



SOCIETAT CATALANA D'HISTÒRIA
DE LA CIÈNCIA I DE LA TÈCNICA
Filial de l'Institut d'Estudis Catalans

ACTES DE LA
VI JORNADA
SOBRE LA HISTÒRIA
DE LA CIÈNCIA
I L'ENSENYAMENT
"Antoni Quintana Marí"

*Coordinació: Pere GRAPÍ VILUMARA
Maria Rosa MASSA ESTEVE*

Barcelona, 20 i 21 de novembre de 2009

Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament Antoni Quintana i Marí (6a : 2009 : Barcelona, Catalunya)

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

Barcelona, 20 i 21 de novembre de 2009

Bibliografia. — Textos en català, castellà i francès

ISBN 9788499650425

I. Grapí Vilumara, Pere, dir. II. Massa Esteve, Ma. Rosa, dir.

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

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

1. Ciència – Història – Ensenyament – Congressos

5:37(091)(061.3)

Dibuix de la coberta: gravat de la memòria d'Alessandro Volta "On the Electricity excited by the mere contact of conducting Substances of different kinds". Philosophical Transactions, of the Royal Society of London. For the Year MDCCC. Part I. Plate XVIII, p. 430.

© dels autors de les ponències

© 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: febrer de 2011

Compost per Miquel Terreu i Gascon

ISBN: 978-84-9965-042-5

Dipòsit Legal: B-11950-2011

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	5
Aportacions de la Història de la Ciència a l'Ensenyament	7
T. CADEFÀU SURROCA; M.A. CATALÀ POCH: Els anells de Saturn, recull d'activitats	9
A. CAMÓS: Una forma de celebrar el bicentenari del naixement de Darwin a un institut	19
M.C. CRUZ SÁNCHEZ: Aportacions de la història de la ciència a l'ensenyament: Charles Darwin i la teoria de l'evolució.....	25
J.M. FERNÁNDEZ NOVELL; C. ZARAGOZA DOMÈNECH: Com traslladar part de la nostra història de la química recent a les aules.....	31
I. GUEVARA CASANOVA: Contextos històrics en el currículum de matemàtiques de secundària	37
M.R. LATORRE SARLÉ: De l'anècdota matemàtica a la integració de la història en el context de l'aula	47
C. PUIG-PLA; I. GUEVARA CASANOVA; F. ROMERO VALLHONESTA; M.R. MASSA ESTEVE: La trigonometria a la matemàtica de l'antiga Índia. Algunes idees per treballar a l'aula	53
M. RIGOLA: Fourier i la transmissió de calor: un exercici d'aprenentatge	61
N. SOLSONA I PAIRÓ: Alguns exemples de treballs de recerca de batxillerat amb científiques	69
La Història de la Ciència en la formació del professorat.....	75
O. BRUNEAU: Les correspondances entre savants: quelles perspectives dans l'enseignement et pour la formation des maîtres?	77
P. GRAPÍ: Condicionants de la formació en història de la ciència en el professorat de ciències	83
M.R. MASSA ESTEVE; F. ROMERO VALLHONESTA: La formació del professorat de matemàtiques en història de la matemàtica	89
J. NAVARRO LOIDI: La definición de ángulo en las matemáticas españolas del siglo XVII.....	97

El context històric-institucional de l'ensenyament de les ciències	105
M. CUENCA LORENTE: Jaume Banús i Castellví (1833-1901), un professor de física i química del segle XIX.....	107
M.L. RICO GOMEZ: Estatut de formació professional: modernització i ensenyament tècnic	115
J. SERVAT SUSAGNE; J.M. NÚÑEZ ESPALLARGAS: Els programes d'aritmètica i geometria de les escoles normals catalanes en la segona dècada del segle XX....	123

PRESENTACIÓ

Ens plau poder presentar-vos els resultats de la VI Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament celebrada a Barcelona els dies 20 i 21 de Novembre de 2009 i organitzada per la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica. La consolidació d'aquestes jornades és gratificant per a tothom i ens confirma que el camí emprès fa anys està resultant fructífer tant pels historiadors de la ciència com pel professorat involucrat en la immersió de la història de la ciència a l'ensenyament.

Les comunicacions presentades a la III Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament - que va tenir lloc dins la IX Trobada celebrada a Girona el 2006 - i les de la IV Jornada, varen ser publicades en els números 1(2) (2008) i 2(1) (2009) respectivament de la revista *Actes*. Pel que fa a la V Jornada sobre la Història de la Ciència i Ensenyament celebrada a Lleida dins de la X Trobada el 2008, no es va fer una publicació conjunta de les comunicacions, deixant als autors la decisió de presentar-les a la revista *Actes* en la seva nova època.

Atès l'interès mostrat pels participants en poder aprofitar els materials presentats a la VI Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament, la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica ha decidit tornar a publicar les comunicacions presentades, però en un format digital que esperem que faciliti tant la seva difusió com el seu ús per l'ensenyament.

Hi trobareu les comunicacions de la VI Jornada ordenades en tres seccions: la primera, amb nou comunicacions sobre les aportacions de la història de la ciència a l'ensenyament, on els autors mostren les seves experiències a l'aula i els seus resultats; la segona, amb quatre comunicacions sobre la incidència de la història de la ciència en la formació del professorat on els autors reflexionen entorn del paper de la història de la ciència en el procés educatiu i la tercera, amb tres comunicacions que tracten sobre el context històric e institucional de l'ensenyament de les ciències. En el decurs d'aquesta VI Jornada es va lliurar el VIII Premi Antoni Quintana i Marí al treball de recerca de batxillerat titulat "Els primers llums del Delta" elaborat per Enric Garriga Tomàs, alumne de l'IES Els Alfacs de Sant Carles de la Ràpita, a qui fem arribar la nostra felicitació.

Aquesta VI Jornada va incloure la conferència magistral del professor Ahmed Djebbar (Université des Sciences et des Technologies de Lille), sobre "Huit contributions arabes au service de l'enseignement des sciences". El conferenciant va presentar el contingut d'un llibre sobre història de les ciències dedicat a alumnes de finals de cicle de primària i primers anys de secundària. Les contribucions presentades en la conferència varen ser realitzades a països islàmics entre els segles IX i XIV. El professor Djebbar es va referir en particular a les següents aportacions: l'astrolabi, la teoria de l'arc de Sant Martí, la teoria de la visió, la simetria, la destil·lació, la bomba d'aigua, la circulació pulmonar i la balança. Amb la seva extraordinària capacitat de comunicació el conferenciant va saber captivar l'audiència tot fent-nos participar del seu interès en la utilització de la història de la ciència a l'ensenyament.

Pere Grapí Vilumara
Maria Rosa Massa Esteve

**APORTACIONS
DE LA HISTÒRIA
DE LA CIÈNCIA
A L'ENSENYAMENT**

ELS ANELLS DE SATURN, RECU LL D'ACTIVITATS

Trini CADEF AU SURROCA¹; M.A. CATALÀ POCH²

¹ IES Pere Borrell. Puigcerdà

² Departament d'Astronomia i Meteorologia. Universitat de Barcelona

Paraules clau: *sistema solar, Saturn*

The rings of Saturn, a collection of activities

Summary: Saturn has been known since antiquity and until the late eighteenth century it marked the boundary of the solar system. Since 1610 when Galileo discovered the peculiar form of Saturn and until 1977 it was thought to be the only planet of the solar system with a rings system. These are two good reasons to study Saturn and its rings in this year, 2009, declared the International Year of Astronomy. The aim is to present a collection of activities that can help us find the planet and its history.

Key words: *solar system, Saturn (individual)*

Òrbita geocèntrica de Saturn.

Els planetes semblen estels, però a diferència d'ells els veurem desplaçar-se sobre l'eclíptica d'oest a est i de vegades semblen tornar enrere (retrogradació), conseqüència del moviment de la Terra respecte del Sol.

Aquest moviment geocèntric d'un planeta es pot evidenciar i explicar fàcilment considerant el model de Copèrnic, el qual suposa que els planetes es mouen amb velocitat uniforme seguint òrbites circulars coplanàries, on el Sol és el centre.

Només ens caldrà conèixer la distància mitjana de la Terra i de Saturn al Sol i els respectius períodes del moviment de translació o períodes sideris. El procediment és el següent: Primer dibuixarem en un full de paper mil·límetrat o quadriculat, dos cercles concèntrics de radis proporcionals a la distància mitjana de la Terra i de Saturn al Sol. A continuació en els respectius cercles senyalarem el que avança la Terra i el que avança Saturn en el mateix període de temps: la Terra tarda un any en el seu moviment de translació, i Saturn tarda 29 anys i 167 dies, és a dir mentre la Terra gira 60°, Saturn tan sols en girarà 2°04 (Fig. 1). Sobre un full de paper vegetal es determina un punt que

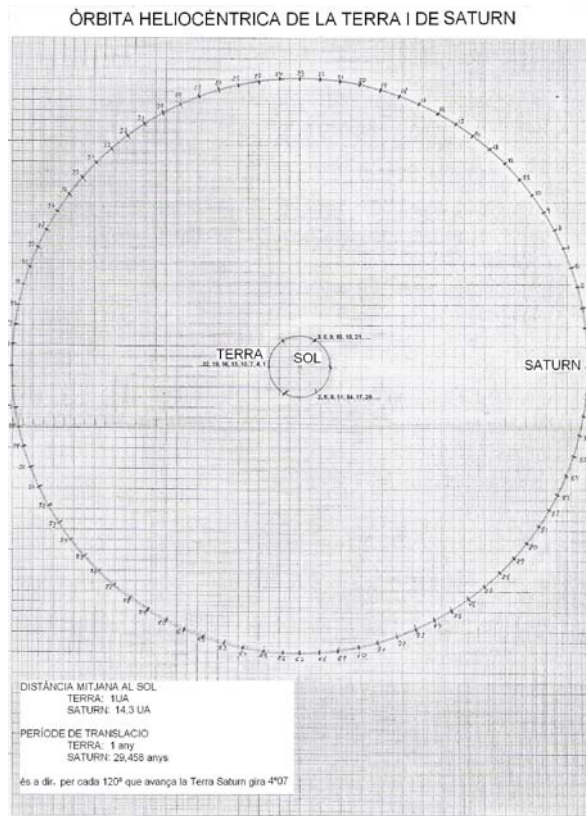


Fig. 1. Òrbita heliocèntrica de la Terra i de Saturn.

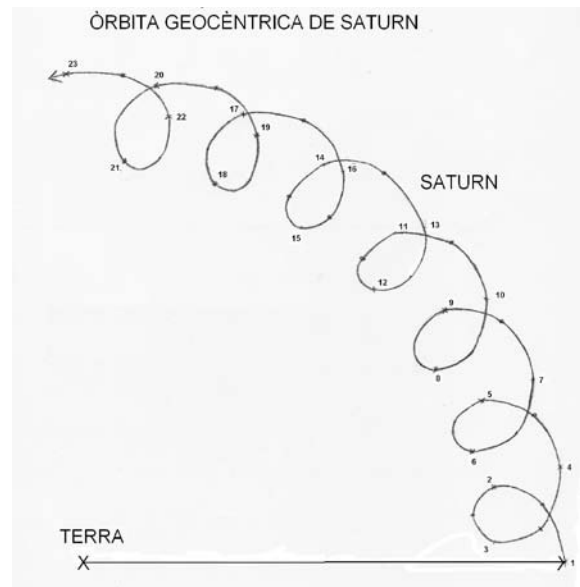


Fig. 2. Òrbita Geocèntrica de Saturn.

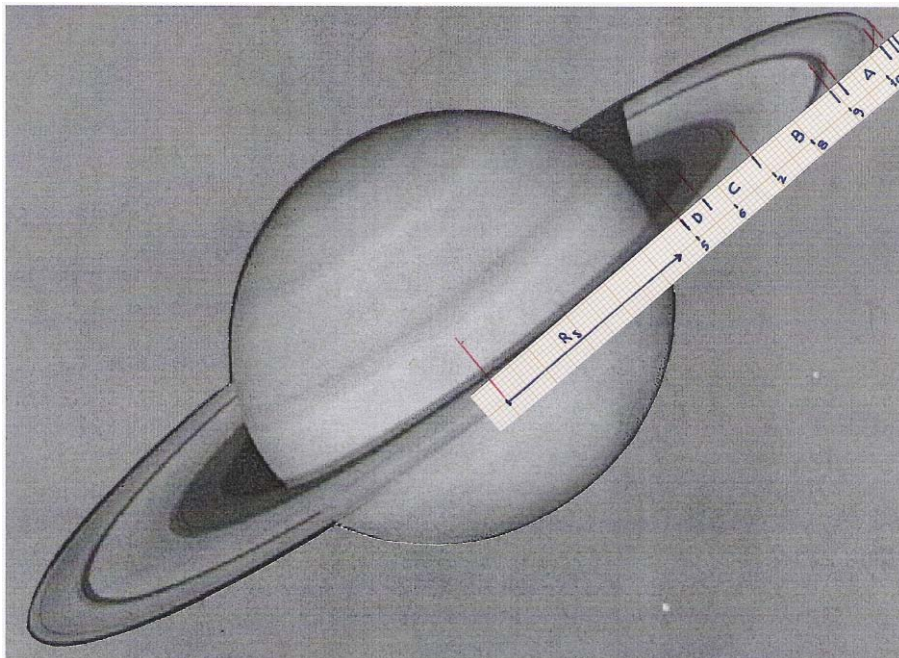
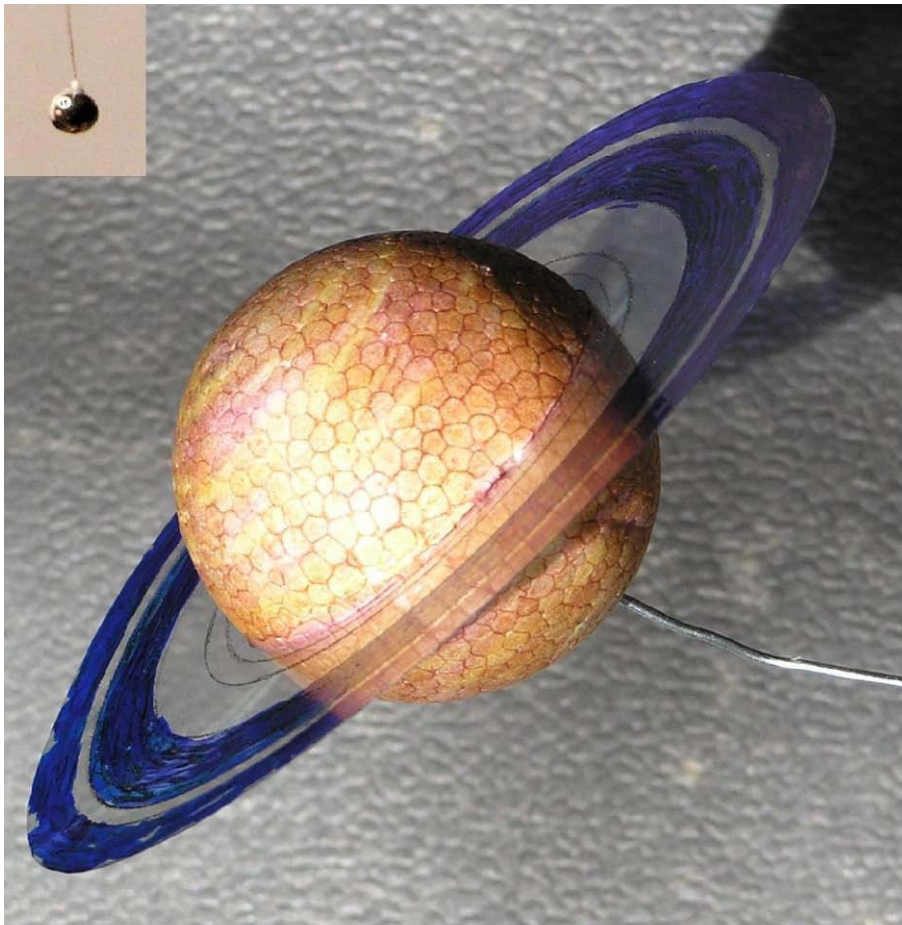


Fig. 3. Identificació dels anells de Saturn.

representarà el lloc on suposarem que està la Terra, superposant i desplaçant aquest punt per les diferents posicions de l'òrbita de la Terra i mantenint sempre la mateixa orientació del paper, anirem marcant sobre aquest els llocs on es troba Saturn. Unint aquests punts obtindrem l'òrbita geocèntrica de Saturn i veurem els bucles de la seva òrbita aparent, retrogradació (Fig. 2). Una altra opció seria fer alguna simulació informàtica, per exemple utilitzant *Interactive physics*.



Maqueta de Saturn i de la Terra

Fig. 4. Maqueta de Saturn i de la Terra.

Identificar els anells de Saturn.

