les paral·leles a angles rectes (Ver Eecke, 1963: 5).

Queden així definits els eixos de les còniques. Notem que amb el GeoGebra s'obtenen molts resultats amb poca estona. Hi ha proposicions i resultats d'Apol·loni que ara ens semblen molt evidents, i en resulten més quan utilitzem el GeoGebra, però en el seu moment van constituir un nou camí per treballar amb les còniques fent que el tractament amb les tangents, normals... fos més àgil i permetent-ne un ús més habitual.

La paràbola, l'el·lipse i la hipèrbola

Un cop donades aquestes primeres definicions, Apol·loni començarà a demostrar-nos resultats que actualment es donen per suposats. No és fins a la proposició XI que definirà constructivament el que són les còniques: la paràbola, la hipèrbola i l'el·lipse (a les proposicions XI, XII i XIII, respectivament) (Ver Eecke, 1963: 21-28). Aquestes definicions són dificultoses, i poc recomanables amb el llenguatge d'Apol·loni per treballar-les a classe (només com a curiositat es poden mostrar); en tot cas, per a cadascuna de les còniques es pot comprovar la seva equació genèrica, que es dedueix quan es considera la cònica com a secció del con. Nosaltres ens inclinàrem per seleccionar algunes altres de les proposicions per tal de tenir una visió més general, n'hi ha que trobem evidents mentre que d'altres les trobarem curioses o bé innovadores, i d'altres seran necessàries per a altres resultats.

Per exemple: a la proposició XLV del llibre III, Apol·loni determina el focus de l'el·lipse i la hipèrbola².

Cada vegada que utilitza els focus n'explicarà la construcció, no serà fins a Halley que aquests punts prendran el nom de «foci» (focus en la nomenclatura actual). Fixem-nos en les proposicions LI i LII del llibre III:

Proposició LI, llibre III: *Si considerem les rectes que uneixen [...] els focus de la hipèrbola amb la secció, aleshores la més llarga excedeix a la més petita en l'eix* (Ver Eecke, 1963: 270).

Equivalentment, la diferència de distàncies de cada punt de la hipèrbola als focus és constant i igual a l'eix de la hipèrbola. Propietat important amb la qual Apol·loni s'avança i que ens permet construir la hipèrbola com un moviment continu, i que segles més tard donarà una manera planimètrica de construir-la. En el cas de l'el·lipse farà el mateix:

Proposició LII, llibre III: *Si considerem les rectes que uneixen [...] els focus de l'el·lipse amb la secció, aleshores elles són iguals a l'eix* (Ver Eecke, 1963: 271-272).

És a dir, la suma de distàncies de cada punt de l'el·lipse als focus és constant i igual a l'eix de l'el·lipse, propietat molt important i utilitzada en l'el·lipse, que ens permet construir l'el·lipse, com en el cas de la hipèrbola, com un moviment continu (a la pràctica coneguda com el «mètode del pastor»).

Cal notar que actualment tenim molt clara la relació entre l'el·lipse que definim com el conjunt de punts tals que la suma de les seves distàncies a dos punts donats és constant i igual a l'eix gran i l'el·lipse vista com a secció del con. Apol·loni ens ha definit l'el·lipse com a secció d'un con i en dedueix i demostra com a propietat, en aquesta proposició, la primera. De la mateixa manera que ho ha fet per a la hipèrbola.

Conclusions

Creiem que aquesta activitat permet introduir una mica més d'història en el currículum. Amb l'ajuda del GeoGebra es comprenen gràficament les definicions i permet comprovar d'una forma àgil les propietats de les còniques.

Referència bibliogràfica

VER EECKE, P. (1963), *Les coniques d'Apollonius de Perga*, Paris, Librairie scientifique et Technique Albert Blanchard.

2. *Proposició XLV, llibre III:* Si considerem una hipèrbola, una el·lipse o una circumferència, i considerem una recta perpendicular als eixos pels seus extrems, i considerem un rectangle d'àrea equivalent a la quarta part de la figura (és a dir, la quarta part del quadrat de l'eix, de costat el paràmetre). Rectangle augmentat amb una figura quadrada en el cas de la hipèrbola, i disminuït en el cas de l'el·lipse. Fent una recta tangent a la corba que talli les rectes verticals pels extrems de l'eix, i fent una recta que vagi a parar als punts resultants d'aquesta operació, aleshores els angles són rectes (Ver Eecke, 1963: 263).

INTRODUCCIÓ DE LA HISTÒRIA DE LA QUÍMICA A CLASSE

JOSEP M. FERNÁNDEZ-NOVELL;^{1,4} ROSER FUSTÉ;^{2,4} MIQUEL PARAIRA^{3,4}

¹ DEPARTAMENT DE BIOQUÍMICA I BIOLOGIA MOLECULAR. UNIVERSITAT DE BARCELONA.

² ESCOLA ISABEL DE VILLENA. ESPLUGUES DE LLOBREGAT.

³ UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA.

⁴ COL·LEGI OFICIAL DE QUÍMICS DE CATALUNYA.

Paraules clau: *història de la química, secundària, Premis Nobel*

The history of chemistry introduced into the classroom

Summary: *To make the history of chemistry more enjoyable and understandable in secondary school classroom, the Technical Section of Education of the Catalan Board of Chemists «Col·legi Oficial de Químics de Catalunya CQC» proposed several activities directed to secondary school students on Saint Albert's day. These activities link the history of chemistry to nowadays. Our aim is to continue building bridges between chemistry and its history and between science and its history. This project let us to involve science teachers from secondary schools in disseminating the history of chemistry.*

Key words: *history of chemistry, secondary school, Nobel Prizes*

Introducció

La química té, sens dubte, un gran impacte econòmic i social. Podem assegurar que, gràcies als avenços en medicina produïts pels avenços en la química, l'esperança de vida s'ha multiplicat per dos en els últims cent anys, a més de les millores en els materials metàl·lics o plàstics o la seva necessària presència en els àmbits de l'agricultura i ramaderia, entre d'altres. La química forma part de la nostra vida des de sempre, des que la humanitat va descobrir el foc, la química té una història que ha de repercutir en el seu propi ensenyament i en els seus ensenyants.

Quan es va proclamar l'any 2011 com l'Any Internacional de la Química (AIQ) amb el lema «La Química, la nostra vida, el nostre futur»,¹ es varen donar quatre directrius que incideixen en millorar l'apreciació que la nostra societat té de la química (bastant malmesa a dia d'avui), augmentar l'interès del jovent sobre aquesta ciència (cal millorar l'actitud envers la química de tots els estaments involucrats en el seu ensenyament), generar entusiasme pel futur de la química (cal explicar que a partir del coneixement químic es pot entendre millor el món en què vivim) i, finalment, la celebració del centenari de l'obtenció per Marie Skłodowska Curie del premi Nobel de Química i també la celebració del centenari de la fundació a París de l'Associació Internacional de Societats Químiques, la International Association of Chemical Societies; ambdues celebracions pretenen enfortir la història de la química. Són referència i una definitiva crida a la necessitat de fer servir l'estudi de la Història de la Química en qualsevol nivell educatiu o situació on es discuteixi de química o de ciència en la nostra societat.

Amb aquestes directrius donades des de la IUPAC i la UNESCO es fa notori allò que els/les professionals de l'ensenyament de la química tenim present, cal formar el nostre alumnat en química, preparar-lo per a la seva vida professional, però també cal saber quan, com i on es va obtenir tot el coneixement sobre el qual sostenim les nostres explicacions; en altres paraules, cal fer un lloc a la «Història de la Química» a les classes d'aquesta matèria a tots els nivells educatius.

Per acoblar la història de la química al currículum d'aquesta matèria, a l'ESO² i al Batxillerat,³ convé planificar activitats innovadores que la facin més atractiva als ulls de l'alumnat. Per això, des del Col·legi Oficial de Químics de Catalunya⁴ (CQC) es proposà, als centres i al professorat de secundària, treballar a classe, durant la Setmana de la Ciència lligada a la festivitat de Sant Albert, un seguit d'activitats sobre la història de la química més recent. Des de l'estudi dels premis Nobel de Química de l'any en curs fins a la història de la taula periòdica pintada a principis del segle passat a la paret d'una aula de l'edifici històric de la Universitat de Barcelona.

Els resultats han estat molt importants, el nombre de centres, professorat i alumnat participant mostra l'excel·lent rebuda donada a aquesta iniciativa. El professorat de química de secundària es mostra molt receptiu a fer servir la història de la química, a acoblar-la al seu currículum educatiu quan es treballa en comú. Tot això, ens invita a continuar en aquest projecte iniciat fa uns anys.

Metodologia

Amb l'objectiu de millorar la relació entre l'alumnat de secundària i la història de la química en particular o de la ciència en general s'ha proposat treballar a classe part de la seva història actual i més recent.

Per què cal treballar part de la història de la química? Perquè és una novetat, és una activitat innovadora pel jovent que estudia secundària i per part del seu professorat.

Per què s'ha de treballar la història actual i més recent? Perquè és més atractiva per aquest jovent. Per a l'alumnat de secundària conèixer la relació entre el descobriment científic i la vida quotidiana de la societat del segle xx, segle en què varen néixer tots els seus amics, pares i d'altres familiars, fa

1. www.chemistry2011.org (darrer accés 08/11/2011).

2. www.xtec.cat/estudis/eso/curriculum_eso.htm (darrer accés 08/11/2011).

3. www.xtec.cat/estudis/batxillerat/curriculum_bat.htm (darrer accés 08/11/2011).

4. www.quimics.cat (darrer accés 08/11/2011).

més fàcil entendre aquestes relacions entre ciència i el segle passat que no pas si es parla de la ciència en temps d'Aristòtil i la societat grega de llavors.

Per això la Secció Tècnica d'Ensenyament del CQC va encetar un projecte en el qual s'inclou la publicació en la revista *Notícies per a Químics (NPQ)* de les biografies científiques de les persones premiades amb el Nobel de Química de cada any. A més, via correu electrònic es fa arribar aquesta informació a tots els centres de secundària de Catalunya perquè el seu professorat de química o de ciències pugui treballar la història de la química amb el seu propi alumnat i, així, introduir-la cada vegada més en el currículum de la matèria en qüestió.

Experiència innovadora

El projecte comença el 2008 amb la publicació de la biografia d'Osamu Shimomura, Martin Chalfie i Roger Y. Tsien, Premis Nobel del 2008 pel seu descobriment de la proteïna verda fluorescent «*green fluorescent protein GFP*»; també es publicaren les biografies dels Premis Nobel de medicina i fisiologia Harald zur Hausen, François Barré i Luc Montagnier pel seu descobriment del virus del papil·loma humà (Fernández-Novell *et al.*, 2009, 15-16).

Després d'una rebuda molt bona per part del professorat de secundària es va decidir, des de la Secció Tècnica d'Ensenyament del CQC, proposar més activitats als centres, concretament més activitats relacionades amb la història de la química per cada celebració de Sant Albert. Les activitats proposades els últims anys es descriuen tot seguit.

El 2009, primer treballar amb les biografies de Venkatraman Ramakrishnan, Thomas A. Steitz i Ada E. Yonath, així com treballar també sobre les circumstàncies que envoltaren els seus estudis i descobriments sobre el ribosoma i que els permeté ser guardonats amb el Nobel de Química del 2009. Després, es proposà treballar, a partir dels articles (Mans, 2009: 5-10 i Fernández-Novell, 2009: 11-12), sobre la història de la taula periòdica pintada a una paret de l'aula «García Banús» de l'edifici històric de la Universitat de Barcelona i la història de la seva restauració. I, per acabar, es va fer una visita comentada a aquesta taula periòdica que té la mateixa estructura, simbologia i color que la d'Andreas von Antropoff.

El 2010, a més de treballar les biografies de Richard F. Heck, Ei-ichi-Negishi i Akira Suzuki, així com sobre el desenvolupament de la catàlisi amb pal·ladi en les síntesis orgàniques pel qual varen ser guardonats amb el Nobel de Química del 2010, també es varen presentar unes pràctiques de laboratori relacionades (poc o molt, segons el nivell educatiu de l'alumnat) amb la catàlisi i que el professorat de secundària podia treballar de la forma que cregués més oportuna.

El 2011, a més de treballar la biografia de Daniel Shechtman, guardonat amb el Nobel de Química del 2011 pel seu descobriment dels quasicristalls realitzat fa uns trenta anys, es proposà treballar, de la forma que el professorat cregués més oportuna, sobre unes pràctiques de laboratori relacionades (poc o molt) amb els cristalls i la cristallització.

La Secció Tècnica d'Ensenyament del CQC junt amb aquests treballs també va suggerir algunes preguntes relacionades amb la història de la química i amb les efemèrides a treballar. Tot perquè el professorat les fes servir o les canviés segons les seves preferències. Aquí es mostra un recull d'aquestes preguntes.

Com s'expliquen les diferències entre la taula periòdica de Von Antropoff i la de Mendeleiev? Qui varen ser Newlands, Döbereiner i Meyer? Podries escriure un petit relat sobre la història de la classificació dels elements? Podries fer un petit escrit sobre la història de la cèl·lula i dels ribosomes? Com

es transmet el coneixement químic i quins conceptes guien les investigacions químiques? Podries escriure un petit relat sobre la història de la química al segle xx?

Resultats

Com es pot observar en la taula següent (Fig. 1), els resultats obtinguts mostren una participació creixent dels centres amb la implicació que això suposa del seu professorat de química o de ciències i del seu alumnat.

		2009	2010	2011
Centres participants		54	61	68
Alumnat Participant	ESO	547	589	646
	BATXILLERAT	974	1.068	1.314
	TOTAL	1.521	1.657	1.960

FIGURA 1. Resposta a les activitats proposades des del CQC per Sant Albert.

Cal esmentar, en aquest punt, que el 2011 s'han superat totes les expectatives ja que aquestes anaven a la baixa. Per què aquesta idea negativa?, doncs pel fet de ser l'Any Internacional de la Química i que durant tot l'any es van desenvolupar activitats sobre la química (d'àmbit de poble o ciutat, nacional i, fins i tot, internacional). En aquestes activitats la participació, que consta en el CQC (un dels organitzadors), ha estat molt important i per això s'esperava que, a causa del cansament de l'alumnat i del professorat, el seguiment de les activitats de Sant Albert del 2011 fos menor. Ha estat una bona alegria veure la consolidació que tenen les activitats sobre la història de la química per aquestes dates.

Per poder fer un seguiment del ressò obtingut entre el professorat de secundària es va demanar als participants omplir una petita enquesta. En ella s'havien de posar les dades del centre escolar, les del professorat implicat, les activitats desenvolupades (d'aquelles proposades pel CQC), a quins nivells s'havia treballat (Ensenyament Secundari Obligatori i/o Batxillerat), el nombre d'alumnes participants i quines altres activitats dins de la història de la química es voldria fer en un futur. Una part d'aquesta resposta queda reflectida en la taula anterior i la resta dóna unes quantes activitats que el professorat reclama. L'important és que aquestes «reclamacions» són sobre temes de la història de la química.

Amb aquesta aproximació històrica als descobriments químics del segle xx, l'alumnat de secundària pot interpretar millor els fenòmens naturals i desenvolupar el seu pensament científic i crític. La presència de la història de la química i de la ciència en l'ensenyament secundari és una bona eina per lluitar contra l'analfabetisme científic d'una part de la nostra societat.

Discussió

Se sap que la química té, sens dubte, un gran impacte econòmic i social. Podem assegurar que, en els països desenvolupats, l'esperança de vida s'ha multiplicat per dos en els últims cent anys gràcies als avenços en medicina produïts pels avenços en la química, a més de la seva necessària presència en els àmbits de l'agricultura i ramaderia, entre d'altres. La química forma part de la nostra vida des de sempre, des que la humanitat va descobrir el foc, la química té una història que ha de repercutir en el seu propi ensenyament.

També podem concloure que el professorat de química de l'ESO i Batxillerat es mostra molt receptiu i obert a fer servir la història de la química com a innovació educativa per donar suport a la vessant teòrica i experimental de la seva assignatura. Això queda amplificat quan des dels organismes pertinents se'ls dona les pautes de les activitats, les biografies i els exemples teoricopràctics per poder-hi treballar.

L'alumnat de secundària s'ha de formar en química, ha d'aprendre com es treballa en aquest camp de la ciència, però també cal saber quan, com i on s'ha obtingut tot aquest coneixement; en altres paraules, cal fer un lloc a la «Història de la Química» dins de les classes de química en tots els nivells educatius.

Referències bibliogràfiques

FERNÁNDEZ-NOVELL, J. M. (2009), «La taula periòdica de l'aula García Banús», *NPQ*, **446**, 11-12.

FERNÁNDEZ-NOVELL, J. M.; FUSTÉ, R.; PARAIRA, M. (2009), «Tastets d'història de la Química», *NPQ*, **450**, 15-16.

MANS, C. (2009), «La taula periòdica de l'edifici històric de la universitat de Barcelona», *NPQ*, **446**, 5-10.

TRETS DE LA NATURALES A DE LA CIÈNCIA ACCESSIBLES ALS ESTUDIANTS DE SECUNDÀRIA. EL CAS DE LA TEORIA ATÒMICA DE DALTON

PERE GRAPÍ

CEHIC-UAB; INS JOAN OLIVER, SABADELL.

Paraules clau: *naturalesa de la ciència, itineraris d'investigació, relat històric, TIC, Dalton, teoria atòmica*

Characteristics of the nature of science accessible to high school students. The case of Dalton's atomic theory

Summary: History of science has to play its role to deal with the nature of science in science teaching in the secondary education and in science teacher training. Concerning this target a question arises: what aspects of the nature of science can be considered candidates to be dealt with the history of science? The empirical model of the investigative pathways worked out by the historian of science Frederick Holmes as a result of his exhaustive researches on a number of scientific careers of prominent scientists might be reasonably suitable to answer that central question.

The aim of this article is to explore the educational possibilities of an ICT application intended for contributing to the making of historical narratives for a non-specialist public in the history of science. Particularly, an application based on Dalton's chemical atomic theory is presented.

Key words: nature of science, investigative pathway, historical narrative, ICT, Dalton, atomic theory

La naturalesa de la ciència des de la perspectiva de la història de la ciència

En l'àmbit de l'educació científica existeix actualment un acord substancial en què l'ensenyament i l'aprenentatge de les ciències suposa alguna cosa més que entendre alguns dels fets fonamentals i de les explicacions formals de la ciència. L'apre-

nentatge de les ciències també implica conèixer quelcom «sobre la ciència»; com s'ha generat el coneixement científic, el seu grau de fiabilitat, quines són les seves limitacions, els canvis metodològics de la ciència i les interaccions entre aquests coneixements científics i la societat en general. Per dir-ho ras i curt, aprendre ciències significa també conèixer alguna cosa sobre la seva naturalesa.

Alguns aspectes de la naturalesa de la ciència es poden assolir tot desenvolupant els continguts conceptuals i procedimentals relacionats amb la «ciència normal», en el sentit que Thomas Kuhn va donar a aquest terme. Però, de manera alternativa, els aspectes més generals de la naturalesa de la ciència també es poden assolir situant els coneixements científics en el seu propi context històric, per ubicar el seu origen i per entendre les interaccions entre la ciència, la tecnologia i la societat, tant en el passat com en el present.

Les concepcions que hi ha sobre la naturalesa de la ciència són tan variades com ho són les diverses perspectives que s'han elaborat entorn d'aquesta empresa anomenada «ciència». Això significa que podem trobar idees, sovint complementàries, sobre la naturalesa de la ciència des del punt de vista de la filosofia, la sociologia, la història de la ciència i, fins i tot, l'antropologia cultural. No existeix, però, una concepció única de la naturalesa de la ciència, tot i que s'han fet importants aportacions des de l'àmbit de l'educació científica per descartar certs malentesos mítics de la naturalesa de la ciència (McComas, 2000).

Des de l'àmbit de l'ensenyament de les ciències s'han adoptat diferents posicions per establir aquells aspectes de la naturalesa de la ciència apropiats per ser ensenyats en un procés d'educació científica. Aquestes posicions abasten des d'ensenyar aquelles característiques de la ciència sobre les quals existeix un ampli consens (*The Consensus View*) fins a posicions basades en una descripció estructural de la naturalesa de la ciència que classifica les semblances i diferències entre disciplines científiques en quatre categories: activitats, objectius i valors, metodologies i regles metodològiques, i productes (*The Family Resemblance Approach*). D'acord amb aquesta posició, ensenyar la naturalesa de la ciència suposa tractar alguns aspectes d'aquestes categories (Irzik & Nola, 2011).

La funció que la història i la filosofia de la ciència poden tenir en l'ensenyament de la ciència i en la formació del professorat de ciències ha estat discutida de forma vehement en els últims anys (Shortland & Warwick, 1989; Matthews, 1994; Bevilacqua *et al.*, 2001; Kokkotas & Bevilacqua, 2009). En aquest sentit, doncs, tant la història com la filosofia de la ciència han contribuït a discernir aquells temes de la naturalesa de la ciència que poden ser uns candidats adequats tant per a l'ensenyament secundari com per a la formació del professorat de ciències.

No obstant això, l'estat d'aquesta col·laboració entre la història i la filosofia de la ciència caldria que fos revisat per reclamar una major autosuficiència per a la història de la ciència en aquesta aliança. La història de la ciència sol ser considerada com una bona font d'esdeveniments científics que després d'haver estat convenientment reconstruïts necessiten certa aprovació final des de la filosofia de la ciència abans de ser incorporats en les activitats d'aprenentatge (Adúriz-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009: 1.178-1.180). Investigacions recents en la història de la ciència han demostrat l'autosuficiència de la disciplina a l'hora de generar models de recerca científica que permeten fer aflorar aspectes generals de la naturalesa de la ciència amb finalitats educatives.

La metàfora dels itineraris d'investigació

L'historiador de la ciència Frederic-Lawrence Holmes va estudiar amb gran detall, a partir de la dècada de 1960, les recerques de destacats científics des de mitjan segle XVIII fins a mitjan segle XX. Holmes

va examinar el dia a dia dels quaderns de laboratori, la correspondència, les memòries, els llibres publicats i, fins i tot —per a científics de finals del segle xx—, va realitzar entrevistes personals. L'any 2002 Holmes va sintetitzar el que havia après d'aquests estudis monogràfics de carreres científiques i dos anys més tard —després de la seva mort— els resultats d'aquest treball van ser publicats en el llibre *Investigative Pathways. Patterns and Stages in the Careers of Experimental Scientists*, on s'ofereixen generalitzacions reveladores respecte de la naturalesa de la ciència (Holmes, 2004).

Holmes va introduir la metàfora de l'«itinerari d'investigació» (*investigative pathway*) per descriure i entendre les trajectòries individuals dels científics dins dels grans moviments de recerca en què van prendre part. Per a Holmes existeix una tensió creativa provocada per la pràctica científica d'un individu que pretén fer-se un lloc dins del seu grup disciplinari i aquest mateix grup d'especialistes que comparteixen una disciplina que busca consolidar el seu territori (Holmes, 2004: xvi).

Un itinerari d'investigació no és una ruta que el científic preestableix i segueix, sinó que és una ruta que crea mentre explora territoris desconeguts. En aquest itinerari és procedeix pas a pas, cada pas guiat pels anteriors i per indicacions incertes sobre allò que es pot trobar en el pas següent. Aquests itineraris no són línies rectes, sinó línies contínues que tenen direccions canviant.

Aquesta visió de Holmes contradiu l'antiga imatge del gran científic com una persona que posseeix des d'un bon començament una visió més profunda i infal·lible que d'altres que treballen en el mateix àmbit, i que reprèn des d'un punt de vista completament original problemes que predecessors seus havien aparcat o que no havien encertat a veure com a tals problemes.

El plantejament de Holmes està fonamentat en la seva experiència d'haver reconstruït amb detall els itineraris d'investigació d'alguns científics rellevants. Aquests són: el fisiòleg experimental Claude Bernard, el genetista Seymour Benzer, el químic Antoine Lavoisier, el bioquímic Hans Krebs i els biòlegs moleculars Matthew Meselson i Franklin Stahl. A pesar dels trets diferencials que caracteritzaven les recerques de cadascun d'aquests científics, Holmes va percebre que existien certs aspectes profunds subjacents en cada cas. L'estudi dels diferents itineraris d'aquestes recerques li va suggerir que més enllà dels canvis en l'escala i de la complexitat de cada cas, quelcom fonamental que els vinculava a tots ells restava invariable.

A continuació se citen les característiques que aparentment han estat compartides per aquells científics durant els últims tres segles (un període en què la ciència ha existit com una empresa col·lectiva, contínua i organitzada) i que es podrien fer extensibles als itineraris d'investigació d'altres científics:

1. El procés d'identificació de problemes que semblen tenir solució amb els mitjans a l'abast.
2. La interacció entre les preguntes que es plantegen i les respostes proporcionades pels successius resultats experimentals.
3. L'intercanvi de punts de vista recíprocament beneficiós entre un investigador i els seus col·legues contemporanis compromesos en recerques similars.
4. La necessitat de construir nous coneixements a partir d'allò que s'ha aconseguit prèviament, tot i que les solucions prèvies estiguin sotmeses a una reavaluació crítica.
5. La forta tendència a persistir en l'estudi de problemes amb els quals s'està implicat des del començament d'una carrera o, alternativament, a moure's cap a àrees on es poden aportar les experiències personals (Holmes, 2004: xxi, 23-24).

Aquest enfocament no negligia pas la dimensió més contextual de la ciència. Cada particular itinerari d'investigació mostra, per una banda, la llarga marxa d'un grup d'especialistes que compar-

teixen una mateixa disciplina i que intenten expandir-la; i, per altra banda, hi trobem l'esforç particular de cada individu dins d'aquest grup per trobar el seu lloc i per produir descobriments, conclusions i tota mena d'aportacions amb les quals pot fer contribucions reconegudes pel seu propi grup. No obstant això, aquestes contribucions no depenen tan sols de la capacitat intel·lectual de cada científic sinó, també, del seu temperament, formació, experiència prèvia i altres aspectes variables de la seva trajectòria vital (adolescència, maduresa i vellesa). És per això que els itineraris d'investigació individuals mostren característiques pròpies tant de la naturalesa de l'avenç col·lectiu de la ciència com de les necessitats personals de cada individu (Holmes, 2004: xvi).

Està clar, doncs, que cada itinerari d'investigació està compromès amb un context ampli de tipus social, econòmic, polític, filosòfic, religiós o educatiu que, si bé no va configurar l'estructura conceptual de l'itinerari d'investigació, és, per altra banda, absolutament necessari per tenir-ne un millor i més ampli coneixement.

Aspectes bàsics de la naturalesa de la ciència per a l'ensenyament secundari

Aquest model empíric dels itineraris d'investigació, fonamentat en investigacions rigoroses sobre diversos casos de la història de la ciència, pot ser un punt de referència adequat per proposar els aspectes bàsics de la naturalesa de la ciència que haurien de ser accessibles als alumnes de secundària (o a una audiència general) i que es poden tractar a partir de la mateixa història de la ciència i de la tècnica. D'acord amb aquesta proposta, un alumne hauria de ser capaç de conèixer i comprendre aspectes sobre la recerca científica, les explicacions científiques, la creativitat científica, la comunitat científica i les interaccions entre ciència i societat.

En relació a la recerca científica, un alumne hauria de ser capaç de conèixer i comprendre que els científics segueixen itineraris d'investigació que no estan preestablerts, sinó que es creen a mesura que s'exploren territoris desconeguts, i que no existeix «un mètode científic» estàndard compartit i universal que seguint-lo fil per randa proporcioni de forma automàtica coneixements garantits. No obstant això, cal reconèixer que el treball dels científics presenta trets característics com són l'obtenció de dades —qualitatives i quantitatives— mitjançant observacions i experiments, i la tendència a prosseguir en la resolució de problemes persistents però que presenten expectatives raonables de solució.

En relació a les explicacions científiques, un alumne hauria de ser capaç de conèixer i comprendre que l'objectiu de la ciència és buscar explicacions als problemes identificats a partir de fets observats al món natural o produïts experimentalment. Aquestes explicacions se solen elaborar a partir de coneixements aconseguits prèviament. Per altra part, les explicacions es corroboren contrastant les prediccions formulades —per les pròpies explicacions— amb les dades obtingudes. És a dir, existeix una interacció entre els problemes plantejats i els resultats aportats per les dades experimentals.

En relació a la creativitat científica, un alumne hauria de ser capaç de conèixer i comprendre que les explicacions no sorgeixen automàticament de les dades. L'elaboració d'explicacions és un procés creatiu (imaginatiu). Al llarg d'un itinerari d'investigació hi ha algun o alguns episodis creatius que permeten fer salts mentals des dels fets (dades) cap a les explicacions. La idiosincràsia de la creativitat científica explica per què és del tot possible que gent diferent arribi a elaborar explicacions diferents a partir d'unes mateixes dades.

En relació a la comunitat científica, un alumne hauria de ser capaç de conèixer i comprendre que l'intercanvi de punts de vista entre un investigador i els seus col·legues contemporanis és mútuament

beneficis i que la comunitat científica està organitzada en institucions que han establert procediments per autenticar els resultats i les conclusions de les recerques i, si escau, arribar a consensos.

La intencionalitat educativa de la proposta que es presenta en aquest article convida a incloure un últim aspecte que no cal que hagi estat compartit per diferents itineraris d'investigació. Es tracta de la presa de decisions sobre les aplicacions dels coneixements científics i tecnològics per avaluar els pros i contres del seu impacte social. Aquest és un aspecte important de la naturalesa de la ciència, encara que no tots els itineraris d'investigació comparteixin com a tret comú certa reflexió o valoració individual sobre l'impacte social de les seves recerques. La qual cosa no vol dir que determinats itineraris d'investigació no hagin tingut en un moment o altre certa incidència social.

Així doncs, en relació a les interaccions entre ciència i societat, un alumne hauria de ser capaç de conèixer i comprendre que prendre decisions sobre les aplicacions de coneixements científics, noves tecnologies, materials i aparells que incideixen notablement en les nostres vides pot tenir efectes secundaris inesperats o no volguts.

El repte dels relats històrics adequats

No obstant això, hi ha un problema per resoldre si es vol que la naturalesa de la ciència sigui accessible a audiències que van des de persones adultes o joves de l'educació primària i secundària, fins a persones més expertes com els estudiants universitaris i professors de secundària i universitaris. Fer visible la naturalesa de la ciència a través de la seva història implica disposar de relats adequats d'episodis històrics. El problema dels relats no pertoca tan sols a les audiències particulars a les quals s'adrecen, sinó també a la capacitat dels historiadors per reconstruir els resultats de les seves investigacions científiques en un determinat format narratiu.

Fins i tot per a un professional de la història de ciència, elaborar un relat històric pot ser complex, segons la naturalesa de l'itinerari d'investigació que s'ha de narrar. Quan el personatge que s'estudia segueix una sola línia d'investigació durant cert temps, la narració de l'episodi és directa, però quan aquest comparteix diverses línies i es desvia d'una línia cap una altra és difícil reconstruir la història. Aleshores, l'historiador s'enfronta al dilema de mantenir en el seu relat l'ordre cronològic de les etapes documentades o separar les diferents línies i mantenir la continuïtat de cada desenvolupament temàtic a compte de fragmentar la cronologia (Holmes, 2004: 95).

Els relats són inevitablement teleològics. Un historiador narra amb una o altra finalitat, selecciona els esdeveniments i els detalls dels coneixements previs que contribuiran o obstaculitzaran el desenllaç de la història. Un historiador només pot evitar aquesta inevitabilitat teleològica incloent relats tan complets com sigui possible d'altres línies alternatives que la investigació va prendre i que aparentment —durant cert temps— apuntaven cap a una direcció que no va acabar reeixint. Ara bé, quan cal comprimir i simplificar el relat —pel motiu que sigui— l'historiador es veu forçat, per tal de retenir tots aquells passos que provaren ser necessaris per al desenllaç final, a eliminar aquells elements que finalment no resultaren essencials per a aquest mateix desenllaç. L'historiador no es pot escapar fàcilment del dilema que suposa la simplificació, atès que la història completa ràpidament esdevé massa complexa com per reconstruir-la en un relat simple. La selecció és inevitable (Holmes, 2004: 189-191).

L'accés a la història de la ciència per part d'un públic no especialitzat implica disposar de diferents nivells narratius per als diferents públics. La traducció dels arguments anteriors a l'àmbit de l'ensenyament de les ciències porta a la mateixa conclusió: la incorporació de la història de la ciència

en l'educació científica requereix relats d'episodis històrics simplificats i dimensionats d'acord amb les demandes de la situació educativa. De la mateixa manera que l'historiador de la ciència es veu obligat a simplificar tot preservant aquells esdeveniments essencials per al resultat final del relat, també ha de ser capaç de tirar endavant aquesta simplificació amb finalitats educatives (Matthews, 1994: 80).

A mesura que l'ensenyament de les ciències s'ha anat interessant en l'ús de les formes narratives com a recursos didàctics, han anat sorgint enfocaments diferents però complementaris sobre els formats més idonis per presentar els relats històrics: vinyetes, frisos cronològics, estudis de casos, dramatitzacions i jocs de rol, replicació d'instruments i simulacions d'experiments, debats o presentacions (Begoray & Stinner, 2005; Metz *et al.*, 2007; Klassen, 2009).

Un relat de la teoria atòmica de Dalton com a base per treballar aspectes de la naturalesa de la ciència

La realitat ineludible d'Internet com un lloc permanent i habitual d'aprenentatge que està guanyant importància com a mitjà per a l'intercanvi de coneixements a través de les xarxes socials, aconsella incorporar les aplicacions TIC per elaborar relats d'episodis d'història de la ciència per a l'ensenyament de les ciències que s'haurien d'acoblar a les activitats d'aprenentatge.