A partir d'una fotografia de Saturn, es pot identificar cada un dels seus anells i forats fent una proporció. Així tenint en compte que el radi de Saturn és 60000 km, si r és el valor del radi de Saturn en la fotografia mesurat en cm, i D és el radi real de l'anell en km, la distància des del centre de Saturn a cada anell en la fotografia, d , o radi interior o radi exterior de l'anell és: $d = D \cdot (r/60000)$. L'escala de la fotografia, serà $1: 6/r \cdot 10^9$ (Fig. 3)

Maqueta de Saturn.

Fer un model a escala de Saturn. Ens servirà per poder aconseguir una visió del que és Saturn i els seus anells, comprovar i explicar i/o entendre la metamorfosi de la seva aparença i comparar la seva grandària, per exemple amb la Terra.

Construirem la maqueta de Saturn amb una bala de porexpan o suro, per exemple de 4,4 cm de diàmetre, i una transparència. Pels anells, dibuixarem en un foli i proporcionalment els cercles que representen a la superfície i els límits dels anells principals (radis: 2,20, 2,45, 2,73, 3,37, 4,30, 4,47, 5,01 i 5,11 cm), a continuació farem una fotocòpia de l'esquema en la transparència. Retallarem o buidarem el cercle interior i traurem la part exterior. Després pintarem amb retoladors permanents o enganxarem material reflectant als "anells" que per últim, muntarem a la bala (Fig. 4).

En un lloc amb Sol, variant l'orientació de la maqueta de Saturn s'aconsegueix reproduir les diferents fases de la seva metamorfosi: els "anells" són invisibles quan els observem de cantó, a través

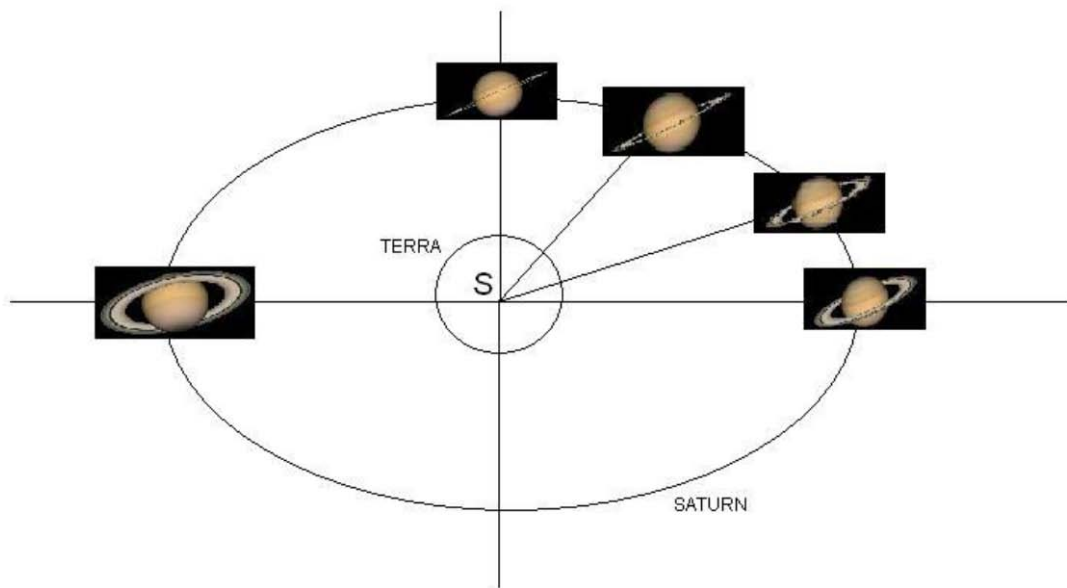


Fig. 5. Canvi de l'aparença de Saturn en un cicle.

dels anells es pot mig veure el contorn del planeta, es pot comprovar l'ombra del planeta sobre els anells o al revés dels anells sobre el planeta. És curiós observar l'ombra de la maqueta, s'aconsegueix evidenciar les primeres observacions: les nanses, els satèl·lits fixes, la forma d'oliva,... A aquesta escala la Terra seria una perleta de 4,4 mm de diàmetre.

Canvi de l'aparença de Saturn en un cicle.

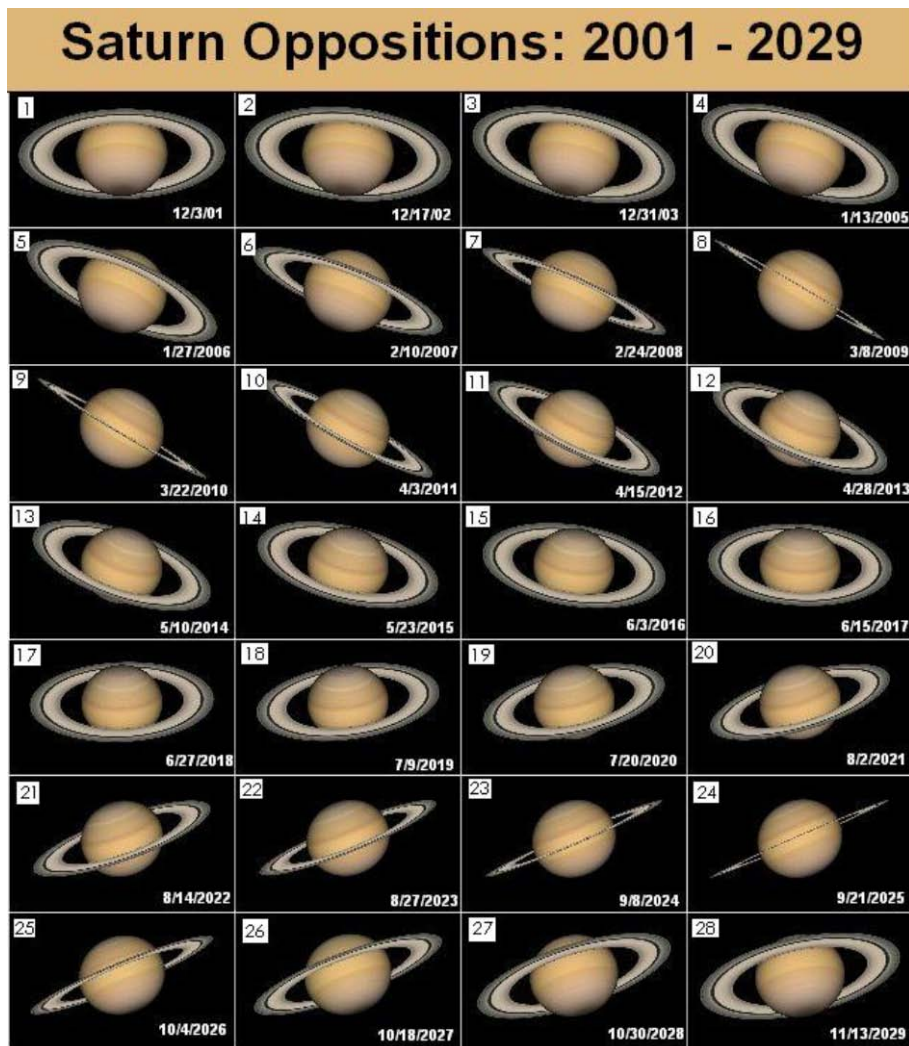
Fer un esquema de la metamorfosi de l'aspecte que ens presenta Saturn en variar la posició relativa a la Terra ja sigui dibuixant o generant imatges aprofitant les possibilitats que ofereix Internet o amb fotografies de la maqueta construïda (Fig. 5).

Proporcions.

Fer una petita similitud amb objectes reals per adonar-nos més de les dimensions. Per exemple, a Puigcerdà (longitud: 42° 25' 54" N, latitud 1° 55' 42" E): Si Saturn és una bala de diàmetre el del campanar de Sta. Maria de la Sagristia de Puigcerdà, l'anell A arribaria a la façana de l'Hospital, l'anell E al plataner que hi ha entre la plaça de Sta. Maria i la plaça del Herois, i l'anell recentment descobert a una distància de 6 milions de quilòmetres de Saturn i que arriba a 12 milions de quilòmetres estaria més enllà del pont de S. Martí i per l'altre costat s'expediria des de la plaça de Dionis Puig fins el Camí dels Enamorats anant cap a S. Jaume de Rigolisa.

Determinar l'aspecte de Saturn per a una data.

Si es té en compte la forma com se'ns presenta Saturn per una data determinada, es pot deduir l'aspecte que presentava o presentarà en una altra època. Només ens cal tenir en compte el dia julià de les dues dates i el període sideri de Saturn, fent la diferència entre els dos dies julians i dividint pel període expressat en dies, obtindrem el nombre de cicles que han passat, els quals expressarem en cicles i anys, d'aquesta manera ens quedarà determinat l'aspecte de Saturn.



Referència: Wikipedia

Fig. 6. Canvi d'aparença de Saturn.

Per exemple les observacions de Galileu: Galileu va descobrir "l'estranya forma", els anells de Saturn el 25 de juliol de 1610, dia julià 2309303,0, l'any 1612 van desaparèixer, i el desembre de 1616 el va tornar a observar i dibuixar amb molta precisió.

Si prenem com a referència l'última oposició de Saturn, que va ser el 8 de març de 2009, dia julià 2454898,5, que correspon a la imatge 8 (Fig. 6). Tindrem:

$$2454898,5 - 2309303,0 = 145595,5$$

$$145595,0 : 10759,529 = 13,5317 \text{ cicles} = 13 \text{ cicles } 15,66 \text{ anys}$$

On 10759,52917, és el període sideri de Saturn, 29 a 167 d 6,7 h, expressat en dies.

És a dir han passat 13 cicles i 15,664 anys, o equivalentment tindrien de passar uns 13,794 anys d'una oposició similar a la d'aquest any 2009, per tant l'aspecte de Saturn el 25 de juliol de 1610 seria similar al que tenia el dia 8-9 de juliol de 1993 o al que tindrà el dia 21-22 de desembre de 2022; el 1612 van "desaparèixer" com l'any 1995 o com ho faran l'any 2024, i el desembre de 1616 l'aspecte seria similar al que presentava el desembre de 1999 o que tindrà el juny de l'any 2028.



Fig. 7. Comparació de les observacions de Galileu amb imatges actuals de Saturn.

Notem el gran observador que era Galileu comparant les figures que va dibuixar, i l'aspecte que devia presentar Saturn utilitzant fotografies actuals (Fig. 7).

Els mateixos resultats s'obtidrien utilitzant la representació gràfica de la variació de la inclinació aparent en funció del temps durant un cicle.

Calcular la fase de la Lluna quan Galileu va observar per primera vegada els anells de Saturn.

Quan observem el cel de nit, un dels factors que influeix notablement és la fase en que es troba la Lluna.

A part de ser una curiositat ens permet parlar del nostre calendari i introduir els termes: número d'or, lletra dominical i epacta, poc coneguts i que intervenen en el seu còmput.

Per l'any 1610, el nombre d'or és 15, la lletra dominical C i l'epacta 2.

L'edat de la Lluna el 25 de juliol de 1610 (Cadefau & Català, 2002: 233-237), és:

$$\text{Edat de la lluna} = \text{epacta} + \text{mes (des de març inclòs)} + \text{dies que té el mes}$$

$$\text{Edat de la lluna (25/7/1610)} = 2 + 5 + 25 = 32$$

Una llunació són 29 dies, per tant la Lluna tenia 3 dies (32-29), i faltaven 4-5 dies pel quart creixent

Inclinació de Saturn.

L'òrbita de Saturn està inclinada 2° respecte de l'eclíptica. Els anells de Saturn envolten l'equador del planeta, i l'eix de rotació de Saturn, està inclinat uns 27°, això fa que la seva aparença variï amb el temps, i ens proporciona una eina per determinar la inclinació aparent de l'eix de rotació de Saturn. Via Internet es pot aconseguir (ja sigui amb programes informàtics) la reproducció de l'aspecte de Saturn al llarg d'un cicle, la qual cosa ens permet conèixer la inclinació aparent i així podrem: Primer obtenir la representació gràfica d'aquesta inclinació aparent durant un cicle en funció del temps, i segon situar una fotografia o dibuix de Saturn en un punt del gràfic i preveure quina serà (o ha estat) l'evolució de l'aspecte de Saturn.

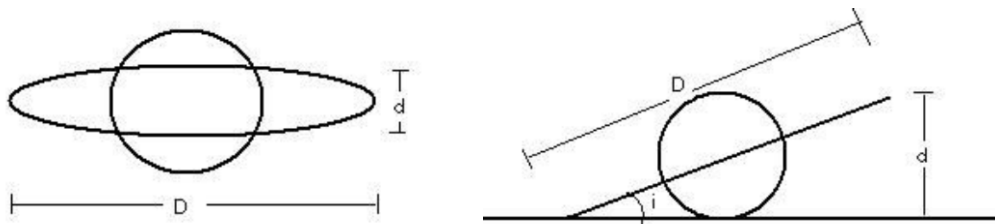


Fig 8. Càlcul de la inclinació aparent de Saturn.

La fotografia es pot proporcionar directament a l'alumne, o bé es pot utilitzar un generador d'imatges de Saturn (per exemple la web de Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology , NASA- JPL Solar System Simulator <http://space.jpl.nasa.gov> proporciona imatges des de l'any 1990 al 2025)

En general per qualsevol imatge podem qüestionar-nos quan desapareixeran els anells de Saturn, o quin serà el seu aspecte dintre uns anys. També podem utilitzar el dibuix de l'observació de Galileu de l'any 1616... és possible que l'any 1612 desaparegués.. o que l'any 1610 semblessin “dos satèl·lits immòbils”

La inclinació de l'eix de rotació de Saturn la calcularem a partir del aplanament dels anells ja que aquests estan situats en el pla de l'equador.

Es dedueix (Fig. 8) (Broman, 1993: 80):

$$\sin i = d/D \quad i = \arcsin (d/D)$$

On i és la inclinació, d és l'amplada dels anells en la fotografia, i D és la llargada dels anells en la fotografia

Si utilitzem la Fig. 6 sobre les oposicions de Saturn, apartat 6, s'obtenen les Fig. 9 i 10:

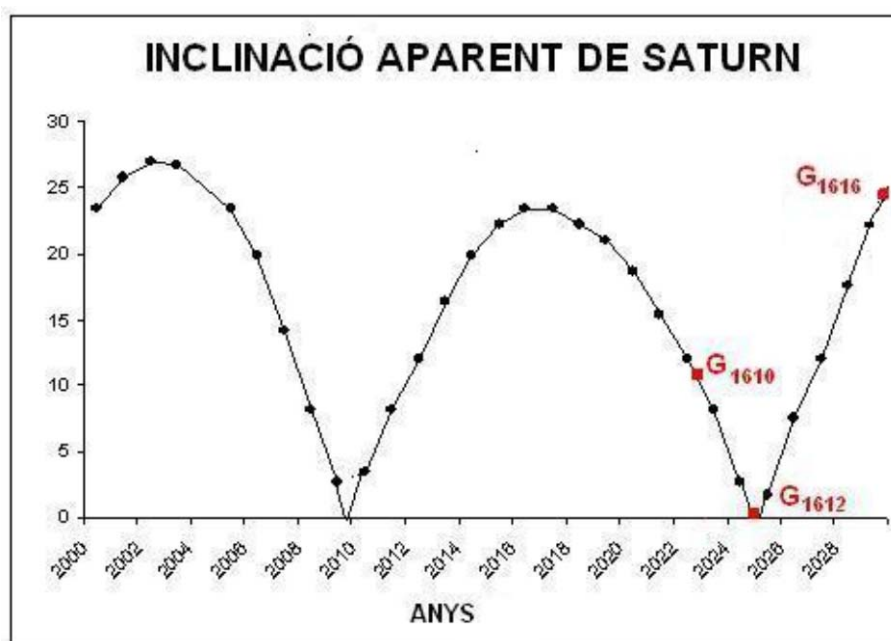


Fig. 9. Inclinació aparent de Saturn.

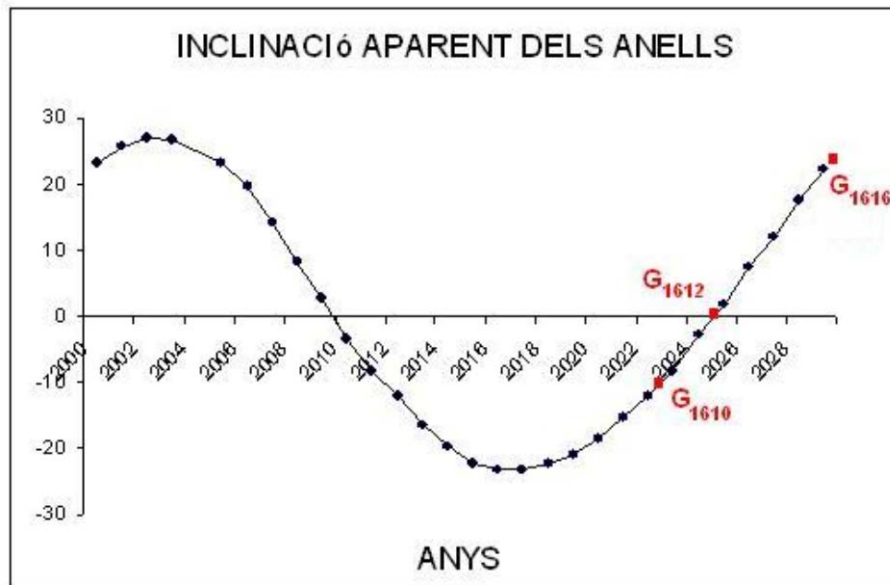


Fig. 10. Inclinació aparent dels anells de Saturn.

Si tenim en compte les observacions de Galileu:

El 30 de juliol de 1610, des de Pàdua, Galileu comunicava a Belisario Vinta a Florència, que el 25 d'aquell mes havia començat a observar els satèl·lits de Júpiter i havia descobert “..una altra estranya meravella.....”:

“... Saturn no és una sola sinó un compost de tres que quasi es toquen però que mai entre si es mouen o canvien i estan posades en fila segons la longitud del zodíac, sent la del mig tres vegades més gran que les altres dos laterals i estan situades d'aquesta forma oOo...” (Favaro, 1891: 410-411)

Podem fer una estimació de la inclinació aparent dels anells, en aquest cas si a és el diàmetre de Saturn, tindrem:

$$d = a\beta, \quad \text{i} \quad D = 2a\beta + a = 5a\beta$$

d'on en resulta

$$\sin i = 1/5$$

Per tant, la inclinació serà $i = 11^\circ 53'$. Per l'observació de 1616, mesurant trobem que el valor de d és 1,1 cm quan el valor de D és 2,3 cm que donarà un valor de la inclinació aparent de $25^\circ 6'$. En els gràfics (Fig. 9 i 10) correspondrien als punts senyalats, coincidint amb els resultats de l'apartat 6. Resultats que vindrien a corroborar el gran observador que era Galileu i la precisió de les seves observacions.

Els satèl·lits de Saturn.

Saturn actualment té uns 62 satèl·lits reconeguts, per tant caldria limitar l'estudi als més importants o curiosos, Pan, Atlas, Prometheus, Pandora, Epimetheus, Janus, Mimas, Enceladus, Tethys, Dione, Rhea, Titan, Hyperion, Iapetus, Phoebe. La proposta és fer un esquema que mostri la

situació d'aquests satèl·lits, veure la seva disposició respecte dels anells, i la connexió entre uns i altres (fenòmens de ressonància, satèl·lits "pastors", satèl·lits co-orbitals...) , que permetrà explicar breument la complexitat dels anells de Saturn. Per altra part, els satèl·lits de Saturn són molt diferents uns dels altres i tenen unes característiques pròpies , es interessant comparar-los tan pel que fa a grandàries com el seu aspecte i trets més importants (Cadefau & Catala, 2009).

Estudi d'algunes peculiaritats de Saturn.

Hi ha propietats físiques del planeta que destaquen unes perquè són molt diferents a les de la Terra, i d'altres per la seva similitud. En particular ressaltaríem:

DENSITAT. la densitat mitjana de Saturn és de 690 kg/dm^3 , molt baixa. La de la Terra és $5,5 \text{ kg/dm}^3$... Té sentit que alguns autors diguin "en un mar prou gran Saturn suraria"? Quins materials coneixem que tinguin aquestes densitats o valors propers?

GRAVETAT. La gravetat de Saturn és $9,1 \text{ m/s}^2$, similar a la de la Terra que és $9,8 \text{ m/s}^2$. A una distància de 60000 km (radi de Saturn) del centre de la Terra quina seria la gravetat? Com s'explicaria? Hi ha cap lloc proper a Saturn que tingui una gravetat de $9,8 \text{ m/s}^2$?

MASSA. Quina relació hi ha entre la massa de Saturn i la de la Terra? Proporcionalment Saturn és molt més gran que la Terra; quina és la relació entre les grandàries?

Estudiar i informar-se de que és i que representa el límit de Roche, els fenòmens de ressonància... i que tenen a veure amb els anells de Saturn... També es poden plantejar algunes qüestions, per exemple: Trobar el valor del límit de Roche per a una determinada densitat, o acotar el seu valor. A partir de la llei de gravitació universal, calcular amb quina velocitat mínima s'hauria de moure una partícula que es trobés en l'anell A, per no caure cap el planeta... Quina seria la diferència de velocitat amb una altra de l'anell B... Calcular la velocitat després de xocar dos hipotètiques partícules...

Història dels anells de Saturn.

El coneixement dels anells de Saturn està lligat a Galileu, Hevelius, Odierna, Huygens, Cassini, Herschel, Laplace, Bond, Maxwell, Kirkwood, Struve, Roche ,Sechi, Keeler... Per ajudar a situar l'alumne val la pena buscar informació i fer un fris cronològic. Això permetrà que compregui millor la transformació gradual del coneixement dels anells. Per altra banda es disposa de dos documents que ens parlen de Saturn i els seus anells:

- Éléments d'Astronomie (Rion, 1851) i
- La revista de divulgació: Alrededor del mundo, de data 19 d'abril de 1915, publicava l'article "Las rarezas de Saturno, su història y la de sus anillos".¹

En aquesta activitat es proposa que l'alumne els analitzi:

- Llegir els documents i fer-ne una primera valoració.
- Analitzar-los: 1. Situar els documents en el fris cronològic. 2. Les dades que apareixen continuen sent vàlides? com han canviat? 3. Les idees que s'expliquen reflecteixen el coneixement de l'època? què pressuposen? com han evolucionat? 4. Respecte els coneixements actuals, quins es desconeixien? Quan varen ser incorporats? 5. Analitzar qüestions més concretes. Per ex: sobre els anells: De quants anells parla el document?

¹ Núm. 829, 315-316.

Tenen nom? Quina característica o quina naturalesa es pressuposa que tenen els anells? S'explica alguna hipòtesi sobre el seu origen? 6. Fer taules comparatives de valors tan del propi planeta com del seu sistema d'anells, per exemple: grandària, gruix, nombre d'anells, nombre satèl·lits...

Bibliografia

BROMAN, L. I. *et al.* (1993), *Experimentos de Astronomia*, Madrid, Alhambra-Longman.

CADEFAU-SURROCA, T.; CATALÀ-POCH, M.A. (2002), «1819: Un manuscrit curiós», A: BATLLÓ, J.; BERNAT, P.; PUIG, R. (eds.), *Actes de la VI trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, SCHCT-IEC, 233-237.

CADEFAU-SURROCA, T.; CATALÀ-POCH, M.A. (2009), «Saturn», *Actes de la III Jornada d'Història de l'Astronomia i de la Meteorologia*, Vic, SCHCT-IEC (pendent de publicació).

FAVARO, A. (1891-1909), *Le opere di Galileo Galilei. Edizione Nazionale*, Firenze, Barbera, X, 410-411.

RION, A. (1851), *Éléments d'Astronomie*, Paris, Blondeau, 61-64.

UNA FORMA DE CELEBRAR EL BICENTENARI DEL NAIXEMENT DE DARWIN A UN INSTITUT

Agustí CAMÓS
IES Miquel Martí i Pol, CEHIC-UAB

Paraules clau: Charles Darwin, Lamarck, evolució, ensenyament

The celebration of the bicentennial of Darwin's birth at the secondary school IES Miquel Martí Pol

Summary: The theory of the evolution, the Beagle trip as well as several aspects of Darwin's life and thoughts were represented by the fifteen years old students. They invited students of all levels of the school to a performance where they used a mock-up of the "Beagle ship" made by themselves.

Key Words: Charles Darwin, Lamarck, evolution, education

Introducció

L'any 2003, en la *I Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament*, vaig poder escoltar una comunicació que de seguida em va interessar, on s'explicava com s'havia organitzat en un centre de secundària, el cinquanta aniversari de la publicació del famós article de James Watson i Francis Crick sobre l'estructura del DNA (Calvó *et al.*, 2005: 25-30). Immediatament vaig adonar-me'n de les gran possibilitats didàctiques que oferia la celebració d'aniversaris d'importants fites en història de ciència.

Sis any més tard, l'any 2009, es celebrava el 200 aniversari del naixement de Charles Darwin i el 150 aniversari de la publicació de la seva gran obra, *l'Origen de les espècies*. Recordant aquella comunicació de fa sis anys, em vaig proposar organitzar una celebració d'aquest aniversari, per donar a conèixer la vida i l'obra de Darwin i la importància de la teoria de l'evolució de les espècies, als alumnes del centre on treballava. El resultat va ser el que s'exposa en aquesta comunicació, on s'explica la forma en que va es celebrar a l'Institut Miquel Martí i Pol de Cornellà del Llobregat aquest dos-cents aniversari. Com es comprovarà, no es tracta pas d'un conjunt d'activitats excepcional, més aviat al contrari, però, en ser activitats a l'abast de tothom i haver tingut un notable èxit, poden animar i donar idees per a organitzar esdeveniments similars en altres ocasions, de la mateixa forma que la comunicació de l'any 2003 em va animar a mi.

Plantejament inicial

La idea inicial era que no podíem deixar passar una data tant assenyalada en la història de la ciència i la cultura, la del naixement de Charles Darwin, que estàvem segurs que tindria un notable ressò mediàtic, sense que els nostres alumnes podessin conèixer la figura del gran naturalista anglès i la gran importància de la seva obra.

Vam pensar que les activitats podrien pivotar inicialment sobre els alumnes de quart d'ESO que feien l'assignatura de Biologia i Geologia, on s'estudia el tema de l'evolució. Es tractava d'alumnes que ja tenien una certa formació i que, en escollir l'itinerari científic, ja havien demostrat majoritàriament un interès especial per la ciència.

També volíem aprofitar una sèrie d'elements que teníem a la nostra ma. Per una banda el notable ressò que ja estava tenint la data en la premsa i en els mitjans audiovisuals. Per altra banda, coneixíem que a internet cada cop hi havien més recursos relacionats amb la vida i l'obra Darwin i amb la teoria de l'evolució. També sabíem que els alumnes gaudien d'una notable destresa per a poder aprofitar els recursos informàtics. Finalment sabíem que en el grup hi havien alumnes amb una notable capacitat artística i amb motivació pel tema.

Amb tots aquests elements vam pensar que podia ser molt interessant que els alumnes fessin una exposició sobre Darwin i la teoria de l'evolució, que formalment fos atractiva, i que permetés que tot l'alumnat del centre pogués conèixer alguns aspectes de la vida i l'obra de Darwin, i alhora percebre la gran importància del científic anglès i de la teoria de l'evolució de les espècies.

Objectius marcats a l'inici de l'activitat:

En relació als alumnes del grup:

- Conèixer la figura de Darwin.
- Apreciar la seva importància històrica.
- Conèixer els trets fonamentals de la teoria de l'evolució segons Darwin.
- Conèixer l'existència de Lamarck i d'altres teories de l'evolució.
- Possibilitar la transmissió de coneixements d'uns alumnes a uns altres.
- Potenciar el treball en equip.
- Aconseguir ressò a tot l'Institut.

En relació a l'alumnat de l'ESO dels altres cursos

- Percebre la singularitat de la data.
- Tenir constància de la dimensió històrica de Darwin.
- Conèixer alguns trets de la vida de Darwin.
- Conèixer la importància de la teoria de l'evolució
- Comprovar que podien aprendre d'alumnes d'altres cursos.

Desenvolupament del projecte.

En el desenvolupament de les activitats existia un element previ que va afavorir notablement la motivació dels alumnes. Durant el curs anterior, els alumnes de tercer d'ESO havien llegit com a lectura

de català la novel·la *Tots som parents* escrita per Daniel Closa, tal com es venia fent des de feia anys gràcies a un acord entre el departament de ciències experimentals i el departament de llengua catalana. Es tracta d'una novel·la dirigida al públic juvenil que fa un relat sobre el viatge de *Beagle*, i que va guanyar l'any 1995 el premi de novel·la científica atorgat per la Fundació Catalana per a la Recerca. La novel·la, a més de ser treballada a classe de català, també va ser comentada i debatuda a classe de ciències. Per aquesta raó, els alumnes, ara a quart d'ESO, ja tenien una certa informació sobre la vida i l'obra de Darwin, en especial del viatge del *Beagle*.

Aproximadament unes tres setmanes abans de la data en què es commemorava el naixement de Darwin, el professor va fer a classe una primera aproximació a la teoria de l'evolució. En aquesta primera sessió també es va plantejar la possibilitat que el curs fes una exposició sobre el tema. La idea va ser molt ben acollida, i tot seguit es va proposar la formació de vuit grups d'entre tres i quatre alumnes que abordessin els següents aspectes:

- Composició general de l'exposició.
- La vida de Darwin.
- El viatge del *Beagle*.
- Les illes Galápagos.
- Les obres més importants que va escriure Darwin.
- La teoria de l'evolució de Darwin.
- La vida i les obres de Lamarck.
- La teoria de l'evolució segons Lamarck.

Com es pot comprovar a més de treballar entorn de la figura de Darwin, els alumnes també van treballar la vida, l'obra, i la teoria evolucionista de Lamarck. Això es justifica per dues raons: per una banda Lamarck és un altra figura rellevant en el desenvolupament històric de la teoria de l'evolució, i per altra banda el 2009 també es celebrava els dos-cents aniversari de la publicació de la seva obra més coneguda, la *Philosophie zoologique*, encara que aquest aniversari va tenir una limitada repercussió mediàtica.

Inicialment el professor va proposar organitzar ell mateix els grups de treball, però els alumnes van demanar de fer-ho ells; es va arribar a l'acord de fer-ho tal com proposaven els alumnes, però amb la possibilitat de reconduir la situació si es produïa cap problema. El professor, d'acord amb els alumnes, solament va intervenir en reconduir la situació amb dos motius: per a que els alumnes d'origen sud-americà tractessin els temes relacionats amb el viatge del *Beagle* i amb les illes Galápagos, pel que estaven lògicament molt més motivats, i per assegurar que els alumnes amb més capacitat artística estiguessin en el grup de composició general. Vist amb perspectiva, el protagonisme dels alumnes en l'organització va ser finalment un element clau de l'èxit de treball.

Per a l'exposició cada grup havia de fer una o dues cartolines que incloguessin alguns texts curts on s'expliqués el tema que els tocava, així com imatges localitzades a través del *google images* o d'altres cercadors. Això ho van fer, en bona part al marge de les classes, posant-se d'acord entre ells. El paper del professor va ser el de mantenir contactes amb els diferents grups per anar seguint el que anaven fent. No obstant, com era de preveure, la feina va ser desigual, però en general força acceptable en la majoria dels grups.

El grup de composició general va fer la feina més notable i imaginativa. Van construir amb paper d'estrassa una representació del *Beagle*, el vaixell en el que Darwin va fer el seu gran viatge, d'aproximadament uns tres metres d'allargada i altres tres d'alçada. Damunt del vaixell, a més de posar-hi un dibuix de Darwin i diferents elements accessoris com els màstils, cordes, imatges i



Fig.1. Imatge que mostra l'exposició sobre Darwin i la teoria de l'evolució, muntada al damunt d'un vaixell de paper d'estrassa que representa el Beagle.

rotulacions, s'hi muntarien les diferents cartolines que contenien la informació i les imatges buscades i elaborades pels altres grups. Cal dir que el grup de composició va treballar molt i amb molta autonomia.

La setmana Darwin

El dimarts 10 de febrer, quan els alumnes ja havien buscat la informació, a classe es va fer una explicació general del tema i una posta en comú del que havien treballat els diferents grups. En la sessió també es van resoldre les confusions i els dubtes que havien anat apareixent.

El dimecres 11 vam dedicar dues hores al muntatge exposició. En primer lloc es va muntar i pintar el vaixell, i a continuació es van anar distribuint les cartolines elaborades a partir del material recollit pels diferents grups. Als grups que havien treballat més els va ser més fàcil tenir acabades les seves cartolines, mentre que altres van necessitar més ajuda per part del professor. També es va preparar l'explicació de l'exposició que es faria als alumnes dels altres cursos de l'institut, que consistiria en què cada grup faria una breu dissertació sobre l'aspecte de l'exposició que havien desenvolupat. Per prepara-ho, cada grup va fer l'explicació a la resta de la classe, i en acabar, els companys els anaven fent crítiques i suggeriments per a millorar l'explicació. El procés va ser molt ric, intens, i fructífer.

El dijous 12, el dia dels dos-cents aniversari del naixement de Darwin, va constituir el moment culminant del procés.

A primera hora es van donar els últims retocs a l'exposició i varen repassar la presentació de l'exposició. A partir d'un quart de deu van anar baixant a visitar l'exposició els alumnes dels diferents grups de l'ESO, mentre els alumnes de quart els feien una explicació de l'exposició de la següent forma: En primer lloc els alumnes del grup de composició general feien una presentació de l'exposició, i a continuació un membre de cada grup explicava breument el tema que havia desenvolupat. Cal dir que van participar en l'exposició oral la majoria dels alumnes de quart, ja que en la majoria dels grups



Fig. 2. Fotografia on es veuen alumnes de primer cicle d'ESO que reben les explicacions dels alumnes de quart que havien muntat l'exposició sobre Darwin.

els alumnes anaven rotant per fer l'explicació als alumnes de les diferents classes.