A continuació es presenta una aplicació de les TIC amb la intenció de contribuir a l'elaboració de relats històrics per a un públic profà en la història de la ciència. El cas que s'exposa en aquesta aplicació és el de la gènesi i difusió de la teoria atòmica de Dalton. La columna vertebral de l'aplicació és un fris cronològic d'aquells esdeveniments que es consideren necessaris per a una comprensió històrica d'aquest episodi (Annex 1).¹ El contingut d'aquest fris està basat, principalment, en els estudis acadèmics d'Alan J. Rocke (1984) i de Henry Roscoe i Arthur Harden (1896).

Cada esdeveniment o fotograma del fris té dues parts: la part esquerra mostra un recurs visual (foto o vídeo) relacionat amb l'esdeveniment. La part dreta conté una narració de l'esdeveniment que està adreçada, principalment, a estudiants de secundària. En el cas de la teoria atòmica de Dalton s'han seleccionat els següents episodis sobre el seu origen i la seva difusió: (1) l'assentament de Dalton a Manchester, (2) les primeres idees de Dalton sobre la constitució de l'aire, (3) la llei de les proporcions múltiples, (4) la solució de gasos en l'aigua, (5) la primera taula de pesos atòmics, (6) la determinació dels pesos atòmics relatius i (7) el nou sistema de filosofia química.

El relat també conté els enllaços necessaris per disposar d'informacions addicionals, com ara biografies i instruments, que poden ser útils per a una millor comprensió del relat. El fris cronològic també es pot superposar amb altres frisos de caràcter més contextual d'història general, de pensament filosòfic o de produccions literàries i artístiques de l'època.

Aquest fris forma part d'una activitat d'aprenentatge elaborada per tractar alguns aspectes claus de la naturalesa de la ciència. El cas de la teoria atòmica de Dalton s'ha considerat apropiat per tractar els següents aspectes: les recerques i les explicacions científiques, la interpretació i el tractament de dades quantitatives, la creativitat científica, la publicitat de les recerques i el context intel·lectual i social de les recerques (Annex 2).

1. La URL d'aquest fris és <http://www.dipity.com/pgرافي/John-Daltons-atomic-chemical-theory/>. Tant el fris cronològic com la corresponent activitat d'aprenentatge (Annex 2) s'han elaborat en anglès per procurar que els alumnes realitzin activitats en anglès en matèries diferents de la de Llengua Anglesa.

L'aplicació d'aquesta activitat a un grup pilot de vint alumnes dels cursos de primer i segon del batxillerat científic ha mostrat que tret de l'apartat dedicat a la comprensió de la creativitat científica, la resta d'apartats han proporcionat entre un terç i dos terços de respostes satisfactòries, tot i que cap apartat no ha proporcionat més de dos terços de respostes adequades. Així doncs, els resultats obtinguts permeten concebre bones perspectives a aquests tipus d'activitats d'aprenentatge per incorporar la història de la ciència en l'ensenyament de les ciències.

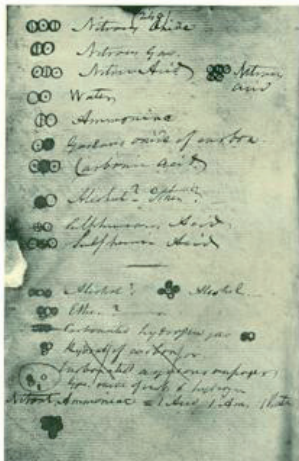
Referències bibliogràfiques

- ADÚRIZ-BRAVO, A.; IZQUIERDO-AYMERICH, M. (2009), «A Reserach-Informed Instructional Unit to Teach the Nature of Science to Pre-Service Science Teachers», *Science & Education*, **18**, 1.177-1.192.
- BEGORAY, D. L.; STINNER, A. (2005), «Representing Science Through Historical Drama. Lord Kelvin and the Age of the Earth Debate», *Science & Education*, **14**, 457-471.
- BEVILACQUA, F.; GIANNETTO, E.; MATTHEWS, M. R. (2001), *Science Education and Culture. The Contribution of History and Philosophy of Science*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- HOLMES, F. L. (2004), *Investigative Pathways. Patterns and Stages in the Careers of Experimental Scientists*, New Haven & London, Yale University Press.
- IRZIK, G.; NOLA, R. (2011), «A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education», *Science & Education*, **20**, 591-607.
- KLASSEN, S. (2009), «The Construction and Analysis of a Science Story. A proposed Methodology», *Science & Education*, **18**, 401-423.
- KOKKOTAS, P.; BEVILACQUA, F. (2009), *Professional Development of Science Teachers. Teaching Science using cas studies from the History of Science*, Seattle, CreateSpace.
- MATTHEWS, M. R. (1994), *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science*, New York, Routledge.
- MCCOMAS, W. F. (2000), «The Principal Elements of the Nature of Science: Dispelling the Myths». A: MCCOMAS, W. F. (ed.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 53-72.
- METZ, D.; KLASSEN, S.; MCMILLAN, B.; CLOUGH, M.; OLSON, J. (2007), «Building a Foundation for the Use oh Historical Narratives», *Science & Education*, **16**, 313-334.
- ROCKE, A. J. (1984), *Chemical Atomism in the Nineteenth Century. From Dalton to Cannizzaro*, Columbus, Ohio State University Press.
- ROSCOE, H. E.; HARDEN, A. (1896), *A New View of the Origin of Dalton's atòmic Theory*, London, Macmillan and Co.
- SHORTLAND, M.; WARWICK, A. (1989), *Teaching the History of Science*, Oxford, Basil Blackwell.

ANNEX 1

Captures de pantalla dels fotogrames corresponents al fris cronològic de la teoria atòmica de Dalton.

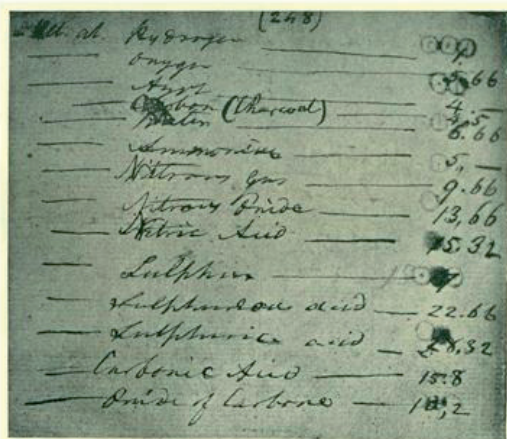
3. The law of multiple proportions
✕



[Edit](#) | [Delete](#)

Description	Comments (0)
3. The law of multiple proportions Aug 4, 1803	
It was investigating his analytical method for determining the proportion of oxygen not only in the atmosphere but also in any mixture of gases that Dalton assumed the multiple proportions of combination. Since early 1803 (by 21th March), Dalton had been carrying out his own studies of nitrogen oxides in conjunction with the use the "nitrous air test" for determining the percentage of oxygen in atmospheric air. The basis of this test was the reaction of nitric oxide – "nitrous gas" (NO) with oxygen. By 4th August 1803 Dalton discovered that the reaction could take place in two different proportions and he referred to this pair of proportions as a clear instance of multiple proportions of combination in a paper published in 1805:	

5. The first table of atomic weights
✕



[Edit](#) | [Delete](#)

Description	Comments (0)
5. The first table of atomic weights Sep 6, 1803 10 AM	
After turning four pages of Dalton's notebook there followed the first table of relative atomic weights of these five elements, along with molecular weights of nine compounds. Dalton communicated his table of atomic and molecular weights on October 21 to the Literary and Philosophical Society of Manchester but the corresponding paper did not appear in print - with important modifications - until November 1805. This was the public debut of the atomic theory, but devoid of the reasoning that had led Dalton to those particular numbers.	

The picture shows Dalton's first private table of atomic weights

Added by: [oqrapi](#)

6. Determination of the relative atomic weights



TABLE
of the relative weights of the ultimate particles
of gaseous and other bodies.

Hydrogen	1
Azot	4.2
Carbone	4.5
Ammonia	5.2
Oxygen	5.5
Water	6.5
Phosphorus	7.2
Phosphuretted hydrogen	8.2
Nitrous gas	9.5
Ether	9.6
Gaseous oxide of carbone	9.8
Nitrous oxide	13.7
Sulphur	14.4
Nitric acid	15.2
Sulphuretted hydrogen	15.4
Carbonic acid	15.5
Alcohol	15.1
Sulphurous acid	19.9
Sulphuric acid	25.4
Carburetted hydrogen from stag. water	6.3
Olefiant gas	5.3

Edit | Delete

Description

Comments (0)

6. Determination of the relative atomic weights

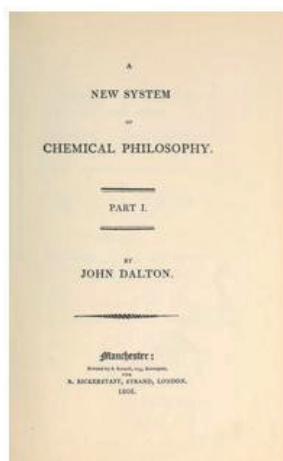
Sep 6, 1803 11 AM

On the page of Dalton's notebook opposite to his 1803 table, can be found the clue to this reasoning for determining the relative weights of these atoms.

Dalton's procedure makes implicit use of the **rule of the greatest simplicity**. According to this rule, *if only one compound is known of two given elements, the molecules are presumed to be binary; if two such compounds are known, then the lighter is binary and the other ternary*, and so on.

For instance, Dalton cited Lavoisier's data for the composition of water (85 % oxygen and 15 % hydrogen); the assumption of a binary water molecule (HO) – according to the rule of the greatest simplicity – gives the weight of oxygen relative to hydrogen as unity, since $85 / 15 = 5.66$. [\(Look at the picture of the manuscript fragment\)](#)

7. A new system of chemical philosophy



Edit | Delete

Description

Map

Comments (0)

7. A new system of chemical philosophy

Jan 1, 1808

After Dalton presented a round of public lectures in Edinburgh and Glasgow in the spring of 1807 and Thomas Thomson published a description of the theory that same year (*A System of Chemistry*), many elite chemists began to talk about the theory. Then, with the publication in 1808 of the first part of Dalton's *A New System of Chemical Philosophy* the theory was finally well launched.

Because Dalton was a slow worker and unable to spare time from teaching for research and writing, it was left largely to others, notably Thomas Thomson and Jacob Berzelius, to exploit the full consequences of Dalton's insight.

Added by: pgrapi

ANNEX 2

Activitat d'aprenentatge per avaluar l'assoliment de determinats aspectes de la naturalesa de la ciència.

Recerques i explicacions científiques

1. Tick the correct box to show if the following sentences can be considered as **data (D)** or as an **explanation (E)**.

	D	E
The atmosphere does not separate out into layers of gases according to their densities.		
At the end of the 18th century the prevailing opinions were that water vapour was dissolved in air like salt in water.		
The reaction of nitric oxide with oxygen could take place in two different proportions.		
Atmospheric homogeneity was due to weak chemical attractions between its various gaseous component.		
Carbonic acid gas (carbon dioxide) is an atmospheric constituent substantially soluble in water.		
Dalton argued that air was a mixture of its gaseous components constituted of small particles which repelled each other.		
According to Lavoisier water was composed by 85 % oxygen and 15 % nitrogen.		
The solubility of gases in water depended upon the weight and number of the ultimate particles of the gases.		

2. Dalton's enquiry in the relative weights of atoms began:
- (A) Studying of the solubility of carbonic acid gas in water.
 - (B) Analyzing the reactions of nitric oxide with oxygen.
 - (C) Seeking an explanation for the air homogeneity.
 - (D) Wondering for the state of water vapor in the atmosphere.

Interpretació i tractament de dades quantitatives

3. Dalton's 1802 table presented the following values:

Oxygen	5.66
Azot (nitrogen)	4
Nitrous gas	9.66
Nitrous oxide	13.66

What were the formulas assigned by Dalton to both nitrogen oxides according to these data?

4. Dalton's 1805 table presented the following values for the same substances:

Oxygen	5.5
Azot (nitrogen)	4.2
Nitrous gas	9.3
Nitrous oxide	13.7

Explain what inconsistency can be found in these values.

Creativitat científica

5. A key step for determining the relative weights of atoms was Dalton's implicit use of the rule of the greatest simplicity: «*If only one compound is known of two given elements, the molecules are presumed to be binary; if two such compounds are known, then the lighter is binary and the other ternary; and so on*». Describe how could Dalton «**imagined**» this explanation. Your description must include the word imagined and some **drawings** of Dalton's symbols and formulas.

Publicitat de les recerques científiques

6. The first column of the next table shows the development of Dalton's atomic theory in three stages: private debut, public debut and spread. Choose the year and the media that best represent each stage.

	YEAR	MEDIA
Private debut		
Public debut		
Spread		

YEAR: 1803 (September and October)
1805
1807
1808

MEDIA: Lecture
Notebook
Book
Published paper

Context intel·lectual i social de les recerques científiques

7. Choose the best matching between statements regarding Dalton's intellectual and social background, and statements regarding features of his scientific life.

	Intellectual and social background		Scientific life
1	Dalton had certain knowledge of Newton's natural philosophy.	A	Dalton was interested in questions such as the state of water vapour in the air.
2	The Manchester Literary and Philosophical Society proved a pleasant place for Dalton.	B	When Dalton moved to Kendal he became interested in meteorology.
3	Dalton was a meteorologist interested in the physics of gases.	C	In 1793 Dalton argued that air was an intimate mixture of its gaseous components constituted of small particles which repelled each other.
4	The weather conditions among the mountains and lakes of the territory surrounding Kendal were rapidly changing.	D	The development of Dalton's atomic theory was carried out by others elite chemists.
5	Dalton was unable to spare time from teaching for research and writing.	E	Dalton presented his researches in the Manchester Literary and Philosophical Society before publishing them.

EL DEBAT SOBRE LA FORMACIÓ DEL MESTRE EN PSICOLOGIA EXPERIMENTAL

**ANDREA GRAUS; ANNETTE MÜLBERGER; VANESSA MORENO;
LAIA ROVIRA; ROSANNA PALACÍN**

SEMINARI D'HISTÒRIA DE LA PSICOLOGIA. UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE
BARCELONA.

Paraules clau: psicologia de l'infant, renovació pedagògica, Mira, mesura, psicopedagogia, magisteri, Espanya, principis segle xx

The debate about teacher's training in experimental psychology

Summary: At the beginnings of the twentieth century a notable interest in child psychology arouse in Spain. The proposal of including experimental psychology in the pedagogical curriculum generated a heated debate about the teacher's professional role in the evaluation of the child's mental capacity. Physicians and psychologists from the Institute of Professional Guidance (I.O.P.) discredited teacher's capacity to do so, arguing that these professionals lack serious experimental and psychological training. As they received no regular education in psychology, many teachers tried to acquire some knowledge in child psychology in an auto-didactical way, reading. Some even took psychological measurements of their students on this basis, in an attempt to contribute to science and increase the social status of their discipline.

Key words: child psychology, new pedagogy, Mira, test, psycho-pedagogy, teaching career, Spain, beginnings of the 20th century

La renovació pedagògica i la introducció de la psicologia experimental en l'àmbit escolar

Amb els treballs de Claparède o Binet la psicologia de l'infant anava prenent força. A Espanya va arribar en un moment de renovació pedagògica important. Com es veu a la gràfica següent (Fig. 1), l'endarrerit sistema educatiu espanyol buscava emmirallar-se en el model de les escoles modernes que es trobaven a Bèlgica, Suïssa, Suècia o els Estats Units (Inspección médico-escolar, 1920):



Escuela española vigente todavía
Gran incremento de epidemias,
vesanias, delitos, dolencias sociales.

Escuela de tránsito constituyéndose en
Suecia, Suiza, Bélgica, EE. UU.
Reducción de enfermedades etc., que la
escuela, perfeccionándose, tiende a
centrifugarlas expulsándolas del planeta.

Escuela ideal
Supresión de males colectivos.
Sólo subsiste el mal esporádico
individual y aislado.

FIGURES 1, 2, 3. Tres representacions gràfiques que simbolitzen l'evolució pedagògica i cultural a Espanya i altres països.

Les imatges reproduïdes representen el planeta en tres estadis diferents, segons el grau de desenvolupament i modernització dels països. El primer simbolitza la situació actual de l'escola a Espanya, amb problemes higiènics i on se segueix una pedagogia medieval. L'escola és descrita com a propagadora de malalties i violència, un entorn més semblant a un hospital, una presó o, fins i tot, un manicomi. Les conseqüències nefastes de la guerra són l'analfabetisme, la rutina i el que els autors anomenen «borreguismo». Aquests problemes són desterrats amb la incursió de la pedagogia científica, la inspecció i la higiene, com es pot observar en la segona gràfica (Fig. 2). Entre l'estadi transitori i l'ideal final no s'observen tantes diferències com entre els dos primers. En tot cas, cal remarcar la visió futurista de caràcter social en el model «d'escola ideal» (Fig. 3), on la disciplina passa a ser innecessària; els instints, sublimats, i els recursos d'aire, aigua, llum i menjadors, sobrants. La frase que governa aquest estadi seria la màxima taylorista «The right man in the right place».

En el centre del sistema educatiu en transició, així com en «l'escola ideal», trobem l'examen de les aptituds dels escolars, el qual permet una gradació dels alumnes en diferents cursos i una educació integral. Es tracta d'unes iniciatives que exigien uns criteris que permetessin mesurar el desenvolupament mental de cada nen per distribuir-los en diferents graus evolutius. Relacionat amb la classificació dels nens es troben els debats a l'entorn de la creació d'escoles graduades per substituir les unitàries, una innovació que tenia lloc a diferents llocs d'Europa i Estats Units, com també a Espanya¹ (Pozo, 2005). Es feia ressò del debat al Congreso de Primera Enseñanza de Barcelona que va tenir lloc el 1909, on el mestre Vicente Pinedo (1911) va analitzar com s'haurien d'estructurar les escoles graduades per garantir un bon funcionament.

1. «La escuela graduada es la forma externa de la enseñanza graduada; es decir, aquella escuela cuya organización, clasificación y funcionamiento diario se ajustan a un plan y programa de enseñanza dividido en periodos evolutivos, correspondientes a los grados de adelanto en la adquisición de conocimientos por los alumnos» (Pinedo, 1911: 273).

Segons Joan Bardina, director de l'Escola de Mestres en funcionament entre 1906 i 1909, els nous corrents pedagògics suposen la incorporació a l'àmbit escolar de la psicologia experimental, quantitativa, basada en tècniques com els tests i les mesures objectives de les capacitats perceptives i psíquiques. Com a conseqüència donaria lloc al «triomf de la pedagogia individual per sobre de l'educació simplement nacionalista o cosmopolita» (Bardina, 1908: 11).

En general, aquests plantejaments incitaven a una col·laboració més activa entre els mestres i els metges dins de l'escola (Ballester & Perdiguero: 2003). En paraules del mestre Llorenç Jou, «el metge i el mestre, malgrat que tot sovint es mirin de reüll i amb desconfiança, estan cridats, com més progressi la pedagogia, a actuar de comú acord dins les escoles primàries» (Jou, 1930: 232). Ara bé, aquesta col·laboració no es va començar a donar a les escoles sinó en les institucions dedicades a l'orientació professional de nens i joves.

Primeres experiències: l'orientació professional

El 1917 dos departaments van rebre el suport de la Diputació de Barcelona per emprendre mesures antropomètriques i mentals dels escolars catalans amb la finalitat d'orientar-los professionalment: foren l'Oficina Tècnica del Patronat de l'Aprenentatge i el Secretariat de l'Aprenentatge, que el 1918 esdevingué l'Institut d'Orientació Professional (Ruiz Castellà, 1917b). Des del Secretariat es creia que l'orientació professional havia de ser determinada per tres agents socials: el mestre, el metge dedicat a les mesures antropomètriques i el psiquiatre. En aquell moment, mentre la secció d'Antropometria era dirigida per Estrany i estava completament equipada, l'anomenada «Secció Mental» encara havia de ser creada (Ruiz Castellà, 1917a).

Malgrat que es tingués en compte el paper del mestre, segons Ruiz Castellà, futur director de l'Institut d'Orientació Professional, la seva opinió només seria considerada «en els casos i en la proporció que es cregués convenient» (Ruiz Castellà 1917a: 346). Igualment, els informes sobre la valoració de les capacitats del nen només es lliurarien a l'escola i al mestre si des del Secretariat es considerava necessari (Ruiz Castellà, 1917a).

La valoració del paper del mestre en la mesura de les facultats de l'infant venia donada per una visió molt estesa tant dins del Secretariat de l'Aprenentatge com entre metges i psiquiatres; un d'ells era Emili Mira, el qual esdevindria un dels principals motors de l'Institut d'Orientació Professional (Mülberger & Jacó-Vilela, 2007). Aquesta visió es basava en la creença que les opinions del mestre respecte als seus alumnes eren intuïtives, basades en prejudicis (Ruiz Castellà, 1917a). El mateix Mira intentà provar aquest fet a través d'un article on mostrava com la valoració subjectiva que feia el professor d'un alumne es contradeia amb la valoració objectiva que el mateix Mira havia dut a terme mitjançant una sèrie de proves per mesurar la intel·ligència (Mira, 1922). Malgrat la crítica sobre la subjectivitat en els judicis del mestre, en un inici foren instats a basar-se únicament en una metodologia d'observació, ja que es considerava que no tenien la formació adequada per manipular els aparells de mesura objectiva de les capacitats psíquiques i perceptives dels alumnes. Les observacions es referien a l'estudi del temperament dels nens, tenint en compte les mostres de predilecció per determinats jocs (Instituto de Orientación Integral y Armónica, 1912).

Per al psicòleg alemany Otto Lippman, que de tant en tant publicava a la *Revista de Pedagogía*, els mètodes basats en l'experimentació dins de l'orientació professional acabarien sent substituïts pels basats en l'observació un cop el mestre hagués après a dominar-los, fet que el situaria en el centre de

l'orientació professional (Lipmann, 1924: 140). Tot i així, l'opinió imperant a Espanya era que els mestres es basaven, en paraules de Luis Villegas, en un «subjectivisme classificador» (Villegas, 1926: 45). Villegas advertia que si bé la prova mental no era definitiva, era probable que fallés menys que la classificació intuïtiva d'un professor massa confiat del seu criteri classificador. Per això animava el mestre a usar els tests d'intel·ligència com ara els de Binet-Simon, Terman o Yerkes que permeten, segons ell, una classificació ràpida i objectiva dels alumnes. Segons ens informa, aquests tests es podien rebre gratuïtament a través de les entitats pedagògiques² o, fins i tot, podien ser confeccionats pel mateix professor segons les instruccions d'autors com Claparède, Lafora o Binet, de manera que el seu cost era mínim (Villegas, 1926).

La formació autodidacta del mestre

A principis del segle xx es troben queixes per part dels mestres que a Espanya se sentien infravalorats com a col·lectiu professional. Una i altra vegada reclamaven unes millors condicions laborals i salarials. De la mateixa manera, Jou (1930) es lamentava que, el 1914, lluny de crear-se la carrera de magisteri, no es va acceptar que els mestres acudissin a la universitat amb el títol superior per millorar la seva formació. Malgrat que tal proposta rebia crítiques, alguns mestres no es van deixar acomplir i es van procurar una educació autodidacta, també en el camp de la psicologia experimental. Ja el 1912 Llorenç Jou explica un petit experiment de memòria visual que va dur a terme en la seva escola. Per la seva simplicitat deia que seria de fàcil aplicació per a tothom (Jou, 1930).

Les revistes de pedagogia de l'època, com *Quaderns d'Estudi*, *El Butlletí dels Mestres* o *Revista de Pedagogía*, van contribuir molt a despertar aquest interès per la psicologia de l'infant en el mestre. De la mateixa manera, en els programes de l'Escola d'Estiu es pot observar una progressiva incorporació de conferències i pràctiques sobre psicologia escolar dirigides als mestres, algunes d'elles fins i tot presentades pels professors iniciats en la matèria de forma autodidacta (Cabós, 1923; Robreño, 1921, vegeu també Moreno *et al.*, en premsa).

Un dels principals defensors d'aquest nou rol del mestre fou l'escriptor i intel·lectual Joan Crexells. Crexells animava els mestres a recollir dades de caràcter antropomètric i mental a les escoles. Defensava la simple publicació d'aquestes dades perquè seria valuosa per si mateixa, a la vegada que permetria la comparació entre resultats. Per això animava els professors a prendre mesures entre els seus alumnes amb o sense suport institucional. En paraules de Crexells: «la iniciativa privada dona moltes vegades, amb aquesta mena d'investigacions, molt millor resultat que un gran aparell de recull de dades oficial» (Crexells, 1922: 4). A més, segons ell, la societat s'havia de comprometre més amb el mestre, oferint-li una formació acadèmica (Crexells, 1922).

El mateix any i en la mateixa revista (*Butlletí dels Mestres*) el professor i director del Laboratori de Psicologia, Georges Dwelshauvers (1922), advertia que sense una formació teòrica sòlida era inútil que els mestres s'iniciessin en l'experimentació psicològica. En contra de l'opinió de Crexells que creia que «els resultats que es poden obtenir mitjançant un recull sistemàtic de dades són evidents i no cal ponderar-ne la importància» (Crexells, 1922: 3), per Dwelshauvers (1922) una experimentació que no fos seguida per una interpretació teòrica no tenia significat.

2. Villegas (1926) no especifica a quines entitats pedagògiques es refereix, però és probable que siguin els anomenats «museus pedagògics», on es proporcionava als professors materials per utilitzar a l'aula, com ara mapes, així com llibres sobre pedagogia i educació que poguessin menester.

Una veu crítica a l'àmbit educatiu i pedagògic

A mesura que més professors decidien introduir mètodes de la psicologia experimental, a l'escola van créixer veus crítiques entre els professionals del mateix sector. Entre ells Virgilio Hueso, director de la coneguda escola graduada *La Florida* de Madrid, qui va esdevenir un dels principals opositors. Amb ironia mordaç preguntava:

«¿Qué psicología experimental van a hacer esos maestros que nos hablan del petismógrafo, del es-fismógrafo y del pneumógrafo, citan numerosos autores ingleses, norteamericanos, franceses, alemanes y suizos, y en el mismo escrito quitan la h al verbo haber para ponérsela al verbo ir?» (Hueso, 1925: 539)

Com deia Lipmann, urgia diferenciar entre «el psicòleg de professió i el mestre que únicament necessita la psicologia com un medi auxiliar pel seu treball» (Lipmann, 1924: 141). Per Hueso, però, la qüestió anava més enllà del paper del mestre en la psicologia escolar, i la pregunta que es feia era: «En què han millorat els nostres mètodes espanyols aquests quadres i gràfics indicadors dels nostres pseudopsicòlegs?» (Hueso, 1925: 538). Més enllà de l'eficàcia d'aquests mètodes, Hueso inquiria sobre els motius que portaven alguns mestres a emprendre mesures psicològiques entre els seus alumnes. Era per simple afany investigador?, per conèixer més els seus estudiants i adaptar-se a les seves capacitats?, o només per distingir els que llavors eren anomenats «dèbils mentals», o sigui, els nens amb algun retard? Suposem que una mica de tot a part que de vegades ho fessin per ajudar a la classificació dels alumnes a l'escola graduada.

Les inquisicions de Hueso destapaven els problemes de fons relacionats amb la incorporació de la psicologia experimental a les escoles. Malgrat la popularitat que va adquirir entre els mestres, per a alguns els motius pels quals van acudir a ella no quedaven clars.

Conclusions

En la diversitat d'opinions, l'única conclusió unànime, tant per part de professors com d'altres professionals, era que la formació del mestre era insuficient per introduir sense més els avenços de la psicologia experimental de l'infant a les escoles. Al mateix temps, defensors i detractors de la mesura psicològica a l'escola, com Crexells i Hueso, coincidien a reclamar una formació científica i universitària pels mestres si volien emprendre aquesta tasca. Malgrat tot, va persistir la reticència de professionals d'altres sectors. Entre ells, alguns procedents de l'entorn de l'Institut d'Orientació Professional, que possiblement van veure en perill la funció de l'Institut i, potser, volien mantenir-se com a únics professionals reputats dins de la psicologia de l'infant. Malgrat tot, molts mestres van veure en les seves carències l'oportunitat de reivindicar la creació d'una carrera de magisteri o, com a mínim, una formació universitària adequada que revalorés el seu paper no només a nivell social, sinó també a nivell científic.

Referències bibliogràfiques

- BALLESTER AÑÓN, R.; PERDIGUERO GIL, E. (2003), «Ciencia e ideología en los estudios sobre crecimiento humano en Francia y en España (1900-1950)», *Dynamis* **23**, 61-84.
- BARDINA, J. (1908), *El valor de la educació: Tòch d'alèrta, en vigílies de la nostra organissació pedagògica*, Barcelona, S.N.
- CABÓS, LI. (1923), «La mesura de la intel·ligència». A: *Escola d'Estiu. Resums de l'any 1922*, Barcelona, Consell de Pedagogia de Barcelona, 51-60.
- CREXELLS, J. (1922), «De l'estadística en educació», *Butlletí dels Mestres*, **1**, 3-4.
- DWELSHAUVERS, G. (1922), «Psico-snobisme», *Butlletí dels Mestres*, **1**, 210-212.
- HUESO, V. (1925), «La pedagogía y las recetas pedagógicas (conclusión)», *Revista de Pedagogía*, **4**, 535-540.
- Inspección médico-escolar de Barcelona* (1920), Barcelona, Tip. La Academia de Serra y Rusell.
- INSTITUTO DE EDUCACIÓN INTEGRAL Y ARMÓNICA (1912), *Orientaciones pedagógicas*, Barcelona, Domingo Clarasó.
- JOU OLIÓ, L. (1930), *Calendari pedagògic (1910-1915)*, Barcelona, Impremta Elzeviriana.
- LIPMANN, O. (1924), «Psicología y pedagogía», *Revista de Pedagogía*, **3**, 135-142.
- MIRA, E. (1922), «Diferències d'opinió dels mestres i dels psicòlegs respecte a la intel·ligència dels infants», *Butlletí dels Mestres*, **I**, (16), 242-243; (17), 261-262.
- MORENO, V.; MÜLBERGER, A.; GRAUS, A.; BALL-TONDRE, M. (en premsa), «A teacher as scientist: Cabós popularizing psychological testing in Catalonia». A: *Proceedings of the 4th International Conference of the European Society for the History of Science*, Barcelona.
- MÜLBERGER, A.; JACÓ-VILELA, A. (2007), «Es mejor morir de pie que vivir de rodillas: Emilio Mira y López y la revolución social», *Dynamis*, **27**, 309-332.
- PINEDO, V. (1911), «La organización de la escuela graduada». A: *Congreso de primera enseñanza de Barcelona: Celebrado en el palacio de bellas artes á últimos de diciembre del año 1909 y primeros de enero de 1910*, Barcelona, Tip. La Industria, de Manuel Tasis.
- POZO ANDRÉS, M. del M. del. (2005), «La organización escolar española en el contexto europeo: política educativa y cultura pedagógica», *Historia de la Educación*, (24), 97-129.
- ROBREÑO, B. (1921), «Pràctiques de psicologia escolar», *Escola d'Estiu*, 75-89.
- RUIZ CASTELLÀ, J. (1917a), «La classificació professional del noi i el secretariat de l'aprenentatge», *Quaderns d'Estudi*, **1**, (22), 342-349.
- RUIZ CASTELLÀ, J. (1917b), «L'oficina tècnica de l'aprenentatge», *Quaderns d'Estudi*, **2**, (5), 523-524.
- VILLEGAS, L. R. (1926), «Las pruebas mentales en la escuela», *Revista de Pedagogía*, **5**, (49), 44-46.

L'ÚS DE LA GEOMETRIA DINÀMICA EN LA *DECONSTRUCCIÓ* DE LES FIGURES FONAMENTALS DE LA MATEMÀTICA XINESA ANTIGA

IOLANDA GUEVARA-CASANOVA;¹ CARLES PUIG-PLA²

¹ INS BADALONA VII I UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA.

² UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA.

Paraules clau: matemàtiques xineses a l'antiguitat, Nou capítols sobre els procediments matemàtics, Liu Hui, procediment de la base i l'altura (gou gu), figures fonamentals, geometria dinàmica, GeoGebra

Using dynamic geometry in the deconstruction of key figures of Ancient Chinese Mathematics

Summary: Recent historical studies on the Nine Chapters on the Mathematical Art (Jiuzhang suanshu), a classic text of Ancient Chinese Mathematics, have allowed us to know better the underlying geometric reasoning in certain algorithmic procedures that were used in the resolution of problems linked to the administration of the imperial court.

Although this classical text exemplifies the procedure with specific numerical values, it does not justify the proposed calculations to find the numerical solution of each problem. Later, the commentators add explanations to show that the algorithms are correct and can be used with other numbers.

The analysis of Nine Chapters on the Mathematical Art reflects the methodology used by commentators; they justify the algorithms using diagrams that have equivalent areas. This paper shows how through the construction of geometrical diagrams, the Chinese mathematicians obtained new diagrams with the same areas as the first ones. From these new diagrams we can read the solution of the problem.

Modern software of the 21st century, such as GeoGebra, allows us to see these procedures and helps the understanding of this ancient construction process. On the other hand, these new instrumental resources help the introduction of historical contexts in the teaching of mathematics.