La receptibilitat per part dels alumnes dels diferents grups va ser força bona, mostrant interès i mantenint força atenció. Cal dir, a més, que per reforçar l'atenció dels alumnes, els professors de ciències dels diferents grups van demanar als seus alumnes un petit resum sobre l'exposició a partir de l'explicació els havien fet els seus companys, i de visites a l'exposició que van poder fer en els següents dies. L'exposició es va mantenir a l'entrada de l'institut durant varies setmanes, i actualment es troba a la biblioteca del centre.

Cal afegir que l'exposició també va ser utilitzada pels alumnes de primer de batxillerat en l'assignatura de ciències pel món contemporani, i de segon de batxillerat de Biologia; en aquests dos casos la visita a l'exposició va anar acompanyada per les explicacions més detallades a càrrec dels professors d'aquestes assignatures.

Culminació.

Finalment els nostres alumnes van ser convidats a participar en l'acte que es va desenvolupar al Parlament de Catalunya amb motiu de la celebració de l'any Darwin, al que van assistir varis centenars d'alumnes de secundària. En aquest acte van fer petites explicacions alumnes de quatre instituts de Catalunya. Un dels instituts va ser l'IES Miquel Martí i Pol, de forma que tres alumnes del l'institut varen exposar com havíem muntat al centre l'exposició sobre Darwin i la teoria de l'evolució, i com s'havien fet les explicacions al tots els alumnes de l'ESO de l'institut. Tot l'acte va ser gravat i es pot trobar a la següent adreça:

http://www.parlament.cat/portal/page/portal/pcat/IE04/IE0406/IE040603?p_cp1=389029&p_cp2=&p_cp3=&p_cp22=cerca



Fig.3. Fotografia de la intervenció dels alumnes de IES Miquel Martí i Pol al Parlament de Catalunya amb motiu del dos-cents aniversari del naixement de Charles Darwin.

Valoració de l'experiència

En conjunt l'experiència va ser força positiva, tant pel que fa als alumnes que van muntar l'exposició, com pel conjunt de l'alumnat del centre, que va poder percebre la importància de Darwin i conèixer alguns trets de la seva vida i la teoria de l'evolució. Un aspecte particularment interessant va ser que els alumnes van poder comprovar, uns que eren capaços d'ensenyar a companys d'altres cursos, i altres que poden aprendre d'altres alumnes, en situacions que actualment rarament es donen en els centres d'estudis.

Per arrodonir el tema, i veient el notable esforç que havien fet els alumnes de quart de biologia i geologia, es va decidir fer una carta de l'institut dirigida a les seves famílies, per tal de fer-les-hi arribar el reconeixement de l'Institut per l'excel·lent feina feta pels seus fills; no solament han d'arribar a les famílies cartes que posin de manifest errors i faltes comesos dels nostres alumnes. La carta va tenir molt bona acollida tant per part dels alumnes com de les famílies.

Crec que organitzar commemoracions similars a aquesta o a la referida al principi de la comunicació, dona un notable fruit tant pel que fa als alumnes coorganitzadors de l'esdeveniment com al conjunt del centre.

Bibliografia

CALVÓ, X.; CATENA, F.; PÉREZ, N. (2005), «Una experiència didàctica al voltant del 50è aniversari de l'estructura de l'ADN». A: GRAPÍ, P.; MASSA, R. M. (ed.), *Actes de*

la I Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament Antoni Quintana Marí, Barcelona, SCHCT-IEC, 25-30.

APORTACIONS DE LA HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA A L'ENSENYAMENT: CHARLES DARWIN I LA TEORIA DE L'EVOLUCIÓ

M^a del Carmen CRUZ SÁNCHEZ

CRP Baix Penedès, Departament d'Ensenyament. El Vendrell. Tarragona

Paraules clau: història de la ciència, ensenyament, educació primària, Darwin, evolució

Contributions of the history of science teaching: Charles Darwin and the theory of evolution

*Summary: The aim of this study is the construction a multimedia programming unit, directed to students in upper primary cycle as a website (<http://www.xtec.cat/crp-baixpenedes/webmcruz2/index.htm>) in order to promote science and make it more attractive, enthusiastic and comprehensive their teaching. Following the guidelines of the history of science, we placed the theory of evolution as the solution to the problem of the origin of species in space and time. To do this, we selected historical texts about the figure of Charles Darwin as a person and on its immediate context, the nineteenth century. We also selected texts on the background to the theory of evolution and the development of his work, *The Origin of Species*, finally focusing on those parts that refer to the struggle for survival and natural selection.*

Key words: History of science, teaching, primary education, Darwin, evolution

Introducció

Els professionals de l'educació observem la dificultat que representa voler acostar a l'alumnat el món de la ciència. Donar a conèixer la ciència, fer més atractiu, engrescador, entenedor el seu ensenyament, així com aconseguir una formació realment integral, són objectius a assolir per tots nosaltres. Fa temps que en aquest tema hi treballem molts i entre les possibles solucions, professors i professores de ciències han arribat a la idea d'utilitzar la història de la ciència a l'ensenyament (Fernández- Zaragoza 2005: 53).

Durant el curs 2008-2009 es celebra el bicentenari del naixement de Charles Darwin i el 150è aniversari de la publicació de la seva obra *L'origen de les espècies*. La teoria de l'evolució de Charles Darwin, ens mostra com, conèixer el context històric de l'època on es va desenvolupar, estudiar els seus antecedents així com les diferents influències que va rebre el seu autor, són cabdals per entendre el seu naixement i la seva evolució, alhora que afavoreixen el coneixement real de les seves repercussions socials i polítiques. Per aquest motiu i aprofitant l'interès que durant tot aquest curs suscita Charles Darwin i la seva teoria hem cregut convenient estudiar-ho des de la perspectiva de la història de la ciència.

Partim doncs de la convicció que, humanitzar la ciència i els científics, posar cara i ulls a les teories i els fets, donar dades biogràfiques i de context històric, significatives però també anecdòtiques, sense caure en l'hagiografia, pot ajudar a l'alumnat a crear vincles i punts de referència a nivell cognitiu. Sabent que, als centres d'Educació Primària, durant tot aquest curs, s'estan realitzant treballs interdisciplinaris sobre aquest tema, ens sembla molt adequat fer servir la figura de Charles Darwin i la teoria de l'evolució com a centre d'interès per l'alumnat, tot i saber que no forma part del currículum oficial.

Els nens i les nenes seran els principals actors i actrius del seu aprenentatge. Hauran de situar, tal i com ens orienta la història de la ciència, la teoria de l'evolució com la possible solució al problema de l'origen de les espècies, en un espai i en un temps, en una comunitat científica a la qual Darwin dirigeix el seu treball, i en un entorn intel·lectual i familiar que l'abraça. Hauran de seleccionar els arguments tant favorables com contraris que van aconseguir el seu desenvolupament i generalitzar el mètode emprat per arribar a aquesta conclusió, a d'altres problemes.

Treballar Darwin i la seva teoria des de la història de la ciència vol dir apropar, al nostre alumnat, textos històrics sobre aspectes importants de la seva vida i la seva obra. Per poder fer la selecció d'aquests textos disposem de multitud de fonts primàries escrites, com per exemple la seva *Autobiografia*, *El viatge del Beagle...*. Aquests llibres ens faciliten tant la comprensió de la seva teoria com el seu desenvolupament en el temps, amb l'avantatge de treballar amb les paraules del propi autor.

També tenim al nostre abast fonts primàries multimèdia com els textos publicats a les pàgines web <http://darwin-online.org.uk/>, <http://www.open2.net/darwin/>, etc, i d'altres sobre autors relacionats amb la seva persona i la seva teoria, com per exemple, Lammark, en català i anglès a <http://www.xtec.cat/~acamos/>.

Treballant-les, hem aconseguit que els nens i les nenes es situïn en la pell i al moment històric que va viure l'autor, evitant fer el procés contrari, apropar-se a la figura de Charles Darwin amb la visió del segle XXI.

Hem intentat reconstruir les estructures intel·lectuals i sistemes de pensament d'aquesta època i així poder entendre el concepte de ciència amb el que Darwin va haver de treballar i alhora, va intentar canviar. Així com entendre quin era el sistema de creences, actituds i procediments compartits per la seva comunitat científica. S'ha intentat evitar curosament la projecció anacrònica de les nostres idees i creences o els nostres interessos, sobre Darwin, defugint de seleccions interessades del seu pensament que posen èmfasi en les idees que amb posterioritat han sigut considerades importants.

Tot aquest treball queda reflectit en la construcció d'una unitat de programació multimèdia, dirigida a alumnat de cicle superior d'educació primària, en forma de pàgina web pilot, <http://xtec.cat/crp-baixpenedes/webmcruz2/index.htm>.

Al realitzar aquesta investigació, hem intentat mantenir i conservar en tot moment un equilibri entre la recerca històrica i la recerca educativa, tenint en compte les diferents dificultats que han anat sorgint, traduïdes en la realització d'una web que, en aquests moments, es pot considerar pilot o en fase de proves.

Dificultats com la manca de models que ens puguin orientar. Tot i saber que no forma part del nostre currículum oficial, hem seguit la línia que ens marca el Currículum Nacional de Ciències d'Anglaterra (NCC) que ens diu que els estudiants de 4-16 anys han de considerar com el desenvolupament d'una idea o teoria científica concreta s'ha de relacionar amb el seu context històric i cultural, incloent l'espiritual i moral.

Així com les pràctiques d'implementació d'elements d'història de la ciència a l'escola primària realitzades a l'escola primària francesa. Tal i com ens descriu l'article de Cecile de Hosson¹, hem triat materials històrics molt estretament lligats al tema en qüestió, realitzant lectures orientades i fent servir la investigació com a mètode d'aprenentatge.

La gran quantitat de bibliografia que durant aquest any s'ha publicat sobre Charles Darwin, que pot aportar llum en aquesta investigació i que obliga a una constant revisió de la mateixa.

La necessitat de traduir al català gran quantitat dels textos a utilitzar, així com el fet de no poder posar en pràctica la unitat de programació en els moments en que es realitza la investigació.

La dificultat intrínseca del vocabulari dels textos. S'ha intentat en tot moment adaptar el llenguatge utilitzat a l'edat dels discents, respectant però els pensaments i els escrits dels autors. Degut a la dificultat d'alguns continguts, s'han afegit diferents explicacions, així com imatges, fotografies, links... que intenten situar-los dins del context en el qual van ser escrits, facilitant així la seva comprensió. S'han fet també, vincles directes a enciclopèdies, diccionaris, ajudant així al nostre alumnat a entendre aquells termes que siguin totalment desconeguts.

Investigació realitzada

La nostra investigació mostra els resultats sobre diversos aspectes referits als textos històrics treballats i a com emprar-los.

- La recerca, la selecció i la traducció al català dels textos històrics.
- La metodologia a emprar perquè l'alumnat pugui treballar els textos.

La selecció dels textos històrics

Els textos seleccionats responen a tres criteris, la senzillesa en el vocabulari utilitzat, la brevetat del text, i la quantitat d'informació rellevant, ja sigui contextual, biogràfica o científica que poden aportar als discents. Posteriorment han sigut traduïts al català.

Tot i que la pàgina web no té perquè seguir un ordre concret, s'ha intentat que respongui a un guió preestablert, de tal manera que l'alumnat obtingui la informació que necessita de forma gradual. Es comença amb textos que intenten contextualitzar la figura de Darwin en una època plena de canvis a l'Anglaterra del segle XIX. Es segueix amb d'altres que els donen informació sobre els fets més rellevants de la seva vida i que els aporten dades que, d'alguna manera, es veuen reflectides a la seva obra. Posteriorment es treballen textos que es poden considerar com els antecedents de la seva teoria, reconeguts o no per Darwin. Per últim, trobem aquells textos que justifiquen la seva teoria i com no, l'enunciat de la mateixa.

Tal i com hem vist, els textos històrics seleccionats responen a quatre aspectes importants de la seva vida i la seva obra:

¹ Vegeu, <http://rukautestu.vin.bg.ac.yu/handson3/contributions/1%20B5%20Hosson.1-9%20str.pdf>

- Context social, cultural i científic del nostre autor
- Aspectes rellevants de la biografia de Charles Darwin
- Idea d'evolució: antecedents i desenvolupament
- La teoria de l'evolució. El concepte de lluita per la supervivència

Treball dels textos a l'aula

Degut a l'edat de l'alumnat als quals van dirigits els textos a treballar, en general podem dir que són textos curts, amb un llenguatge bastant entenedor.

Es pretén en tot moment que els nostres discents siguin capaços de fer recerca d'informació, valorar la procedència del material, seleccionar les dades importants, copsar la idea principal d'un text, sintetitzar la informació, aprendre a formular i respondre preguntes, elaborar la seva opinió personal així com treballar en grup de forma cooperativa.

Realitzarem un doble estudi, tot i que no es realitzarà en tots els textos:

- **Anàlisi del perfil bibliogràfic.** Estudi amb profunditat sobre 3 dels autors que han realitzats els textos que utilitzem: Darwin, Lamark i Wallace. Per aquests autors, el nostre alumnat, primer amb un treball individual de cerca d'informació i posteriorment amb una posada en comú, mitjançant treball cooperatiu en grup, haurà de realitzar una recerca orientada sobre els següents aspectes:
 - Nom i cognoms de l'autor.
 - Època a la qual va viure.
 - Principals esdeveniments d'aquesta època: econòmics, polítics, culturals (literatura, art, música, ciència...), altres científics o personatges rellevants de l'època.
 - Aspectes rellevants de la seva vida: data de naixement i de mort, família, estudis, matrimoni, fills, amics...
 - Principals aspectes de la seva obra: influències que va rebre, idees dominants de la ciència en la qual es va formar, quins van ser els seus mestres, estat del problema que va treballar, què va aportar a la ciència, què va descobrir...
 - Quina opinió et mereix la tasca d'aquest autor?
 - D'altres aspectes que creguis importants.
 - Per poder realitzar aquesta investigació, els hi donarem una sèrie d'enllaços a la pàgina web on podran trobar les dades necessàries per contestar aquestes qüestions, un dossier que hauran d'omplir individualment i un model de fitxa a fer a nivell de grup amb les dades que hagin decidit conjuntament.
- **Anàlisi intern del text.** Prèviament haurem treballat a la classe la tipologia textual, diferenciar entre el tema del text i la idea principal del mateix, els conceptes de premisses, valors, hipòtesis, arguments o justificacions. Haurem treballat també el tema del llenguatge de la ciència, com un llenguatge propi i diferent al que fem servir a la vida diària, i que s'ha de conèixer. Així mateix els discent coneixeran la diferència entre fonts primàries i secundàries i la seva importància a la recerca històrica i científica. Tanmateix hauran de realitzar un treball individual i posteriorment un treball en grup amb les dades que hagin decidit conjuntament.

Conclusions

Amb aquest investigació hem pretès aportar un nou recurs per apropar-nos a les teories científiques i als seus autors, utilitzant a Darwin i la seva teoria de l'evolució. Hem dirigit aquest recurs a un alumnat el qual, segons el nostre currículum oficial no li pertoca treballar aquests conceptes. Però estem plenament convençuts que, treballant la ciència i els científics d'aquesta manera podem posar les bases, ja a l'educació primària, d'un nou, engrescador i entenedor coneixement científic en el nostre alumnat.

Mitjançant la utilització de textos històrics seleccionats:

- Hem situat la teoria de l'evolució i al seu autor en un espai i un temps concret, ple de canvis.
- Hem seleccionat aspectes rellevants del seu context socio cultural i científic així com de la seva biografia.
- Hem analitzat quines eren les teories vigents i quina l'acceptada per la comunitat científica en aquella època.
- Hem descrit la seva teoria, en que es fonamenta i el mecanisme que la desenvolupa.
- Hem sigut curiosos en la utilització d'exemples, reconeixent la importància de tots els personatges d'aquesta història, defugint de seleccions interessades.
- Hem intentat demostrar que el descobriment de la teoria de l'evolució va ser possible pel context social, familiar, científic, en que va desenvolupar la seva feina i les aportacions d'altres científics (reconeguts o no per Darwin)
- Hem plasmat aquestes idees en una pàgina web.

Amb la finalitat de fer veure als nens i nenes del cicle superior de l'educació primària els obstacles als que s'enfronta Darwin, des de quin context i amb quins antecedents per resoldre el problema de l'origen de les espècies. Fer entendre també als nostres discents l'impacte que la seva pràctica científica va provocar. Propiciar en els nens i les nenes el debat sobre la pròpia estructura de la ciència, les teories dominants i les seves relacions amb el poder. I el més important de tot, posar-los davant de les activitats de persones, ni bones ni dolentes, ni guanyadores ni perdedores, només persones.

En aquests moments tenim dues vies de treball obertes, per una banda la visualització i comentari d'imatges relacionades amb el context, biografia, la seva teoria, des de la perspectiva de la història de la ciència, a afegir a la nostra web, i per una altra, la posada en pràctica de la unitat a l'escola CAEP La Plana de Vila-seca, Tarragona

Després de la realització d'aquesta unitat, desitgem que el nostre alumnat vegi la ciència com quelcom resultat de la recerca, la lluita, l'esforç, els coneixements, el context social dels personatges, en aquest cas concret Darwin, i no el fruit de la imposició de dogmes i lleis arbitràries, allunyades de la seva realitat quotidiana.

Fonts i Bibliografia bàsica per elaborar la pàgina web

Fonts primàries:

DARWIN, C. (2008), *Autobiografia*, Pamplona, Laetoli.

DARWIN, C. (2009), *L'origen de les espècies*, Traducció Santiago Albertí i Constança Albertí, Barcelona, Edicions 62.

DARWIN, C. (1983), *Viaje de un naturalista alrededor del mundo*, Madrid, Akal. Tomo 1.

Literatura secundària:

BERRA, T.M. (2009), *Darwin. La historia de un hombre extraordinario*, Barcelona, Tusquets.

CAMÓS, A. (2005), «Errors històrics en l'explicació de la teoria de l'evolució», A: GRAPI, P.; MASSA, M.R. (ed.), *Actes de la I jornada sobre la història de la ciència i l'ensenyament Antoni Quintana Marí*, Barcelona, SCHCT-IEC, 31-36.

CAMÓS, A. (2006-2007), «Els grans científics en català a l'ensenyament secundari. Construcció d'una pàgina web amb textos de científics rellevants adients per la seva utilització a l'ensenyament secundari parant especial atenció als científics catalans», Memòria final, llicència retribuïda modalitat b.

CUELLO, J. (1990), *Darwin i la teoria de l'evolució. L'origen de les espècies*, Barcelona, Graó, col·lecció 'Biblioteca de la classe'.

FERNÁNDEZ, J.M.; ZARAGOZA, C. (2005), «És possible aprendre i ensenyar ciència ajudats de la història de la ciència?», A: GRAPI, P.; MASSA, M.R. (ed.), *Actes de la I jornada sobre la història de la ciència i l'ensenyament Antoni Quintana Marí*, Barcelona, SCHCT-IEC, 49-53.

Medi ambient, Tecnologia i cultura.
«Darwin al dia», 43, desembre 2008.

Pàgines web:

http://books.google.es/books?id=jQXtS2cGQuoC&pg=PA79&lpq=PA79&dq=qalapaqos+ms+73&source=bl&ots=2WxSo6tBAi&sig=IZtoYNNFwKqbB00Wc2vJ_R7mYI&hl=es&ei=aWOWStL9D5HbjQeB7fjKDA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=6#v=onepage&q=&f=false

SEBA, E. (2004-2005), «Selecció i anàlisi de lectures científiques per a l'ensenyament secundari», Memòria final, llicència retribuïda modalitat b:

<http://www.xtec.es/sqfp/llicencies/200405/memories/970m.pdf>

«The Complete Works of Charles Darwin Online» (2009):

<http://darwin-online.org.uk/>

CAMÓS, A. (2009), «Els grans científics en català i en el seu idioma originari a l'ensenyament secundari»:

<http://www.xtec.cat/~acamos/>

«Darwin Correspondence Projects» (2009):

<http://www.darwinproject.ac.uk/darwinletters/calendar/entry-729>

COM TRASLLADAR PART DE LA NOSTRA HISTÒRIA DE LA QUÍMICA RECENT A LES AULES

Josep M. FERNÁNDEZ NOVELL^{1,2}; Carme ZARAGOZA DOMÈNECH³

¹ Departament de Bioquímica i Biologia Molecular. Universitat de Barcelona

² Col·legi Oficial de Químics de Catalunya

³ IOC, Departament d'Educació. Generalitat de Catalunya

Resum: En aquest estudi explorarem la possibilitat que el Col·legi Oficial de Químics de Catalunya pugui disseminar la Història de la Química entre els centres catalans de secundària. La taula periòdica dels elements pintada el 1934 a una de les aules de l'edifici antic de la Universitat de Barcelona era i és de gran valor històric. Vàrem proposar, pel dia de Sant Albert, que els estudiants de secundària preparessin i discutissin la taula periòdica d'Andreas von Antropoff junt amb les seves implicacions històriques.

Paraules clau: història de la química, taula periòdica, secundària

Transferring a part of our recent history of chemistry to the classroom

Summary: In this study we will explore the possibility that the Catalan Board of Chemists "Col·legi Oficial de Químics de Catalunya" could disseminate the history of chemistry within Catalanian secondary schools. The periodic table of the elements painted in a classroom of the old building of the University of Barcelona in 1934 is and was of great historical value and has just been recently restored. We proposed on St Albert's day that secondary schools students could prepare and discuss this Andreas von Antropoff periodic table and its historical implications.

Key words: history of chemistry, periodic table, secondary school

Introducció

Des de la Secció Tècnica d'Ensenyament del Col·legi Oficial de Químics de Catalunya es preparà una activitat relacionada amb la història de la química dirigida a la comunitat educativa de casa

nostra. Aquesta activitat fou proposada per desenvolupar-se durant la diada de Sant Albert, el 15 de novembre.

Per què aquest dia? Perquè, a més a més de trobar-se dins de la setmana de la ciència oficial, Sant Albert el Gran o Magne és el patró de les ciències i científics. Sant Albert Magne destacà en el camp de les ciències naturals, que consisteixen en "*investigar les causes que operen en la naturalesa*" segons paraules d'ell mateix. En aquella època, la filosofia comprenia les principals branques del saber humà: la lògica, la metafísica, les matemàtiques, l'ètica i les ciències naturals. En aquestes últimes, Sant Albert el Gran fou una autoritat, va sobresortir en física, geografia, astronomia, mineralogia, alquímia (és a dir, la química actual) també en matemàtiques, medicina i biologia. Totes són branques actuals de la ciència.

Per què relacionada amb la Història de la Química?. Cal que ens remuntem al 3 d'abril del 2009 a l'aula 111 de la Facultat de Filologia de l'edifici històric de la Universitat de Barcelona, antiga aula García Banús, en que es va presentar la restauració d'una Taula Periòdica que hi havia a la paret (Mans, 2009: 5-10) i (Fernández-Novell, 2009: 11-12). Aquesta taula periòdica tenia i té la mateixa estructura, simbologia i color que la d'Andreas von Antropoff (Scerri, 2007) i va ser pintada a l'oli el 1934 sobre una de les parets d'aquella aula, la primera de la Universitat on es podien fer experiments de laboratori. Vàrem entendre que aquesta restauració es produïa en el moment oportú per treballar, amb el jovent de secundària, la història recent de la nostra química. Aquesta part històrica pot relacionar-se amb l'any 2009 quan es celebraren els 150 anys de la presentació pública de la taula periòdica dels elements químics de Dimitri Mendeleev (Asimov, 1962) i (Roman, 2002).

Per què la història de la química a secundària? D'una banda, per plantejar noves opcions a aquell professorat de secundària que veu la història de la química com quelcom molt allunyat i d'altra, donar més opcions a tot aquell professorat que alguna vegada ja ha treballat o treballa la història de la química o la història de la ciència en la seva aula (Zaragoza-Domenech & Fernández-Novell, 2008). I, finalment, intentar que d'una aula, la història de la química, passi a ser una activitat de tot un centre (més aules, més professorat i més alumnat implicats) i que d'aquest passi a més centres, segur que això afectarà positivament a molts nois i noies de secundària.

Cal continuar vestint ponts d'unió entre la química i la seva història, entre la ciència i la seva història. A nosaltres ens cal engrescar a l'alumnat i la societat en aquest camí, no podem esperar que algú ens faci aquesta feina. Creiem fermament que la història de la ciència pot ajudar (Zaragoza-Domenech & Fernández-Novell, 2007) a assolir l'alfabetització científica de la que el nostre jovent i la societat estan mancats.

Metodologia

Aquesta activitat, promoguda des del Col·legi Oficial de Químics de Catalunya amb la col·laboració de la Universitat de Barcelona, es va difondre a tots els centres de secundària de Catalunya en forma d'una carta dirigida al professorat dels seminaris de física i química i de ciències experimentals d'aquells centres. En aquesta carta, se'ls proposà realitzar dues accions diferents per celebrar el dia de Sant Albert Magne, una pel divendres anterior (13 de novembre) i l'altra pel dilluns posterior (16 de novembre).

Activitat divendres 13 de novembre

L'activitat d'aquest dia fou treballar, a classe de ciències de l'ESO i/o de química al Batxillerat, la taula periòdica dels elements i la seva història. La forma de treballar-la quedava totalment oberta a la discreció del professorat, així es podria discutir, explicar i comparar l'evolució històrica de la classificació dels elements químics. Aquesta activitat es suportava en l'article del Dr. Claudi Mans (Mans, 2009: 5-10) que s'envià amb format pdf junt amb la carta de presentació de les activitats a tot el

Centres Participants	54
Alumnat d'ESO Participant	538
Alumnat de BATX. Participant	974
TOTAL ALUMNES PARTICIPANTS	1512

Altres centres no Participants	22
--------------------------------	----

Taula 1. Resposta a les activitats del dia de Sant Albert.

professorat. En aquest article s'exposa la història de la taula periòdica que es pintà a la paret de l'aula de la Universitat de Barcelona.

Activitat dilluns 16 de novembre

L'activitat d'aquest dia fou la presentació de la taula periòdica restaurada de l'aula "García Banús" només per al professorat de química de secundària i el seu alumnat. Així, a les 18 h, a l'aula 111 de la Facultat de Filologia de l'edifici històric de la Universitat de Barcelona, el Dr. Claudi Mans va fer aquesta presentació.

Resultats

Activitat divendres 13 de novembre.

L'acollida i participació dels centres en la discussió i evolució històrica de la taula de von Andropoff va ser molt important. Com s'observa en la taula 1, es pot assegurar que hi varen participar més de 1500 alumnes, nois i noies entre 14 i 18 anys que de ben segur varen transmetre a casa seva una motivació més sobre la història de la química. Totes les dades de la taula es varen obtenir de la informació que el propi professorat de secundària ha fet arribar als organitzadors.

Activitat dilluns 16 de novembre.

El Dr. Claudi Mans va fer la presentació, davant de més d'una trentena de persones, a la mateixa aula 111 "García Banús". En la seva exposició, ens explicà que va representar, històricament, en aquells principis del segle XX l'existència de la taula periòdica d'Andreas von Andropoff en una aula de la Universitat de Barcelona per a l'evolució de l'ensenyament superior de la química al nostre país. També va comentar les diferències, des del punt de vista històric, entre la taula pintada a la paret i la que, normalment, apareix en els llibres de text de secundària junt amb la presentació d'altres models de classificació dels elements químics que s'han utilitzat al llarg dels temps. La figura següent mostra l'esmentada taula periòdica de von Andropoff ja restaurada al costat del Dr. Mans, el veritable artífex d'aquesta restauració.

Conclusions.

- Destacar la resposta molt positiva donada a ambdues activitats per part pel professorat de secundària i dels seus centres. Tot i que alguns d'ells varen excusar la seva participació per motius diversos (el seu municipi havia preparat altres activitats durant la Setmana de

I H																	
1,0075																	
II		III			IV				V			VI		VII		VIII	
2 He	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	19 K
4,002	6,940	9,02	10,82	12,00	14,006	16,0000	19,00	20,183	22,997	24,32	26,97	28,06	30,97	32,06	35,457	39,944	39,944
18 Ar		19 K		20 Ca		21 Sc		22 Ti		23 V		24 Cr		25 Mn		26 Fe	
39,944	39,10	40,08	45,10	47,90	50,95	52,01	54,93	55,84	58,94	58,69	63,57	65,30	68,72	72,60	74,92	78,94	79,916
36 Kr		37 Rb		38 Sr		39 Y		40 Zr		41 Nb		42 Mo		43 Tc		44 Ru	
83,7	85,44	87,63	88,92	91,22	93,3	96,0	101,7	102,91	106,7	107,860	112,41	114,6	118,70	121,76	127,5	126,92	131,3
54 X		55 Cs		56 Ba		57 La		58 Ce		59 Pr		60 Nd		61 Pm		62 Sm	
131,3	132,91	137,33	175,07	173,04	175,07	175,07	175,07	175,07	175,07	175,07	175,07	175,07	175,07	175,07	175,07	175,07	175,07
86 Rn		87 Fr		88 Ra		89 Ac		90 Th		91 Pa		92 U		93 Np		94 Pu	
222	223	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226
58 Ce		59 Pr		60 Nd		61 Pm		62 Sm		63 Eu		64 Gd		65 Tb		66 Dy	
140,13	140,92	144,27	144,91	144,91	144,91	144,91	144,91	144,91	144,91	144,91	144,91	144,91	144,91	144,91	144,91	144,91	144,91

Fig. 1. Taula periòdica de von Andropoff restaurada al costat del Dr. Claudi Mans.

la Ciència o ja tenien programades sortides per a l'alumnat) mai va ser pel poc interès envers l'activitat proposada.

- Es fa palès que la majoria del professorat de química de secundària si se'ls dona idees, junt amb les eines i material necessaris per portar la història de la química a les seves aules, s'engresquen fàcilment i les fan servir.
- A partir d'aquesta experiència el Col·legi Oficial de Químics de Catalunya i la seva Secció Tècnica d'Ensenyament dedicaran la diada de Sant Albert el Gran a promoure i difondre la història de la química entre els centres de secundària.

L'experiència que aquí us hem presentat fa evident que el professorat de ciències de secundària participa de totes aquestes activitats. És per això que, des d'aquestes línies, volem convidar a altres entitats educatives del nostre país a fomentar la història de la ciència a tots els nivells, començant per una implicació forta i directa en els currículums de les matèries de ciència de secundària obligatòria i del batxillerat.

Agraïments.

Volem agrair en primer lloc al Col·legi Oficial de Químics de Catalunya i a la Universitat de Barcelona per la seva visió de futur en patrocinar i deixar-nos fer aquesta activitat. També volem agrair als centres, professorat i alumnat de secundària la seva participació i comentaris així com a les diferents associacions que han fet publicitat d'aquestes activitats (apFQc, cedec i consorci d'educació de Barcelona). Menció especial pel Dr. Claudi Mans del Departament d'Enginyeria Química de la Universitat de Barcelona per les seves propostes i la seva total predisposició a continuar amb la tasca de divulgació de la química i la seva història.

Bibliografia

ASIMOV, I. (1962), *The search for the elements*, New York, Basic Books, Inc. (Edició espanyola, 1986).

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

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

ROMAN, P. (2002), *Mendeleiev el profeta del orden químic*, Madrid, Nivola.

SCERRI, E.R. (2007), *The Periodic Table: Its Story and Its Significance*, Oxford, Oxford University Press.

ZARAGOZA DOMENECH, C.; FERNANDEZ-NOVELL, J. M. (2007), «La història de la ciència millora l'interès per les qüestions científiques», A: GRAPÍ, P.; MASSA, R.M. (ed.), *Actes de la II Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament Antoni Quintana Marí*, Barcelona, SCHCT-IEC, 145-150.

ZARAGOZA DOMENECH, C.; FERNANDEZ-NOVELL, J. M. (2008), «Teaching Chemistry Through History: The Importance of The Periodic Table», A: BERTOMEU-SÁNCHEZ, J.R; BURNS, D.T.; VAN TIGGELEN, B. (ed.), *Neighbours and Territories the Evolving Identity of Chemistry. Proceedings of the 6th International Conference on the History of Chemistry*, Leuven, 685-693.

Pàgines web relacionades:

COL·LEGI OFICIAL DE QUÍMICS DE CATALUNYA:

www.quimics.cat

CLAUDI MANS I TEIXIDÓ:

[www.angel.qui.ub.es/mans/Documents/T
extos/](http://www.angel.qui.ub.es/mans/Documents/Textos/)

XARXA TELEMÀTICA EDUCATIVA DE CATALUNYA (XTEC):

[www.xtec.cat/estudis/eso/curriculum_eso.
htm](http://www.xtec.cat/estudis/eso/curriculum_eso.htm)

[www.xtec.cat/estudis/batxillerat/curriculu
m_bat.htm](http://www.xtec.cat/estudis/batxillerat/curriculum_bat.htm)

CONTEXTOS HISTÒRICS EN EL CURRÍCULUM DE MATEMÀTIQUES DE SECUNDÀRIA

Iolanda GUEVARA CASANOVA¹

¹Institut Badalona VII, grup d'història d'ABEAM.