Key words: mathematics in ancient China, Nine Chapters on the Mathematical Art, Liu Hui, the procedure of the base and height (gou gu), key figures, dynamic geometry, GeoGebra

Introducció

Els recents estudis historiogràfics dels *Jiuzhang suanshu* o *Nou capítols sobre els procediments matemàtics* (a partir d'ara NC), text clàssic de l'antiga matemàtica xinesa (segle I), han permès conèixer millor els raonaments geomètrics subjacents en determinats procediments algorítmics que van ser utilitzats en la resolució de problemes abordats per l'administració de la cort imperial. Els textos clàssics, si bé exemplificaven el procediment amb valors numèrics concrets, no justificaven els càlculs proposats per trobar la solució numèrica de cada problema. Van ser els comentaristes posteriors els que es van preocupar d'explicar perquè els algorismes de càlcul eren correctes i generals.

L'anàlisi dels NC permet mostrar la metodologia emprada pels comentaristes per justificar els algorismes de càlcul: recomposició de figures i conservació de les àrees. En aquest treball es mostra com a través de la construcció de figures geomètriques que es transformen i es recomponen, els matemàtics xinesos obtenien noves figures sobre les quals llegien directament la solució del problema.

Els programes actuals de geometria dinàmica, en particular el GeoGebra,¹ constitueixen una eina eficaç de cara a facilitar la comprensió d'aquests procediments matemàtics antics. Amb aquest recurs és possible, per exemple, visualitzar seqüències de transformacions de figures geomètriques subjacents a procediments algorítmics. L'estudi segueix la deconstrucció de tres figures fonamentals que apareixen en el capítol 9 del text esmentat i que són descrites per Liu Hui, al segle III, per justificar els algorismes originals. Així, es mostra fins a quin punt l'ús dels recursos instrumentals facilita la introducció de contextos històrics en l'ensenyament de la matemàtica.

Els autors dels procediments geomètrics

Al segle I dC es va compilar un text matemàtic d'enorme influència en la matemàtica xinesa, una obra que va ser objecte d'una important tradició de comentaris per part dels matemàtics xinesos als segles posteriors. Ens referim als NC una obra estudiada per diversos historiadors de la matemàtica oriental (Li, Du, 1987; Lam, 1994; Martzloff, 1997; Man-Keung, 2000; Chemla, Shuchun, 2005).

El fet que els NC fos considerat un clàssic (*jing*) i que nombrosos matemàtics posteriors en fessin referència ha fet que s'hagi comparat el paper que va desenvolupar aquesta obra a la Xina amb el que van exercir els *Elements* d'Euclides a l'Occident (Chemla, 1999: 76).

El primer testimoniatge que designa els NC com un clàssic és l'edició del text amb comentaris afegits que va dur a terme el matemàtic Liu Hui l'any 263. Més tard, l'any 656, el matemàtic Li Chunfeng va continuar aquesta tradició afegint-hi nous comentaris. L'objectiu dels comentaristes dels NC era mostrar el procediment que conduïa a trobar el valor de les respostes en el text clàssic. Es tractava de demostrar la correcció dels algorismes emprats en la resolució de problemes fent explícit cada pas, explicant el significat de les operacions realitzades per elaborar el resultat final i establint que aquest resultat correspon a la qüestió formulada. Malgrat que treballaven amb problemes concrets i aplicaven els algorismes a unes dades numèriques, sovint feien referència al procediment emprat més que a l'obtenció del resultat.

Apareix aquí un nou element de la pràctica matemàtica dels comentaristes, que són els auxiliars visuals. S'ha de remarcar que en el text del segle I no es feia cap referència a figures ni a cap altra forma de visualització. La idea de «demostració» subjacent en els comentaris dels NC difereix però considerablement del mètode axiomàtic deductiu dels *Elements* d'Euclides, que és per al món occidental el model per excel·lència de procediment demostratiu (Romero *et al.*, 2009).

1. <http://www.geogebra.org> (darrer accés: 30.11.11).

El procediment de la base i de l'altura

En l'edició de Chemla i Shuchun dels NC s'alterna el text clàssic amb els comentaris de Liu Hui i de Li Chunfeng. El text clàssic diu així:

Base (*gou*) i altura (*gu*), si es multiplica cadascuna per ella mateixa, se sumen (els resultats) i es divideix per l'extracció de l'arrel quadrada, dóna la hipotenusa (Chemla & Shuchun, 2005: 705).

Després, el comentarista Liu Hui afegeix una petita introducció sobre el vocabulari:

El costat més curt es diu base (*gou*); el costat més llarg, altura (*gu*); el que uneix les cantonades, una amb l'altra, es diu hipotenusa (*xian*) (Chemla & Shuchun, 2005: 707).

El paràgraf finalitza amb la justificació del procediment mitjançant la descripció de figures de colors que es descomponen i es recomponen a la manera de les peces d'un tangram:

La base multiplicada per ella mateixa genera un quadrat vermell; l'altura per ella mateixa, un quadrat blau-verd, es fa de tal manera que es recomponen els uns amb els altres; partint del fet que es guarden tots els trossos, es genera per reunió l'àrea del quadrat de costat la hipotenusa. Dividint aquesta per l'extracció de l'arrel quadrada donarà la hipotenusa (Chemla & Shuchun, 2005: 705).

Els comentaris de Liu Hui i Li Chunfeng descriuen figures geomètriques que no apareixen en el text; les utilitzen per justificar els algorismes del text clàssic, a través del procediment de recomposició de figures i conservació de les àrees. Diferents autors (Cullen, 1996: 206-220; Chemla & Shuchun, 2005: 879-894; Dauben, 2007: 187-384; Joseph, 1996: 249-260) opten per reconstruccions semblants, on, usant la terminologia actualment en ús, a és la base, b l'altura i c la hipotenusa. Aquestes figures geomètriques que no apareixen explícitament en el text però a les quals es fa referència en els comentaris, són les que s'han utilitzat per dissenyar les figures amb el GeoGebra. Primer en forma estàtica (Fig. 1), com es mostra a continuació, però també en forma d'animació com:

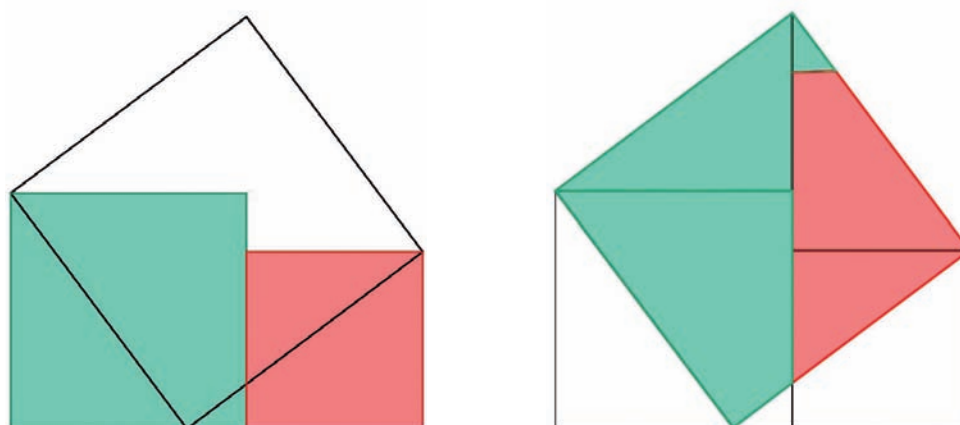


FIGURA 1. La reconstrucció del teorema amb peces de colors (Chemla & Shuchun, 2005: 680).

A continuació (Fig. 2) es mostren diferents moments de la reconstrucció utilitzant ara el GeoGebra dinàmic. El programa permet crear paràmetres que poden variar de valor, tant per al cas de mesures de longitud com d'angles, són els anomenats punts lliscants. Les escenes següents corresponen als segments de la part superior esquerra de la figura, sobre els quals apareixen els punts: a , b i α . Observeu, per a cada escena, com varien els valors que mostren els punts citats i com repercuteix en la figura.

A través del punt lliscant α es faran girar els dos triangles inferiors que sobresurten del quadrat de traç intermitent.

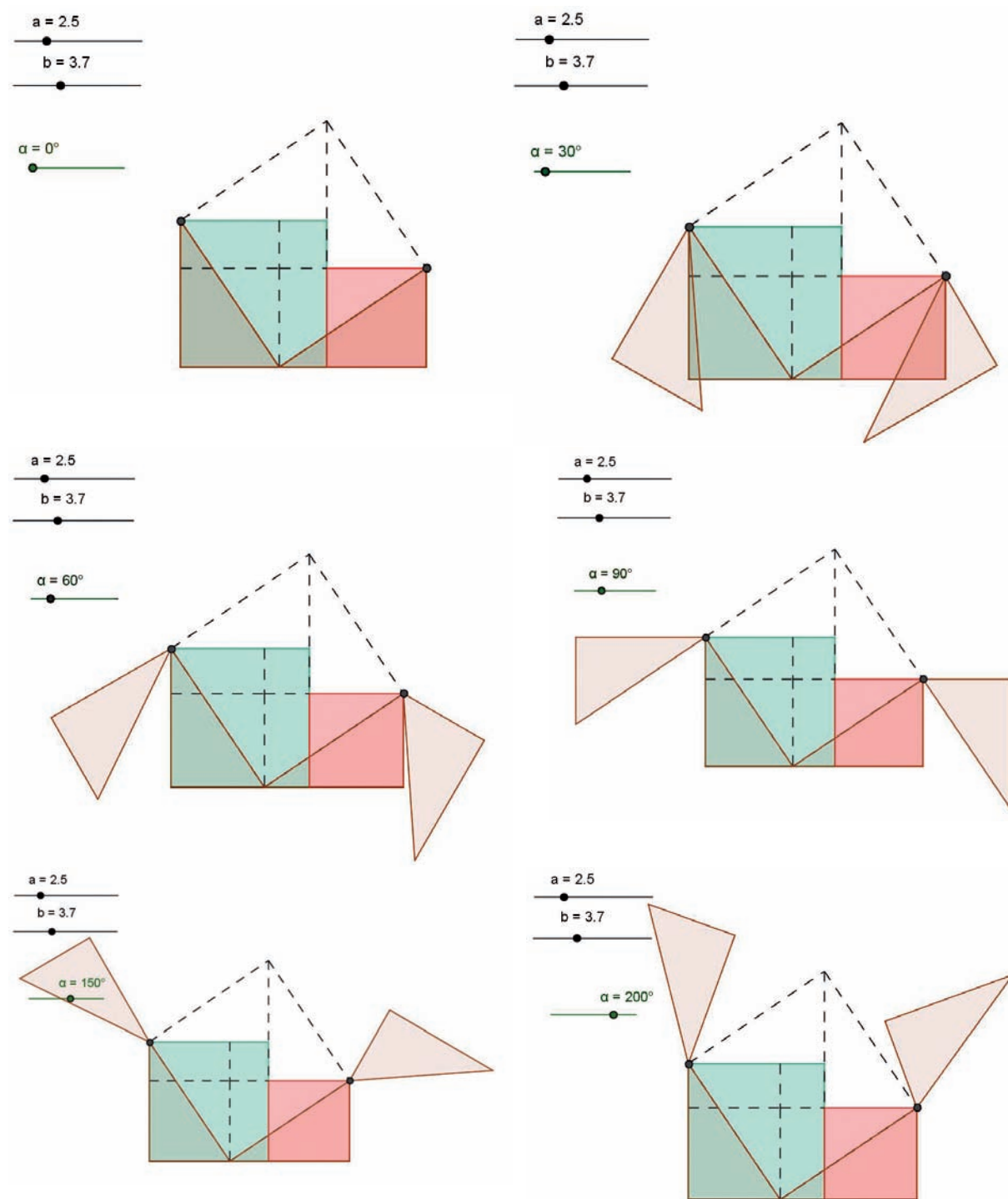


FIGURA 2. Les primeres seqüències de l'applet de GeoGebra que mostra el procediment Gou Gu.

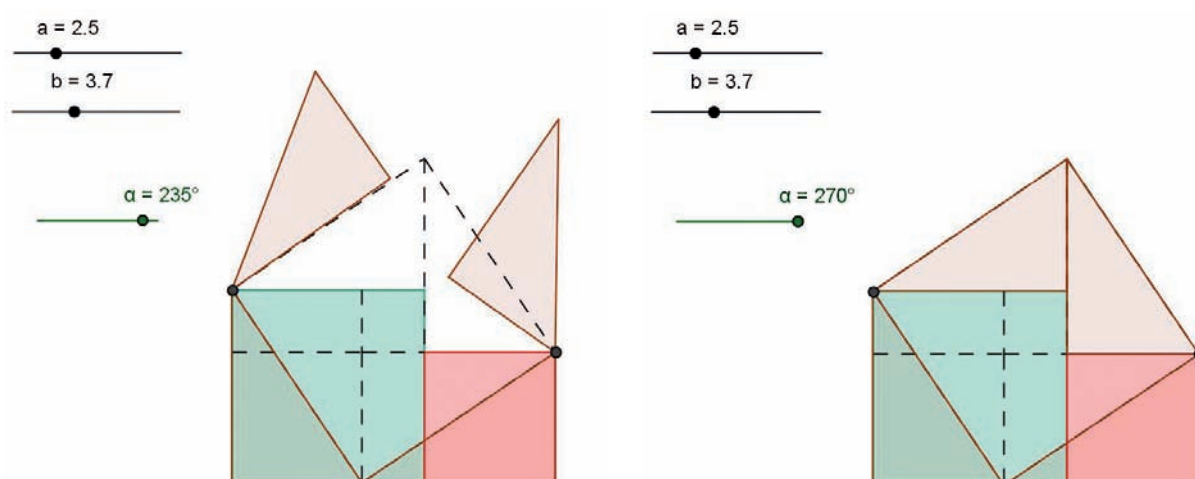


FIGURA 3. Les darreres seqüències de l'applet de GeoGebra que mostra el procediment Gou Gu.

Els punts lliscants **a** i **b** apareixen en totes les seqüències amb dos valors qualssevol fixos, en l'exemple **a** = 2,5 i **b** = 3,7. El punt lliscant **a** regeix la longitud del quadrat esquerre del diagrama, el que correspon al quadrat de l'altura del triangle rectangle; el punt lliscant **b** regeix la longitud del quadrat dret del diagrama, el que correspon al quadrat de la base. Si s'hagués modificat algun dels dos valors, **a** o **b**, s'haurien modificat les dimensions corresponents del quadrat, però malgrat això el quadrat major continuaria sent recobert amb totes les peces en accionar el punt lliscant **α**, el que fa girar els triangles que es mouen. Així es demostra que, siguin les que siguin les dimensions dels dos quadrats inicials, el tercer quadrat es recobreix completament amb trossos dels altres dos i no en sobra res (Fig. 3).

En el text del capítol 9, els problemes 1, 2 i 3 estableixen el procediment de la base (*gou*) i de l'altura (*gu*). El primer problema narra com trobar la hipotenusa a partir de la base i l'altura; el segon, com trobar l'altura conegudes la hipotenusa i la base, i, finalment, el tercer, com trobar la base a partir de la hipotenusa i l'altura. En els tres casos amb nombres concrets, la terna (3, 4, 5). Els dos problemes següents utilitzen el procediment per resoldre dues situacions en les quals s'ha de calcular l'altura, a partir de la hipotenusa i la base (problema 4) amb dades una altra vegada numèriques —la terna (7, 24, 25)—, i la hipotenusa a partir de la base i l'altura (problema 5), ara amb la terna (20, 21, 29).

En els problemes següents es presenten situacions que porten a interpretar dades sobre un triangle rectangle però, llavors, la situació és una mica diferent. Malgrat que es demana un dels costats del triangle rectangle, les dades de partida no són els altres dos costats, sinó un d'ells i la diferència o la suma entre els costats que falten. Per resoldre-ho es requereixen uns nous diagrames, tres figures fonamentals.

Les figures fonamentals

Per justificar els algorismes de càlcul que s'utilitzen en la resolució dels problemes del 6 al 13 del capítol 9, els comentaristes Liu Hui i Li Chunfeng es recolzen en tres figures, que com en el cas de la justificació del *procediment gou gu*, no apareixen en el text. Aquestes figures han estat reconstruïdes pels historiadors que han estudiat el text amb posterioritat (Cullen, 1996: 206-220; Chemla & Shuchun, 2005: 879-894; Dauben, 2007: 187-384).

La primera figura fonamental

La primera figura fonamental és un quadrat de costat $a+b$ (base i altura respectivament del triangle rectangle inicial), que conté en el seu interior el quadrat de costat c (hipotenusa del triangle). Aquest últim quadrat de costat c , està disposat de tal forma que conté, al seu torn, quatre triangles rectangles a , b , c i un quadrat de costat $b-a$.

Veiem la figura a continuació, com es construeix amb el GeoGebra i quina utilització se li dona per resoldre els problemes del capítol 9 (Fig. 4).

A partir d'un triangle qualsevol, la primera figura fonamental té l'aspecte que es mostra a la figura 4. Observeu que el quadrat exterior té per costat $a+b$, el petit quadrat interior té per costat $b-a$ i el quadrat interior que no té la base horitzontal té per costat c .

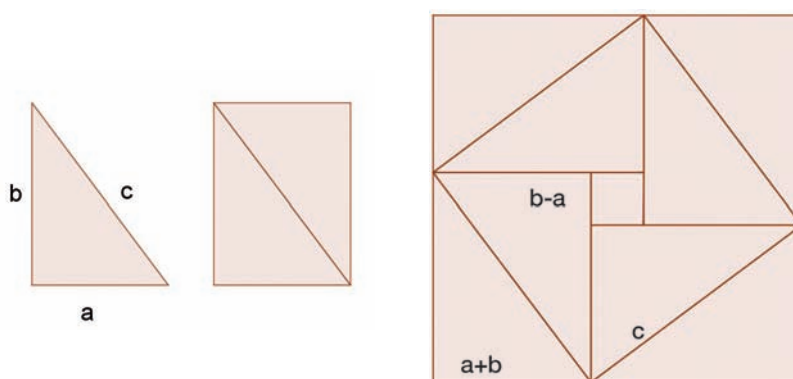


FIGURA 4. Del triangle a la primera figura fonamental.

A continuació es mostren diferents seqüències de la construcció amb GeoGebra (Fig. 5). Els punts lliscants, a i b , romanen constants i iguals a 3 i 4 respectivament, són les mesures de la base i l'altura del triangle rectangle inicial. Els punts lliscants α i β són els encarregats de desplegar el rectangle (duplicat del triangle a, b, c) fins a arribar a la primera figura fonamental.

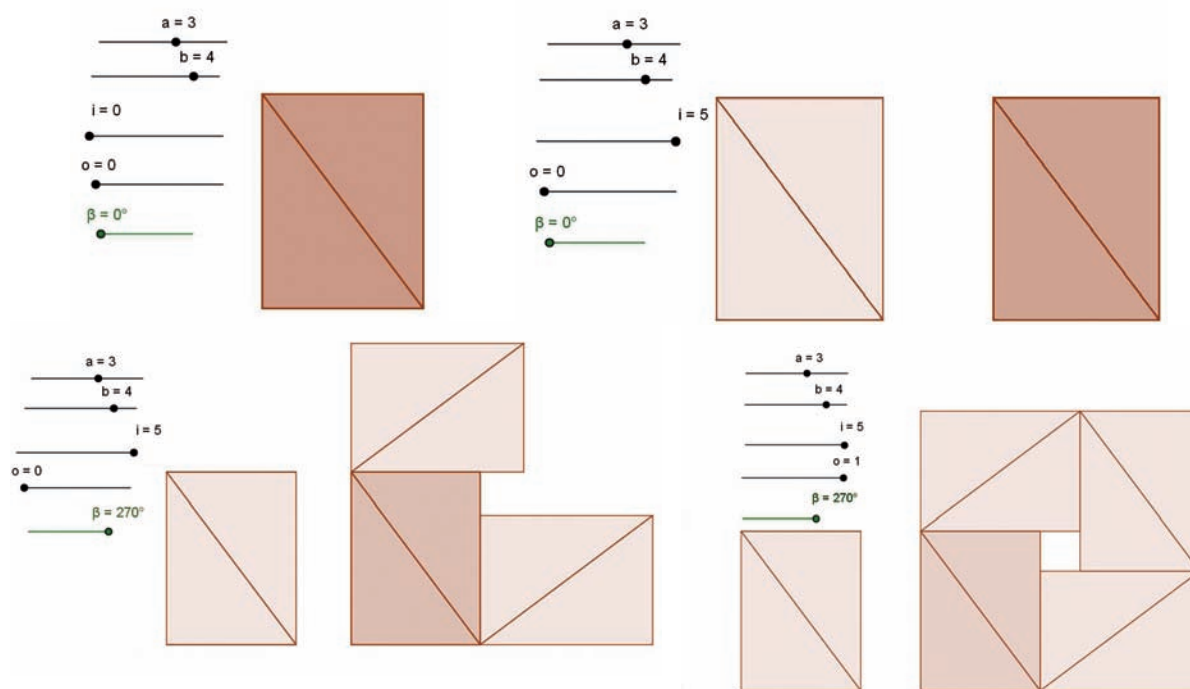


FIGURA 5. Diferents seqüències de l'aplet de construcció de la primera figura fonamental.

Quins problemes se solucionen mitjançant la utilització d'aquesta figura? Es pot usar el GeoGebra per resoldre'ls? A continuació es mostra, a tall d'exemple, un dels problemes del capítol 11 mitjançant l'ús d'un *applet* elaborat amb GeoGebra.

El problema 11, una resolució amb la primera figura fonamental

L'enunciat del problema, segons el text clàssic original, diu:

Suposem que tenim una porta d'un sol batent on l'altura sobrepassa l'amplària en 6 *chi* 8 *cun* i on dos angles oposats estan a una distància d'1 *zhang* l'un de l'altre.² Es demana quant valen l'amplària i l'altura de la porta.

La concreció de les dades que proposa Liu Hui és:

L'amplària de la porta és la base (*gou*), l'altura de la porta és l'altura (*gu*), la distància entre els dos extrems, 1 *zhang*, la hipotenusa.

A continuació es mostren les dades en la notació actual i la figura corresponent (Fig. 6):

$$b - a = 6 \text{ chi } 8 \text{ cun} = 68$$

$$c = 1 \text{ zhang} = 100$$

$$a = ?$$

$$b = ?$$

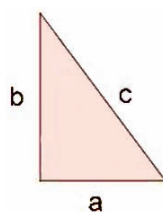


FIGURA 6. El triangle i les dades del problema 11.

L'algorisme de càlcul en el text clàssic:

S'efectua la multiplicació d'1 *zhang* per ell mateix, això fa el dividend. Es pren la meitat del que un sobrepassa l'altre, s'efectua la multiplicació per ell mateix, es dobla això i es resta del dividend; es pren la meitat del que queda i es divideix això per l'extracció de l'arrel quadrada. Es resta del que s'obté la meitat del que un sobrepassava l'altre, i això dona l'amplària de la porta; se suma la meitat del que un sobrepassava l'altre, això dona l'altura de la porta.

Que en la notació simbòlica actual equivaldria a la seqüència d'operacions següents:

$$100^2 = 10.000$$

$$\frac{1}{2} \text{ de } 68 = 34$$

$$34^2 = 1.156$$

$$1.156 \cdot 2 = 2.312$$

2. *Zhang*, *chi* i *cun* són tres unitats de longitud, ordenades de major a menor, de base decimal, és a dir que 1 *zhang* equival a 10 *chi* i 1 *chi* a 10 *cun*.

$$10.000 - 2.312 = 7.688$$

$$7.688 : 2 = 3.844$$

$$\sqrt{3.844} = 6.262 - \frac{1}{2} 68 = 62 - 34 = 28 = a$$

$$62 + 34 = 96 = b$$

Vegem com Liu Hui justifica aquests càlculs:

El quadrat de la hipotenusa omple 10.000 *cun*. Quan ho doblem i li traiem el quadrat de la diferència entre la base i l'altura, i del resultat extraiem l'arrel quadrada, el que obtenim és la suma del valor de l'altura i l'amplària.

El procediment amb el GeoGebra:

El punt lliscant, en anar variant de 0 a 5, regeix la seqüència de figures (d'elaboració pròpia) necessàries que descriu Liu Hui per resoldre el problema.

El quadrat de la hipotenusa omple 10.000 *cun* (Fig. 7):

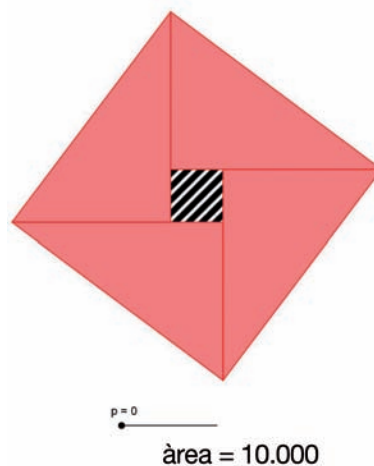


FIGURA 7. El quadrat d'àrea 10.000.

Es duplica el quadrat, es duplica l'àrea, de 10.000 a 20.000 (Fig. 8):

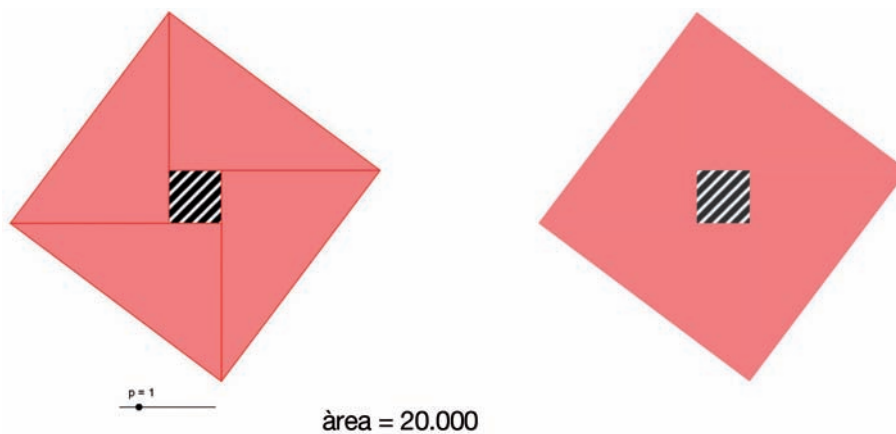


FIGURA 8. Els dos quadrats d'àrea = 20.000.

Li traiem el quadrat de la diferència entre la base i l'altura, l'àrea passa de 20.000 a 15.376 (Fig. 9), desapareix un quadrat interior d'una de les dues figures:

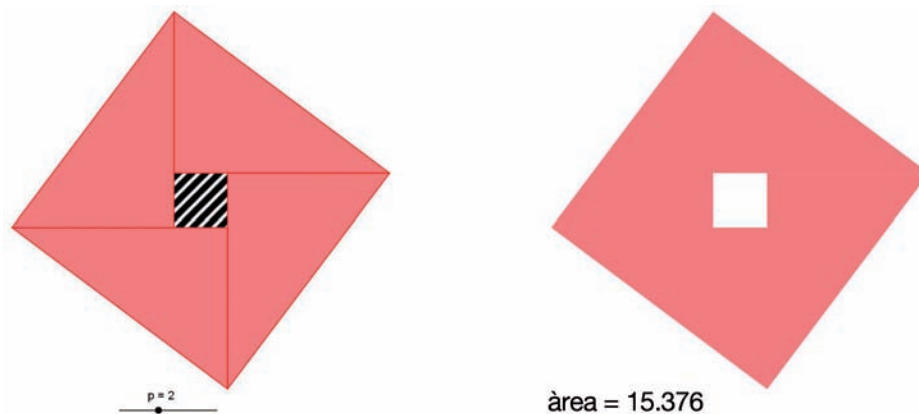


FIGURA 9. L'àrea 15.376.

El quadrat de la dreta es trosseja i passarà a ajuntar-se amb el quadrat de l'esquerra (Fig. 10).

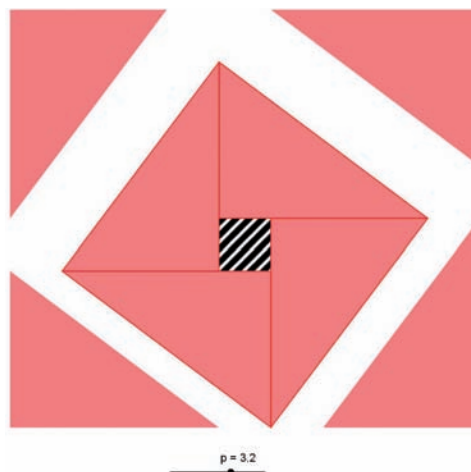


FIGURA 10. L'àrea 15.376.

Finalment, el quadrat inicial de costat c s'ha ampliat amb les peces sobreres del quadrat de la dreta del diagrama fins a donar lloc a un nou quadrat de costat $a + b$ (Fig. 11).

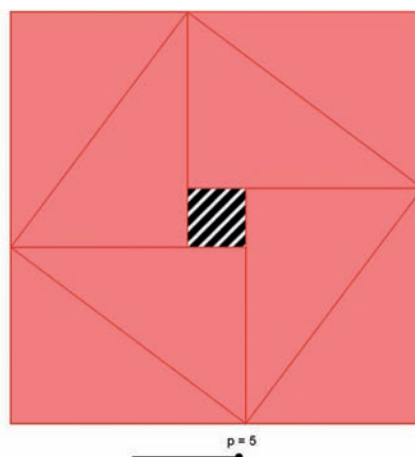


FIGURA 11. El quadrat d'àrea 15.376 i de costat $= \sqrt{15.376} = 124 = a + b$.

Tenint en compte que $b-a$ era una de les dades conegudes, l'obtenció de $a+b$ resol el problema. Liu Hui conclou:

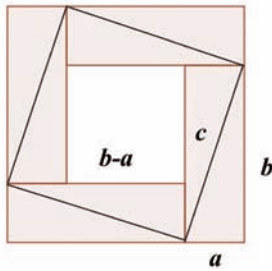
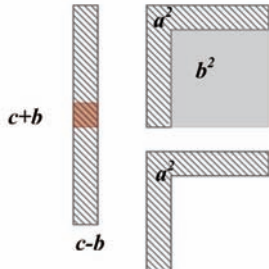
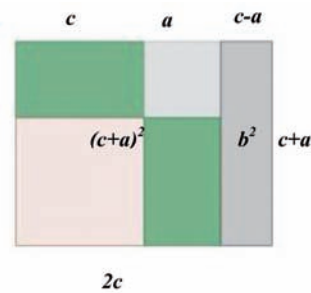
Si la diferència es resta de la suma i del que s'obté es fa la meitat, s'obté l'amplària de la porta; si a aquest valor se li afegeix la diferència entre altura i amplària, s'obté l'altura de la porta.

En notació actual:

$$(a+b) - (b-a) = 2a; \text{ així } \frac{(a+b) - (b-a)}{2} = a \text{ i també } a + (b-a) = b$$

A més de la primera figura existeixen altres dues figures que relacionen un costat del triangle amb la suma o la diferència amb els altres dos.

El quadre següent recull els diferents casos i tots ells es poden reconstruir amb GeoGebra. Anàlogament, com en el problema 11, és possible dissenyar els *applets* per resoldre els problemes.

Figura	Nom / descripció	Procés de resolució
	Primera figura quadrat de costat $a+b$ marcar a , a cada cara alternativament, i completar fins a obtenir el quadrat c .	$c, b-a \rightarrow a+b \rightarrow a, b$
	Segona figura quadrat de costat c amb quadrat interior de costat b , el gnòmon té àrea a^2 .	$a, c-b \rightarrow c+b \rightarrow b, c$
	Tercera figura quadrat de costat $c+a$ amb rectangle adossat b^2 . La base del nou rectangle és $2c$.	$b, c+a \rightarrow c, a$

Consideracions finals

A mitjan segle III, els primers comentaristes dels *Nou capítols* tractaven de justificar i fer comprensible el significat dels algorismes del text clàssic. En els seus comentaris van introduir descripcions de figures que inicialment no estaven en els textos però que es van incorporar als segles següents. En aquesta comunicació, emulant als comentaristes del text clàssic, hem introduït un nou mètode per

fer més comprensibles les figures descrites pels comentaristes: la utilització d'un programa de geometria dinàmica del segle XXI.

Ens hem centrat en l'últim dels *Nou capítols*. D'aquest hem triat alguns fragments especialment significatius per descriure tres escenaris: el del text clàssic, el dels comentaristes i el nou creat amb GeoGebra. D'aquesta manera, es pot veure l'evolució de diferents llenguatges, l'algorítmic, el narratiu, el diagramàtic (els comentaristes descrivien diagrames) i el geomètric dinàmic que aporta el programa utilitzat.

El programa de geometria dinàmica ens permet generar petits *applets* que es poden visualitzar a través de l'ordinador. En absència d'aquest, també és possible reconstruir els moviments de les figures mitjançant la impressió de seqüències successives extretes des del programa. D'aquesta manera es reconstrueix la idea subjacent en les justificacions dels comentaristes: a partir d'unes figures de les quals es coneixen les seves àrees, aquestes es fragmenten en peces menors (deconstrucció) i amb totes elles es construeixen altres figures amb àrees idèntiques a les inicials. Les figures així obtingudes permeten establir noves relacions entre les dades inicials i deduir valors fins llavors desconeguts.

Els *applets* descrits s'han utilitzat durant el curs 2011-2012 a l'INS Badalona VII, en el nivell de 3r d'ESO dins de la unitat didàctica «Pitàgores a Xina, o el procediment de resolució dels triangles rectangles».