Paraules clau: *contextos històrics, currículum de l'ESO, activitats d'aprenentatge*

Historical contexts in mathematics curriculum for secondary

Summary: *The math curriculum in Catalonia includes historical contexts since June 2007. The purpose of this research was to develop some historical contexts of the examples included in the new curriculum in math education. Each item includes a first section devoted to place the personages who have studied the subject in their historical context and another section with classroom learning activities. These activities are designed from old texts or translations and documented interpretations in order to solve them in their historical context and to work in the way of the personage who has studied it.*

Key words: *historical context, compulsory curriculum, learning activities*

Introducció

En aquesta comunicació es presenta un breu resum de la investigació realitzada durant el curs 2008-09, en el marc d'una llicència d'estudi retribuïda concedida pel Departament d'Educació per a realitzar el treball: *La història de les matemàtiques dins dels nous currículums de secundària*¹. Aquesta llicència forma part d'un conjunt de llicències que el CREAMAT (Centre de Recursos per a l'Ensenyament i Aprenentatge de les Matemàtiques, del Departament d'Educació) va impulsar per a desenvolupar recursos per a la implantació del nou currículum. En l'actualitat, aquestes llicències, així com altres materials, estan ubicades a l'aplicació Arc-Cercamat, dissenyat i construït pel CREAMAT que s'obrirà al públic el curs 2010-11.

¹ Aquesta llicència va ser supervisada per Maria Rosa Massa Esteve (Departament de Matemàtica Aplicada I de la UPC). Vegeu Guevara (2009).

Referències a la història en el nou currículum

La utilització de la història de les matemàtiques per ensenyar matemàtiques s'ha vist reforçada amb el currículum actual de l'ESO perquè hi apareix de manera explícita. Hi ha una referència clara a la història en el primer dels onze objectius de l'etapa i en la presentació del continguts:

- Valorar les matemàtiques com a part de la cultura, tant des del punt de vista de la història com des del de la diversitat cultural del món actual, i utilitzar la competència matemàtica per analitzar tota mena de fenòmens del nostre món i per actuar de manera reflexiva i crítica en els diferents àmbits de la vida.
- Al final dels continguts de cada curs, es suggereixen a tall d'exemple, aproximacions de caràcter històric a determinats continguts. Amb ells es pretén mostrar per una banda el desenvolupament històric de les matemàtiques com a ciència en evolució i sotmesa a canvis, i per l'altra evidenciar contextos on aquests continguts adquireixin significat (DOGC 4915: 21928)².

Hipòtesis o preguntes a les que respon la recerca

La introducció dels contextos històrics a la classe de matemàtiques hauria de ser un fet a partir dels nous currículums però la realitat és que encara és una pràctica poc habitual a les nostres aules per les diferents dificultats que suposa, semblants a les que s'apuntaven a l' ICMI Study (Fauvel & Van Maanen, 2000: 8-34).

La recerca s'ha plantejat per a trobar resposta a tres grans preguntes: Com es poden treballar a l'aula els contextos que apareixen en el currículum? Quines matemàtiques aprèn l'alumnat quan s'introdueixen contextos històrics a l'aula? Perquè treballar contextos històrics ajuda l'alumnat a adquirir la competència matemàtica?

Marc teòric de la recerca

El marc teòric de referència per aquesta recerca són la història, les matemàtiques, i les seves interrelacions. D'una banda, la història de les matemàtiques mostra el desenvolupament del coneixement matemàtic, explica els processos que han calgut per arribar fins al moment actual. (Boyer, 1986), (Joseph, 1996), (Mankiewicz, 2000), (Katz 2007; 2008), (Grattan-Guinness, 2004), (Chemla & Shuchun, 2005), (Grungnetti & Rogers, 2000).

De l'altra, les matemàtiques escolars són el reflex del que la societat considera que han d'aprendre els nois i noies, futurs ciutadans adults del demà. En el món global i connectat d'avui en dia, s'accepta que les matemàtiques són un instrument de coneixement i anàlisi de la realitat i al mateix temps es reconeix que constitueixen un conjunt de sabers de gran valor cultural, que ajuda a raonar, de manera crítica, sobre les diferents realitats i problemàtiques actuals. (Niss, 2002), (NCTM, 2000), (Bishop, 1999), (Mason & Wilder, 2006)

Què aporta la història a les matemàtiques? Molts matemàtics s'han interessat per la història i per les aportacions que aquesta podia fer a les matemàtiques i també al seu ensenyament. En els darrers vint anys, alguns d'ells han escrit obres que actualment són de referència obligada en aquest camp. (Katz 2000, 2007), (Barton, 2007), (Barbin, 2000), (Rogers, 2009), (Thomaidis & Tzanakis, 2009), (Boero, 1998)

² Decret 143/2007 en DOGC (Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya) 4915 – 29.6.2007: pàg. 21928).

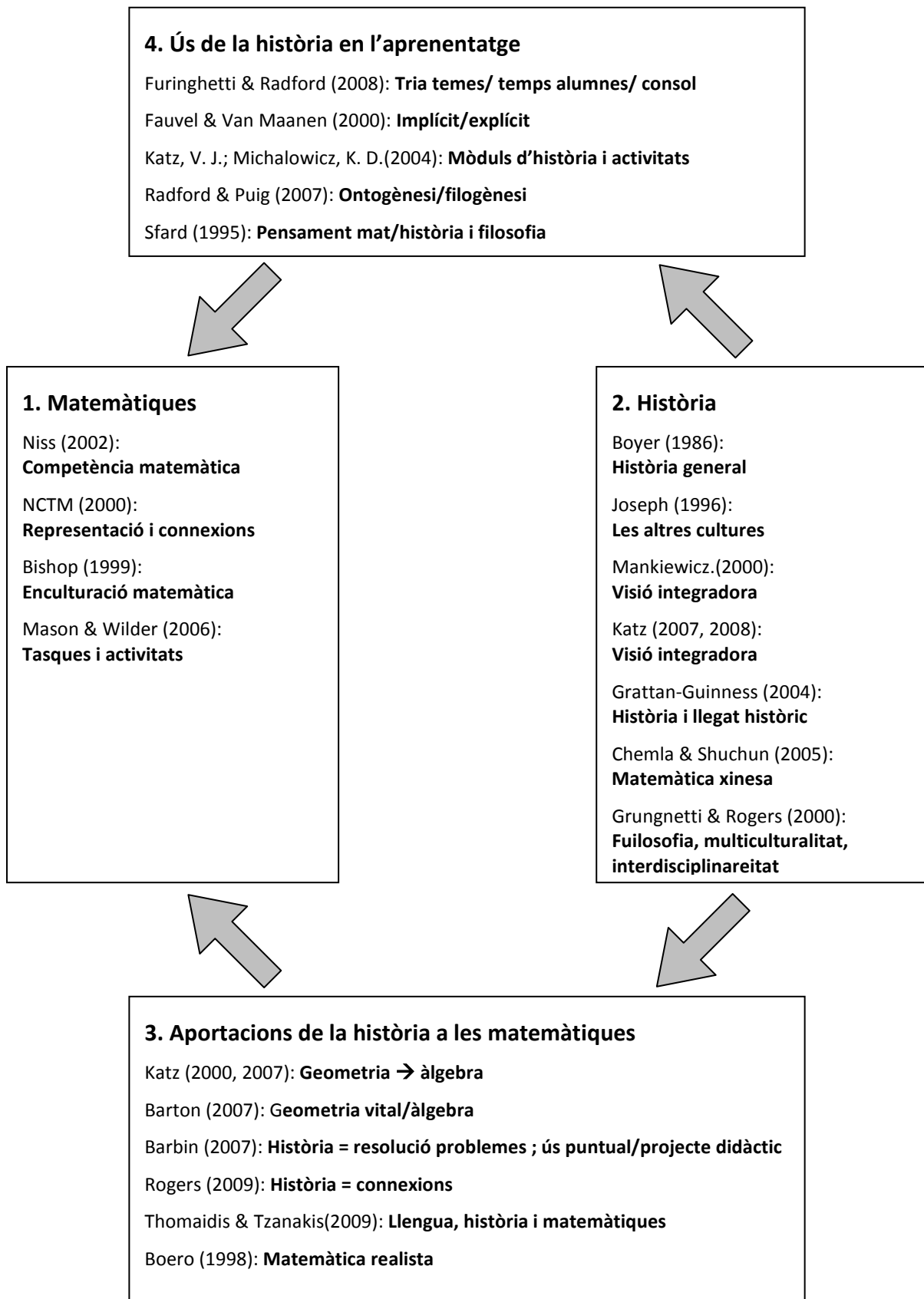


Fig. 1. Els autors de referència del marc teòric.

Com es pot utilitzar la història per ensenyar matemàtiques? Diversos autors plantegen que en l'ús de la història per ensenyar/aprendre matemàtiques un factor important a tenir en compte és la relació entre el desenvolupament del pensament dels alumnes i el desenvolupament de la història. Reconeixen que la introducció de la història de manera implícita serveix al professorat per decidir seqüències, i la manera d'introduir els conceptes; també dóna elements per entendre les produccions de l'alumnat. Si s'afegeix la forma explícita, serveix al professor com a element de referència per a dissenyar activitats que inclouen situacions històriques i a l'alumnat per a situar i relativitzar les seves dificultats. (Furinghetti & Radford, 2008) (Fauvel & Van Maanen, 2000), (Radford & Puig, 2007), (Sfard, 1995)

En aquest estudi se ha fet un ús i explícit de la història, és a dir, que no solament ha servit com a font d'inspiració i orientació sobre la seqüència d'activitats que s'han dissenyat i per a tenir elements que ajudin a analitzar el desenvolupament del pensament de l'alumnat, a través de les dificultats i els encerts que mostrin les seves produccions, sinó que la història està present dins de les mateixes activitats. (Massa, 2003), (Demattè, 2006).

La història mostra que les matemàtiques s'han desenvolupat a partir de la resolució de problemes, utilitzar la història retorna a la idea de que la resolució de problemes sigui el núcli de les activitats de l'aula. (Barbin, 2000)

Els resultats de la investigació

La investigació presenta els contextos més adients per començar a introduir la història de les matemàtiques a l'aula de secundària. La forma final ha estat l'elaboració de diferents materials que es puguin utilitzar a l'aula de manera independent, donant opció a que el professorat faci la tria dels que cregui més adients per al seu alumnat i per als objectius que persegueixi amb la introducció d'aquests contextos.

Es formula una proposta sobre quan introduir els contextos i com fer-ho. S'expliquen els criteris utilitzats per a decidir quins elements s'han desenvolupat, es concreten els components que conté cada element i s'afegeix informació general (objectius, com utilitzar-los, gestió de l'aula, temporització, materials i equipament necessari). Alguns dels elements presentats són revisions de l'elements elaborats pel grup d'història d'ABEAM. (Guevara *et al.*, 2005; 2008), (Romero *et al.*, 2007; 2009)

Els components de cada element

Cada element conté una introducció que planteja algunes qüestions relatives al tema; una justificació de l'elecció en relació al currículum i a la rellevància social o cultural; el context històric, la situació en el temps i l'espai del personatge introduït i de les preguntes que es formulava; el cos de l'element, el text, els problemes, la demostració; una reflexió sobre quin tipus d'activitats es poden generar a partir d'aquell context històric; una proposta concreta d'activitats per a l'aula; els aspectes competencials que es desenvolupen; les referències bibliogràfiques.

En la proposta, es situa l'activitat en un curs que li correspon, el moment de la unitat didàctica en que es recomana utilitzar-la i amb quin objectiu. Una part dels elements presentats en aquest projecte s'han implementat en aules de l'ESO; en aquests casos, es descriu com es va introduir i també s'inclouen algunes reflexions sobre el seu ús.

S'adjunten les referències utilitzades per a l'estudi de cada element perquè poden ser d'utilitat per al professorat interessat en el tema i en la seva implantació en l'aula per a completar i personalitzar la seva proposta. També poden servir per a proposar ampliacions a una part de l'alumnat.

Els elements desenvolupats en la investigació

Recobreixen els quatre cursos de l'ESO, utilitzant el Decret com punt de partida, encara que sembla raonable pensar que cada context és pot moure un curs cap amunt o cap avall i pertanyen a quatre dels cinc blocs de continguts del currículum: Numeració i càlcul, Canvi i relacions, Mesura, Espai i forma.

Comprenen diversos moments de la història i de diverses cultures. Coneixem en general, molt poc sobre altres cultures no europees i és relativament recent la inclusió de la història d'elles quan es parla d'història de les matemàtiques. En aquest sentit s'ha donat cabuda a les Matemàtiques Xineses i les Índies antigues, a més d'Egipte, Grècia antiga, el Món àrab i l'Europa renaixentista (Taules 1 i 2).

Context històric	Bloc de continguts	Aspectes de la competència matemàtica que se desenvolupen
1r d'ESO		
<i>ELS NOMBRES NEGATIUS I EL ZERO.</i> Xina, Grècia, Índia, Món àrab, Europa (250- 1567) Els nombres xinesos i El tauler de comptes xinès.	Numeració i càlcul	Comprendre els nombres i les diferents formes de representació.
<i>APROXIMACIONS AL NOMBRE π.</i> El mètode d'Arquimedes per aproximar el nombre π (aprox. 287 a.C. – aprox. 212 a.C.).	Mesura	Aplicar tècniques, instruments i fórmules apropiats per a obtenir mesures i fer estimacions raonables.
2n d'ESO		
<i>EL TEOREMA DE PITÀGORES A LA GRÈCIA CLÀSSICA.</i> Els Elements d'Euclides (300 aC).	Espai i forma	Utilitzar la visualització, el raonament matemàtic i la modelització geomètrica per a resoldre problemes.
<i>EL TEOREMA DE PITÀGORES A LA XINA ANTIGA.</i> El capítol 9 (Gou gu) dels <i>Nou Capítols sobre els procediments matemàtics</i> (s. I).	Espai i forma	Utilitzar la visualització, el raonament matemàtic i la modelització geomètrica per a resoldre problemes.
<i>ELS NOMBRES NEGATIUS I EL ZERO.</i> Xina, Grècia, Índia, Món àrab, Europa (250- 1567) Els nombres negatius en Al-Samaw'al i Els Abacistes Italians.	Numeració i càlcul	Comprendre els nombres i les diferents formes de representació. Comprendre el significat de les operacions.

Taula 1. Aspectes desenvolupats (1r i 2n d'ESO).

Context històric	Bloc de continguts	Aspectes de la competència matemàtica que se desenvolupen
3r d'ESO		
<i>LA RESOLUCIO DE SISTEMES D'EQUACIONS A LA XINA ANTIGA.</i> El capítol 8 (<i>fangcheng</i>) dels <i>Nou Capítols sobre els procediments matemàtics</i> (s. I).	Canvi i relacions	Representar i analitzar situacions i estructures matemàtiques utilitzant símbols algebraics.
<i>LA RESOLUCIO GEOMETRICA D'EQUACIONS DE 2N GRAU.</i> <i>Hisâb al-jabr wal-muqqabala</i> de Mohamed Ben-Musa al-Khwârizmî (813).	Canvi i relacions	Representar i analitzar situacions i estructures matemàtiques utilitzant símbols algebraics.
	Espai i forma	Analitzar les característiques i propietats de les figures geomètriques de dos i tres dimensions i desenvolupar raonaments geomètrics sobre relacions geomètriques.
<i>ELS NOMBRES NEGATIUS I EL ZERO.</i> Xina, Grècia, Índia, Món àrab, Europa (250- 1567) Problemes xinesos i indis.	Numeració i càlcul	Comprendre els nombres i les diferents formes de representació. Comprendre el significat de les operacions.
	Canvi i relacions	Utilitzar models matemàtics per a representar i comprendre relacions quantitatives.
4t d'ESO		
<i>EL TEOREMA DE MENELAU.</i> <i>Les Esfèriques de Menelau</i> (s. I), <i>la construcció amb Geogebra</i> (s. XXI).	Espai i forma	Utilitzar la visualització, el raonament matemàtic i la modelització geomètrica per a resoldre problemes.
	Mesura	Aplicar tècniques, instruments i fórmules apropiats per a obtenir mesures i fer estimacions raonables.
<i>RESOLUCIO DE TRIANGLES PER METODES GEOMETRICS I ALGEBRAICS.</i> <i>De triangulis Omnimodis</i> de Regiomontanus (1464).	Espai i forma	Utilitzar la visualització, el raonament matemàtic i la modelització geomètrica per a resoldre problemes.
	Mesura	Aplicar tècniques, instruments i fórmules apropiats per a obtenir mesures i fer estimacions raonables.
<i>ELS NOMBRES NEGATIUS I EL ZERO.</i> Xina, Grècia, Índia, Món Àrab, Europa (250- 1567). <i>L'algebra sincopada</i> de Diofant.	Numeració i càlcul	Comprendre els nombres i les diferents formes de representació. Comprendre el significat de les operacions.
	Canvi i relacions	Representar i analitzar situacions i estructures matemàtiques utilitzant símbols algebraics.

Taula 2. Aspectes desenvolupats (3r i 4t d'ESO).

Bibliografia

ARC-CercaMat. Aplicació de Recobriment Curricular:

<http://phobos.xtec.cat/creamat/cercamat/>
(30/09/2009)

BARBIN, E. (2000), «Integrating history: research perspectives», A: FAUVEL, John; VAN MAANEN, Jan (ed.), *History in Mathematics Education. The ICMI Study*, Dordrecht/Boston/London, Kluwer Academic Publishers, 63-90.

BISHOP, A. J. (1999), *Enculturación matemática. La educación desde una perspectiva cultural*, Barcelona, Paidós, col·lecció 'Temas de educación'.

BOERO, P. (1998), «Teaching and Learning Geometry in Contexts», A: MAMMANA, C.; VILLANI, V. (ed.), *Perspectives on the teaching of geometry for the 21st century*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, vol. 1, 52-61.

BOYER, C. B. (1986), *Historia de las Matemáticas*, Madrid, Alianza Editorial.

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

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 [hi ha volum per a l'alumnat i volum per al professorat].

Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya (2007) Currículum de l'ESO: http://phobos.xtec.cat/edubib/intranet/file.php?file=docs/ESO/matematiques_eso.pdf

(11/08/2010)

també en: Decret 143/2007 en DOGC (Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya) 4915 – 29.6.2007: 21928: <http://www.gencat.cat/eadop/imatges/4915/07176092.pdf>
(11/08/2010)

FAUVEL, J.; VAN MAANEN, J. (ed.) (2000), *History in Mathematics Education. The ICMI Study*, Dordrecht/Boston/London, Kluwer Academic Publishers.

FURINGHETTI, F.; RADFORD, L. (2008). «Contrasts and oblique connections between historical conceptual developments and classroom learning in mathematics», A: ENGLISH, L. D., et al. (ed.), *Handbook of International research in mathematics education*, New York, Taylor & Francis, 626 – 655.

GRATTAN-GUINNESS, I. (2004), *History of the Mathematical Sciences*, India, Hindustan Book Agency.

GUEVARA, I.; MASSA, M. R. (2005), «Mètodes algebraics a l'obra de Regiomontanus (1436-1476)», *Biaix*, 25, 27-34.

GUEVARA, I. (2008), «The Menelaus Theorem, The Ptolemy proof (s. I) and the Geogebra construction (s XXI)», A: HUNGER, H. (ed.), *Proceedings of the 3rd International Conference of the European society for the History of Science*, Viena, ESHS.

GUEVARA, I. (2009), *La història de les matemàtiques dins dels nous currículum de secundària*:

<http://phobos.xtec.es/sqfprp/resum.php?codi=1864>

(30/10/2009)

GRUNGNETTI, L.; ROGERS, L. (2000), «Philosophical, multicultural and interdisciplinary issues». A: FAUVEL, J; VAN MAANEN, J. (ed.), *History in Mathematics Education. The ICMI Study*, Dordrecht/Boston/London, Kluwer Academic Publishers, 39 - 62.

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

KATZ, V.J. (ed.) (2000), *Using History to Teach Mathematics. An International Perspective*, Washington, The Mathematical Association of America.

KATZ, V. J.; MICHALOWICZ, K. D. (ed.) (2004). *Historical Modules for teaching and Learning of Mathematics*, Washington, The Mathematical Association of America.

KATZ, V. J.; BARTON, B. (2007), «Stages in the history of algebra with implications for teaching», *Educational Studies in Mathematics*, 66: 185 –201.

KATZ, V.J. (2008), *A History of Mathematics. An Introduction*. Massachusetts, Addison Wesley Logman Inc. Reading [3a ed.].

MANKIEWICZ, R. (2000), *Historia de las Matemáticas*, Barcelona, Paidós.

MASON, J.; JOHNSTON-WILDER, S. (2006), *Designing and using Mathematical Tasks*, St.Albans/Milton Keynes, Tarquin Publications & Open University.

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

NISS, M. (2002), *Mathematical Competencies and the Learning of Mathematics: The Danish KOM Project*. Denmark:

[http://www7.nationalacademies.org/mse/b/Mathematical Competencies and the Learning of Mathematics.pdf](http://www7.nationalacademies.org/mse/b/Mathematical%20Competencies%20and%20the%20Learning%20of%20Mathematics.pdf)

(09/01/2009)

NCTM (2000), *Principios y Estándares para la Educación Matemática*, Granada, Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales. Proyecto Sur Industrias Gráficas.

RADFORD, L.; PUIG, L. (2007), «Syntax and meaning as sensuous, visual, historical forms of algebraic thinking», *Educational Studies in Mathematics*, 66, 145-164.

ROGERS, L. (2009), «History, heritage, and the UK mathematics classroom», A: *Working group 15, The role of the history of mathematics in Mathematics Education: Theory and Research*, 119-128.: <http://educmath.inrp.fr/Educmath/recherches/actes-en-ligne/1wq15.pdf> (08/05/2009)

ROMERO, F.; GUEVARA, I.; MASSA, M. R. (2007), «Els Elements d'Euclides. Idees trigonomètriques a l'aula». A: GRAPÍ, P.; MASSA, M.R. (ed), *Actes de la II Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament*, Barcelona, SCHCT-IEC, 113-119.

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*, Vol. 2(1), 419-426.

SFARD, A. (1995), «The development of algebra: Confronting historical and psychological perspectives», *Journal of Mathematical Behavior*, 14, 15-39.

THOMAIDIS, Y.; TZANAKIS, C. (2009), «The implementation of the history of mathematics in the new curriculum and textbooks in Greek secondary education», *A: Working group 15. The role of the history of mathematics in Mathematics Education: Theory and Research*, 139 – 151:
<http://educmath.inrp.fr/Educmath/recherches/actes-en-ligne/1wq15.pdf>
(08/05/2009)

DE L'ANÈCDOTA MATEMÀTICA A LA INTEGRACIÓ DE LA HISTÒRIA EN EL CONTEXT DE L'AULA

Maria Rosa LATORRE SARLÉ
Escola Guinardó SCCL

Paraules clau: història de les matemàtiques, matemàtica babilònica, àrees

From the mathematical anecdote to the integration of history in the context of the classroom.

Summary: Our curriculum has separated the history of mathematics of the education in this field for a long time. Teachers have often relegated the history to leisure or recreational situations or to small research projects. Throughout this article we will see other proposals in order to integrate history in our classes.

Key words: History of Mathematics, Babylonian Mathematics, areas

Ús anecdòtic de la història i petites recerques

Durant molt de temps, el nostre currículum educatiu ha separat la història de les matemàtiques de l'ensenyament d'aquesta matèria. Sovint els docents, - en part guiats per una manera d'ensenyar més tradicional, hem relegat la història només a algunes situacions totalment desvinculades del currículum com poden ser tallers matemàtics per a gimcanes escolars o algunes recerques sobre un tema concret relacionat amb les matemàtiques. Alguns exemples d'activitats lúdiques que han dissenyat els alumnes poden ser càlculs senzills, jocs de daus o els sudokus amb altres numeracions que es mostren a la Fig.1.

Un altre exemple d'activitat proposada pels alumnes dins d'una recerca sobre el nombre auri, ha estat la comprovació d'algunes de les proporcions en un dels alumnes i es pot veure en la Fig. 2.

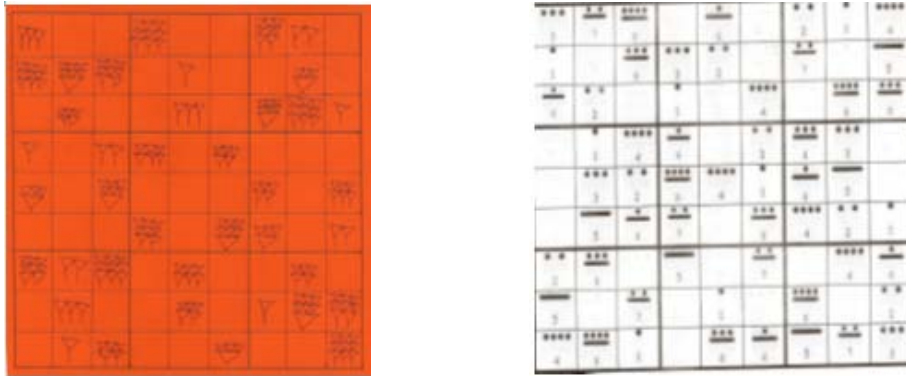
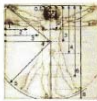


Fig. 1. Sudokus adaptats per dos alumnes de 2n d'ESO de l'Escola Guinardó.

5) COMPROVACIONS

COMPROVACIÓ EN UNA PERSONA


-També com hem vist els cossos humans tenen les proporcions aproximades a les raons auri, com hem pogut comprovar amb l'altura total de una persona entre la distància entre el melic i la planta dels peus.

$$\frac{\text{Altura total (h)}}{\text{Distància vertical entre el ombligo y la planta de los pies (n)}} = \frac{13}{8} = 1,625$$



-Nosaltres hem comprovat això amb l'Àlex.

PROCEDIMENT:

1) Hem mesurat l'alçada de l'Àlex total.



2) Després hem mesurat del melic fins al terra.



3) I finalment hem substituït els nombres a la fórmula anterior.

$$\frac{182 \text{ cm d'alçada}}{112 \text{ cm del melic-terra}} = 1,625$$

-Després hem comprovat la proporcionalitat en el braç i el procediment que hem seguit és el següent:

1) Primer hem mesurat de l'espatlla a la mà.

2) Després del colze a la mà.

3) Finalment ho hem tornat a substituir a la fórmula.

$$\frac{78 \text{ cm de l'espatlla a la mà}}{48 \text{ cm del colze a la mà}} = 1,625$$

OBSERVACIONS

-Hem pogut comprovar que l'Àlex compleix la proporció divina, el nombre ens coincideix exactament amb el Φ .

Fig. 2. Activitat de comprovació del nombre auri plantejada per alumnes de 4t d'ESO de l'Escola Guinardó de Barcelona.

Integració d'activitats relacionades amb la història dins del currículum

Anant una mica més enllà en aquest procés d'integració de la història en el context natural de l'aula es poden utilitzar diferents activitats en les situacions quotidianes, tot barrejant-les amb altres que no siguin històriques. Aquesta manera d'entendre les matemàtiques ens porta a elaborar diferents materials basant-nos en problemes ja existents.

Dos exemples que hem utilitzat són uns problemes de volums de cossos dins d'una prova inicial de contingut matemàtic. En el primer cas, s'utilitza un problema històric plantejat per Euclides, només com a exemple d'una situació de comparació de volums i, per altra banda, s'utilitza un text històric en el que hi ha contingut matemàtic en el que els alumnes han de seguir un procés i una terminologia que els

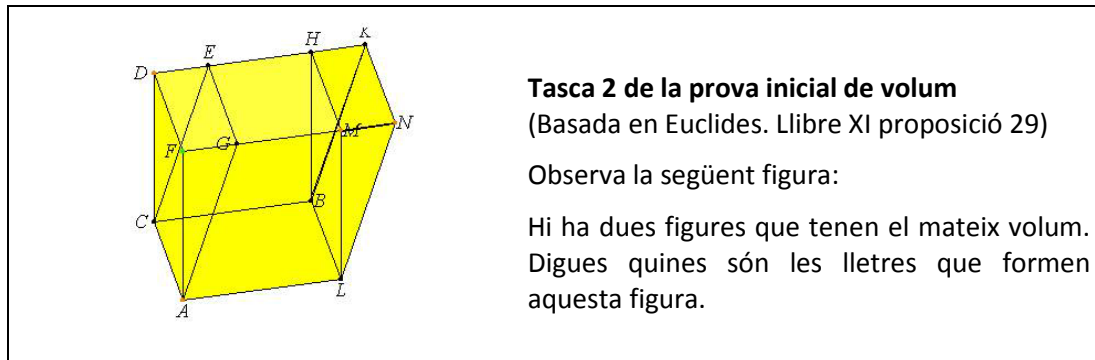


Fig. 3. Tasca 2 d'una prova inicial sobre volum. Latorre (2007).

Tasca 9 de la prova inicial de volum¹

Llegim el fragment del text de l'arquitecte Fontana (s.XVI) sobre la manera de trobar el volum de l'obelisc del Vaticà i respon a les següents preguntes:

- 1) Què són els pams cúbics?
- 2) Com diries d'una altra manera " el cos de l'Agulla" ?
- 3) Marca en el dibuix:
 - L'altura de 107 pams i mig
 - El gruix del peu
 - Els 8 pams i cinc minuts
 - Els 12 pams i mig
 - L'altura de 6 pams
 - Pinta de vermell la punta de l'agulla
- 4) En el text antic es parla de " cinc minuts de gruix": Ara ja ningú parla de cinc minuts de gruix. Per tant, a quina mesura creus que es refereix? Raona la teva resposta.

"... per esbrinar quants pams cúbics entraven en el cos de l'Agulla vaig agafar l'altura des de la quadratura superior on comença la seva punta fins la base amb una plomada, i vaig trobar que l'altura era de cent set pams i mig. Un cop fet això, vaig mesurar el gruix del peu que és de dotze i cinc minuts. El mateix vaig fer amb la quadratura d'adalt sota la punta, en aquest lloc mesura vuit pams cinc minuts de gruix. Sobre l'esmentada quadratura, la punta, semblant a una altra Agulleta amb uns altres angles i vèrtexs, sembla un esperó de sis pams ...".

Fig. 4. Tasca 9 d'una prova inicial sobre volum. Latorre (2007).

és desconeguda. L'anàlisi de la implementació i de les respostes de 20 alumnes de 3r d'ESO formen part de la investigació desenvolupada per l'equip Audimat i queden recollides en la tesi doctoral de l'autora d'aquest article (Latorre, 2007).

En la primera activitat (Fig. 3) es va poder veure que la majoria dels alumnes identificaven correctament cossos amb el mateix volum, encara que molts d'ells identificaven els cossos amb la mateixa forma ($ACDEGF = LBHKNM$) i només alguns d'ells amb formes diferents. Els alumnes que no

¹ Adaptada de Núñez, Servat, 2004: 25-30.

van identificar els volums iguals, bàsicament confonien la noció de volum amb la d'àrea ja que només identificaven les figures planes iguals.

En la segona activitat (Fig. 4) també es va poder constatar la dificultat que tenen els alumnes amb alguns textos històrics i la necessitat de pausar les activitats ja que hi va haver alumnes que no eren capaços d'interpretar la informació del text i no van contestar. En l'anàlisi de les respostes es va poder observar que més de la meitat dels alumnes relacionaven els pams cúbics amb una mesura de volum i identificaven correctament les mesures que apareixien en el text. Tot i això, es va veure que una alumna va fer una aproximació únicament lingüística, identificant-lo directament amb el volum de la mà.

Disseny d'una unitat didàctica basada en continguts històrics

En un pas més de buscar de quina manera d'integrar la història de les matemàtiques dins del currículum es va dissenyar una unitat didàctica anomenada "*Un passeig per la història de les àrees de figures planes*" en la que les activitats eren extretes de documents històrics. La idea principal va ser treballar les figures planes i en concret les seves àrees des de diferents moments de la història potenciant que el seu aprenentatge sigui més significatiu ja que no només es resolen activitats sinó que fa que comparin el mètode utilitzat amb el que ells coneixen.

Aquesta unitat didàctica està pensada majoritàriament per a alumnes de 2n d'ESO i consta de quatre fitxes, que són: *Àrees de figures a Mesopotàmia* (àrea de trapezi), *Àrees de figures a Egipte*. Papir Rhind i Moscou (àrees de triangle, rectangle i cercle), *les àrees de figures a la Índia* (àrea bruta i exacta de triangles i quadrilàters cíclics i teorema de Brahmagupta) i la *fórmula d'Heró* (fitxa més aviat d' ampliació o per segon cicle d'ESO). Cada una de les fitxes s'inicia mostrant el context geogràfic, històric i científico-matemàtic en el que es van proposar i desenvolupar les activitats concretes.

Primers resultats de la implementació

Durant el primer trimestre del curs escolar 2009- 2010 s'ha implementat la primera fitxa de la unitat "*Un passeig per la història de les àrees de figures planes*" amb els alumnes de 1r i 2n d'ESO de l'Escola Guinardó (Grup de 20 alumnes d'ampliació a 1r d' ESO i dos grups de 30 alumnes de 2n d'ESO) lligant-la amb la unitat del sistema de mesura sexagesimal. L'objectiu principal de portar a terme aquesta activitat era poder detectar les dificultats que sorgien quan es portava a l'aula i d'aquesta manera si fos necessari poder replanificar l'activitat. Per tal de poder veure quines dificultats eren pròpies de l'activitat i quines del contingut, també es va passar també com activitat lúdica fora del currículum a alumnes de segon cicle d'ESO (un grup de 20 alumnes de 3r i un de 20 alumnes de 4t).