Referències bibliogràfiques

CHEMLA, K. (1999), «Aperçu sur l'histoire des mathématiques en Chine Ancienne dans le contexte d'une histoire internationale», 71-90. Article en línia: <http://www.reunion.iufm.fr/dep/mathematiques/Seminaires/Resources/Chemla22.pdf> (darrer accés: 30.11.11).

CHEMLA, K.; SHUCHUN, G. (eds.) (2005), *Les Neuf Chapitres, le classique mathématique de la Chine ancienne et ses commentaires* [edició crítica bilingüe], París, Dunod.

CULLEN, C. (1996), *Astronomy and Mathematics in Ancient China: The Zhou bi suan jing*, Cambridge/New York, Cambridge University Press.

DAUBEN, J. W. (2007), «Chinese Mathematics». A: KATZ, V. J. (ed.), *The Mathematics of Egypt, Mesopotamia, China, India and Islam. A sourcebook*, Princeton University Press, 187-384.

JOSEPH, G. G. (1996), *La cresta del pavo real. Las matemáticas y sus raíces no europeas*, Madrid, Pirámide.

LAM, L. Y. (1994), «Jui Zhang Suanshu (*Nine Chapters on the Mathematical Art*): An Overview», *Archive for History of Exact Sciences*, **47**: 1, 1-51.

LI, Y.; DU, S. (1987), *Chinese Mathematics. A Concise History*, Oxford, Clarendon Press.

MAN-KEUNG, S. (2000), «An Excursion in Ancien Chinese Mathematics». A: KATZ, V. J. (ed.), *Using History to Teach Mathematics. An International Perspective*, Washington, The Mathematical Association of America, 159-166.

MARTZLOFF, J.-C. (1997), *A history of Chinese mathematics*, Berlin/Heidelberg/New York, Springer-Verlag.

ROMERO, F.; PUIG-PLA, C.; GUEVARA, I.; MASSA, M. R. (2009), «La trigonometria en els inicis de la matemàtica xinesa. Algunes idees per a treballar a l'aula», *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, **2** (1), 419-426.

ASPECTES DE LA REPRESENTACIÓ GRÀFICA DE FUNCIONS EN EL *TRACTAT ELEMENTAL DE TRIGONOMETRIA* DE LACROIX¹

MAITE NAVARRO;^{1,2} LUIS PUIG²

¹ IES VELES E VENTS, TORRENT.

² UNIVERSITAT DE VALÈNCIA ESTUDI GENERAL.

Paraules clau: *Euler, Lacroix, coordenades cartesianes, representació gràfica de funcions, traçat de corbes, equació de la recta*

Aspects of the graphical representation of functions in Lacroix's *An Elementary Treatise on Trigonometry*

Summary: *In this paper we present part of an ongoing research in which we explore how the graphical representation of functions is made in some historical texts from the time in which the present way of representing functions in the Cartesian plane is being constituted, and from the time in which it is being included in textbooks as a subject that has to be taught. In this paper we deal specifically with Euler's «Introductio in Analysin Infinitorum» (1748), and Lacroix's «Traité du calcul différentiel et du calcul intégral» (1797) and «Traité Élémentaire de Trigonométrie Rectiligne et Sphérique, et d'application de l'Algèbre a la Géométrie» (1797).*

Key words: *Euler, Lacroix, cartesian coordinates, graphical representation of functions, curves drawing, straight line equation*

Introducció

La representació gràfica de funcions és una part important en l'educació secundària. De totes les representacions gràfiques, la gràfica cartesiana a partir d'un

1. Aquesta investigació és part del projecte EDU2009-10599 subvencionat per la Direcció General d'Investigació Científica i Gestió del Pla Nacional I+D+I del Ministeri de Ciència i Innovació d'Espanya.

sistema de coordenades és la més usual. Cada dia en la nostra pràctica docent constatem la dificultat que gran part del nostre alumnat presenta en la interpretació gràfica de funcions elementals, moltes vegades provocada per una lectura o localització incorrecta de les coordenades cartesianes en el pla.

El que presentem ací és part d'una investigació en la qual pretenem explorar de quina manera es realitza la representació gràfica de funcions en alguns textos històrics corresponents al moment en què la forma actual de representar les funcions en el pla cartesià s'està constituint, i el moment en què s'incorpora com a matèria que cal ensenyar en els llibres dedicats a l'ensenyament de les matemàtiques. En concret, hem centrat la nostra investigació en la *Introductio in Analysin Infinitorum* (1748) d'Euler, obra de la qual també hem consultat la traducció francesa clàssica (Euler, 1796-1797) i la traducció castellana recent (Euler, 2000), i el *Traité du calcul différentiel et du calcul intégral* (1797) i el *Traité Élémentaire de Trigonométrie Rectiligne et Sphérique, et d'application de l'Algèbre a la Géométrie* (1797) de Lacroix.

Precursors

Hi ha múltiples precursors de la idea de coordenada en la història. Segons Boyer (2007), Apoloni utilitza en les *Còniques* el que podríem anomenar un «sistema de coordenades a posteriori», basat en les distàncies intrínseques a una corba donada per estudiar les seves propietats. Segons Sierra (1997), estava present en els agrimensors egipcis, però la primera referència a les coordenades apareix en l'obra dels astrònoms i geògrafs grecs. Fins i tot, segons Sierra (1997), la divisió de les ciutats romanes en dos eixos perpendiculars, el *decumanus* i el *cardo*, organitzava els carrers en un sistema de coordenades rectangulars.

Els termes de latitud i longitud introduïts per Oresme per representar gràficament les variacions d'una funció d'una variable, s'assemblen bastant a les nostres ordenades i abscisses, respectivament.

A mitjan segle XVII, Descartes i Fermat inicien de manera independent la geometria analítica donant a les coordenades (en realitat només utilitzen una coordenada, l'abscissa) el seu estatus definitiu. Cadascun d'ells aporta una de les dues parts que conformen el principi fonamental de la geometria analítica. Descartes utilitza, fonamentalment, les coordenades per obtenir l'equació d'una corba a partir de la seva representació gràfica en el pla. Fermat les utilitza, sobretot, per representar el lloc geomètric corresponent a tota equació de dues incògnites.

Raons per a la selecció dels textos estudiats

Euler

D'Euler n'hem explorat la teoria general de corbes inclosa en la *Introductio in Analysin Infinitorum* pels següents motius:

- 1r. La *Introductio* d'Euler és un llibre d'autor que tracta de manera general i sistemàtica l'ús de coordenades. Des de la publicació en 1637 de la *Geometria (Géométrie)* de Descartes i de la *Introducció als Llocs Plans i Sòlids (Ad Locos Planos et Solidos Isagoge)* de Fermat en 1679 (encara que l'obra estava conclosa en 1636), l'ús de diferents tipus de coordenades en els inicis del càlcul infinitesimal

estava estès (Newton, L'Hôpital, Ditton, Reyneau, Maclaurin...) però no sistematitzat. Euler tracta de manera general i sistemàtica l'ús de coordenades en el segon volum de la *Introductio*, encara que també ell les havia utilitzat amb anterioritat.

- 2n. La sistematització de coordenades es fa amb la finalitat d'estudiar les propietats de les funcions.
- 3r. Aquest llibre recull els resultats d'altres matemàtics. En el prefaci de la *Introductio* Euler manifesta que moltes de les coses que conté ja han estat tractades per uns altres.
- 4t. Gaudeix del reconeixement dels seus contemporanis. Són molt conegudes les lloances fetes per Johann Bernoulli («Jo represente l'anàlisi superior com si estiguera en la seva infantesa, però tu ho estàs portant al seu estat adult») i per Laplace («Llegiu a Euler, llegiu a Euler. Ell és el mestre de tots nosaltres»).
- 5è. Gaudeix del reconeixement dels investigadors del segle xx. Felix Klein (2006) realitza una digressió sobre el concepte general de funció en la qual afirma que la seva formulació comença amb Euler amb dues explicacions diferents de la paraula funció: la primera defineix com a funció tota expressió analítica de x . En la segona, una funció $y = f(x)$ queda definida per Euler sempre que una corba qualsevol siga dibuixada en un sistema d'eixos coordenats x, y .
- 6è. És font d'elaboració d'altres llibres, en particular dels tractats de Lacroix que també hem estudiat.

Lacroix

Hem triat el *Traité du calcul différentiel et du calcul intégral* i el *Traité Élémentaire de Trigonométrie Rectiligne et Sphérique, et d'application de l'Algèbre a la Géométrie* pels següents motius:

1r. Pels diferents usos per part de Lacroix de les obres d'Euler. Lacroix inicia la seva pràctica docent usant les obres d'Euler i quan elabora els seus propis manuals utilitza en la teoria general de corbes la *Introductio* d'Euler.

2n. El *Traité du calcul* recull els resultats originals de nombrosos investigadors. El *Traité du calcul* va ser el primer tractat general sobre càlcul infinitesimal des de la *Introductio*. A més dels resultats originals d'Euler, recull els d'investigadors com ara Lagrange, Laplace, Monge, Cauchy i d'altres, organitzats de tal manera que estructurin els elements del càlcul diferencial i integral amb un doble propòsit, d'una banda recollir en un sol tractat tot allò que es fa servir en l'època sobre el càlcul, i d'altra facilitar el procés d'ensenyament-aprenentatge del càlcul.

3r. Per la importància en l'ensenyament de les matemàtiques dels seus tractats. Les obres de Lacroix són llibres de text publicats en l'època de la Revolució Francesa quan per primera vegada s'establí un sistema d'educació general i públic. Entre altres temes, el *Traité du calcul* conté les nocions generals sobre funcions i la seva representació gràfica en el pla mitjançant un sistema de coordenades, sistematització que exposa de manera més detallada i més «elementaritzada» en el *Traité Élémentaire de Trigonométrie*. Els seus tractats gaudeixen de gran quantitat d'edicions i traduccions. De l'«elementarització» del *Traité du calcul* naix el *Traité Élémentaire du calcul*, utilitzat com a manual d'ensenyament no solament a Europa sinó també a Amèrica. Citem a continuació totes les edicions dels llibres estudiats que hem pogut localitzar, tant de l'original en francès com la traducció castellana.

<i>Traité de calcul différentiel t I</i>	1a	1797 (V)	Paris	Duprat
<i>Traité de calcul différentiel t II</i>	1a	1798 (VI)	Paris	Duprat
<i>Traité de calcul différentiel t III</i> (<i>Traité des différences et des séries</i>)	1a	1800 (VIII)	Paris	Duprat
<i>Traité de calcul différentiel t I</i>	2a	1810	Paris	Courcier
<i>Traité de calcul différentiel t II</i>	2a	1814	Paris	Courcier
<i>Traité de calcul différentiel t III</i>	2a	1819	Paris	Courcier
<i>Traité élémentaire de trigonométrie</i>	1a	1798		
	2a	1800 (VIII)	Paris	Duprat
	3a	1803 (XII)	Paris	Courcier
	4a	1807	Paris	Courcier
	5a	1810	Paris	Courcier
	6a	1813	Paris	Courcier
	7a	1822	Paris	Bachelier et Huzard
	8a	1827	Paris	Bachelier
	10a	1852	Paris	Bachelier
<i>Tratado elemental de trigonometría...</i>	6a	1820	Madrid	En la Imprenta Real
	7a	1835	Madrid	En la Imprenta Real
	8a	1846	Madrid	En la Imprenta Nacional

4t. Per la seva repercussió en l'ensenyament de les matemàtiques a Espanya. Els textos de Lacroix van influir en autors espanyols, per exemple en Vallejo. Però, sobretot, el seu *Curso completo elemental de matemáticas* es va traduir al castellà i es va reeditar diverses vegades i fins i tot es va establir com a llibre de text en els estudis superiors, segons apareix en l'article 42 del títol IV de *Decretos del rey nuestro señor don Fernando VII, y reales órdenes, resoluciones y reglamentos generales expedidos por las secretarías del despacho universal y consejos de S. M. en los seis meses contados desde 1º de julio hasta fin de diciembre de 1824. Tomo 9*, publicat l'any 1825, on hi ha detallat el pla d'estudis de Filosofia i es diu: «Art. 42. Segunda: en todas estas cátedras durarán las lecciones hora y media por la mañana y una por la tarde; sirviendo de texto para las Matemáticas puras las obras de Mr. Lacroix, traducidas por Rebollo».

5è. Perquè a més d'escriure llibres de text també va escriure sobre l'ensenyament en general i l'ensenyament de les matemàtiques en particular.

6è. Per la universalitat de la seva obra. Segons Schubring (1987), Lacroix desenvolupa un cos coherent de matemàtiques escolars, des de la secundària fins a l'educació superior.

Sistematització de les coordenades

Les qüestions que hem vist que fan que la sistematització de les coordenades siga possible són les següents:

- La dotació de significat de les quantitats negatives tant en l'àlgebra com en la geometria.
- La fixació d'un origen de coordenades.
- El significat de la idea d'abscissa.
- El pas de la idea d'aplicada a la idea d'ordenada.
- El pas de la consideració de les coordenades com a magnituds geomètriques a la seva consideració com a distàncies, la qual cosa comporta considerar-les com a nombres.
- I, finalment, l'establiment d'eixos de coordenades absoluts, és a dir, independents de la corba considerada.

Dotació de significat de les quantitats negatives en l'àlgebra

Aquesta és una qüestió bastant complexa i sobre la qual hi ha molt d'estudiat i escrit. Els aspectes més rellevants que tenen influència en la representació gràfica de funcions mitjançant coordenades cartesianes els podem resumir de la següent manera.

- En tots tres llibres les lletres representen qualsevol tipus de nombre. Així doncs, la lletra simbolitza un nombre positiu o negatiu.
- Tanmateix, cada vegada que es vol subratllar que la quantitat és negativa, l'expressió porta explícitament anteposat el signe $-$ (Fig. 1), amb la qual cosa la lletra ja només pot representar un nombre positiu (Lacroix, 1807: 113):

Lorsque x sera négatif, on trouvera
 $y = -ax + b$,

FIGURA 1. Quantitats negatives en el *Traité Élémentaire de Trigonométrie*.

Dotació de significat de les quantitats negatives en la geometria. Fixació d'un origen

Per representar quantitats en la geometria en la *Introductio*, Euler fa servir magnituds. Representa les magnituds com a segments en una recta indefinida, que orienta arbitràriament respecte d'un punt prèviament fixat, l'origen. Perquè la correspondència siga biunívoca cal considerar només els segments que tenen l'origen com un dels seus extrems.

L'arbitrarietat de la ubicació de les quantitats en el *Traité Élémentaire de Trigonométrie* queda reflectida en la representació que hi fa de sinus i cosinus (Fig. 2), en què cal observar que mesura els arcs a partir del punt *A* i en el sentit horari (Fig. 3), probablement sota la influència de l'astronomia.

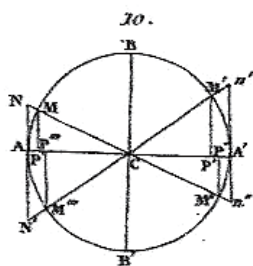


FIGURA 2. Representació de sinus i cosinus en el *Traité Élémentaire de Trigonométrie*.

En récapitulant ces résultats on verra,

- 1°. Que depuis le point A jusqu'au point A' , où l'arc $ABA' = \frac{1}{2}\pi$, les sinus sont positifs;
- 2°. Que depuis le point A' jusqu'au point A , où l'arc $ABA'B'A = 2\pi$, c'est-à-dire de π jusqu'à 2π ; les sinus sont négatifs;
- 3°. Que depuis le point A jusqu'au point B , où l'arc $AB = \frac{1}{2}\pi$, les cosinus sont positifs;
- 4°. Que depuis le point B jusqu'au point B' , où l'arc $ABA'B' = \frac{3}{2}\pi$, c'est-à-dire de $\frac{1}{2}\pi$ à $\frac{3}{2}\pi$, les cosinus sont négatifs;

FIGURA 3. Sentit de la mesura dels arcs en el *Traité Élémentaire de Trigonométrie*.

Les magnituds corresponents als valors negatius dels sinus se situen per sota del diàmetre AA' ; els valors negatius dels cosinus, a la dreta del punt C .

L'oposició dels signes en el càlcul es tradueixen en la geometria en la inversió de la posició de les magnituds respecte d'un segment o un punt. Per tant, la dotació de significat de les quantitats negatives fa imprescindible la fixació d'un origen.

Significat de la idea d'abscissa

L'origen es concep com un punt arbitrari però imprescindible en la construcció de les coordenades per segments, ja que l'origen ha de ser un dels seus extrems.

Euler defineix abscissa (Fig. 4) en la *Introductio* com un interval orientat de la recta mesurat des de l'origen (Fig. 5) que representa un valor determinat de la quantitat variable.

On appelle ces intervalles AP , ABSCISSES.

FIGURA 4. Definició d'abscissa en la *Introductio*.

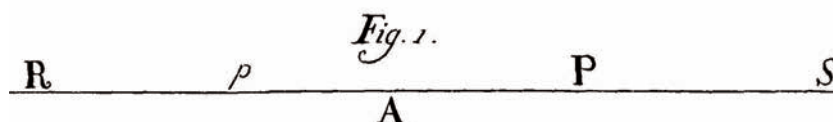


FIGURA 5. Representació de l'abscissa en la *Introductio*.

Cal subratllar que l'abscissa no és el punt en la recta, ni la longitud de l'interval, sinó que l'abscissa és l'interval, el segment AP .

Fixa arbitràriament a la dreta de l'origen els valors reals positius de la variable x , a l'esquerra els negatius i el valor zero en l'origen.

En el *Traité Élémentaire de Trigonométrie* Lacroix transforma l'abscissa en la longitud d'aquests segments.

De la idea d'aplicada a la idea d'ordenada

Euler sistematitza en la *Introductio* les coordenades per tal de representar i estudiar les propietats de les funcions.

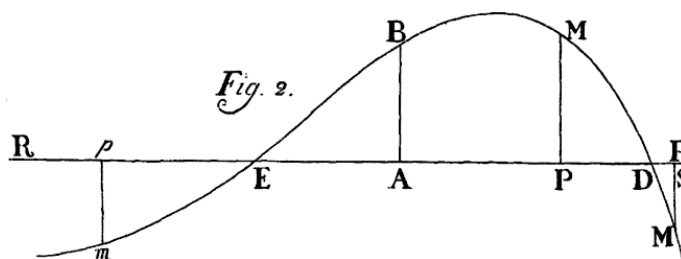


FIGURA 6. Aplicades en la *Introductio*.

Per a cada valor determinat de x , la funció y pren un valor determinat que representalevant una perpendicular, l'*aplicada* (Fig. 6). Encara que en l'època s'usa el terme d'ordenada, Euler fa servir el d'*aplicada*.

Les aplicades, com les abscisses, són intervals. Cada aplicada necessita la seua pròpia perpendicular i per tant no necessita introduir un eix d'aplicades, però la construcció de cada aplicada depèn de la construcció prèvia de l'abscissa corresponent.

De nou, fixa arbitràriament els valors positius per sobre la recta, i els negatius, per sota.

En el *Traité Élémentaire de Trigonométrie* l'ordenada ja no és la perpendicular, sinó la seua longitud, que es pot expressar mitjançant el segment PM o el seu igual AQ . O, el més important, la seua longitud, ab , portada sobre la recta AC (Fig. 7), que es converteix d'aquesta manera en un autèntic eix d'ordenades.

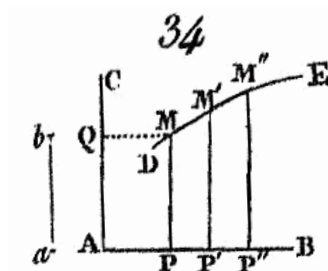


FIGURA 7. Eix d'ordenades en el *Traité Élémentaire de Trigonométrie*.

Establiment d'eixos de coordenades absoluts

En la *Introductio* les coordenades no són parells de nombres sinó magnituds que es representen mitjançant segments dotats de sentit: les abscisses mesurades des de l'origen en un únic eix, el d'abscisses, i les aplicades, habitualment perpendiculars, des dels extrems de les abscisses.

Abscisses i aplicades estan lligades entre si per una corba o per la seua equació. El sistema de coordenades no es fixa prèviament, depèn de la natura de la corba que es vol representar.

En els tractats de Lacroix, les coordenades s'alliberen de la rigidesa que imposen els extrems de les magnituds a les abscisses i sobretot a les aplicades; es desprenen dels extrems i conserven, de les seues predecessores, únicament la distància o longitud de les magnituds.

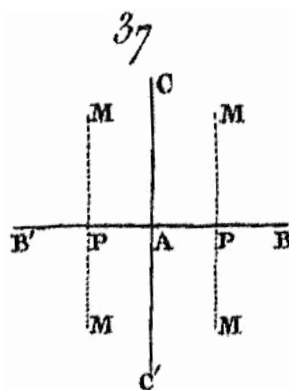


FIGURA 8. Representació de punts al pla en el *Traité Élémentaire de Trigonométrie*.

$$\text{pour le point } M \text{ de l'angle } \left\{ \begin{array}{l} BAC, \dots \left\{ \begin{array}{ll} + AP & \text{ou } + x \\ + PM & + y \end{array} \right. \\ B'AC, \dots \left\{ \begin{array}{ll} - AP & - x \\ + PM & + y \end{array} \right. \\ B'AC', \dots \left\{ \begin{array}{ll} - AP & - x \\ - PM & - y \end{array} \right. \\ BAC', \dots \left\{ \begin{array}{ll} + AP & + x \\ - PM & - y \end{array} \right. \end{array} \right.$$

FIGURA 9. Conveni d'oposició de signes en el *Traité Élémentaire de Trigonométrie*.

En el *Traité Élémentaire de Trigonométrie* les coordenades són un parell de valors que es representen en el pla (Fig. 8) mitjançant distàncies (longitud d'una magnitud) seguint la direcció dels eixos fixats prèviament i mesurats des de l'origen segons el conveni d'oposició dels signes (Fig. 9).

Les coordenades determinen la posició d'un punt a partir de dos eixos, que fixen la direcció, i un origen que divideix el pla en quatre angles en els quals s'estableix, pel conveni d'oposició de signes, on es representa un punt qualsevol segons els signes de l'abscissa i l'ordenada conjuntament.

Traçat de corbes en el pla

Per tots dos autors, les coordenades són l'instrument que permet realitzar dos processos recíprocs: el traçat per a cada funció-equació d'una línia recta o corba que expresse la seua natura; i l'obtenció, a partir de les relacions geomètriques que s'estableixen en la corba entre les abscisses i les aplicades-ordenades, de l'equació que associa la corba amb la funció.

Com es duu a terme el traçat?

Podríem dir que el que fa Euler en la *Introductio* és construir una taula il·limitada de valors, valors que no són parells ordenats de nombres sinó magnituds que es representen, en un sistema de coordenades (generalment perpendiculars) en què s'utilitza un únic eix, mitjançant segments (l'abscissa i l'aplicada) dotats de sentit, i són els extrems de les aplicades els que tracen la corba de la funció. Però és necessari advertir que la corba no es descriu per un punt que es mou, ni és un conjunt de punts.

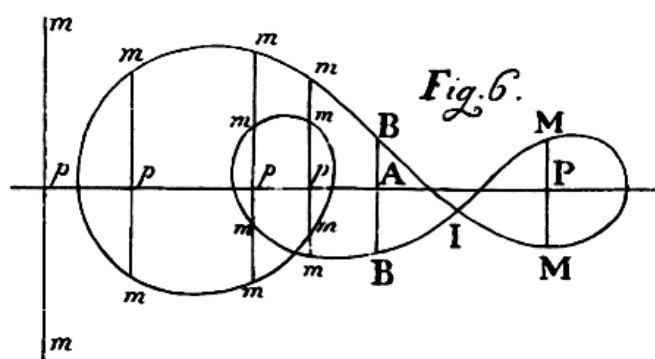
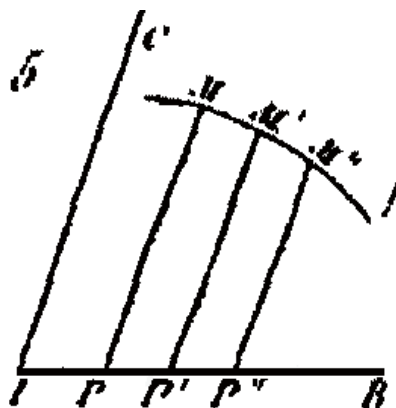


FIGURA 10. Traçat de la corba d'una funció quadriforme en la *Introductio*.

La figura 6 del text d'Euler (Fig. 10) representa la corba d'una funció quadriforme en què s'observa que a cada abscissa li corresponen quatre aplicades, o dues o cap o es reuneixen en una. Quan s'obtenen per a l'aplicada valors imaginaris, aquests no proporcionen punts de la corba.

En el *Traité du Calcul*, Lacroix segueix utilitzant les magnituds per traçar la corba com a lloc geomètric corresponent a una equació. Els valors de x es representen mitjançant segments sobre l'eix d'abscisses la longitud dels quals és el valor de x ; i els valors de y , mitjançant segments segons la direcció fixada a priori, de la recta AC i de longitud el valor de y corresponent. Com en la *Introductio*, són els extrems dels segments PM els punts que donen lloc al traçat de la corba (Fig. 11).

FIGURA 11. Traçat de la corba en el *Traité du Calcul* de Lacroix.

La corba no es descriu com un punt que es mou, però encara que de l'equació solament es puguin obtenir punts aïllats, sempre es podran determinar punts tan immediats com es vulga ja que la variable x pot prendre qualsevol valor i per tant la diferència entre dos valors de x podrà ser tan xicoteta com es desitge, com exposa en el *Traité Élémentaire de Trigonométrie*.

Però, a més, en el *Traité du Calcul* Lacroix elabora una taula de valors per construir la corba per punts, amb el propòsit de conèixer-la millor. Punts els valors dels quals es calculen en l'equació corresponent i es representen en el pla, en un sistema de coordenades perpendiculars amb dos eixos, mitjançant la longitud de segments i tenint en compte el seu sentit, segons representen valors positius o negatius.

Tenint en compte que el concepte de funció en l'època de Lacroix no és el concepte actual, veiem com representa la corba d'equació:

$$y^4 - 96a^2y^2 + 100a^2x^2 - x^4 = 0$$

per a $a = 1$.

En aïllar y de l'equació $y^4 - 96y^2 + 100x^2 - x^4 = 0$ s'obtenen les quatre expressions següents en funció de y (Fig. 12):

$$\begin{array}{ll} y = \sqrt{48a^2 + \sqrt{x^4 - 100a^2x^2 + 2304a^4}} \dots (1), & y = \sqrt{48 + \sqrt{x^4 - 100x^2 + 2304}} \dots (1) \\ y = \sqrt{48a^2 - \sqrt{x^4 - 100a^2x^2 + 2304a^4}} \dots (2), & y = \sqrt{48 - \sqrt{x^4 - 100x^2 + 2304}} \dots (2) \\ y = -\sqrt{48a^2 + \sqrt{x^4 - 100a^2x^2 + 2304a^4}} \dots (3), & y = -\sqrt{48 + \sqrt{x^4 - 100x^2 + 2304}} \dots (3) \\ y = -\sqrt{48a^2 - \sqrt{x^4 - 100a^2x^2 + 2304a^4}} \dots (4). & y = -\sqrt{48 - \sqrt{x^4 - 100x^2 + 2304}} \dots (4) \end{array}$$

FIGURA 12. Branques de la corba d'equació $y^4 - 96y^2 + 100x^2 - x^4 = 0$.

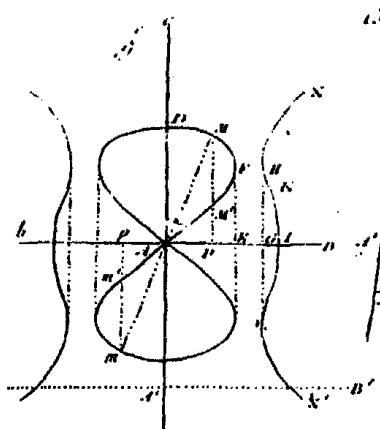
expressions que donaran lloc a quatre branques semblants dues a dues, (1) i (3); i (2) i (4). Per açò serà suficient considerar les equacions (1) i (2) per elaborar la taula de valors (Fig. 13) que faran conèixer millor la figura de la corba.

La taula s'elabora donant successivament a x els valors 1, 2, 3, 4, etc., i calculant els valors de y per aproximació.

Lorsque $x=$													
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	etc.
l'équation (1) donne $y=$													
9,798	9,744	9,582	9,302	8,887	8,289	6,928	imagin.	6,928	8,698	9,798	10,845	11,872	etc.
et l'équation (2) donne $y=$													
0	1,021	2,045	3,076	4,125	5,224	6,928	imagin.	6,928	4,510	0	imagin.	imagin.	etc.

FIGURA 13. Taula de valors de la corba d'equació $y^4 - 96y^2 + 100x^2 - x^4 = 0$.

A partir de la taula representa gràficament la funció (Fig. 14),

FIGURA 14. Corba de la funció d'equació $y^4 - 96y^2 + 100x^2 - x^4 = 0$.

en què s'aprecia que quan s'obtenen per a y valors imaginaris, els valors de la taula no proporcionen punts de la corba.

Com obtenir l'equació a partir del curs de la corba?

Als tres tractats, corbes diferents donen origen a equacions diferents; però equacions diferents, donada l'arbitrarietat del sistema de coordenades, no tenen per què donar origen a corbes diferents. L'establiment d'uns eixos absoluts comporta el fet que una mateixa corba pugui estar representada per diferents equacions, en funció de la posició de la corba respecte dels eixos.

Per determinar quines equacions estan associades a una mateixa corba cal obtenir les equacions de canvi de coordenades, les quals proporcionaran les equacions generals dels diferents tipus d'equacions (funcions).

Euler dedica moltes pàgines en la *Introductio* a l'obtenció de les equacions de canvi de coordenades i les utilitza per obtenir l'equació general de la recta. Lacroix, per la seva banda, obté l'equació general de la recta com l'equació d'un lloc geomètric referit a un sistema de coordenades prèviament fixat fent servir les propietats geomètriques de les magnituds.

Obtenció de l'equació de la recta en la *Introductio*

Euler fa servir les equacions de canvi de coordenades per obtenir l'equació general de la recta. Les equacions generals de canvi de coordenades establertes prèviament per Euler són:

$$\begin{aligned}x &= mu + nt - f \\y &= nu - mt - g\end{aligned}$$

que es corresponen a les equacions que actualment escriuríem:

$$\left. \begin{aligned} x &= u \cdot \sin q + t \cdot \cos q - f \\ y &= u \cdot \cos q - t \cdot \sin q - g \end{aligned} \right\}$$

El significat dels paràmetres de les equacions generals d'Euler es pot veure comparant l'expressió d'Euler amb l'expressió actual. Una anàlisi més detallada es pot veure en Navarro i Puig (2011).

En el cas de la recta, el canvi de coordenades que farà Euler és un canvi d'eix, l'equació del qual és $y = nu - mt - g$. L'equació de la recta l'obtindrà simplement substituint y per a .

En efecte, comença considerant la recta LN paral·lela a l'eix RS (Fig. 15).

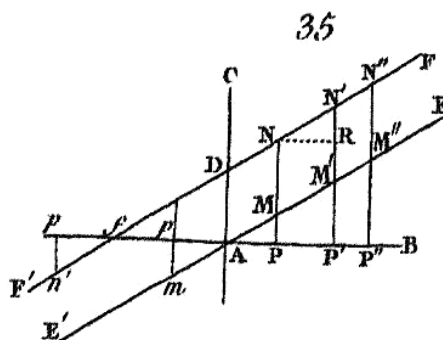


FIGURA 15. Equació de la recta en la *Introductio*.

S'observa que l'aplicada PM sempre és una magnitud constant, independentment d'on se situe l'origen d'abscisses. Anomena a dita magnitud a i per tant l'equació de la recta paral·lela a l'eix RS és $y = a$.

L'equació general de la recta s'obté substituint y per a en l'equació de canvi de l'eix RS per l'eix rs :

$$y = nu - mt - g$$

on $DG = g$; sinus de l'angle, $ODs = m$; cosinus de l'angle, $ODs = n$; l'abscissa, $DQ = t$; i l'aplicada, $MQ = u$.

És a dir, $nu - mt - g - a = 0$

Equació general de la recta que finalment expressa com a: $\alpha u + \beta t + b = 0$.

Obtenció de l'equació de la recta en el *Traité Élémentaire de Trigonométrie*

1r. Equació de la recta que passa per l'origen.

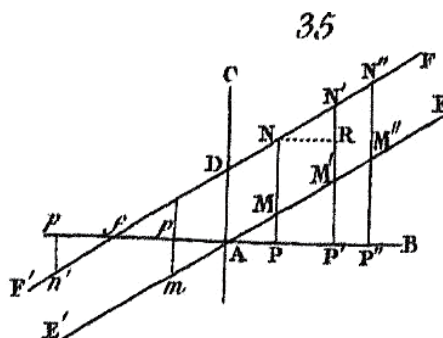


FIGURA 16. Equació de la recta en el *Traité Élémentaire de Trigonométrie*.

Lacroix considera la recta AE tirada pel punt A (Fig. 16), aleshores, totes les perpendiculars PM , $P'M'$, $P''M''$..., baixades sobre la línia AB , determinen una sèrie de triangles APM , $AP'M'$, $AP''M''$..., tots semblants entre si, per tant:

$$\frac{PM}{AM} = \frac{P'M'}{AP'} = \frac{P''M''}{AP''} = \text{etc.}$$

Anomena a la raó de semblança i per tant es compleix:

$$PM = a \times AP; P'M' = a \times AP'; P''M'' = a \times AP'', \text{ etc.}$$

La variable x comprén tots els valors de les abscisses AP ; i la variable y , totes les ordenades PM ; per tant, l'equació de la recta que passa per l'origen de coordenades és:

$$y = ax$$

2n. Equació general de la recta $y = ax + b$.

Lacroix fa un estudi sistemàtic de la recta que inclou: equació general de l'equació de la recta per a valors positius de les incògnites, interpretació de la constant a , condició de paral·lisme, tall amb l'eix d'ordenades, equació general de l'equació de la recta per a valors negatius de les incògnites, tall amb l'eix d'abscisses, equació general de la recta, equació de la recta que passa per dos punts, equació de la recta que passa per un punt donat i que forma un angle qualsevol amb l'eix x , distància entre dos punts, longitud d'un segment de la recta, equació de la recta paral·lela a una recta donada i que passa per un punt donat, condició de perpendicularitat, intersecció de dues rectes, distància d'un punt a una recta i angle entre dues rectes.

D'aquest estudi referirem només els punts que ens condueixen a l'obtenció de l'equació general de la recta.

De totes les equacions entre dues indeterminades la més simple és la del primer grau, pertany a la línia recta, la més simple de totes les línies. Aquesta equació pot representar-se per $Cy = Ax + B$; dividint-la per C no perdrà generalitat, i fent $\frac{A}{C} = a$, $\frac{B}{C} = b$, s'obté $y = \frac{A}{C}x + \frac{B}{C}$, o $y = ax + b$.

Encara que poguérem pensar que la generalitat d'aquesta equació és tal com l'entenem en l'actualitat no és del tot cert, ja que en la construcció inicial tant les incògnites com les constants representen exclusivament quantitats positives i només es parla de la recta en el primer quadrant. Immediatament Lacroix prolonga la línia donant a x valors negatius i per subratllar que s'està considerant valors negatius escriu l'equació de la forma $y = -ax + b$, és a dir, per indicar que x és negatiu no escriu x sinó $-x$.

Aleshores, l'equació general de la recta serà $y = ax + b$, si x és positiva; però $y = -ax + b$, si x és negativa. Cada vegada que fa referència al fet que les incògnites poden prendre qualsevol valor, aquest valor és positiu; i si vol subratllar que el valor és negatiu hi anteposa el signe $-$. A més, ens recorda de nou que si l'abscissa (ordenada) representa un valor positiu de la incògnita x (y), es representa a la dreta (per sobre) de l'origen de coordenades i se simbolitza per AP ; si l'abscissa representa un valor negatiu de x , es representa a l'esquerra de l'origen de coordenades i se simbolitza per Ap .

Davant d'aquest plantejament podríem dir que una de les majors aportacions, en l'època (l'obra) de Lacroix, respecte a la representació gràfica de funcions o de llocs geomètrics en el pla mitjançant les coordenades cartesianes consisteix en el reconeixement i justificació de l'ús de les quantitats negatives en la representació gràfica de funcions, ja que es reconeix que la forma de la gràfica de la funció depèn en gran manera de l'ús de les quantitats negatives; és més, no es pot obtenir la forma completa d'una línia si no es fan servir les quantitats negatives.

Referències bibliogràfiques

BOYER, C. (2007), *Historia de la matemàtica* (3^a reimpressió), Madrid, Alianza Editorial.

CONTRERAS, M.; MONZÓ, O.; PUIG, L. (eds.), *Actes de les IX Jornades d'Educació Matemàtica de la Comunitat Valenciana* (Vol. I), València, Societat d'Educació Matemàtica de la Comunitat Valenciana «Al-Khwārizmī», 225-242.

EULER, L. (1748), *Introductio in analysin infinitorum* (2 vol.), Lausanne, Marcum-Michaelem Bousquets y Socios.

EULER, L. (1796), *Introduction a l'analyse infinitésimale* (Vol. 1), Paris, Chez Barrois.

EULER, L. (1797), *Introduction a l'analyse infinitésimale* (Vol. 2), Paris, Chez Barrois.

EULER, L. (2000), *Introducción al análisis de los infinitos*, Sevilla, SAEM «Thales», Real Sociedad Matemática Española.

KLEIN, F. (2006), *Matemática elemental desde un punto de vista superior. Aritmética, Álgebra, Geometría*, Tres Cantos, Nivola.

LACROIX, S. F. (1797), *Traité de calcul différentiel I* (première édition), Paris, Duprat.

LACROIX, S. F. (1807), *Traité élémentaire de trigonométrie rectiligne et d'application de l'algèbre à la géométrie* (quatrième édition), Paris, Courcier.

LACROIX, S. F. (1820), *Tratado elemental de trigonometría rectilínea y de la aplicación del álgebra a la geometría* (sexta edición), Madrid, En la Imprenta Real.

NAVARRO, M.; PUIG, L. (2011), «L'herència d'Euler: coordenades cartesianes i traçat de corbes al volum II de la *Introductio in Analysyn infinitorum*». A:

SCHUBRING, G. (1987), «On the Methodology of Analysing Historical Textbooks: Lacroix as Textbook Author», *For the Learning of Mathematics*, **7**, 41-51.

SIERRA, M. (1997), «Notas de historia de las matemáticas para el currículo de secundaria». A: RICO, L. (ed.), *La educación matemática en la enseñanza secundaria*, Barcelona, Horsori/Universitat de Barcelona/ICE, 179-194.

LA RESOLUCIÓN D'IGUALACIONES ALGEBRAICAS I L'ARBRE ANALÍTIC EN EL *COMPENDIO MATEMÁTICO* DE TOMÀS VICENT TOSCA (1651-1723)

JOSEP M. NÚÑEZ ESPALLARGAS; JORDI SERVAT SUSAGNE

DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES I LA MATEMÀTICA. UNIVERSITAT DE BARCELONA.

Paraules clau: àlgebra, Tomàs V. Tosca, ensenyament de la matemàtica

Resolution of Algebraic Equations and the Analytic Tree in the *Compendio matemático* of Tomàs Vicent Tosca (1651-1723)

Summary: *The Compendio matemático of Tomàs Vicent Tosca (Valencia: 1651-1723) is a work of great interest for the history of mathematics teaching in our country, not only for the role he had as a textbook and as a reference for very different professionals in the first half of the Enlightenment century, but also for the today's teachers interested in learning about the evolution of mathematics teaching. In this paper we discuss some aspects of the chapters dedicated to algebra to help the student to understand the evolution of this knowledge, from the early sixteenth century algebraic works to the modernity represented by the texts of the late eighteenth and early nineteenth centuries. Issues such as symbols, terminology and conceptualization are discussed. Also the criteria used in the classification of equations and, especially, the author's methods for solving equations, showcasing its empirical character. Finally, we highlight the «analytical tree», which is a method of presenting a diagram of the process followed in solving systems of equations with several unknowns, reminding the descriptiv-dialectical methods developed by the French philosopher and mathematician Petrus Ramus in the sixteenth century.*

Key words: algebra, Tomàs V. Tosca, mathematic teaching

Quan es fa història de l'ensenyament de les matemàtiques, un recurs molt útil a l'aula és la presentació de situacions didàctiques preses directament de textos clàssics. D'aquestes situacions en podem extreure informació per conèixer millor l'evolució de les tècniques matemàtiques que han conduït a les versions actuals, i també les alternatives que en el seu moment no van tenir continuació. Tot això ens permet reflexionar i tenir una visió més àmplia sobre el plantejament metodològic actual en l'ensenyament de les matemàtiques (Núñez & Servat, 2000).

En aquesta línia, una obra que suscita el nostre interès, perquè estava dirigida a un públic general i també perquè cobria un ampli camp científic, és el *Compendio matemático* de Tomàs Vicent Tosca. Aquest text és especialment rellevant des d'una perspectiva històrica perquè es va publicar en una època, a principis del segle XVIII, situada cronològicament entre els primers grans textos matemàtics publicats a la Península des de mitjan segle XVI i part del XVII (com els de Pedro Nunes, Ortega, Pérez de Moya, Caramuel, etc.) i les obres clàssiques publicades cap a la meitat del segle de les llums i principis del segle XIX (com les de Bails, Juan Justo García, Ciscar o Vallejo).

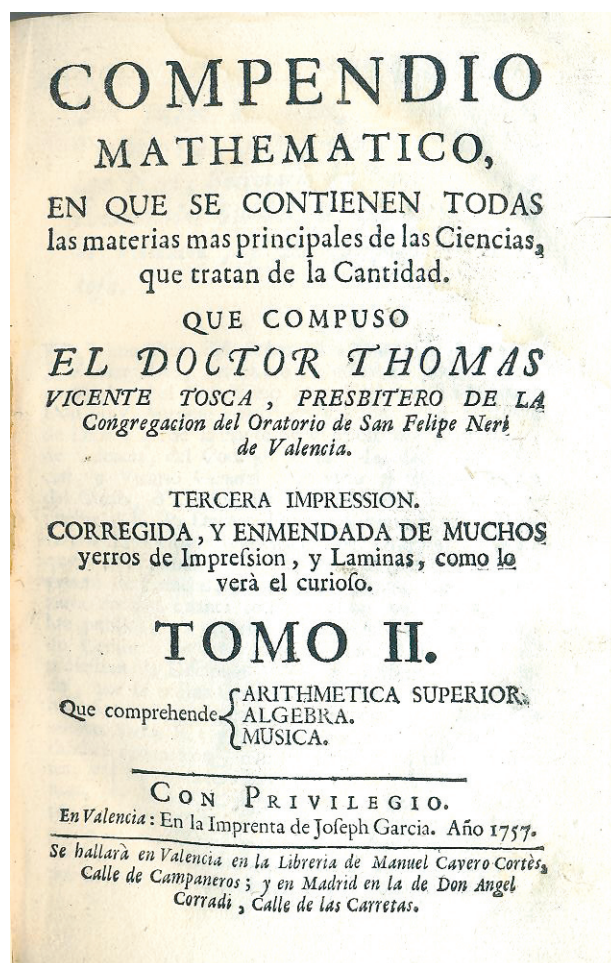
Tomàs Vicent Tosca va néixer a València en plena època del Barroc (1651) i va morir el 1723. Va seguir estudis de teologia, que li van permetre ser ordenat sacerdot i rebre un presbiterat a la Congregació de l'Oratori de Sant Felip Neri de València. Això li va proporcionar els recursos suficients i el temps lliure necessari per dedicar-se a les seves diferents aficions, entre les quals destacaven, sens dubte, les matemàtiques. Sense entrar en detall en la seva biografia, que és prou coneguda, cal destacar el seu paper com a cofundador (juntament amb els també matemàtics Baltasar Iñigo i Joan Baptista Corachan), el 1686, del moviment dels *novators* i el seu interès per l'ensenyament de la ciència. L'any 1697 va crear a les seves pròpies dependències de la congregació una mena d'acadèmia oberta, que va funcionar fins al 1717, en la qual oferia les seves classes.

Respecte a l'obra escrita, només assenyalarem les seves dues obres fonamentals, que tenen, totes dues, un caràcter enciclopèdic: el *Compendio matemático*, en nou volums, començat el 1709 i acabat el 1715, que abasta tant les diferents branques de la matemàtica com d'altres ciències afins, i el *Compendium philosophicum* (1721), en cinc volums, que recull el seu pensament filosòfic, d'enfocament clarament empirista i antiescolàstic.

El *Compendio matemático* va ser una obra de consulta molt utilitzada per estudiants i professionals, com ho testifiquen les diverses reimpressions que se'n van fer al llarg de mig segle, fins que les obres de Bails el van substituir per la modernitat que aportaven. Aquí ens ocuparem només de l'àlgebra que trobem en el tom II (Fig. 1).

Aquest tom II s'inicia amb el tractat IV, que tracta del que l'autor anomena *aritmètica superior*, part de l'aritmètica dedicada a les *potestats* (potències) i a les arrels de nombres enters i fraccionaris. Aquest tractat serveix de preparació per al següent, el tractat V, anomenat «De l'Àlgebra o Art Analítica». El tom II conclou amb un altre tractat, el VI, dedicat a la música especulativa i pràctica.

La primera qüestió que resulta d'interès per al professor és l'ús que l'autor fa dels caràcters i símbols algebràics. Encara que no resulten difícils d'interpretar per a un lector actual, les expressions algebràiques escrites per Tosca no presenten encara l'aparença de la notació moderna que ja utilitzaran, per exemple, Bails i els autors posteriors. Comparem la notació utilitzada per Pérez de Moya al segle XVI en el seu *Arithmética pràctica y especulativa* (cap. II) amb la de Tosca: veiem que el pes i la complexitat del discurs perd terreny a favor de la brevetat simbòlica, i també que el sentit geomètric, que subjau sota el concepte de les diferents potències, tendeix més a l'abstracció moderna.

FIGURA 1. Portada del tom II del *Compendio matemático*.

Caràcters Pérez de Moya	Notació P. M.	Notació Tosca	Notació actual
<i>número</i>	n.	n	n
<i>cosa</i>	co.	a	x
<i>censo</i>	ce.	aa	x^2
<i>cubo</i>	cu.	a3	x^3
<i>censo de censo</i>	cce.	a4	x^4
<i>primer relato</i>	R.	a5	x^5
<i>censo y cubo</i>	cecu.	a6	x^6
<i>segundo relato</i>	RR.	a7	x^7
<i>censo de censo de censo</i>	ccce.	a8	x^8
<i>cubo de cubo</i>	ccu.	a9	x^9

Amb els símbols de les operacions passa una cosa semblant: hi ha una clara tendència a abandonar les abreviatures a favor dels signes. Es passa així de les lletres, que empren autors com Pérez de Moya, a utilitzar símbols molt semblants als actuals. D'aquesta manera, la suma, en lloc de represen-

tar-se amb una creu grega com fem avui en dia, es representa amb una creu llatina ajaguda; la sotracció, amb un traç més allargat que l'actual, però el signe d'igualtat encara és representat amb una lletra, la lletra grega omega majúscula.

Pérez de Moya	Tosca	actual
p. (plus)	$\text{—}+$	+
m. (minus)	—	—
yg. (igual)	Ω	=

Com que l'objectiu que persegueix Tosca en la seva àlgebra és *analitzar* (resoldre) problemes, i els que planteja es transcriuen en la pràctica utilitzant *igualacions* (equacions), la tasca inicial que aborda és la de classificar per enfocar millor la seva resolució. Comença per distingir entre *simples* (equacions de primer grau) i *compostes* (equacions de grau dos o major). També entre *reals* (que admeten solucions) i *impossibles* (que no les admeten) i entre *determinades* (amb un nombre finit de solucions) i *indeterminades* (d'infinites solucions). I com ell mateix diu: «*En los libros siguientes explicaré el modo de resolver todas las sobredichas especies de problemas por las reglas generales, y por otras particulares*» (Llibre II).

Encara que en els diferents exercicis que anirà resolent al llarg de la seva obra apareixen igualacions amb diverses incògnites, així com sistemes amb més d'una igualació, ambdós factors no són tinguts en compte ni li fan modificar la seva classificació d'igualacions inicial.

Un fet que no deixarà de cridar l'atenció a les persones interessades en els aspectes didàctics és l'escassetat, en aquest tractat V dedicat a l'àlgebra, del que avui entenem sota el terme de *problemes*, és a dir, qüestions pràctiques preses de la vida real en les quals s'apliquen els coneixements ensenyats. És cert que abunden al llarg del text els anomenats *problemes* per Tosca, però no són res més que mers exercicis numèrics d'aplicació de les regles explicades. Les úniques excepcions que trobem, totes referides a les igualacions simples, són un nombre reduït de qüestions situades en un context clàssic, que utilitzen personatges de la mitologia i que han estat preses literalment de Caramuel. Si comparem l'obra de Tosca amb la de Pérez de Moya, tan abundant en *demandes* (problemes), tenim, doncs, una altra manifestació d'aquesta tendència a l'abstracció que hem observat en altres parts de l'obra (Núñez & Servat, 2009). Potser, conscient d'aquest enfocament, Tosca prefereix anomenar l'àlgebra *art analítica* (seguint Prestet), com si volgués insistir davant el lector més en la importància dels mètodes i procediments que en les seves possibles aplicacions.

Malgrat l'interès didàctic que tenen, aquí no podem descriure ni comentar totes les etapes que segueix Tosca en la resolució dels diferents tipus d'igualacions que va plantejant en la seva obra; només apuntarem algunes indicacions d'interès docent.

Per a la resolució de les equacions compostes (de segon grau o major) amb una sola incògnita Tosca descriu dos mètodes. El primer és el que l'autor anomena «*de partición*» i es basa en els *Nouveaux Elements de Mathématiques* (1675), de Jean Prestet, encara que més simplificat per evitar la tediosa casuística d'aquest autor. Tosca parteix de l'observació empírica que multiplicant entre si repetidament binomis de la forma $x - a = 0$ s'obtenen «*igualaciones con segunda potestad*» (equacions de segon grau), «*igualaciones con tercera potestad*», i així successivament. Analitzant els coeficients i signes dels termes de les igualacions obtingudes després d'aquests productes, indueix regles generals

per determinar no només el nombre de solucions d'una igualació del mateix tipus que l'estudiat, sinó també el valor i el signe d'aquestes solucions. Aquest mètode és el que, perfeccionat, encara utilitzem en l'ensenyament amb el nom de regla de Ruffini i permet, com és ben sabut, descompondre un polinomi en producte de binomis.

El segon mètode, que Tosca denomina «*de substitución*», el pren prestat del *Traité d'Algebra* (1690) de Michel Rolle i consisteix a donar valors a la incògnita i observar el signe del nombre obtingut en substituir el valor en l'equació, de manera que al llarg de diferents aproximacions successives aconseguim que aquest nombre sigui zero i arribem, per tant, a la solució de l'equació. Observem que aquest mètode el coneixem avui com la regla de Newton perquè va ser aquest autor el primer que el va exposar públicament, tot i que Rolle fos el primer a publicar-lo.

Quan no és una, sinó que són diverses les equacions que hem de resoldre, Tosca proposa utilitzar el mètode de «*igualación y substitución*» per reduir el nombre de variables i d'equacions. Aquesta metodologia és la que utilitza també per analitzar l'últim dels problemes que presenta als lectors amb nombres enters (segueix un breu capítol dedicat als problemes amb nombres fraccionaris) i que és també, formalment, el més complex:

$$\begin{array}{lcl} v^3 - 6vv + 11v - 6 = 0 & v^3 - 6v^2 + 11v - 6 = 0 \\ yy - 8y + v + 10 = 0 & y^2 - 8y + v + 10 = 0 \\ zz - 4z + y + v = 0 & z^2 - 4z + y + v = 0 \end{array}$$

Resol les igualacions amb la metodologia explicada en les pàgines anteriors, i aconsella utilitzar un «*árbol analítico*» per poder visualitzar millor el procés seguit en aquests casos complexos: «*Para proceder con buen orden, y sin perturbación en las operaciones sobredichas, singularmente cuando son más de dos las igualaciones, convendrá mucho se dispongan éstas en forma de árbol*» (Llibre VI) (Fig. 2).

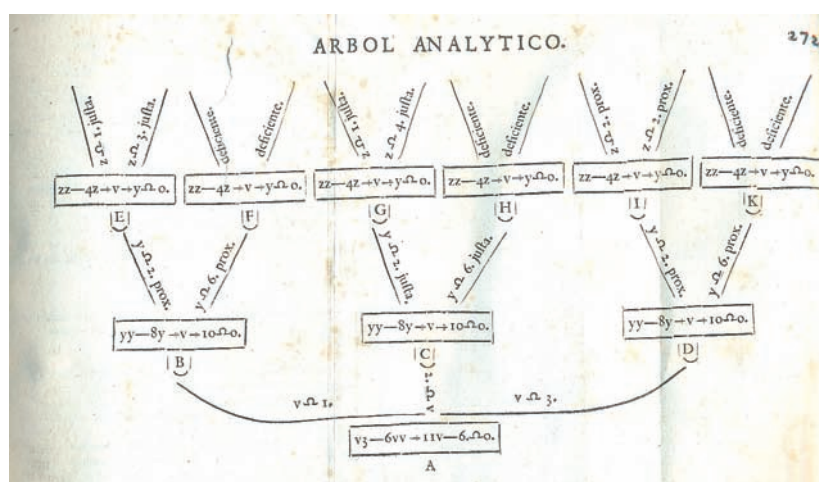


FIGURA 2. Arbre analític de Tosca.

Encara que la idea de l'arbre analític Tosca l'ha pres de Rolle —aquest autor l'anomena «*l'arbre de retour ou de direction*»—, i fins i tot l'exemple està pràcticament calcat (Rolle, 1690: 188), és interessant observar que aquesta manera de presentar el procés resolutiu dels sistemes d'equacions és poc usual en els textos de matemàtiques peninsulars. La veritat és que la influència directa o indirecta de Petrus Ramus (1515-1572) sembla bastant perceptible en aquesta qüestió, per no dir en el ma-

teix enfocament empíric que subjau en els mètodes resolutius que hem comentat. Aquest autor, filòsof i matemàtic, va publicar a mitjan segle XVI un text, *Scholarum mathematicarum libri unus et triginta* (1569), que es pot considerar el primer llibre de didàctica de la matemàtica occidental (Núñez & Grau, 1999). Com a filòsof havia atacat durament l'escolasticisme medieval d'arrel aristotèlica, i, com a matemàtic, en aquesta obra va criticar la utilització dels *Elements* d'Euclides en l'ensenyament de la matemàtica sense que abans hi hagués una adaptació prèvia a les necessitats dels alumnes. En aquest sentit, va considerar que el mètode logicodeductiu, que tan bons resultats proporcionava en la construcció de la matemàtica, no els havia de donar també, necessàriament, en el seu ensenyament. Per això va proposar utilitzar-lo combinant-lo amb altres mètodes dialecticodescriptius de caràcter empíric, entre els quals destacaven els diagrames en arbre. Precisem que Ramus no va inventar aquests diagrames, que ja eren coneguts i utilitzats per autors anteriors com per exemple Llull, però sí que va ser el primer a ressaltar i impulsar justificadament la seva utilització en l'ensenyament de la matemàtica.

La influència del ramisme a Espanya ha estat relativament poc coneguda, ja que en convertir-se Ramus al calvinisme les seves obres i ensenyaments van ser perseguits per la Inquisició i, per tant, les obres que van persistir van romandre ocultes. Dels dos focus més importants del ramisme a Espanya, que eren les universitats de Salamanca i València, només del primer se n'han fet nombrosos estudis, potser a causa de la popularitat de les actes del judici inquisitorial a què van ser sotmesos un grup de professors de la Universitat de Salamanca. Del nucli ramista de la Universitat de València se n'han fet menys estudis, tot i que actualment comença a despertar l'interès dels investigadors (Barbeito, 2000). D'aquest nucli en destacaven dues figures, Pere Joan Núñez (1522-1602) i Frederic Furió Cerial (1527-1592), pel fet d'haver estat tots dos alumnes de Ramus a París. No tenim coneixement de la pervivència dels ensenyaments d'aquest nucli valencià en el temps ni del seu entroncament, si n'hi va haver, amb grups d'intel·lectuals posteriors, com per exemple els *novators* o altres, però creiem que és, sens dubte, un camp de recerca prometedor. Perquè si bé és cert que podem trobar algunes investigacions sobre la influència del ramisme en la filosofia, la retòrica i fins i tot en l'ensenyament de la gramàtica en terres peninsulars, no hi ha treballs sobre la presència de les idees ramistes en l'ensenyament de les ciències i de la matemàtica en particular.

En conclusió, el *Compendio matemático* de Tomàs Vicent Tosca ofereix abundant i suggeridora informació tant al professor desitjós de conèixer l'evolució de les idees i els processos matemàtics en el nostre país, com a l'investigador interessat a treballar línies de coneixement poc estudiades.

Referències bibliogràfiques

BARBEITO, P. (2000), *Pedro Juan Núñez, humanista valenciano*, València, Generalitat Valenciana.

NÚÑEZ, J. M.; GRAU, A. (1999), «Petrus Ramus (1515-1572) y su concepción renovadora de la enseñanza de las matemáticas», *Revista de Educación*, **318**, 165-173.

NÚÑEZ, J. M.; SERVAT, J. (2000), «Els recursos històrics en l'ensenyament de la matemàtica». A: *Actes de les V Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, SCHCT, 129-134.

NÚÑEZ, J. M.; SERVAT, J. (2009), «Estructura i context en una col·lecció de problemes de geometria del segle XVI: les "demandes" de Juan Pérez de Moya», *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica, Nova Època*, **2** (1), Barcelona, SCHCT, 419-426.

PÉREZ DE MOYA, J. (1569), *Arithmética práctica y especulativa*, Alcalá, Casa de Andrés de Angulo.

PRESTET, A. (1695), *Nouveaux elements des mathematiques ou principes generaux de toutes les sciences qui ont les grandeurs per objet*, París, André Palard.

RAMUS, P. (1569), *Scholarum mathematicarum libri unus et triginta*, Basilea, Eusebium Episcopium et Nicolai Fratris haeredes.

ROLLE, M. (1690), *Traité d'algebre ou principes generaux pour resoudre les questions de mathematique*, París, Estienne Michallet.

TOSCA, T. V. (1757), *Compendio matemático en que se contienen todas las materias más principales de las ciencias que tratan de la cantidad*, València, Imprenta de Joseph Garcia, tom II.

ANÀLISI DE MATERIALS D'HISTÒRIA DE LA MATEMÀTICA PER A L'AULA

FÀTIMA ROMERO VALLHONESTA; M. ROSA MASSA ESTEVE

DEPARTAMENT DE MATEMÀTICA APLICADA I. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA.

Paraules clau: *història de la matemàtica, Eratòstenes, raó àuria, meridià terrestre, Le Corbusier, curs «Història de les matemàtiques i de les ciències per a l'ensenyament a secundària»*

Analyses of History of Mathematics material for the classroom

Summary: In this paper we analyze some aspects of capstone projects done by teachers during the academic years 2009-2010 and 2010-2011 in the course «History of Mathematics and Science for Secondary Education» that was part of the training plan of in-service teachers of the Institute of Education Sciences at the Polytechnic University of Catalonia. These capstone projects consist in designing an activity related to the introduction of the history of mathematics in the classroom, that teachers should have implemented and where they should have emphasized basic skills that students are intended to achieve. The aim of these analyses is to bring new elements of reflection for helping in the design and implementation in the classroom of resources on history of mathematics, which should be well integrated into the curriculum.

Key words: history of mathematics, Eratosthenes, golden ratio, meridian earth, Le Corbusier, course «History of Mathematics and Science for Secondary Education»

Introducció

En aquest article analitzarem alguns aspectes dels treballs finals que realitzen els professors participants en el curs telemàtic «Història de les matemàtiques i de les ciències per a l'ensenyament a la secundària», que forma part del Pla de Formació de l'Institut de Ciències de l'Educació de la Universitat Politècnica de Catalunya. Aquests treballs finals consisteixen en el disseny d'activitats d'aprenentatge de les matemàtiques a partir de contextos històrics. Els professors han de presentar l'experiència de la implementació a l'aula de l'activitat que han dissenyat, en la sessió final del curs, que és presencial.

L'objectiu d'aquesta anàlisi és aportar elements de reflexió sobre el disseny i la implementació a les aules de recursos sobre la història de les matemàtiques que puguin complementar el currículum.

La història de la matemàtica per a la millora de l'ensenyament de les matemàtiques

La visió de les matemàtiques com un producte acabat, construït a base de teoremes i raonaments abstractes aïllats de la realitat, que tenen alguns alumnes quan acaben l'ensenyament obligatori, s'ha d'intentar canviar. L'estudi de contextos històrics que permetin a l'alumnat veure la relació de les matemàtiques amb altres disciplines i també amb molts aspectes de la realitat que ens envolta pot contribuir a aquest canvi.

La història ens mostra que les matemàtiques s'han emprat per resoldre problemes relacionats amb l'activitat humana i per donar significat al món.¹ També, a nivell internacional, els historiadors de la matemàtica investiguen en aquesta línia per poder millorar l'ensenyament de les matemàtiques (Barbin, 2000; Demattè, 2006). Així doncs, saber història de la matemàtica pot contribuir a millorar el seu ensenyament de dues maneres: proporcionant als alumnes una visió diferent de la matemàtica i facilitant-ne el seu aprenentatge.

El professorat coneixedor de la història de la matemàtica tindrà elements al seu abast per transmetre als alumnes una percepció de la matemàtica com a ciència útil, dinàmica, humana, interdisciplinària i heurística. Podrà mostrar-los també una característica rellevant de la matemàtica: ser considerada com una activitat cultural. La història mostra que les societats avancen com a resultat de l'activitat científica de les diferents generacions, i la matemàtica, que és una part fonamental d'aquest procés, pot ser presentada com una activitat intel·lectual que ha contribuït a resoldre els problemes que cada període històric ha plantejat. A la vegada, les influències culturals i socials en el progrés de la matemàtica proporcionen als professors una visió d'aquesta disciplina com una matèria que evoluciona en funció del temps i el lloc on es desenvolupa, la qual cosa li confereix un valor addicional.²

A part de donar a l'alumnat una visió més global i diferent de les matemàtiques, el coneixement de la història d'aquesta disciplina permetrà al professorat la utilització de casos històrics com a recurs per millorar la transmissió i l'assoliment dels continguts matemàtics i també per actuar de revulsiu en aquells casos en què l'alumne no troba motivació en la matemàtica.

Per poder portar a terme aquesta implementació de la història de la matemàtica a l'aula, els professors han de tenir una formació adequada. Com que la història de la matemàtica com a disciplina ha aparegut recentment i només com a matèria optativa en els cursos corresponents als estudis de

1. La història, a més, ens permet observar que les parts de la matemàtica s'han anat forjant en una reiterada interacció aplicació-desenvolupament. Així, la geometria que va néixer per mesurar, va evolucionar amb els problemes de mesures; la trigonometria es va anar desenvolupant per resoldre problemes d'astronomia i també de navegació; l'àlgebra, que va rebre l'impuls en solucionar problemes, especialment d'aritmètica mercantil, al Renaixement, més tard va ser una eina imprescindible en la resolució de problemes geomètrics i de teoria de nombres, etc. Sense cap mena de dubte, tots aquests coneixements històrics faran també que s'enriqueixi la tasca docent i la formació matemàtica dels professors.

2. No tan sols com a professors, sinó com a matemàtics, la història de la matemàtica ens aporta també una millor comprensió dels fonaments i de la naturalesa de la matemàtica. La història de la matemàtica proveeix els amants d'aquesta ciència d'elements de comprensió més profunda dels conceptes i tècniques matemàtics d'ús quotidià a les nostres aules. Ens ajuda a comprendre com i per què s'han format les diferents branques de la matemàtica: l'anàlisi, l'àlgebra, la geometria..., les seves diferents interrelacions i les relacions amb les altres ciències (Massa, 2003; Massa & Romero, 2011).

grau, el curs telemàtic de formació permanent adreçat als professors i que impartim des de fa dos anys vol cobrir aquesta mancança.

Els treballs finals del curs telemàtic de formació permanent

L'objectiu d'aquest curs telemàtic és la formació del professorat de matemàtiques per tal que pugui utilitzar la història de la disciplina que imparteix com a eina didàctica, tant per contextualitzar un tema com per dissenyar activitats d'aprenentatge més enllà de les anècdotes sobre alguns matemàtics que solen contenir els llibres de text.

De fet, des de 2007 aquesta formació esdevé molt necessària ja que en el darrer decret de currículum, de 26 de juny de 2007, el Departament d'Ensenyament reconeix la importància de la història de les matemàtiques en incloure continguts d'història en els diferents cursos de l'ESO i el batxillerat. Després de la relació dels continguts de cada curs i amb el títol «Contextos històrics» es dona una llista de possibles aproximacions històriques relacionades amb els continguts dels diferents cursos.

Els continguts del curs telemàtic de formació del professorat de matemàtiques abracen des de l'Antiguitat fins al segle XVII, període en el qual es desenvolupen la major part dels conceptes matemàtics que es treballen a secundària. Es presenten cronològicament quatre grans períodes de la història de la matemàtica que es consideren essencials: la Matemàtica a l'Antiguitat (Fig. 1), de la Ciència àrab a les àlgebres Renaixentistes, la Revolució Científica i la Matemàtica Moderna. Aquests continguts es troben seqüenciats en una pàgina web que s'ha dissenyat amb aquesta finalitat i a cada sessió es pot accedir al material que consisteix en fragments de textos originals o de fonts secundàries que el professorat participant en el curs haurà d'analitzar seguint unes pautes concretes.³ També s'hauran de resoldre alguns exercicis i enviar-los als professors mitjançant una plataforma «moodle», i d'altres, que consistiran en la participació en fòrums de discussió.

D000: Ciència i tècnica a través de la història

Bloc de matemàtiques
Mòdul 1: Les matemàtiques a l'antiguitat

Activitat 1 Activitat 2 Activitat 3 Per saber-ne més Exercicis Recursos per a l'aula

Objectius

- Conèixer les aportacions matemàtiques de la civilització babilònica.
- Relacionar les instruccions per resoldre les equacions de les tauletes cuneïformes a fi de reconèixer els canvis més significatius.
- Valorar la demostració geomètrica del Teorema de Pitàgores dels *Elements* d'Euclides.
- Aprendre els procediments dels papirs egipcis per resoldre equacions de primer grau.
- Reconèixer el paper jugat per la ciència grega i en concret pels *Elements* d'Euclides en el desenvolupament de les matemàtiques.

Continguts

Els continguts que es treballen en aquest mòdul són els següents:

1. Les tauletes cuneïformes
2. Els papirs egipcis
3. Les matemàtiques gregues

FIGURA 1. Continguts del mòdul 1 de matemàtiques.⁴

3. S'empren textos rellevants traduïts o, si és possible, els originals (Struik, 1969; Fauvel & Gray, 1987; Calinger, 1995).

4. Aquesta portada correspon a la primera versió del curs titulada: «Ciència i tècnica a través de la història» (Curs 2009-2010). Podeu consultar els materials a: <http://www.xtec.cat/formaciociv/dvdfomacio/materials/tdcdec/index.html>.

La darrera de les activitats del curs és la realització d'un treball que ha de consistir en el disseny i l'experimentació d'una activitat històrica a l'aula que contribueixi a l'assoliment de les competències bàsiques i els continguts de la qual estiguin relacionats amb el currículum del curs corresponent. Es recomana també que els professors adjuntin una fitxa descriptora de l'activitat que inclogui els continguts treballats, les competències implicades, el curs recomanat i la temporització indicativa (vegeu Annex 2). La fitxa pot ajudar altres professors a decidir-se o no per la tria de l'activitat corresponent. S'ha de dissenyar també un qüestionari perquè els alumnes amb els quals s'experimenta l'activitat la valorin. El professorat mateix també n'ha de valorar la realització i fer propostes de millora si escau. El curs telemàtic de formació permanent clou amb una sessió presencial en la qual els participants han d'exposar aquests treballs realitzats. La taula que trobareu a l'Annex 1 mostra els títols dels treballs, que abracen temàtiques molt diverses, presentats en les dues darreres edicions del curs, així com la temporització indicativa, el curs per al qual estan dissenyats i les principals competències que s'hi treballen, en els casos en què els autors ho indiquen.

Anàlisi de dos treballs finals

En aquesta secció analitzem dos treballs d'entre els que va presentar el professorat de matemàtiques que va seguir aquest curs telemàtic d'història de la ciència en la modalitat de matemàtiques. La tria dels dos treballs s'ha fet valorant la idoneïtat del treball i l'originalitat de la proposta.

A l'hora de triar els textos històrics als quals s'haurà de donar la forma d'activitats per portar a l'aula, s'ha de tenir en compte que han de contribuir a l'aprenentatge de les matemàtiques i no únicament al coneixement de la història d'alguna idea o concepte. Per això, s'haurà de tenir molt present el currículum del curs en el qual es vulgui implementar l'activitat.

La mesura indirecta de la longitud del meridià terrestre amb el mètode d'Eratòstenes⁵

Aquest treball està pensat per realitzar-lo amb alumnat de 3r d'ESO i la durada prevista és de 3 sessions.

S'hi concreta primer la contribució del treball a l'assoliment de la competència matemàtica i també a l'assoliment de la resta de competències. Com a exemple de la contribució del treball a l'assoliment de la competència matemàtica cal valorar la necessitat i utilitat de fer mesures indirectes així com l'aplicació de tècniques de càlcul i la utilització d'instruments diversos per calcular distàncies a llocs inaccessibles o per determinar les dimensions d'objectes molt grans. Pel que fa a la resta de competències podríem destacar la contribució de l'activitat a l'assoliment de la competència en el tractament de la informació i de la competència digital mitjançant la recerca d'informació a Internet i l'ús del mapa Google Earth per buscar longituds i latituds geogràfiques.

Es justifica la temàtica escollida per la motivació que pot suposar per a l'alumnat el càlcul d'aquesta mesura i s'hi concreten els objectius didàctics. En el currículum de matemàtiques, tant en l'ensenyament primari com en el secundari, els continguts de la matèria estan repartits en els cinc blocs següents: numeració i càlcul, mesura, espai i forma, canvi i relacions i probabilitat i estadística. L'autora del treball considera que l'activitat proposada podria estar a cavall entre els blocs de mesura i espai i forma. A part d'aquesta justificació de l'autora, aquesta activitat desenvolupa una part d'un

5. El treball va ser presentat el curs 2010-2011 per Inés Gueorguieva, professora de l'INS Jonqueres de Sabadell.

dels contextos proposats per a 2n curs de l'ESO en el decret de currículum, amb el títol «Mesures del meridià terrestre: d'Eratòstenes (Alexandria) al naixement del metre».

Tot seguit descrivim el desenvolupament de l'activitat en tres sessions. Abans de la primera sessió, els alumnes hauran d'haver buscat informació a Internet sobre Eratòstenes i l'hauran d'haver resumit en una pàgina aproximadament. A l'aula es posarà en comú aquesta informació, s'explicaran els objectius de l'activitat i els alumnes llegiran un text, que l'autora adjunta en el treball, on s'explica el mètode d'Eratòstenes per calcular el radi de la Terra. Un cop llegit el text, els alumnes hauran de fer un glossari amb les paraules que desconeixien i plantejaran dubtes que es resoldran amb l'ajuda de la professora.

Les altres dues sessions es dedicaran a la realització de l'experiment que es portarà a terme en una aula i al pati de l'institut, i per al qual s'haurà de fer servir material divers del qual l'autora fa una relació. Els alumnes hauran de fer un informe, seguint un model, en el qual faran constar els resultats que han anat obtenint així com les dificultats trobades.

Els passos a seguir són: a) La determinació de les coordenades de l'institut fent servir el programa Google Earth; b) La determinació de les coordenades del punt situat sobre el tròpic de Càncer i que té la mateixa longitud geogràfica que l'institut; c) El càlcul de la distància entre aquests dos punts⁶ proporciona la distància entre dos punts sobre la superfície terrestre quan se'n coneixen les coordenades geogràfiques; d) El muntatge del material per a la realització de les mesures tenint molta cura per tal de mantenir-ne la integritat i mesurar amb la màxima precisió possible. Es tracta de col·locar el gnòmon en posició vertical sobre una taula amb l'ajut de la plomada i orientar-lo adequadament amb la brúixola; e) La presa de mesures cada 10 minuts començant un parell d'hores abans del migdia solar local i durant 4 hores. S'ha de fer constar en una taula l'hora en què s'ha fet la mesura i la longitud de l'ombra del gnòmon; f) El càlcul de l'angle entre el gnòmon i els rajos solars a l'hora del migdia solar. Es tracta que els alumnes escullin l'ombra més curta, que correspon al moment en què el sol es troba en el punt més alt del seu recorregut i l'ombra té la direcció nord-sud. L'angle es calcularà a partir del dibuix d'un triangle rectangle semblant al determinat pel gnòmon i la seva ombra. La hipotenusa tindrà la direcció dels rajos solars i s'haurà de mesurar, per tant, l'angle entre la hipotenusa i el catet vertical, que correspon al gnòmon; g) Finalment, es tracta, tal com els alumnes hauran llegit al text introductori a l'activitat, de calcular el quart terme d'una proporció en la qual un dels membres és la raó entre l'angle calculat i la distància entre l'institut i el punt corresponent del tròpic de Càncer. Aquesta raó ha de ser la mateixa que la que relaciona 360° amb la longitud del meridià, que és la que s'obtindrà. A partir d'aquesta longitud, és immediat el càlcul del radi de la Terra utilitzant la fórmula de la longitud d'una circumferència.

El nombre d'or en l'arquitectura moderna: Le Modulor de Le Corbusier⁷

Aquest treball està pensat per realitzar-lo amb alumnes de 2n d'ESO o de 3r d'ESO, segons quan s'hagin treballat la proporció i l'equació de segon grau, i la durada prevista és de 3 sessions.

Es justifica la temàtica escollida per la presència de la proporció àuria en tants aspectes diferents de la nostra vida quotidiana. La professora creu que és un tema capaç de cridar l'atenció a un públic molt divers i també esmenta que l'aparició del nombre d'or en llibres, pel·lícules o sèries recents ha

6. Per calcular aquesta distància s'utilitza la pàgina web: http://www.tutiempo.net/p/distancias/calculador_distancias.html.

7. El treball va ser presentat el curs 2009-2010 per Laia Guardiola Raventós, professora de l'EASD Llotja.

popularitzat el tema. Molts dels alumnes n'han sentit parlar alguna vegada i aquesta és una molt bona característica per introduir aquest tema a l'aula. A més, és fàcil de proposar activitats d'espai i forma que es relacionin amb el nombre d'or.

Per a la correcta realització d'aquesta activitat es requereixen coneixements de dibuix de figures geomètriques elementals i nocions sobre proporció i sobre la resolució de l'equació de segon grau. L'objectiu és que els alumnes aprenguin algunes aplicacions pràctiques de les matemàtiques i les proporcions i construeixin algunes figures geomètriques, entre elles l'espiral.

Pel que fa a les competències, la professora assenyala la capacitat d'arribar a aportar solucions a problemes concrets mitjançant l'ús dels coneixements tècnics adquirits. També es tracta que els alumnes entenguin el procés creatiu. Tot i tractar-se d'un procés aparentment lineal, es veurà que en molts moments serà necessari plantejar-se els passos donats amb anterioritat per aportar solucions a problemes posteriors.

Tot seguit descrivim el desenvolupament de l'activitat en tres sessions. En la primera sessió la professora fa una presentació històrica i matemàtica del nombre d'or calculant explícitament el seu valor. Es pot plantejar la qüestió de dividir un segment en mitja i extrema raó; quant val la raó d'una part al total o del total a una part?

Troben diferents manifestacions del nombre d'or en obres antigues. Així, a Egipte la relació entre l'altura d'una piràmide i la meitat del quadrat de la base segueix la proporció àuria; també en els temples grecs, com ara al Partenó, hi trobem el nombre d'or. Tanmateix, possiblement qui emprà per primera vegada conscientment aquest nombre irracional va ser Euclides en la seva obra *Els Elements* (300 aC). L'època més brillant del nombre d'or va ser el Renaixement italià, ja que l'expressió *proporció divina* va ser creada pel matemàtic Luca Pacioli (1445-1517) en el seu llibre *De divina proportione* el 1509.⁸

O sigui que la relació entre les matemàtiques i l'art és molt antiga, i la recerca de proporcions estèticament complaents en pintura, escultura i arquitectura és present des dels grecs fins als nostres dies, des del cànon de bellesa dels mestres hel·lènics fins als actuals com Escher o Le Corbusier passant per Durero, Da Vinci o Miquel Àngel. El 1948, Le Corbusier escrivia:

«La matemàtica no és pas per a l'artista les diferents branques de les matemàtiques. No es tracta pas necessàriament de càlculs, sinó de la presència d'una reialesa; una llei d'infinita ressonància, consonància i ordre. El rigor és tal que, veritablement, l'obra d'art n'és el resultat, tant si es tracta del dibuix de Leonardo, de l'esfereïdora exactitud del Partenó, comparable en la talla del seu marbre fins i tot amb la de les màquines, de l'implacable i impecable joc de construcció de la catedral, de la unitat que feia Cézanne, com de la llei que estableix en l'arbre l'esplendorosa unitat de les arrels, del tronc, de les branques, de les fulles, de les flors, dels fruits. No hi ha cap atzar dins la natura. Si hom ha entès el que és la matemàtica en el sentit filosòfic del terme, hom pot discernir-la en totes les obres. El rigor, l'exactitud són el mitjà de la solució, la causa del caràcter, la raó de l'harmonia.» (Le Corbusier, 1948: 490)

En la segona sessió es poden proposar els problemes següents on els alumnes hauran de realitzar algunes construccions geomètriques:

8. Per completar la part històrica es pot consultar la pàgina: http://www.groups.dcs.st-and.ac.uk/history/PrintHT/Golden_ratio.html.

- 1) Comprova que el nombre phi Φ (1,61803...) compleix la igualtat: $\Phi^2 = \Phi + 1$.
- 1) Divideix utilitzant regla i compàs un segment donat, en mitja i extrema raó.

També es poden proposar d'altres problemes relacionats amb el rectangle i el triangle auri.⁹

En la tercera sessió es proposen alguns problemes sobre la construcció del pentàgon regular i de les relacions àuries que s'hi poden trobar,¹⁰ i també activitats relacionades amb *Le Modulor*, que va proposar Le Corbusier el 1947. *Le Modulor* es tractava d'un sistema de mesures basat en les proporcions del cos humà. La professora proposa activitats del tipus: 1) Amb l'ajuda d'una cinta mètrica, estudia les relacions de proporcionalitat que s'estableixen en el teu cos. Coincideixen o s'aproximen amb les definides per *Le Modulor*? 2) Utilitzant les sèries definides per *Le Modulor*, estudia quines relacions de proporcionalitat hauria de complir el mobiliari de treball d'una oficina oberta. 3) Fes una proposta de projecte que defineixi una unitat de treball per a una oficina que inclogui un mostrador d'atenció al públic. Defineix les dimensions dels elements i les relacions de proporcionalitat que s'hi estableixen.

Finalment s'hauria de demanar als alumnes una reflexió sobre la relació d'aquesta raó i la natura a fi que comprovin la seva presència en el món que ens envolta.

Elements de reflexió

El coneixement de la història de les matemàtiques permet al professorat el disseny d'activitats per implementar a l'aula molt riques per assolir competències, amb un context que les justifica i amb un grau d'interdisciplinarietat important. Els dos treballs que hem escollit tenen un contingut geomètric destacat, que és un dels aspectes amb més marge de millora a l'educació secundària segons evidencien els resultats de les proves externes que realitza l'alumnat d'aquesta etapa.

Si bé al professorat participant en el curs no li és gens fàcil la tria de l'activitat que constitueix el treball final, i encara menys el seu disseny, la majoria manifesten que han après molt i que la implementació de l'activitat a l'aula ha estat molt satisfactòria. Un dels motius d'aquesta satisfacció ha estat captar l'atenció d'algun alumne al qual li costava molt seguir una classe més estàndard i així aconseguir que cregués en la seva capacitat d'aprendre matemàtiques. També, el professorat valora positivament el fet de treballar amb una metodologia diferent, que els ha permès avaluar capacitats de l'alumnat que són difícils d'avaluar en altres tipus de sessions.

En relació amb la tria del text o textos històrics a partir dels quals es vol dissenyar l'activitat, cal dir que considerem que no tots són adequats. S'ha de tenir present que no es tracta de fer una classe d'història de les matemàtiques, sinó que es tracta d'utilitzar la història per ensenyar matemàtiques, i

9. Els enuncisats podrien ser del tipus: Donat el nombre d'or (0,61803...) troba un angle tal que el seu sinus o cosinus sigui aquest nombre. Donada la raó $\Phi/2$ troba un angle tal que el seu sinus o cosinus sigui aquest nombre. Construeix amb regla i compàs un rectangle auri, o sigui que els seus costats estiguin en raó àuria. Construeix amb regla i compàs un triangle auri, és a dir, un triangle isòsceles tal que les longituds dels seus costats estiguin en proporció àuria.

10. Altres enuncisats podrien ser: 1) Dibuixa un pentàgon regular i les seves diagonals i busca relacions entre les longituds dels costats i de les diagonals, que valguin Φ . 2) En l'interior d'un rectangle qualsevol dibuixem un triangle, tal que la superfície del rectangle quedarà dividida en quatre triangles (un vèrtex coincideix i els altres dos sobre els costats del rectangle). Si la superfície dels tres triangles nous són iguals, llavors els dos vèrtexs del triangle divideixen el costat del rectangle en mitja i extrema raó. 3) Donada la successió de Fibonacci 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21... on $u_n = u_{n-1} + u_{n-2}$ per a $n \geq 3$, comprova que el límit del quocient entre dos termes consecutius és precisament Φ .

per tant s'ha de pensar quin pes han de tenir la part històrica i la part matemàtica pròpiament dita. Abans de triar una activitat ens hauríem de preguntar què aportarà a la formació matemàtica de l'alumnat i com encaixarà en el currículum del curs corresponent, i quan ens disposem a dissenyar-la hauríem de fer-ho de manera que l'alumnat hagués d'utilitzar un llenguatge matemàtic precís per justificar els resultats que va obtenint o per respondre les qüestions que se li vagin plantejant.

Un altre aspecte a tenir en compte és l'avaluació de l'activitat. S'han de tenir molt clars els criteris d'avaluació i quines competències es pretén que l'activitat contribueixi a assolir. Els experts en avaluació (Sanmartí, 2007) solen dir que és tan important o més avaluar el procés que l'alumnat ha seguit per aprendre, que els continguts apresos, i, en aquest sentit, amb activitats del tipus que proposem es pot seguir força bé el procés d'aprenentatge de l'alumnat identificant-ne les dificultats.

La utilització de contextos històrics vinculats amb el currículum i curosament triats com a punt de partida per a la realització d'activitats, justifica la seva realització i contribueix a què els alumnes entenguin que les matemàtiques existeixen més enllà de les aules i estan perfectament inserides en el món que ens envolta.

Finalment, caldria també que el text triat contribuís a la visió de les matemàtiques com una activitat intel·lectual que s'ha anat desenvolupant a cada època, no d'una manera aïllada, sinó relacionada amb les preocupacions i problemes de cada període històric.

Referències bibliogràfiques

BARBIN, E. (2000), «Integrating history: research perspectives». A: FAUVEL, J.; VAN MAANEN, J. (eds.), *History in mathematics education: the ICMI study*, Dordrecht, Kluwert, 63-66.

CALINGER, R. (ed.) (1995), *Classics of Mathematics*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.

DEMATTE, A. (2006), *Fare matematica con i documenti storici. Una raccolta per la scuola secondaria de primo e secondo grado*, Trento, Editore Provincia Autonoma di Trento – IPRASE del Trentino.

FAUVEL, J.; GRAY, J. (eds.) (1987), *The History of Mathematics: A Reader*, Londres, MacMillan.

LE CORBUSIER (1962, 1a ed. 1948), «L'architecture et l'esprit mathématique». A: LE LIONNAIS, F. (ed.), *Les Grands Courants de la pensée mathématique*, Paris, Albert Blanchard, 480-491.

MASSA ESTEVE, M. R. (2003), «Aportacions de la història de la matemàtica a l'ensenyament de la matemàtica», *Biaix*, **21**, 4-9.

MASSA ESTEVE, M. R.; ROMERO, F. (2011), «La formació del professorat de matemàtiques en història de la matemàtica». A: GRAPÍ, P.; MASSA ESTEVE, M. R. (eds.), *Actes de la VI Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament «Antoni Quintana Marí»*, Barcelona, SCHCT-IEC, 89-96.

SANMARTÍ, N. (2007), *Evaluar para aprender*, Barcelona, Ed. Graó (Ideas Clave; 10).

STRUICK, D. J. (1969), *A Source Book in Mathematics, 1200-1800*, Princeton, Princeton University Press.

Referències web

http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/history/PrintHT/Golden_ratio.html

http://www.tutitempo.net/p/distancias/calcular_distancias.html

<http://www.xtec.cat/formaciotic/dvdformacio/materials/tdcdec/index.html>

ANNEX 1

Títol	Curs	Temporització	Competències implicades
El Triangle de Pascal	4t d'ESO	4 sessions	Matemàtica (alguns aspectes)
El triangle aritmètic de Pascal	4t d'ESO	1 sessió	No s'especifiquen
Demostració de la incommensurabilitat entre la diagonal i el costat d'un quadrat	3r d'ESO	No s'especifica	Matemàtica Aprendre a aprendre Comunicació lingüística Expressió cultural i artística
El teorema de Pitàgores	2n d'ESO	No s'especifica	Matemàtica Expressió cultural i artística Autonomia i iniciativa personal Coneixement i interacció amb el món físic
Una activitat amb el teorema de Pitàgores	2n d'ESO	No s'especifica	Matemàtica Aprendre a aprendre Comunicació lingüística Autonomia i iniciativa personal
Els orígens de l'àlgebra simbòlica	3r d'ESO	1 sessió	Matemàtica Expressió cultural i artística Autonomia i iniciativa personal Coneixement i interacció amb el món físic Comunicació lingüística i audiovisual Aprendre a aprendre Tractament de la informació i competència digital
La mesura indirecta de la longitud del meridià terrestre amb el mètode d'Eratòstenes	3r d'ESO	3 sessions	Matemàtica Expressió cultural i artística Autonomia i iniciativa personal Coneixement i interacció amb el món físic Comunicació lingüística Aprendre a aprendre Tractament de la informació i competència digital Social i ciutadana
Pitàgores i Liu Hui	3r d'ESO	4 sessions	Matemàtica Expressió cultural i artística Comunicació lingüística Aprendre a aprendre Tractament de la informació i competència digital
El teorema de Tales	2n d'ESO	No s'especifica	No s'especifiquen

Títol	Curs	Temporització	Competències implicades
Diofant. L'equació de la seva vida	2n d'ESO	6 sessions	Matemàtica Autonomia i iniciativa personal Tractament de la informació i competència digital
Aritmètica a l'Antic Egipte	Segon cicle d'ESO	1 o 2 sessions	Expressió cultural i artística Comunicació lingüística Aprendre a aprendre Autonomia i iniciativa personal Social i ciutadana
Sobre el joc dels daus	No s'especifica	No s'especifica	Comunicació lingüística Autonomia i iniciativa personal Expressió cultural i artística
El càlcul de probabilitats	No s'especifica	No s'especifica	No s'especifiquen
Pràctica. El mesurador trigonomètric	No s'especifica	No s'especifica	S'hi especifiquen però no són les estàndards
Les matemàtiques en el món àrab	No s'especifica	5 sessions	No s'especifiquen
Demostracions històriques de la geometria en Autocad	4t d'ESO	No s'especifica	Expressió cultural i artística Comunicació lingüística Aprendre a aprendre Autonomia i iniciativa personal Social i ciutadana

ANNEX 2

Títol de l'activitat	
Autor/a	
Continguts principals	
Referències al currículum	
Competències implicades	
Tipus d'agrupament aconsellat	
Curs recomanat	
Temporització indicativa	
Connexions amb altres àrees	

LA INTRODUCCIÓN DEL CONCEPTO DE FOTÓN EN EL BATXILLERAT¹

FRANCISCO SAVALL ALEMANY;¹ JOSEP LLUÍS DOMÈNECH;² JOAQUÍN MARTÍNEZ TORREGROSA³

¹ IES NÚM. 1 DE XÀBIA.

² IES ANTONI LLIDÓ DE XÀBIA.

³ UNIVERSITAT D'ALACANT.

Paraules clau: *ensenyament problematitzat, física quàntica, fotó*

The introduction of the photon concept in higher secondary school

Summary: *Analysing the history of the introduction of the photon concept and its treatment in physics textbooks we conclude that the photon concept is taught in the higher secondary school without taking into account the historical problems that it had to overcome, which makes students learning difficult.*

Key words: *problem-based teaching and learning, quantum physics, photon, textbooks*

Introducció i plantejament del problema

Si es fa una revisió a la investigació en didàctica de la ciència es constata que el fracàs de l'ensenyament científic afecta tots els camps de la ciència, tant a nivell d'ensenyament secundari com universitari. Per superar aquest fracàs s'ha apuntat la conveniència de plantejar l'ensenyament com un procés de resolució de situacions problemàtiques d'interès (Rocard *et al.*, 2007; NSES, 1996). Nosaltres concretem aquesta proposta en allò que anomenem *model d'ensenyament per investigació dirigida* (Gil, 1993), la principal característica del qual és l'estructura problematitzada de la seqüència d'activitats.

1. Aquest article hauria d'haver estat publicat a les Actes de la, VI Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament, corresponents a la Jornada celebrada els dies 20 i 21 de novembre de 2009.

Per dissenyar l'estructura problematitzada d'un tema l'equip de professors ha de tindre un coneixement profund de la matèria a tractar, i això requereix prendre consciència, entre d'altres aspectes, dels problemes que estan en l'origen dels conceptes a estudiar, com han evolucionat fins a l'estat actual i quines van ser les dificultats que van haver de superar (Osuna *et al.*, 2007). Adquirir dita informació requereix un estudi històric i epistemològic realitzat amb *intencionalitat didàctica* i amb coneixement pràctic sobre els alumnes i l'aula, amb la finalitat que siga útil per ensenyar i aprendre (Duit *et al.*, 2005; Furió *et al.*, 2006; Verdú, 2004).

Nosaltres intentarem mostrar que això està lluny de ser així en el cas de la física quàntica. Començarem, per tant, amb una anàlisi històrica de la problemàtica que va portar a la introducció del concepte de fotó i de les dificultats que es van haver de superar fins a la seua acceptació. A la llum d'aquesta revisió històrica realitzarem una posterior anàlisi de la forma en què s'introdueix el concepte de fotó en l'ensenyament habitual. Per fer-ho utilitzarem els llibres de text de les principals editorials en tant que constitueixen el material curricular d'ús més extens entre els docents.

Problemes històrics lligats a l'acceptació del concepte de fotó

Hipòtesi de quantització de l'energia

El concepte de *quàntum* apareix per primera vegada en 1900 de la mà de Planck en donar una interpretació de l'espectre d'emissió del cos negre. L'impacte inicial de la hipòtesi de Planck, consistent a considerar discontinua l'energia dels oscil·ladors que formaven la paret del cos negre tot mantenint el caràcter continu de l'energia de la radiació, va ser bastant limitada. La dificultat per acceptar la discontinuïtat en l'energia provenia del convenciment que els processos naturals són de naturalesa contínua, condició necessària per mantindre la relació causa-efecte o per seguir emprant el càlcul diferencial i integral (Holton, 1987: 644).

Hipòtesi del quàntum de llum

Einstein va donar en 1905 una explicació de l'efecte fotoelèctric proposant que el quàntum produït per l'emissor no es distribuïx per tot el front d'ona sinó que la llum consisteix en un flux de quanta localitzats en punts de l'espai, que es mouen sense dividir-se i que poden ser absorbits sols en unitats completes (Stachel, 2001: 156). Cal dir, però, que la proposta inicial d'Einstein no introduïa un model de partícules per a la radiació. Einstein parlava en 1905 de quàntums d'energia, entenent aquest com un tros d'energia (Pais, 1984: 362, 405, 410; Navarro, 2009).

Dificultats per acceptar la hipòtesi del quàntum de radiació

Tot i la capacitat explicativa del quàntum de llum posada de manifest per Einstein en l'article de 1905, la comunitat de físics va rebre aquesta hipòtesi amb incredulitat i escepticisme. Açò va ser degut a diversos motius:

- Contradeïa tot allò que se sabia de la propagació dels camps electromagnètics en el buit, la part més coneguda de la teoria electromagnètica de Maxwell, que comptava amb més de 40 anys de resultats experimentals positius (Pais, 1984: 387-389; Navarro, 2004).
- El qüestionament de la continuïtat suposava la impossibilitat d'usar el càlcul diferencial i integral en què es basa la física.

- El suport experimental era molt escàs (Pais, 1984: 389).
- La inconsistència de les noves equacions: no es pot donar significat físic a les magnituds de l'expressió $E = h \cdot \nu$ en tant que el quantum representa un paquet d'energia per al qual és impossible definir una freqüència (Holton, 1987: 654; Bohr, 1964: 42).

El rebuig a la hipòtesi d'Einstein queda patent en 1913 quan, en proposar Einstein per a l'Acadèmia Prusiana de Ciències, Planck, Nerst, Rubens i Warburg indiquen que la seua hipòtesi del quantum de llum és una especulació que no encerta en el blanc.

La manca de suport al quantum de radiació es palesa en l'èxit del model atòmic que en 1913 va proposar Bohr. Per explicar l'espectre de l'hidrogen Bohr defèn que l'electró guanya o perd energia quan passa d'un estat estacionari a un altre emetent o absorbint radiació homogènia «que té les mateixes propietats que aquella que seria emesa d'acord amb la teoria clàssica per una partícula elèctrica que realitza una vibració harmònica» (Bohr, 1922). Aquests esforços per preservar la teoria electromagnètica van portar alguns científics a negar la validesa universal del principi de conservació de l'energia i reduir-lo sols a un principi de caràcter estadístic tot postulant l'existència dins dels àtoms d'un mecanisme per emmagatzemar energia fins que s'havia rebut un quantum (Sánchez Ron, 2001: 397).

Dels quanta de llum als fotons

Tot i que Einstein no atribuïa en 1905 un caràcter corpuscular als quanta lluminosos no va tardar molt de temps en defensar eixa possibilitat. Així, en 1909 va proposar, no sense manifestar grans dubtes, que els camps electromagnètics estaven associats a «quanta singulars» (Sánchez Ron, 2001: 180). Tot i això, no és fins al 1916 que parla per primera vegada del moment lineal dels quanta (Pais, 1984: 411).

Els primers fets experimentals sòlids apareixen en 1915 quan Millikan va comprovar experimentalment la validesa de l'equació d'Einstein. No obstant això, Millikan indicava que la concepció corpuscular de la radiació a partir de la qual Einstein obté l'equació encara estava lluny de considerar-se vàlida (Millikan, 1924). Aquesta posició era, a més, generalitzada, i així ho demostra el fet que el premi Nobel de 1921 se li atorgue a Einstein «pels serveis a la física teòrica i especialment pel descobriment de la llei de l'efecte fotoelèctric», no per la idea del quantum de llum (Navarro, 2009).

La prova definitiva a favor del caràcter corpuscular dels quanta la va proporcionar Compton en donar una explicació satisfactòria del fenomen que posteriorment rebria el seu nom. Analitzant els raigs X dispersats per electrons lliures va arribar a la conclusió que la disminució de la freqüència de la radiació dispersada no podia ser explicada per l'electromagnetisme clàssic. La interpretació de Compton va posar de manifest experimentalment que la radiació és portadora de moment lineal i que en la interacció entre un quantum de radiació i un electró es compleixen les lleis de conservació relativistes de l'energia i el moment (Sánchez Ron, 2001: 338). Va demostrar, a més, que l'energia $h \cdot \nu$ era absorbida també per partícules lliures i no sols pels electrons atòmics, la qual cosa convertia la quantització de l'energia en una característica de la radiació.

Ara bé, tot i l'acceptació generalitzada del fotó lluminós per part de la comunitat científica, el problema referent a la naturalesa de la llum estava lluny d'estar tancat. Einstein escrivia que «ara hi ha almenys dues teories de la llum, les dues imprescindibles i —com cal admetre tot i els 20 anys d'enormes esforços per part dels físics teòrics— sense connexió lògica alguna» (Pais, 1984: 416).

Procediments i resultats

A la llum del procés històric, hem elaborat una xarxa d'anàlisi (Fig. 1) per contrastar en quina mesura en l'ensenyament es tenen en compte les dificultats que va haver de superar la teoria quàntica fins a arribar a l'acceptació del concepte de fotó.

1. En introduir la hipòtesi de Planck s'indica que la distribució d'energia de la radiació és contínua.
2. En l'explicació de l'efecte fotoelèctric s'utilitza el concepte de quàntum, no el de fotó.
3. Es dóna compte del rebuig que va rebre la hipòtesi quàntica d'Einstein.
4. S'assenyala el caràcter contradictori de l'expressió $E = h \cdot \nu$.
5. En l'explicació de l'emissió i absorció de radiació mitjançant el model de Bohr es considera que la llum és de naturalesa ondulatoria.
6. S'indica que l'efecte Compton suposa la confirmació del caràcter corpuscular dels quanta, és a dir, dels fotons.
7. Es posa en relleu el caràcter problemàtic que suposa l'existència de dos models per a la radiació.

FIGURA 1. Xarxa d'anàlisi per a llibres de text sobre l'acceptació del concepte de fotó.

Seguint aquests criteris analitzem les unitats de física quàntica i estructura atòmica de catorze llibres de física de segon de batxillerat. Els resultats obtinguts es mostren en la taula següent (Fig. 2):

Ítem	En donen compte	No en donen compte
1	2	12
2	1	13
3	3	11
4	0	14
5	2	12
6	3	11
7	0	14

FIGURA 2. Resultats obtinguts en analitzar la manera com els textos introdueixen el concepte de fotó.

Conclusions i perspectives

Podem concloure que en l'ensenyament habitual de la física quàntica el concepte de fotó s'introdueix sense tindre en compte les dificultats històriques que va haver de superar. Considerem absurd que uns coneixements contraintuïtius com el fet que la radiació està formada per partícules, que va costar vint-i-cinc anys d'acceptar per part de la comunitat científica, puguin ser adquirits amb comprensió pels estudiants si se'ls dóna un tractament aproblemàtic. El disseny d'un programa-guia o seqüència d'activitats que contemple les dificultats històriques que va haver de superar el concepte de fotó i la posada a prova amb grups d'alumnes de l'educació secundària superior és ara el nostre objectiu, del qual esperem donar compte en futurs treballs.

Referències bibliogràfiques

- BOHR, N. (1922), *The structure of the atom. Nobel lecture*, http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1922/bohr-lecture.html (darrer accés: 15.09.09).
- BOHR, N. (1964), *Física atómica y conocimiento humano*, Madrid, Difusión Científica, Aguilar.
- DUIT, R.; GROPENGLIEBER, H.; HATTMANN, U. (2005), «Towards science education research that is relevant for improving practice: The model of educational reconstruction». A: FICHER, H. E. (ed.), *Developing Standards in Research on Science Education*, Leiden, Taylor & Francis, 1-9.
- FURIÓ, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, J. (2006), «Enseñanza de los conceptos de "cantidad de sustancia" y de mol basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada», *Enseñanza de las ciencias*, **24**, (1), 43-58.
- GIL-PÉREZ, D. (1993), «Contribución de la Historia y Filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación», *Enseñanza de las Ciencias*, **11**, (2), 197-212.
- HOLTON, G. (1987), *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*, Mollet del Vallès (Barcelona), Editorial Reverté.
- MILLIKAN, R. A. (1924), *The electron and the light-quant from the experimental point of view*, http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1923/millikan-lecture.pdf (darrer accés:15.09.09).
- NSES (National Science Education Standards, (1996), <http://www.nsta.org/publications/nses.aspx> (darrer accés:15.09.09).
- NAVARRO VEGUILLAS L. (2004), «Einstein y los comienzos de la física cuántica: de la osadía al desencanto», *Investigación y Ciencia*, **338**, 38-48.
- NAVARRO VEGUILLAS, L. (2009), «Einstein», *Investigación y Ciencia*, **396**, 96.
- OSUNA GARCÍA, L. et al. (2007), «Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica geométrica en educación secundaria», *Enseñanza de las Ciencias*, **25**, (2), 277-294.
- PAIS, A. (1984), «El Señor es sutil...» *La ciencia y la vida de Albert Einstein*, Barcelona, Ariel.
- ROCARD, M. et al. (2007), *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe. European Commission*, <http://ec.europa.eu/research/science-society> (darrer accés:15.09.09).
- SÁNCHEZ RON, J. M. (2001), *Historia de la física cuántica. I. El período fundacional (1860-1926)*, Barcelona, Crítica.
- STACHEL, J. (2001), *Einstein 1905: Un año milagroso*, Barcelona, Crítica.
- VERDÚ CARBONELL, R. (2004), *La estructura problematizada de los temas y cursos de física y química como instrumento de mejora de su enseñanza y aprendizaje*, Memoria presentada para optar al Grado de Doctora en Ciencias Físicas por Rafaela Verdú Carbonell; dirigida por Joaquín Martínez Torregrosa, València, Universitat de València.

FONTS HISTÒRIQUES PER A L'APRENENTATGE DE LA CIÈNCIA: L'AUTOBIOGRAFIA DE CHARLES R. DARWIN

CRISTINA SENDRA MOCHOLÍ;¹ ÓSCAR BARBERÁ MARCO;¹ JOSÉ MARÍA SANCHIS BORRÀS²

¹ DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS I SOCIALS.
FACULTAT DE MAGISTERI. UNIVERSITAT DE VALÈNCIA.

² IES LES ALFÀBEGUES. BÉTERA, VALÈNCIA.

Paraules clau: *Charles Darwin, autobiografia, ciències de la natura, teoria de l'evolució per selecció natural*

Historical sources for science learning: the autobiography of Charles Darwin

Summary: *The authors propose the autobiography of Charles Darwin as an instrument for science learning: a way to analyse how Darwin arrived at the theory of evolution by natural selection and how Darwin developed his passion for the natural world. In conclusion, Darwin's autobiography can be a wonderful tool to know more about the nature of science, scientific inquiry and scientific attitudes.*

Key words: *Charles Darwin, autobiography, natural science, evolution by natural selection*

«Hi ha llibres que, tot just comences a llegir-los, ja notes que l'aire t'entra més endins que no d'habitud (...). Llavors sospires: has trobat una ànima que et parla.»

RAQUEL RICART, *El quadern d'Àngela*, 2010.

Introducció

L'*Autobiografia* de Charles Darwin, el gran revolucionari del pensament biològic al segle XIX, és, sens dubte, un d'aquests llibres que llegeixes amb un somriure dibuixat als llavis i amb la ment disposada a escoltar tot allò que l'autor ha deixat escrit.

Els autors hem fet ús d'aquesta font històrica a les aules amb la finalitat de facilitar l'aprenentatge de diversos continguts científics als nostres alumnes, sobretot d'aquells continguts més relacionats amb els processos de construcció dels coneixements científics. També l'hem emprada per posar de manifest l'eina tan fabulosa que proporciona el pensament evolutiu per entendre els éssers vius i la vida. Tot açò ens ha proporcionat l'*Autobiografia*, a través d'unes paraules senzilles i aclaridores, les que cada vesprada entre la primavera i l'estiu de 1876, abans d'amagar-se el Sol, escrivia Charles Darwin.

L'*Autobiografia*

«Records sobre el desenvolupament de la meua ment i el meu caràcter», amb aquesta frase Charles Darwin va començar la seua autobiografia. Com hem assenyalat, la va redactar, principalment, entre maig i agost de 1876, quan comptava amb 68 anys. Cada vesprada, metòdicament, escrivia durant més o menys una hora. Després, fins a la fi de la seua vida, conforme li arribaven els records, li va anant afegint algunes pàgines més en els llocs adients. Encara que, segons conta Darwin, la idea d'escriure-la va ser d'un editor alemany, l'*Autobiografia* va ser, al mateix temps, un escrit destinat a la seua família, als seus fills i néts, segurament amb la intenció de mostrar-los el que ell considerava els principals esdeveniments que van contribuir al desenvolupament del seu pensament. No obstant això, també Darwin va aprofitar aquests fulls autobiogràfics per mostrar una imatge respectable de si mateix. Com assegura Janet Browne, Darwin va mantenir el seu cor fermament en privat. L'*Autobiografia* no va ser més que una disfressa, on va relatar només allò estrictament necessari per comprendre la seua vida (Browne, 2008: 19). I, així i tot, Darwin va escriure unes pàgines plenes de reflexions i que ens endinsa en la seua vida personal i científica.

Sis anys després de la mort de Darwin, un dels seus fills, Francis Darwin, va publicar l'autobiografia junt a una compilació d'altres textos i cartes de Charles Darwin amb el títol *The Life and Letters of Charles Darwin* (1887). Junt amb el seu fill, tota la família i, especialment, la seua dona, Emma Darwin, van participar en la revisió del text. Van decidir excloure frases, fins i tot paràgrafs sencers, del text original, sobretot aquelles parts que feien referència a qüestions relacionades amb la religió van ser esborrades (Domínguez, 2008: 7). Amb la publicació de l'autobiografia, la família va pretendre restablir la imatge pública de Charles Darwin i evitar qualsevol polèmica (Secord, 2008: 18-19).

L'autobiografia censurada va ser l'única versió coneguda fins que el 1958, amb motiu del centenari de la publicació de l'*Origen*, la néta de Charles Darwin, Nora Barlow, va publicar una nova edició sense omissions a partir del manuscrit original que es conserva a la biblioteca de la Universitat de Cambridge. Al mateix temps, l'estudiós rus de la vida i l'obra de Darwin, Samuil Lvovich Sóbol, també editava a Moscou l'autobiografia original en rus (Pruna, 1987: 6; Secord, 2008: 19).¹

Fins a la dècada de 1980, no comptaríem amb una edició de l'autobiografia sense omissions en castellà. I fins a la fi de la primera dècada del segle XXI, les grans editorials espanyoles continuarien (i moltes encara continuen) publicant l'edició censurada.

Les edicions utilitzades

Hem utilitzat dues edicions de l'*Autobiografia* de Darwin. En primer lloc, van fer ús de l'única edició en castellà, d'abans de la celebració del bicentenari del naixement de Charles Darwin i del 150è

1. Tant Pedro M. Pruna com James A. Secord coincideixen a assenyalar l'edició russa com la primera autobiografia publicada sense censure al text original de Darwin.

aniversari de la publicació de l'*Origen*, sense censures: la realitzada per l'Academia de Ciencias de Cuba i publicada a La Habana el 1986. Els responsables d'aquesta edició van utilitzar tant l'edició anglesa de Nora Barlow com l'edició russa de Samuil Lvovich Sóbol. A diferència de l'edició de Barlow que fa referència als passatges censurats a la fi de l'autobiografia, aquesta edició cubana va presentar les omissions assenyalades directament en el text, entre claudàtors [...]. Concretament, nosaltres vam fer ús de la reproducció de l'edició cubana que va publicar l'editorial Alta Fulla a Barcelona el 1987.

El 2008, amb motiu del bicentenari del naixement de Darwin, la revista *Mètode* de la Universitat de València va publicar la traducció al català de l'*Autobiografia* a partir de l'edició anglesa de Nora Barlow. Des d'aleshores, hem utilitzat aquesta edició.

Així mateix, hem emprat sovint la plana web titulada *The Complete Work of Charles Darwin Online*² per aconseguir il·lustracions i fotografies sobre la vida i l'obra de Darwin.

Les paraules de Charles Darwin a l'aula

«...Mai es recomanarà prou la lectura directa dels textos originals (...). L'escola i la universitat haurien de servir per fer-nos entendre que cap llibre que parli d'un altre llibre diu més que el llibre en qüestió; en canvi, sembla que es fa tot el possible per fer-nos creure el contrari» (Calvino, 1991: 15-16).

Aquestes paraules d'Italo Calvino representen molt bé el que vam pretendre dur endavant amb els alumnes de l'assignatura obligatòria de primer curs de l'antiga llicenciatura de Ciències Biològiques de la Universitat de València, «Introducció a la història del pensament biològic», durant el curs acadèmic 2008-2009. Per estudiar la vida i l'obra de Darwin, vam proposar als alumnes fer una lectura completa de l'*Autobiografia*. Durant sis setmanes vam dedicar els últims quinze minuts de l'última classe de la setmana a comentar un capítol de l'*Autobiografia* que prèviament els alumnes havien llegit a casa. Va ser una experiència enriquidora i inesperada per als futurs biòlegs: no imaginaven que llegirien un llibre sencer de Darwin, escrit al segle XIX, que els ajudaria a reflexionar, entre altres qüestions, sobre el procés d'elaboració de la teoria de l'evolució per selecció natural. D'aquesta manera, vam reflexionar conjuntament sobre com es va anar gestant la teoria de l'evolució per selecció natural, la teoria que va revolucionar el pensament biològic, a través de les pròpies paraules de Darwin. Així mateix, l'*Autobiografia* els va desvetllar un Darwin que no coneixien, un Darwin que li costava estudiar, que s'avorria a les classes i que, de vegades, feia coses no gaire intel·ligents, com la següent:

«Res del que vaig fer a Cambridge no m'ho vaig prendre amb tantes ganes, ni m'agradà tant, com col·leccionar escarabats (...). Donaré una prova de la meua dedicació: un dia, en arrancar alguna vella escorça, vaig veure dos escarabats i en vaig agafar un amb cada mà; llavors en vaig veure un tercer d'una mena diferent, que no podia deixar escapar, de manera que em vaig posar el que tenia a la mà dreta dins de la boca. Va ejectar alguna mena de líquid intensament acre, que em va cremar la llengua, per la qual cosa vaig haver d'escopir-lo i vaig perdre'l, aquell i el tercer.» (Darwin, 2008: 67-68)

2. <http://darwin-online.org.uk> (darrer accés: 05.11.11).

Finalment, aquests alumnes van redactar un xicotet informe sobre l'*Autobiografia* amb allò que havíem comentat a l'aula i amb les seues aportacions personals.

L'èxit d'aquesta primera experiència va fer que la repetírem amb l'alumnat de postgrau del Màster en Professor/a d'Educació Secundària de l'especialitat de Biologia i Geologia. Aquest màster va començar el curs 2009-2010 a la Universitat de València. Una de les assignatures que el conformen es denomina «Complements de formació disciplinària» i té la finalitat de completar la formació disciplinària dels futurs docents i, almenys en l'especialitat de Biologia i Geologia, entre les disciplines que es tracten de completar es troben la història i l'epistemologia de la ciència. Vam seleccionar diversos textos extrets de l'*Autobiografia* de Darwin i els vam llegir i comentar a l'aula durant una sessió dedicada també a reflexionar sobre com es fa ciència. Com feia ciència Darwin des de la seua casa de Down a Kent? Com investigava? La gran majoria dels nostres alumnes no sabien com respondre aquestes qüestions. A través de les paraules de Darwin vam contestar-les.

Finalment, aquest mateix curs 2011-2012, una selecció de fragments de l'*Autobiografia* de Darwin van ser llegits a l'aula per alumnes de la Universitat de València dels graus de Mestre/a en Educació Primària i en Educació Infantil de l'assignatura de segon curs «Ciències naturals per a mestres». Durant algunes de les sessions dedicades a estudiar la diversitat d'éssers vius, vam reservar uns minuts per a la lectura i els comentaris que ens suggerien diversos fragments de l'*Autobiografia*. Conèixer Darwin, la importància de la seua obra i, sobretot, analitzar com Darwin va desenvolupar la seua passió per les ciències de la natura van ser els nostres objectius. A través de l'*Autobiografia*, vam posar en relleu com, des de ben menut, Darwin col·leccionava petxines, minerals, fulles de plantes...; com la lectura d'un llibre d'un company de l'escola titulat *Meravelles del món* li va fer desitjar viatjar i descobrir països remots; i com una cavalcada per Gal·les, quan només tenia tretze anys, li va desvetllar «un sentiment molt viu davant dels paisatges (...) sentiment que m'ha durat més que qualsevol plaer estètic» (Darwin, 2008: 53-54). Aquestes lectures ens van fer reflexionar sobre com aprofitar la passió per col·leccionar dels més menuts per acostar-los a l'observació de la natura (petxines, fulles, llavors...); i sobre com el descobriment de la bellesa d'un paisatge podia despertar l'estima per la natura dels xiquets (i també dels adults) i, per tant, despertar alhora les ganes de conèixer-la.

En aquestes experiències que presentem hem perseguit, sobretot, que els nostres alumnes gaudisquen llegint les paraules de Darwin i que, posteriorment, reflexionen sobre elles. Per exemple, hem llegit i reflexionat sobre la importància que va tenir per a Darwin el viatge que durant cinc anys va realitzar en el *Beagle* (1831-1836) arreu del món: «l'esdeveniment més important de tota la meua carrera» (Darwin, 2008: 80). Sobre com gràcies al viatge va adquirir l'hàbit d'observar la natura, de descriure al seu *Diari* «amb cura i d'una manera molt viva tot el que veia» (Darwin, 2008: 81): els fòssils d'espècies extingides; la distribució d'espècies al llarg del continent sud-americà; les similituds de les diferents espècies de pinsans i de tortugues gegants que habitaven cadascuna de les illes de l'arxipèlag de les Galápagos. Així mateix, sobre com va començar el primer dels seus quaderns de notes el 1837, poc després de tornar del viatge, convençut que les espècies es modificaven malgrat que encara no sabia com es produïa aquest canvi. Com només quinze mesos després, l'octubre de 1838, llegint el llibre de Malthus, *Essay on the Principle of Population* (1798), per fi va formular la hipòtesi sobre la qual treballaria durant més de vint anys: la selecció natural com a mecanisme de canvi i de formació de noves espècies.

Al mateix temps, fent ús de la biografia sobre Darwin de Janet Browne, hem reflexionat sobre la construcció col·lectiva de la teoria de l'evolució per selecció natural. Encara que Darwin es va traslla-

dar a *Down House* el 1842, va continuar mantenint el contacte amb experts en botànica, en zoologia, en fisiologia, amb professors universitaris, corresponents de les colònies britàniques, jardiniers, colombares, sense oblidar els seus veïns, amics i família. Tots van contribuir, d'alguna manera, en la recollida de dades que sustentaren l'evolució de les espècies a través de la selecció natural. Aquesta tasca de recopilació de dades que donaren suport a la seua hipòtesi es va perllongar durant més de vint anys, fins a la publicació d'*Origin of Species by Means of Natural Selection* (1859). Un gran nombre de persones van col·laborar amb Darwin i el van recolzar després de la publicació: Thomas Huxley, Joseph Hooker, Alfred Russell Wallace, Charles Lyell, Asa Gray van ser prestigiosos homes de ciències que van defensar públicament Darwin i la teoria de l'evolució (Browne, 2008: 19-20).

Conclusions

Fent servir l'*Autobiografia* de Darwin, o si més no d'alguns fragments d'aquesta obra, els autors hem apropiat els nostres alumnes al pensament d'un científic, d'una d'aquelles persones que es dediquen a explicar, fonamentant-se rigorosament en evidències, per què l'Univers, la Terra i els éssers vius són com són. Amb l'*Autobiografia* vam pretendre acostar els alumnes a la part humana de la ciència, aquella que molt sovint oblidem a les classes de ciències, i que ens ajuda a comprendre com es fa ciència: com es produeix el coneixement científic. I es va complir allò que Italo Calvino suggereix al seu assaig: quant més creguem conèixer un autor i les seues contribucions, «tant més nous, inesperats, inèdits resulten en llegir-los de veritat» (Calvino, 1991: 16).

Per finalitzar, unes paraules de Darwin plenes d'humilitat, honestat i saviesa:

«I si hagués de tornar a viure, em posaria una norma consistent a llegir una mica de poesia i escoltar música almenys un cop a la setmana, ja que potser les parts del meu cervell avui atrofiades s'haurien mantingut actives amb l'ús. La pèrdua d'aquestes afeccions és una pèrdua de felicitat, i segurament fa mal a l'intel·lecte, i amb més probabilitat al caràcter moral, i afebleix la part emocional de la pròpia natura.» (Darwin, 2008: 135-136)

Referències bibliogràfiques

BROWNE, J. (2008), *Charles Darwin. Viajes. Una biografía*, València, Universitat de València.

CALVINO, I. (1991), *Por qué leer los clásicos*, Barcelona, Tusquets Editores.

DARWIN, C. (1987), *Autobiografía*, Barcelona, Editorial Alta Fulla.

DARWIN, C. (2008), *Autobiografía*, València, Universitat de València.

DOMÍNGUEZ, M. (2008), «Una doctrina detestable. Introducció». A: DARWIN, C. *Autobiografía*, València, Universitat de València, 7-21.

PRUNA, P. M. (1987), «Prólogo a la edición cubana». A: DARWIN, C. *Autobiografía*, Barcelona, Editorial Alta Fulla, 5-17.

RICART, R. (2010), *El quadern d'Àngela*, València, Tàndem Edicions.

SECORD, J. A. (2008), «Introduction». A: DARWIN, C. *Evolutionarywritings*, James A. Secord (ed.), Oxford, Oxford University Press.

L'ÚS DE «PETITES HISTÒRIES» EN EL CURRÍCULUM DE QUÍMICA

NÚRIA SOLSONA PAIRÓ

UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA.

Paraules clau: *alquímia, receptes, Tapputi, Hildegarda von Bingen, Marie de Gournay*

The use of «Short Stories» of history of science in the curriculum of chemistry

Summary: The use of «Short Stories» of history of science in the secondary school curriculum of chemistry as a scholar material have been revealed very useful at different moments. Especially in chemistry classes, historical texts have been used as a tool in order to explore the previous ideas of students and as an element to illustrate the ideas learned in class. Our proposal is to use the first historical evidence about the production of new substances. This is a stone tablet where is engraved that Tapputi-Belatekallim created the first recorded fragrance, in 1200 bC. We also will work with the alchemists' books of Hildegarde von Bingen, and Marie le Jars de Gournay.

Key words: *alchemy, receipts, Taputti, Hildegarda von Bingen, Marie de Gournay*

La història de la química a l'aula

Un enfocament historiogràfic i didàctic de la història de la química (Izquierdo *et al.*, 2006) permet aprofundir en l'ús de textos històrics a l'aula i en les diferents fonts historiogràfiques. Per això és convenient l'ús de «petites històries» que inclouen textos, narracions i il·lustracions que promouen el desenvolupament de competències científiques rellevants per a l'educació científica; una determinada visió de la naturalesa de la ciència, i actituds i valors científics, amb especial consideració a les aportacions de les dones en la química.

La reconstrucció selectiva del passat i la seva cristallització a través de tota una gamma de rituals sembla contribuir de manera substancial a l'edificació i al

manteniment de la comunitat científica. La història de la ciència s'ha apropiat recentment a l'estudi dels processos pels quals s'estructuren la memòria col·lectiva, la ciència i les científiques, uns temes no habituals i que fins ara no havien format part del seu rang de preocupacions, en una disciplina que es considera la personificació de l'objectivitat. Conèixer la manera com la comunitat científica utilitza la informació històrica i els ritus commemoratius de determinats fets científics consolida una determinada tradició científica, referma la seva identitat i reivindica la prioritat científica. Les científiques —a títol individual o col·lectiu, disciplinari o institucional— han elaborat també una versió de la narrativa des dels orígens de la natura que serveixi als seus interessos immediats.

Cal aprendre a llegir textos científics històrics, de forma crítica i reflexiva, a entendre'ls i a interpretar-los, a partir de la informació que trobem en llibres i webs de ciència. Cal entrenar-se per poder identificar la diversitat de fonts que hi ha al darrere de cada text científic històric i discernir entre l'allau d'informació pseudohistòrica que circula en algunes publicacions i per la xarxa, i per utilitzar diferents codis i passar de l'un a l'altre. Per això, és imprescindible la construcció de criteris propis en la cerca d'informació i la interpretació de les fonts, per poder comprendre el significat d'un text històric escrit, o d'un procediment experimental històric, a partir del seu context. El llenguatge és l'instrument mediador per excel·lència en l'aprenentatge de les ciències, atès que és un sistema de recursos per construir significats. El coneixement s'estructura i evoluciona amb l'activitat de parlar i escriure. El llenguatge en els processos d'aprenentatge és un tema d'interès atès que ensenyar i aprendre conformen un procés de comunicació verbal i no verbal entre les persones que intervenen en l'acte educatiu. La promoció de les competències comunicatives és fonamental en l'aprenentatge científic i les competències científiques i comunicatives s'integren en la pràctica docent. Les competències comunicatives són aquelles en les quals mitjançant el diàleg i la discussió a classe l'alumnat s'apropia dels textos escrits. Destaquem entre les diferents habilitats lingüístiques: descriure, definir, explicar, comparar, argumentar, etc.

Tapputi-Belatekallim

El primer registre que es troba sobre el que podríem anomenar elaboració de noves substàncies és en una tauleta cuneïforme a Mesopotàmia (Fig. 1), l'actual Iraq, on s'explica que «Tapputi creava perfums mitjançant mescles» (Herzenberg, 1991).



FIGURA 1. Tauleta cuneïforme amb la recepta de la perfumista Tapputi.

Tapputi, consellera de palau, era l'encarregada de la manufactura de perfums. Ella utilitzava flors, petroli, càlams (*Acorus calamus*), *Cyperus* (papir d'Egipte), mirra i bàlsam. Hi afegia aigua i a continuació ho destil·lava i filtrava diverses vegades. Altres fonts indiquen que, a Egipte, l'oli d'un arbre del desert (*Balanites Aegyptiaca*) s'utilitzava com a perfum per a les classes altes i l'oli de castor, per a les classes baixes. Els olis perfumats i les cremes es feien submergint flors o fustes perfumades en greix o oli. Es creu que allà es van desenvolupar els processos d'extracció i sublimació.

Tapputi-Belatekallim i Ninu són considerades les primeres perfumistes de la història a la Babilònia del 1200 aC i precursors de la fabricació de perfums actual. El nom complet de Ninu no és conegut a causa d'una llacuna en la tauleta cuneïforme, que estava escrita en Akkadian, el llenguatge de Mesopotàmia durant el regnat de Tukulti-Ninurta I (1256-1209 aC). No hauria de sorprendre que els primers registres de química assenyalin a dones, ja que l'equipament que s'utilitzava sovint eren instruments culinaris i el concepte global de creació sistemàtica i els procediments d'extracció quantitativa s'assemblaven i seguien l'ordre de les receptes.

Hildegarda von Bingen

Hi ha una llarga tradició de dones en la pràctica alquímica. La primera i més coneguda és Maria la Jueva, la inventora del bany maria i els primers alambins. També són força conegudes Marie Meurdrac i el seu llibre *La Chymie charitable et facile en faveur des dames* (1666), i Elisabet Fulhame i el seu llibre *Essays on Combustion*, que va publicar el 1794. En els darrers anys hem començat a analitzar l'obra d'Isabella Cortese *I secretti della Signora Isabella Cortese nequali si contengano cose minerali, medicinale, artificiose et alchimique*, editat per primera vegada el 1561 (Solsona, 2009).

Feia anys que havíem identificat les obres d'Hildegarda von Bingen, una monja coneguda per la seva labor farmacèutica, creadora de música i amb autoritat científica durant la seva època. Però era difícil poder accedir als textos dels seus llibres, *Liber simplicis medicinae* o *Physica* i *Liber Compositae medicinae* o *Causae et curae*, escrits en llatí i traduïts a l'anglès i a l'alemany. Pel títol i algunes referències podria ser que el contingut d'aquests dos llibres fregués el camp de les pràctiques alquímiques. Darrerament, gràcies al fet que es poden trobar part de les seves obres traduïdes en alguns portals específics, podem aprofundir en la seva obra.¹ Ara es pot accedir als textos dels seus llibres *Liber simplicis medicinae* o *Physica* i *Liber Compositae medicinae* o *Causae et curae*, escrits en llatí i traduïts a l'anglès i a l'alemany.

A *Subtilitates diversarum naturarum creaturarum*, la Part 2, *Liber Compositae medicinae* o *Causae et curae* (Llibre sobre les propietats naturals de les coses creades, Part 2: Llibre de Medicina Complexa o Causes i Remeis), escrita vers 1151-1158, exposa la seva visió dels elements bàsics amb una idea primitiva de flogist entès en un sentit ampli, com allò que provoca canvis en els elements.

A continuació s'explica la seva utilitat, virtuts i perills, i s'acaba amb la seva forma d'ús i de preparació.

«Les propietats del foc. Així doncs, quan Déu creà el món el va enfortir amb quatre elements, a saber, foc, aire, aigua i terra, com abans es va dir. El foc, que està per sobre en el firmament i en els elements, té cinc propietats: ardor, gelor, humitat, aire i moviment, de la mateixa manera que l'home consta de cinc sentits. El foc crema, però la gelor li impedeix que el seu ardor s'estengui per sobre del que cal.

1. <http://www.hildegardiana.es/34physica/index.html> (darrer accés: 20.12.2011).

L'aigua li aporta humitat, per encendre el seu buf. A partir de l'aire s'encén, i és empès pel moviment i així llueix la seva flama.

Les propietats de l'aire. L'aire té quatre propietats: escampar la rosada, produir la verdor, exhalar el buf amb què creixen les flors, estendre la calor amb el que tot madura. També l'aire es dilata per les quatre parts del món. L'aire és una exhalació que escampa humitat amb la rosada sobre les plantes que germinen, perquè agafin forces; amb la seva bufada fa créixer les flors i amb la seva calor fa que tot maduri. L'aire que està prop de la lluna i les estrelles humiteja els astres, així com l'aire terrenal humiteja la terra i vivifica i mou els animals irracionals i sensibles segons la naturalesa d'aquests, sense disminuir per això. Quan aquests animals moren, l'aire torna al seu estat anterior, però sense augmentar, i roman igual que fou abans. L'aire terrenal que humiteja la terra fa que els arbres i les herbes prenguin força, creixin i es moguin. Quan està amb ells no se debilita; ni creix quan surt d'ells després que hagin estat tallats o arrencats, sinó que roman en el mateix estat que estava abans.

Les propietats de l'aigua. L'aigua té quinze propietats: calor, aire, humitat, inundació, velocitat, fluïdesa; dóna saba als troncs dels arbres, sabor als arbres fruiters, verdor a les plantes; amb la seva humitat mulla totes les coses, sustenta les aus, alimenta els peixos, aporta la calor necessària a les bèsties, reté els rèptils amb la seva escuma i és suport de tot. Igualment fa deu manaments i cinc llibres de Moisès en l'Antic Testament, que destinà Déu perquè fos intel·ligència per l'esperit. D'una font natural manen aigües que són capaces de rentar totes les impureses. L'aigua és làbil en tota criatura mòbil; de fet és l'incendi de tota la força vital de les criatures immòbils. Mana de la calor de l'aire humit, perquè, si no tingués calor, s'enduriria a causa del fred. Flueix a causa de la calor i mana a causa de la humitat de l'aire. Si l'aigua no tingués aquest aire, no podria fluir. Per aquestes tres propietats —calor, humitat i aire—, l'aigua és rabent i no hi ha res que la resisteixi quan s'ha desbocat. Proporciona saba als troncs, amb el seu aire fa que siguin flexibles, i amb la seva humitat calenta dóna sabor als arbres fruiters, a cada espècie el seu.» (Hildegarda von Bingen (b), 1151-1158)

Subtilitates diversarum naturarum creaturarum, Part 1: *Liber simplicis medicinae o Physica*: (Llibre de Medicina Senzilla), va ser escrit cap al 1151-1158, està compost de 8 llibres: Llibre primer: Les Plantes; Llibre Segon: Els Elements; Llibre Tercer: Els Arbres; Llibre Quart: Les Pedres; Llibre Cinquè: Els Peixos; Llibre Sisè: Els Ocells; Llibre Setè: Els Animals; Llibre Vuitè: Els Rèptils, i Llibre Novè: Els Metalls. Els llibres van precedits d'un pròleg independent al qual segueixen cert nombre de capítols que varia entre els 8 dels Metalls i els 230 de les Plantes. Cada capítol es refereix a un sol element (planta, animal o cosa), i segueix sempre el mateix ordre. L'element es defineix per la seva naturalesa segons els dos vectors fred - calent i sec - humit.

El Llibre Segon: Els Elements, té els següents capítols: I. Aire, II. Aigua, III. Mar, IV. Llac, V. Rhin, VI. Meno, VII. Danubi, VIII. Mosela, IX. Nahe, X. Glam, XI. Terra, XII. Calamina, XIII. Creta i XIV. Terra verdosa. En el Cap. XII. Calamina (*Calaminum*), la terra que s'anomena calamina no és ni calenta ni freda en la proporció deguda, sinó tèbia. A causa de la seva tebior no desenvolupa completament cap fruit, sinó que produeix alguns fruits que no arriben a la maduresa. Si s'afegeix a altres espècies, disminueix la mucositat en la matèria que es descompon. La smithsonita,² antigament anomenada calamina, és un mineral que va ser la principal font de zinc fins a 1880 aproximadament, quan va ser reemplaçat per la salerita. El Llibre Novè. Els Metalls, té els següents capítols: I. Or, II.

2. Carbonat de zinc.

Plata, III. Plom, IV. Estany, V. Coure, VI. Llautó, VII. Ferro i VIII. Acer. En el Cap. I. Or (*Aurum*) s'explica la seva utilitat, virtuts i perills, i s'acaba amb la seva forma d'ús i de preparació:

«L'or és calent. És quasi de l'aire i de certa naturalesa semblant al sol. Qui tingui la malaltia de la gota ha de prendre or, fondre'l perquè no hi quedin impureses, i reduir-lo a pols de manera que no es perdi res. Prengui aproximadament mig grapat de farina fina i amassi'l amb aigua. Afegeixi llavors a aquesta pasta 0,6 g de pols de l'or i mengi'l al matí, abans de l'esmorzar. Al dia següent, faci de nou una mica de coca de la mateixa manera, amb la mateixa quantitat d'or, i mengi-la aquest dia, abans de l'esmorzar. Aquesta coqueta, preparada i menjada d'aquesta manera, mantindrà allunyada la gota durant un any.

L'or roman en el seu estómac durant dos mesos, sense irritar-lo ni ulcerar-lo. Si l'estómac està fred i ple de mucositat, l'escalfarà i el purgarà, sense perill per a la persona. Si una persona sana fa això, mantindrà la seva bona salut; si una persona malalta ho fa, es posarà sana. De nou, prengui or pur, i escalfi'l al roig viu en una olla de fang, o de terrissa. Així calent, posi'l en vi pur perquè s'escalfi el vi. Begui'l sovint així calent, i la gota desapareixerà. Qui tingui febre en el seu estómac, escalfi vi pur amb aquest or escalfat així, begui i la febre l'abandonarà. Si un tumor s'aixeca en alguna part del cos d'una persona, escalfi or al sol i fregui'l al voltant de la inflor, i el tumor desapareixerà. Si té les oïdes sordes prepareu una pasta amb la pols d'or i farina fina, com s'ha descrit anteriorment, i posi'n una mica en les oïdes. La calor passarà a la seva oïda. Si ho fa sovint, recuperarà la seva audició.» (Hildegarda von Bingen (a), 1151-1158)

Physica no és un llibre mèdic, ja que no relaciona malalties ni sistematitza remeis, sinó que és una exposició de les propietats i la utilitat dels simples més corrents. Hildegard von Bingen serà coneguda, però les seves aportacions entren en l'ampli camp de les preparacions alquímiques, ja que proporciona tractaments amb substàncies químiques.

Marie de Gournay

Marie le Jars de Gournay (1565-1645), moralista catòlica de la petita aristocràcia, va viure a París al marge de la cort, on era ben rebuda, i finalment va rebre una pensió de Richelieu. Avui la Bibliothèque Nationale de France posa en línia les tres edicions de les seves obres completes. Sabem que va estudiar alquímia durant set anys, coincidint amb Jean d'Espargnet, i va realitzar molts experiments en el forn d'un veí vidriaire, ja que considerava que era una de les característiques de les dones sàvies. Va aprendre pacientment i de forma àmplia les tècniques de calcinació, dissolució, destil·lació i sublimació, i no es conformava amb el «llenguatge nebulós que els alquimistes utilitzaven per ocultar els seus secrets». Un tipus d'expressió que Isabella Cortese també va utilitzar en el seu llibre *I secreti de la Signora Isabella Cortese nequali si contegano...* (Solsona, 2010).

Marie de Gournay escriu en el seu diari: «A aquesta descripció general de dones estudioses, s'afegeix en el meu cas un punt particular, que és el de practicar l'alquímia... Jo no crec gaire en les beneïtes esperances d'aquests milions de milions, que s'atribueixen falsament els llibres de l'Art (alquímic), ni que tan sols es proposa al·legòricament». «Tot i que jo no esperés cap èxit de l'Obra, no deixaria pas de treballar, per veure sota els graus d'una molt bella decocció en què es convertirà la matèria que tenim al foc; aquest curiositat és natural i sana?»

Busca l'explicació de «l'acció dels àcids sobre el coure que produeix belles dissolucions blaves i perquè el coure reapareix quan se submergeix una làmina de ferro en aquestes dissolucions» (Sar-

tori). Escriu a la seva autobiografia que en hores «robades... va aprendre a llegir sola, fins i tot el llatí, sense gramàtica i sense ajuda, confrontant els llibres d'aquesta llengua traduïts al francès amb els seus originals». Va esdevenir «filla d'aliança» de Montaigne, s'aficionà a la política «com una veritable amazona, sempre al descobert, polemitzant amb delit i sense mesura».

«Utilitzava quantitats d'or, coure, plom, ferro, estany i mercuri, per aprendre els constituents dels metalls juntament amb els de les sals corrosives, principalment els vidriols, els alums i els clorurs de sodi i d'amoní, i volia aprendre algun tipus de coneixement sobre els àcids minerals, nítric, sulfúric i hidroclorehidric, els quals havien estat descoberts pels alquimistes en el segle XVII. Com que era una activitat cara i tenia pocs recursos, vaig tenir molta sort que un amic em proporcionés l'accés al forn d'una fàbrica de vidre, prop de casa meua, a la rue des Handrettes, a París, per poder realitzar els experiments.» (Gournay, 1626)

A tall de conclusió

Per fomentar les competències lectores per a la comprensió d'un document científic històric cal reconèixer la idea principal del text, el significat de paraules desconegudes, la progressió del text i saber-lo analitzar críticament.

A més de la lectura comprensiva de textos històrics, pot ser útil l'ús de qüestionaris, l'elaboració de textos científics propis a partir de les diferents fonts històriques textuals, materials i gràfiques, etc. La identificació i reconeixement de conceptes científics, la interpretació d'un fenomen científic històric per interpretar-lo, és un procés circular ja que moltes vegades estan implícits en la comprensió d'un text històric. Per exemple, en el cas dels textos alquímics, la necessitat de reconèixer la correlació entre les entitats alquímiques i les entitats químiques actuals ve condicionada pel coneixement previ del llenguatge i la simbologia alquímiques. L'anàlisi dels distints components d'una competència determinada permet apreciar com una bona part d'ells tenen el suport d'algun saber científic, però per al seu coneixement no n'hi ha prou amb les aportacions de la disciplina, sinó que calen altres sabers que depenen simultàniament de dues o més disciplines. Sortosament, el cas de la utilització de *criteris responsables en l'anàlisi de textos científics històrics* no presenta tanta complexitat. En altres casos, hi ha components de les competències que són clarament metadisciplinaris, o interdisciplinaris, com per exemple en el cas que s'inclogui la valoració i intervenció en la societat.

Referències bibliogràfiques

GOURNAY, M. le J. de (1626), *L'ombre de la damoise-lle de Gournay*, Paris, Libert.

<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k70563p/f6.image.r=Gournay,+Marie+Le+Jars+de+%281565-1645%29.langFR>. Paginació inaccessible (darrer accés: 20.12.2011).

HERZENBERG, C. L. (1991), «Women Scientists and Physicians of Antiquity and the Middle Ages», *Journal of Chemical Education*, **68**, (2), 101-105.

HILDEGARDA VON BINGEN (1151-1158), *Liber simplicis medicinae* o *Physica*, <http://www.hildegardiana.es/34physica/>. Edició no paginada, (darrer accés: 20.12.2011).

HILDEGARDA VON BINGEN (1151-1158), *Liber Compositae medicinae* o *Causae et curae*, <http://>

www.hildegardiana.es/35causae/index.html. Edició no paginada, (darrer accés: 20.12.2011).

IZQUIERDO, M.; VALLVERDÚ, J.; QUINTANILLA, M.; MERINO, C. (2006), «Relación entre la historia y la filosofía de las ciencias II», *Alambique*, **48**, 78 -91.

SOLSONA, N. (2009), «Diálogos con recetas alquímicas», *Enseñanza de las ciencias. Número extra*, 3670-3673. <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-3670-3673.pdf> (darrer accés: 20.12.2011).

SOLSONA, N. (2010), «Seguint el fil de l'Obra d'Isabella Cortese», *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, **3**, (1) 63-77. <http://revistes.iec.cat/index.php/AHCT/article/view/40844> (darrer accés: 20.12.2011).

CIÈNCIA, POLÍTICA I DIPLOMÀCIA: JOSÉ CASARES GIL (1866-1961)

IGNACIO SUAY MATALLANA

INSTITUT D'HISTÒRIA DE LA MEDICINA I DE LA CIÈNCIA LÓPEZ PIÑERO
(CSIC-UNIVERSITAT DE VALÈNCIA).

Paraules clau: *José Casares, viatges, Alemanya, JAE, mediació, segle xx*

Germany and the travels of learning of José Casares Gil (1866-1961)

Summary: This article analyzes the importance of travels of learning and the scientific relations made by the chemist Jose Casares Gil at Germany in early 20th century. Casares supported Spanish science renovation and he became an expert who also provided many services outside the academia sphere.

Key words: José Casares, travels, Germany, JAE, mediation, 20th century

Introducció

En aquest treball s'estudien alguns dels viatges realitzats per José Casares Gil (1866 - 1961).¹ Era fill d'Antonio Casares Rodríguez (1812-1888), un dels més importants analistes químics del segle XIX, catedràtic i rector de la Universitat de Compostel·la. José Casares va ser degà i catedràtic d'anàlisi química, primer a la Facultat de Farmàcia de Barcelona i després a la de Madrid. També fou vocal de la Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE), vicepresident del CSIC, senador i director del Laboratori Central de Duanes i de les Reials Acadèmies de Farmàcia i de Ciències Exactes.

1. Agraïsc al professor José Ramón Bertomeu els seus valuosos comentaris i suggeriments. Aquest treball ha estat possible gràcies al contracte de formació i especialització de postgraduats CSIC-Bancaja E-46-2011-0222462.

Al llarg de la seua vida va adquirir creixents posicions acadèmiques, institucionals i polítiques, José Casares va fer estades en alguns dels laboratoris químics més importants de l'època, va formar part de comissions per visitar diversos campus universitaris arreu del món, va actuar com a agent cultural i va realitzar curts viatges relacionats amb l'espionatge industrial i la guerra. Gràcies a ells, Casares va recolzar la renovació de la ciència espanyola de l'època i es va convertir en un *expert* que va prestar nombrosos serveis fora de l'àmbit acadèmic.

Els viatges científics ajuden a estudiar l'apropiació dels coneixements tant teòrics com pràctics i a redefinir les imatges de «centre-perifèria» que han dominat tradicionalment l'estudi de la transferència de coneixement amb la idea de centres productors del coneixement que és transmès cap a perifèries més o menys passives. Aquest treball adopta una perspectiva molt diferent, d'acord amb els plantejaments de grups com *Science and Technology in the European Periphery (STEP)*,² amb un interès particular en la circulació de la ciència, els interessos dels actors receptors, l'aclimatació creativa de nous models institucionals, la formació de grups d'investigació i els processos de resistència, apropiació i transformació associats amb tota aquesta circulació de científics i coneixements (Simões *et al.*, 2003: xiii-xiv).

En aquest article tractarem els viatges d'estudis i les relacions científiques entre Casares i Alemanya que tingueren una influència decisiva a la seva posterior activitat científica. Viatgers com Casares van realitzar un esforç d'adaptació i apropiació de coneixements creant nous canals de comunicació que van ajudar a renovar les pràctiques científiques a les universitats espanyoles. També va impulsar iniciatives com la JAE per fomentar aquests intercanvis. Finalment analitzarem els seus esforços de mediació amb alguns científics alemanys després de la Primera Guerra Mundial.

Els canals de circulació: Alemanya i la renovació de les pràctiques

Des de mitjan segle XIX, els laboratoris de científics alemanys —com el que va desenvolupar Justus von Liebig (1803-1873) a la universitat de Giessen— van crear un model d'ensenyança i recerca que aconseguí desbancar França com a principal destí per a l'estudi de la química (Fرتون, 1990: 18).

Atret per la creixent importància de la química i de la indústria alemanya, José Casares va realitzar entre 1896 i 1920 freqüents viatges acadèmics a aquest país on va conèixer l'estat de les seues universitats i on va treballar en alguns dels laboratoris més importants com els de F. K. Johannes Thiele (1865-1918), F. von Soxhlet (1848-1926) i K. Remigius Fressenius (1818-1897), i els dels premis Nobel Adolf von Baeyer (1835-1917) i Richard Willstätter (1872-1942) (Casares, 1987: 105-118).

A Alemanya va descobrir laboratoris totalment equipats i noves pràctiques experimentals. Per això, Casares va tornar totalment convençut de la importància de l'ensenyament pràctic per a modernitzar la química. Van ser molt destacables les seves intervencions públiques reclamant una substancial reforma educativa a les universitats. La seva defensa de l'aprenentatge experimental i la renovació dels estudis universitaris es pot estudiar en llibres com els *Elementos de Análisis Químico Cualitativo Mineral*, que va publicar a Barcelona el 1897. Aquest llibre estava especialment destinat als seus alumnes d'anàlisi química a la Facultat de Farmàcia de Barcelona i en ell va realitzar un esforç «per triar els millors procediments i resumir en unes pàgines allò més essencial» (Casares, 1897: 5); a més, va suposar la base del seu famós *Tratado de Análisis Químico* (Madrid, 1911).

2. Science and Technology in the European Periphery, <http://147.156.155.104/> (darrer accés 15/01/2012).

Casares era conscient de les dificultats que comportava l'apropiació de noves tècniques experimentals. Molts anys després dels seus primers viatges, en un discurs adreçat a José María Albareda Herrera (1902-1966) —secretari general del CSIC entre 1939 i 1966— va recalcar que, per ampliar els horitzons d'una ciència i avançar en aspectes desconeguts, calia aprendre les tècniques «al costat d'un mestre o, amb més feina, per la lectura de les memòries contingudes en les revistes i no als llibres on els grans investigadors van exposar els seus mètodes clàssics» (Albareda, 1942: 47). Amb aquestes paraules, més que desaconsellar l'estudi dels clàssics, defensava la importància dels viatges —i dels contactes personals que s'hi establien— en l'adquisició de destreses o habilitats pràctiques difícilment transmissibles per altres mitjans més reglats.

José Casares i la Junta de Ampliación de Estudios (JAE)

La Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE) va ser creada el 1907 amb Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) com a president i amb José Castillejo Duarte (1877-1945) com a secretari. Els seus vint-i-un vocals constituïen algunes de les autoritats científiques i acadèmiques més destacades de l'època; Casares va ser vocal de la JAE des de la seua creació i el 1935 —durant el bienni conservador— en va ser nomenat vicepresident segon (Fig. 1) (Gomis, 2007: 69).



FIGURA 1. Passaport a Alemanya, França i Suïssa (20/10/1920).³

Al voltant de la JAE es van desenvolupar diverses iniciatives per a renovar l'educació espanyola que van tindre en compte no només als científics i acadèmics universitaris, sinó també als professors del segon ensenyament i als mestres i van donar molta atenció a la formació pedagògica i en idiomes. Una de les activitats on la JAE va dedicar més esforços van ser els viatges d'estudi a l'estranger. Aquests eren de cinc tipus: pensions individuals o col·lectives, delegacions en missions especials o per a assistir a congressos i pensions no retribuïdes (Moreno, 2007: 172).

La JAE va institucionalitzar els viatges d'estudis gràcies tant a la concessió d'ajudes per estudiar a l'estranger com a la fundació d'instituts d'investigació que poguessin acollir els pensionats que tornaven després de finalitzar les seues estades.

3. Archivo General Universidad Complutense Madrid: nº 726-735, Legajo 33, Exp. 2,74-77, caja 134/10-25.

Com molts intel·lectuals dels primers anys del segle xx, Casares va reclamar la necessitat de millorar els ensenyaments pràctics impartits en les universitats. En el discurs inaugural del curs acadèmic 1900-1901 de la Universitat de Barcelona va assenyalar que «no veia més que dos mitjans per eixir de la postració on es trobaven: o anar a l'estranger a aprendre els mètodes que hi empren, o portar professors que se'ls ensenyessin» (Casares, 1900: 22). Amb discursos com l'anterior, Casares va contribuir a la creació de la JAE amb la qual va estar molt involucrat.

També és molt interessant el seu paper en el desenvolupament del CSIC. Poc després de la instauració de la dictadura franquista, Casares va ser nomenat director de tres institucions del CSIC com ara l'Institut de Física, l'Institut de Química i la Comissió Hispano-Americana (Memoria, 1942). En un discurs adreçat a les autoritats del règim, Casares va afirmar que, quan anys enrere havien tractat de combatre l'endarreriment científic, el remei més eficaç va ser el que abans havien seguit nacions com Itàlia i Japó, «els noms de les quals sonen avui tan grats a les nostres oïdes» (Albareda, 1942: 46). Amb aquestes paraules, pronunciades quan les potències de l'eix es trobaven en plena expansió bèl·lica, Casares ometia cap referència a la JAE. Encara que cal estudiar amb més atenció la creació de grups d'investigació a l'Espanya del primer terç del segle xx, cal recordar que la Guerra Civil i l'exili de molts científics va suposar la destrucció de molts d'aquests grups de recerca formats gràcies a les pensions de la JAE els quals van perdre gran quantitat dels seus deixebles més destacats (Barona, 2010; Claret, 2006).

La mediació amb l'Alemanya d'entreguerres

Una de les conseqüències de la Primera Guerra Mundial per a Alemanya va ser la seua pèrdua d'influència cultural, científica i econòmica. Per tractar de superar-la va buscar l'ajuda dels països no signants del Tractat de Versalles de 1919, com per exemple Espanya. D'una banda, Alemanya buscava eixir del seu aïllament i aconseguir ajuda econòmica per alleujar la seva difícil situació d'hiperinflació. D'altra banda, Espanya accedia de primera mà a les disciplines més avançades i, a més, feia una promoció de la seua incipient modernització. En aquest difícil context, diversos científics alemanys van aprofitar la creació de noves institucions d'intercanvi científic per intentar superar l'aïllament posterior a la guerra, un exemple d'això són les visites a Barcelona, Madrid i altres ciutats d'Albert Einstein o del físic Arnold Sommerfeld (1868-1951) (Presas, 2010: 87-106). José Casares va col·laborar intensament amb aquestes noves institucions d'intercanvi com el Centro de Intercambio Intelectual Germano-Español (creat el 1924), que, a més de cooperar amb la JAE en la preparació de becaris amb destinació a Alemanya, organitzava conferències impartides per científics (Rebok, 2011, 170). Les conferències no sempre estaven dedicades a aspectes científics, per exemple el 1927 va impartir al Colegio Alemán (creat el 1910) una conferència titulada «Recuerdos de un viaje a Chile» (ABC (29/04/1927), p. 21-22). Encara que no els analitzarem en aquest article, Casares va realitzar un llarg cicle de conferències l'any 1924 per distints països d'Amèrica Llatina i l'any 1927 va viatjar a diverses universitats europees i americanes per a dissenyar el nou campus de la Universidad Complutense de Madrid. Tot i que les raons del viatge eren acadèmiques, el rol de Casares va implicar no només actuar com a «agent de difusió intercultural», sinó també un esforç d'articulació i mediació entre esferes polítiques i culturals en ambdós hemisferis (Shaffer *et al.*, 2009: xiv).

Finalment, com hem insinuat abans, Casares era un germanòfil no només per la seva trajectòria acadèmica i els seus contactes a Alemanya, sinó també per la seva posició política. Com altres científics de països neutrals es va convertir en un mediador en les relacions científiques entre ambdós paï-

sos. L'any 1924, poc després de la Guerra, Casares va ser investit doctor honoris causa per la Universitat de Munic. Aquesta distinció va ser proposada per Arnold Sommerfeld, potser com una forma de recompensa acadèmica pels seus esforços de mediació (Presas, 2010, 87-106). Un altre exemple d'aquesta ajuda és la col·lecta que va organitzar Casares entre professors i estudiants de Madrid per entregar 4.600 dòlars al Comitè de Socors de Munic (*ABC* (24/01/1924), p. 18).

Per tant, els viatges i els intercanvis científics van contribuir a trencar l'aïllament i a restablir les relacions entre científics de països enfrontats que van actuar no com a transmissors inactius, sinó com a agents influents en aquest intercanvi amb un paper important en la circulació del coneixement.

Conclusions

La importància de Casares com a químic analític, professor universitari i polític, ens permet analitzar la contribució dels viatges d'estudi a la circulació del coneixement i al transport i adaptació de models de treball experimental en les universitats de principis del segle xx.

Casares va fer nombrosos viatges a Alemanya entre 1896 i 1920 on va poder treballar junt als més destacats químics de l'època. A la seua tornada va defensar la importància dels viatges d'estudis per millorar també les ensenyances pràctiques i va publicar alguns importants manuals químics renovadors.

Hem vist també com Casares va contribuir —al costat d'altres científics de l'època— a la institucionalització de les estades acadèmiques per a modernitzar la ciència espanyola aconseguida per la JAE. No obstant açò, va tindre també càrrecs molt rellevants al CSIC creat pel govern franquista amb un esperit molt diferent.

Finalment, hem estudiat els seus esforços de mediació amb els científics alemanys després de la Primera Guerra Mundial els quals permeten conèixer alguns dels interessos personals i polítics dels científics locals que exerciren d'amfitrions.

Per tot això, la figura de Casares és un bon exemple de les relacions existents entre els viatges científics, els progressos acadèmics i les creixents responsabilitats institucionals de molts científics. Els viatges i intercanvis científics poden ser també considerats com una eina de legitimació per als mateixos científics, que van aconseguir no només comptar amb millors opcions per ocupar llocs acadèmics, sinó també emprar les xarxes de contactes per a actuar com a experts tant en temes relacionats amb els seus àmbits d'estudis com en altres de més generals.

Referències bibliogràfiques

- ALBAREDA HERRERA, J. M. (1942), *Valor formativo de la investigación*, Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Madrid, Imprenta Samarán.
- BARONA VILAR, J. L. (ed.), (2010), *El exilio científico republicano*, Valencia, Publicacions de la Universitat de València.
- CASARES LÓPEZ, R. (1987), «Recuerdos de una vida: J. Casares». A: *Homenaje al farmacéutico español*, Madrid, Monografía Beecham, 105-118.
- CASARES GIL, J. (1897), *Elementos de Análisis químico cualitativo mineral*, Barcelona, Espasa.
- CASARES GIL, J. (1900), *Discurso inaugural leído en la solemne apertura del curso académico de 1900 a 1901 ante el claustro de la Universidad de Barcelona*, Barcelona, Hijos de Jaime Jepús.
- CLARET, J. (2006), *El atroz desmoche. La destrucción de la universidad española por el franquismo*, Barcelona, Crítica.
- FRUTON, J. S. (1990), *Contrasts in scientific style: research groups in the chemical and biochemical sciences*, Philadelphia, American Philosophical Society.
- GOMIS, A., (2007), «Ignacio Bolívar, segundo presidente de la JAE». A: PUIG-SAMPER, M.A, [ed.], *Tiempos de investigación: JAE-CSIC, cien años de ciencia en España*, Madrid, CSIC, 488.
- MEMORIA, (1942) *...de la Secretaría General, 1940-1941*, Madrid, CSIC.
- MORENO MARTÍNEZ, P. L. (2007), «Los pensionados de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE) y la Higiene Escolar», *Revista de Educación, número extraordinario: Reformas e innovaciones educativas (España, 1907-1939). En el centenario de la JAE*, 167-190.
- PRESAS PUIG, A. (2010), «Las relaciones científicas entre Alemania y España durante los años 20». A: REBOK, S. (ed.), *Traspasar fronteras. Un Siglo de Intercambio Científico Entre España y Alemania*, Madrid, CSIC, 87-106.
- REBOK, S. (2011), «Las primeras instituciones científicas alemanas en España: los comienzos de la cooperación institucional en los albores del siglo XX», *Arbor*, **187**, (747), 169-182.
- SCHAFFER, S.; ROBERTS, L.; RAJ, K.; DELBOURGO, J. (2009), *The Brokered world: Go-Betweens and Global Intelligence*, Sagamore Beach, Science History Publications.
- SIMÕES, A.; CARNEIRO, A.; DIOGO, M. P., (2003), «Preface». A: SIMÕES, A.; CARNEIRO, A.; DIOGO, M. P. (eds.), *Travels of learning: a geography of science in Europe*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, XIII-XIV.

EL PAPER DE LA HISTÒRIA A L'AULA UNIVERSITÀRIA¹

LLUÍS TUSET I SERRA

ENGINYER INDUSTRIAL.

Paraules clau: *història de la ciència i de la tècnica, ensenyament superior, universitat*

The role of history in the university classroom

Summary: The history of science and technology explores the ways followed by our ancestors to achieve major scientific achievements. This paper presents a set of activities designed to be implemented at higher scientific or engineering courses. These activities concern to different scientific fields and have been implemented in the Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB) at the Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). A further research is proposed to work out guidelines to create future activities to use the history of science in the university classroom.

Key words: *history of science and technology, higher education, university*

Introducció

Aquest projecte pretén destacar els aspectes més rellevants de la història de la ciència i aquells que poden ser més útils per a la docència de les enginyeries. Es busquen referents, tot i que escassos, en altres universitats en les quals la història ja és una eina més de l'educació superior i s'aplica, a través de recursos docents, en diverses assignatures dels nous Graus en Enginyeria de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

1. Aquest estudi es va presentar com a Projecte Final de Carrera dels estudis d'Enginyeria Industrial el març de 2011 obtenint una qualificació de Matrícula d'Honor. La directora del projecte fou Maria Rosa Massa Esteve, professora agregada d'Història de la Ciència del Departament de Matemàtica Aplicada I de l'ETSEIB.

El que dóna un caràcter innovador a aquest projecte és el fet d'utilitzar textos originals per tal de desenvolupar els conceptes escollits, en lloc de literatura referent a història de la ciència com passa en altres experiències. La dificultat rau en la tria dels conceptes, els criteris de selecció, els textos essencials...; que siguin prou comprensibles per part dels alumnes de tal manera que aquests siguin capaços de seguir els mateixos passos utilitzats pels seus autors per tal de desenvolupar els grans conceptes de la ciència.

Es marquen les pautes que es creuen adequades per tal de realitzar una activitat històrica i es dissenyen diversos dossiers en diferents assignatures que, per les seves característiques, faciliten la inclusió de la història en els plans d'estudi.

Les activitats dissenyades en aquest projecte corresponen a assignatures que es cursen al nou grau d'enginyeria a l'ETSEIB, però les pautes que es marquen per tal de dissenyar qualsevol activitat històrica són aplicables a qualsevol altra escola d'enginyeria o facultat que cursi estudis pertanyents a branques científiques.

Estat de la qüestió

Moltes experiències pedagògiques demostren que en la major part dels casos l'ensenyament de les ciències no produeix bons resultats, els alumnes no aprenen, o aprenen parcialment els coneixements científics que el centre docent intenta transmetre'ls. Aquest fracàs es produeix a diferents nivells escolars, en diferents països i en medis socials diferents. Sovint el que els alumnes recorden després de finalitzar els estudis és poc i equivocat. Aquest projecte proposa usar la història de les ciències i l'epistemologia com un complement de la didàctica de les ciències.

El coneixement de la història de la ciència proporciona una visió dinàmica de l'evolució de la ciència. La història de la ciència es pot i s'ha de fer servir, per exemple, per entendre i fer comprendre una idea difícil de manera més adequada. A més, la història permet apuntar les connexions de les diverses ciències entre elles, de la interacció de les quals han sorgit tradicionalment una gran quantitat d'idees importants. L'apropament històric no és simplement exposar les conclusions, sinó mostrar com s'hi va arribar i quines opcions es van donar com a certes (Brush, 1991: 170).

Història com a millora de l'ensenyament

La capacitat crítica de l'estudiant no sempre es desperta amb l'exposició tancada i acabada de la ciència estàtica dels manuals. La comprensió completa i profunda dels conceptes fonamentals d'una disciplina científica millora amb el coneixement de la seva història, ja que aquesta posa de manifest el procés dinàmic de l'activitat científica amb el desenvolupament permanentment obert, despertant en l'alumne unes actituds i, sobretot, uns hàbits metodològics d'acord amb el mètode científic (Sierpinska, 1991: 85-86).

Des del punt de vista pedagògic, la història de la ciència afavoreix la comprensió profunda dels problemes, a través del coneixement del procés real de creació dels conceptes i teories científiques, del context en què apareixen, de les idees que els proporcionen i de les qüestions que resolen, de les reformulacions que pateixen, etc., la qual cosa facilita sens dubte la comprensió i consideració de les dificultats dels continguts impartits. La visió històrica pot recolzar una proposta d'aprenentatge actiu. Es podria arribar a un dels objectius de l'ensenyament de qualsevol ciència, a saber ensenyar, d'alguna manera, a elaborar ciència.

A més, la història mostra com s'ha arribat als mateixos resultats per camins molt diferents i no sempre correctes. D'aquesta manera, es pot eliminar la idea que existeix una única via de raonament per arribar als resultats. La història també mostra els esforços fets per tal de formalitzar nous conceptes o en la resolució d'alguns problemes importants.

La manera d'utilitzar la història de la ciència com un instrument didàctic col·laborador pot portar-se a terme de moltes maneres. Es pot, per exemple, precedir, a través d'una introducció històrica, l'exposició de cada tema, situant en la història els problemes que es van desenvolupar. També es pot incloure, als apunts que s'entreguen als alumnes, indicacions, breus resums o notes històriques (Grappí, 2009: 349)

Al llarg del desenvolupament de la classe i en qualsevol moment es pot indicar breument a quins científics o a quin corrent científic es deu la introducció d'un nou concepte, la demostració d'un teorema o la resolució d'un problema, etc. Una altra manera d'implementar la història de la ciència és reconstruint rèpliques dels experiments per tal que els alumnes arribin a les seves pròpies conclusions (Heering, 2000: 363-373).

Activitats preparades

L'objectiu principal d'aquest projecte és la preparació de recursos docents que expliquin la ciència a través de la seva història per ser aplicats a l'aula universitària. Es tracta d'explicar alguns conceptes concrets que es tracten a les assignatures d'una manera diferent. Per tant, no s'han preparat cursos sencers a través de la història, sinó conceptes concrets. Aquests recursos consisteixen en un dossier per a l'alumne i un per al professorat.

El dossier de l'alumne conté un text històric el qual fa referència a algun concepte que es tracta al llarg de l'assignatura juntament amb un context històric, una biografia de l'autor i altres textos que poden ser útils per al desenvolupament del concepte tractat i, a més, una bibliografia comentada a fi que l'alumne pugui ampliar els seus coneixements. A la part final hi ha un conjunt de qüestions que l'alumne ha de respondre i desenvolupar. El dossier del professorat conté les pautes que s'aconsella seguir per al correcte desenvolupament de l'activitat juntament amb la correcció proposada del qüestionari de l'alumne.

Es considera adequat escollir assignatures que tinguin les següents característiques:

- Cursos on els temes més amplis es tractin adequadament (Heilbron, 2002).
- Escollir assignatures en les quals sigui fàcil entendre una evolució històrica.
- Escollir disciplines científiques fonamentals de les quals es poden trobar molts textos històrics i autors que hagin treballat conceptes que es tractin en el temari.

Alguns criteris per escollir els conceptes a tractar de cadascuna de les assignatures són:

- Escollir conceptes que s'utilitzin al llarg de tota l'assignatura i explicar-los de manera diferent a la que s'utilitza tradicionalment.
- Triar conceptes dels quals els textos clàssics mostrin l'evolució que s'ha seguit a fi de formalitzar la idea.
- Conceptes que, tot i quedar en segon terme en els temaris, es considerin adequats per tal de destacar-ne els seus orígens i les seves aplicacions.

Taula resum de les assignatures i dels conceptes escollits.

Assignatura	Concepte escollit
Àlgebra	La resolució de l'equació cúbica de Cardano (1501-1576)
Càlcul	El triangle aritmètic de Pascal (1623-1662)
Mecànica	Les lleis del moviment d'Issac Newton (1643-1727)
Química	La «Llei de conservació de la massa» de Lavoisier (1743-1794)
Termodinàmica	«El Cicle» i el «Teorema de Carnot» (1796-1832)
Estadística	La «Llei de la distribució normal»

Estructura dels dossiers

Per a cadascuna de les matèries que es tracten s'ha dissenyat un dossier per a l'alumne i un altre per al professorat. El primer és el full de treball que ha de seguir l'alumne per tal de desenvolupar el concepte que s'ha decidit estudiar. El segon són les pautes que s'aconsella que el professorat segueixi per tal de desenvolupar la matèria i, a més, també conté una resposta a les qüestions plantejades a l'alumne.

El moment d'aplicació dels dossiers dependrà dels objectius que la pròpia activitat persegueixi. Si, per exemple, el concepte que es treballa ja és conegut amb anterioritat per part dels alumnes, l'activitat es pot realitzar quan finalitza l'explicació del professorat. També es poden aplicar després de les explicacions del professorat tots aquells dossiers que tractin temes que són complementaris al temari de les assignatures. Per aquells conceptes coneguts per l'alumnat o que no tinguin una gran dificultat, s'aconsella aplicar-los abans de l'explicació del professorat.

Per tal de desenvolupar correctament una activitat històrica és necessari conèixer el context històric des del punt de vista polític, social, econòmic i també científic. A més de conèixer el context històric també és necessari saber la biografia de l'autor per tal de saber quines inquietuds tenia.

Si el concepte o l'estudi de l'autor ho requereix, es poden incloure altres textos de l'obra històrica que es considerin d'interès per comprendre el concepte històric o, senzillament, que siguin oportuns per al coneixement científic de l'alumnat.

Quan són coneguts el context històric i la biografia dels científics, els alumnes ja es poden endinsar en la lectura del text històric. Aquest ha de ser un text original i rellevant que contingui la demostració i, si és possible, alguna aplicació del concepte escollit. Si és necessari, es pot incloure als dossiers alguna ajuda o referència a alguna obra posterior per tal de facilitar la comprensió de l'alumnat.

El qüestionari està format per diverses preguntes de cadascun dels apartats del dossier des del context històric i la vida del científic fins a preguntes estrictament de la matèria triada.

En cadascun dels dossiers dissenyats hi podem distingir dues avaluacions. Per una banda, l'avaluació que fa cada alumne de l'activitat i per altra banda l'avaluació que fa el professorat de les qüestions contestades pels alumnes. La primera permet conèixer si l'alumne ha interpretat adequadament el text i la segona permet al professorat saber les virtuts i les mancances del dossier a fi de millorar-lo en futures implementacions.

Anàlisi d'alguns resultats pilots

S'han implementat diversos dossiers en cursos de l'ETSEIB, tant en assignatures optatives com obligatòries. En global i gràcies a l'avaluació de l'alumnat, es pot concloure que l'activitat és de profit ja que l'alumnat valora positivament la història com a recurs docent i el fet de conèixer la història de l'època i la biografia de l'autor.

Pel que fa a la comprensió dels conceptes, gràcies a l'avaluació del professorat es pot concloure que la idea principal dels dossiers és ben captada pels alumnes i són capaços d'arribar a les seves pròpies hipòtesis i formular aquelles teories que es pretenia que obtinguessin de forma autònoma a través de la història.

Conclusions

Un dels primers aspectes a destacar és el fet d'utilitzar textos clàssics originals i no una història general. La utilització d'aquests textos per a l'ensenyament universitari significa que l'alumnat analitza els textos que es van redactar per formular les grans teories amb els beneficis que aquest sistema té. El fet d'utilitzar textos originals suposa una gran feina per al dissenyador dels dossiers, ja que cal trobar-ne el fragment més adequat, traduir-lo i, en molts casos, afegir-hi les anotacions necessàries perquè els alumnes el comprenguin adequadament.

Els resultats obtinguts mostren que la història permet desenvolupar l'esperit investigador dels alumnes, la qual cosa és molt positiva tant en l'aprenentatge com en els futurs llocs de treball. És una forma d'aprenentatge autònom que representa un nou mètode de treball en comparació amb el tradicional que, alhora, desenvolupa la motivació de l'estudiant.

Aquest tipus d'activitats permeten al professorat conèixer la capacitat dels seus alumnes per resoldre els problemes que ells mateixos es plantegen i valorar les seves capacitats com a investigadors.

Tothom qui vulgui dur a terme alguna activitat històrica seguint aquestes pautes pot trobar diversos dossiers a <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/11679>, que es poden utilitzar de forma lliure sempre que es faci constar a l'autor.

Referències bibliogràfiques

BRUSH, S. G. (1991), «Historia de ciencia y enseñanza de las ciencias», *Comunicación, lenguaje y educación*, **11-12**, 169-180.

GRAPÍ, P. (2009), «Història de la ciència, ensenyament i les tecnologies de la informació i la comunicació». A: PUIG PLA, C. (ed.), *Actes d'història de la ciència i de la tècnica*, Vol. 2 (1), Barcelona, IEC, 347-358.

HEERING, P. (2000), «Getting shocks: teaching secondary school physics through history», *Science&Education*, **9**, 363-373.

HEILBRON, J. (2002), «History as a collaborator of science», conferència pronunciada el 14 de desembre de 2002 a la Universitat Autònoma de Barcelona amb motiu de la Setmana de la Ciència.

SIERPINSKA, A. (1991), «Quelques idées sur la méthodologie de la recherche en didactique des mathématiques liée à la notion d'obstacle épistémologique», *Cahiers de Didactique des Mathématiques* (Institut Français de Thessalonique), **7**, 85-86.