Un cop feta la presentació del context i de realitzar els primers càlculs històrics amb el sistema sexagesimal, els alumnes poden llegir amb el text de l'activitat tal com es pot trobar en la tauleta VAT 7848²:

² VAT= Vorderasiatische Abteilung, Tontafeln, Staatliche Museen, Berlin

PAS 1. Dibuixa en un trapezi les mesures que s'indiquen a la tauleta: un costat fa 30, l'altre costat fa 30, l'amplada superior és 50 i l'amplada inferior és 14.	PAS 2. Comprova que 30 vegades 30 és 15; 0 en el sistema de numeració babilònica.
PAS 3. Resta 14 de 50 i fes la meitat del resultat. Fes un nou dibuix i situa en el dibuix la mesura que correspon a aquest càlcul.	PAS 4. Multiplica aquest resultat per ell mateix. El valor que et dona en el sistema babilònic és 5; 24.
PAS 5. Et diuen que si restes 5; 24 a 15; 0, et dona 9;36. És correcte el valor donat per l'escriba?	PAS 6. Com traduiries al llenguatge algebraic la pregunta "Quin nombre hauria de multiplicar-se per ell mateix per donar 9,36?"
PAS 7. Comprova que 24 vegades 24 és 9,36.	PAS 8. L'escriba diu que 24 és la línia de divisió. A quina línia creus que es refereix?
PAS 9. Si sumes les dues amplades. Què dona?	PAS 10. I quan val la meitat? Digues quina part del trapezi acabes de calcular?
PAS 11. Si multipliques la línia de divisió per aquest valor el resultat és.....	PAS 12. Compara aquest mètode amb el que ja coneixes i contesta.

Taula 1. Passos en el que es divideix l'activitat extreta de la tauleta VAT 7848.

" Un trapezi on 30 és un dels costats, 30 és l'altre costat, 50 és l'amplada superior, 14 és l'amplada inferior. 30 vegades 30 és 15,0. Resta 14 de 50 i el resultat és 36. La meitat d'això és 18. 18 vegades 18 és 5,24. Resta 5,24 de 15,0 i el resultat és 9,36. Quin nombre hauria de multiplicar-se per ell mateix per donar 9,36? 24 vegades 24 és 9,36. 24 és la línia de divisió. Suma 50 i 14, les amplades, i (el resultat és) 1,4. La meitat d'això és 32. Multiplica 24, la línia de divisió, per 32, i (el resultat és) 12,48....

En els diferents casos en els que es va implementar aquesta activitat, quan els alumnes llegien l'enunciat sencer no entenien el que acaben de llegir. Cal ser molt conscient d'aquest fet ja que és necessari pautar molt bé les diferents activitats històriques que es proposen. Per aquesta raó, quan es va dissenyar l'activitat es van proposar dotze passos per tal que els alumnes anessin seguint el procés descrit a la tauleta (Taula 1).

En aquesta activitat, aquells alumnes que estaven més acostumats a classes tradicionals en el que els dibuixos són un mer accessori del problema, van dibuixar un trapezi on la base superior era més petita que la inferior, i per tant, just a l'inrevés del que se'ls estava indicant en el pas 1. Per tant, quan s'implementa aquesta activitat cal que el docent tingui present aquest fet i faci que tots els alumnes identifiquin el trapezi tal i com està pensat en la tauleta.

Tot i que els alumnes ja havien fet alguns càlculs en aquesta activitat en sistema sexagesimal, quan van llegir els primers enunciats es van sorprendre ($30 \times 30 = 15$) i creien que fins i tot podia ser erroni. En canvi, en els càlculs dels passos finals, els alumnes ja calculaven correctament totes les mesures i no tenien cap dificultat de càlcul amb el sistema sexagesimal.

En aquestes primeres implementacions també es va poder observar que els alumnes (tant els petits com els grans) desvinculaven els càlculs del dibuix del trapezi. El fet d'identificar correctament en

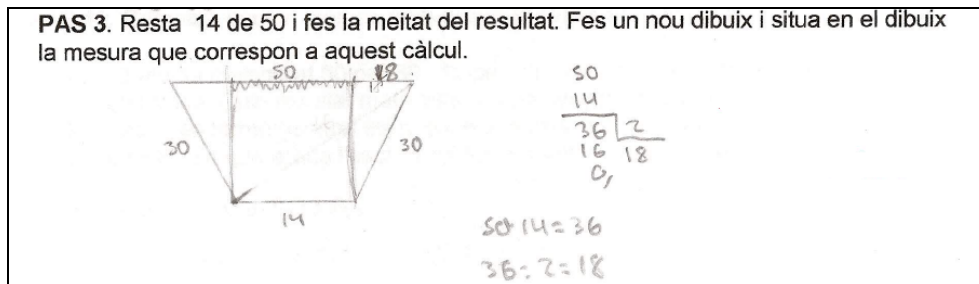


Fig.5. Resposta d'un alumne de 2n d'ESO al pas 3.

el dibuix les mesures que es van calculant és vital per tal de seguir tot el procés. Les dificultats observades han causat que en una futura planificació de l'activitat es detalli encara més el pas 3 i el pas 8 per tal que els alumnes vagin lligant més els seus càlculs al dibuix.

Un altre dels punts que va portar a error va ser el pas 4. Els alumnes de 1r i 2n d'ESO no es van equivocar, mentre que els alumnes de 3r i 4t d'ESO no van arribar a la solució indicada, sinó que van dir que era 5,4 (en el sistema decimal $324 \text{ entre } 60$ és 5,4). Aquest fet ve provocat per que en els alumnes més grans quan divideixen entre 60 no tenen en compte que ho fan com en el sistema decimal, en part perquè aquesta activitat no està lligada al currículum que estan treballant.

Com a conclusió de l'activitat, és convenient que un cop finalitzada l'activitat, es torni a llegir l'enunciat sencer, per tal que els alumnes siguin conscients de tot el procés i no només dels passos de forma independent.

Bibliografia

AABOE, A. (1964), *Episodes from the early history of mathematics*, Washington, Mathematical Association of America.

BOYER, C. (1986), *Historia de la matemàtica*, Madrid, Alianza Editorial.

LATORRE, M.R (2007), *Regulación de la noción de volumen en un aula inclusiva*. Tesis doctoral, Universidad de Barcelona.

NÚÑEZ, J.M.; SERVAT, J. (2004)., "La regla per mesurar els obeliscos quadrats de Domenico Fontana: Anàlisi historicodidàctica", *Biaix* 21, 25-30.

LA TRIGONOMETRIA A LA MATEMÀTICA DE L'ANTIGA ÍNDIA. ALGUNES IDEES PER TREBALLAR A L'AULA

Carles PUIG-PLA¹; Iolanda GUEVARA CASANOVA²;
Fàtima ROMERO VALLHONESTA³; Maria Rosa MASSA ESTEVE¹

¹Centre de Recerca per a la Història de la Tècnica. Universitat Politècnica de Catalunya

²Institut Badalona VII

³Inspecció d'Educació. Generalitat de Catalunya

Paraules clau: *matemàtiques a l'antiga Índia, trigonometria, Aryabhatiya, Aryabhata, siddhanta, Bhaskara I*

Trigonometry in Ancient India Mathematics. Some ideas to work in the classroom

Summary: From mathematical texts of ancient India we can get closer to the origins of trigonometry and we can design proposals for activities in the classroom for fourth year students in the ESO. Specifically, the oldest treatise of the genre "Siddhanta" which has been preserved, the Aryabhatiya of Aryabhata (499), commented by Bhaskara I (629), offers this possibility and allows students to see the universal value of mathematics.

Key words: *Mathematics in Ancient India, trigonometry, Aryabhatiya, Aryabhata, siddhanta, Bhaskara I*

Introducció

Quan es parla de matemàtiques a l'Antiga Índia (aprox. 2500 aC-500 dC), es fa referència a les que es van desenvolupar a la regió que actualment està constituïda per l'Índia, el Nepal, el Paquistán, Bangladesh i Sri Lanka, que queda separada de la resta del continent asiàtic per la barrera física que suposa el massís de l'Himàlaia, i que sovint es denomina subcontinent indi.

Una de les contribucions més importants de l'Índia en la història de la matemàtica va ser la introducció de les taules de "mitges cordes", precedent immediat del que actualment coneixem com a "sinus", per a substituir les taules de cordes gregues (Boyer, 1986: 279). Tot i que en alguns tractats antics d'astronomia ja hi havia taules de mitges cordes basades possiblement en el treball de cordes de

l'Almagest de Ptolemeu¹ (aprox. 85-165), no és fins a *l'Aryabhatiya* (aprox. 499) d'Aryabhata que es pot trobar a la literatura oriental un tractat de matemàtica pura amb indicis del que ara anomenem sinus (Smith, 1925: 608). Precisament aquesta obra ens permet presentar una proposta d'activitat per a l'aula de 4rt d'ESO².

Els documents matemàtics més antics. *Sulbasutres* i *Siddhantes*

La dificultat de datar alguns textos i d'identificar-ne els autors fan de l'estudi de les matemàtiques de l'Antiga Índia un repte pels historiadors de la matemàtica. Cal afegir a aquestes dificultats que no va ser fins els anys 1921-1923 que es van trobar, a les ribes del riu Indo, les primeres restes de dos centres urbans, un a Harappa i l'altre a Mohenjo-Daro, del que s'anomenarà cultura Harappa (aprox. 2500 aC - 1700 aC), tot fent referència al primer assentament descobert. Les restes arqueològiques indiquen que aquesta civilització posseïa una àmplia cultura numèrica, un patró d'unitats de mesura de pes amb múltiples i submúltiples en base decimal, així com mesures de longitud molt precises, però no s'ha trobat cap document matemàtic (Joseph, 1996: 303-306).

Els primers documents on es troben vestigis de les matemàtiques de l'època cal cercar-los en el primer mil·lenni abans de la nostra era, especialment entre el segle VIII aC i el segle V aC dins de la literatura desenvolupada en sànscrit, concretament en els *sulbasutres* (regles o aforismes de les cordes) que son apèndixs dels Vedes (els textos sagrats de la religió dels pobles vèdics escrits en forma de versos curts –*sutres*–) en els quals es donen normes per a la construcció d'altars. Els *sulbasutres* no contenen cap demostració de les regles de cordes ni dels procediments geomètrics que utilitzen. Dels qui van escriure els *sulbasutres* només se'n coneixen els noms i alguna indicació aproximada de l'època en què van viure. El més antic és el de Baudhayana que es va escriure entre el 800 i 600 aC. Els *sulbasutres* contenen procediments per a la construcció de figures geomètriques com ara quadrats, rectangles, cercles, etc. i també descriuen mètodes aproximats per a la quadratura del cercle i conseqüentment aproximacions al nombre π (O'Connor & Robertson, 2000).

L'edat daurada de les matemàtiques índies i de la cultura sànscrita va tenir lloc durant l'anomenat període clàssic (400-1200). Cap a la meitat del primer mil·lenni de la nostra era va augmentar significativament el nombre de textos sànscrits d'astronomia (*siddhantes*), molt pocs dels quals han sobreviscut fins avui. La finalitat dels *siddhantes* era la d'identificar les posicions dels cossos celestes des d'un lloc d'observació i en un moment donat, corregir-les trigonòmicament d'acord amb les seves anomalies orbitals i utilitzar les posicions vertaderes resultants per predir quan tindria lloc un determinant esdeveniment astronòmic (sortida del sol, llunes noves o plenes, conjuncions, eclipsis, etc.) (Plofker, 2007: 399).

El tractat més antic classificat generalment com a *siddhanta* i que s'ha preservat completament és *l'Aryabhatiya*, compost el 499 per Aryabhata (n. 476). És una de les obres més importants i influents de l'astronomia i les matemàtiques a l'Índia, juntament amb *Brahma-sphuta-siddhanta* i *Khanda-khadyaka*, de Brahmagupta (n. 598 aprox.). Aquest tipus de tractats foren comentats posteriorment per a garantir la comprensió de les regles que s'hi enunciaven. Tot seguit analitzarem el comentari de *l'Aryabhatiya*, fet pel matemàtic conegut com a Bhaskara I (629).

¹ Més informació a Massa & Romero (2003).

² Aquest treball s'emmarca dins del projecte del Grup d'Història de les Matemàtiques de l'Associació de Barcelona per a l'Estudi i Aprenentatge de les Matemàtiques (ABEAM) que duu per títol "El naixement i desenvolupament de la trigonometria dins les diferents civilitzacions", un dels objectius del qual és la investigació de l'evolució històrica dels conceptes trigonòmics, l'anàlisi de textos originals i el disseny d'activitats per a ser utilitzades a l'aula. El grup pertany a l'Institut de Ciències de l'Educació de la Universitat de Barcelona i els seus membres són: M. Rosa Massa Esteve, Fàtima Romero Vallhonestà, Iolanda Guevara Casanova, Carles Puig-Pla, Francisco Moreno Rigall i M. Àngels Casals Puit.

L'*Aryabhatiya* d'Aryabhata amb els comentaris de Bhaskara I

El segon capítol de l'*Aryabhatiya*, dedicat a les matemàtiques (*ganita*), està constituït per 33 versos en una mètrica anomenada *arya*. En molt poc espai i en versos curts i críptics es condensava el coneixement matemàtic. A banda de la salutació i justificació inicial, es fa una defensa de la notació posicional, s'introdueixen procediments geomètrics i aritmètics, càlcul d'àrees i volums i l'extracció d'arrels quadrades i cúbiques. També es calcula l'àrea del cercle amb dues aproximacions de π , com a $\sqrt{10}$ i com $62832/20000$. S'hi pot trobar el càlcul de l'altura i la distància a un focus de llum amb l'ombra de dos gnòmons o altres temes com ara: la suma de nombres naturals, de quadrats i de cubs; el càlcul dels interessos produïts per un capital, i també mètodes de resolució d'equacions de primer grau, quadràtiques i indeterminades de primer grau (Keller, 2005: 279-280).

Tanmateix, aquí volem destacar que el text conté el càlcul de "mitges cordes" (sinus). Hi apareix la construcció geomètrica i el càlcul d'una taula del sinus per a valors del 1r quadrant. Aquesta secció ens ha interessat especialment perquè el raonament geomètric visual que s'utilitza per a calcular la taula ens ha semblat adequat per a reproduir-lo a l'aula a l'hora d'estudiar les raons trigonomètriques i les seves mesures.

El text analitzat comença amb el vers 11 del capítol 2 de l'*Aryabhatiya* i continua amb comentaris de Bhaskara I. El vers diu:

S'ha de dividir la quarta part de la circumferència d'un camp uniforme circular. A partir de trilaterals [triangles] i quadrilaterals [rectangles], es poden construir damunt del semidiàmetre tantes mitges cordes, associades a un nombre parell d'arcs unitaris, com es desitgi.³

Bhaskara I, el comentarista, introdueix la pregunta següent i la desenvolupa àmpliament fins a contestar-la:

Quina és la mida de les mitges cordes quan el semidiàmetre és Vasu (8)-Fire (dahana 3)-Kṛta (4)-Fire (hutasana 3)? [radi = 3438 unitats].⁴

El que ara s'entén per sinus d'un angle, en aquests textos s'anomena "mitja corda", que és la meitat de la corda de l'angle doble. En el dibuix està marcat l'angle α i la "mitja corda" de l'angle α (vegeu Fig. 1).

I segueix tota la seva explicació:

És més, té sentit dir que un arc unitari pot ser igual a la seva corda; qualsevol ho sap; que un arc pugui ser igual a la seva corda ha estat molt criticat precisament per aquest mestre.

³ La traducció al català és dels autors a partir del text en anglès (Plofker, 2007).

⁴ Com a mesura del radi es pren la mesura de l'angle d'1 radià expressada en minuts que és, aproximadament, 3438. Aquest valor probablement no és original d'Aryabhata. Sembla que ja el feia servir Hiparc (aprox. 190-120 aC) (Toomer, 1970-1990: 208).

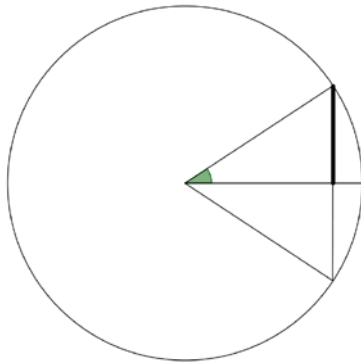


Fig. 1. Relació entre mitja corda i sinus d'un angle.

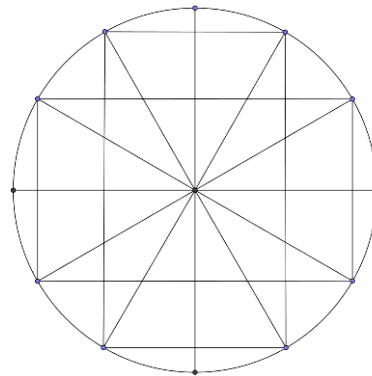


Fig. 2. Dibuix de la mandala. (Keller, 2006:14; Plofker, 2007: 409).

Però diem: Un arc igual a la corda existeix. Si un arc no pot ser igual a la seva corda mai hi hauria regularitat en absolut per una bola de ferro damunt el terra pla. Per tant deduïm que hi ha algun punt per mitjà del qual aquesta bola de ferro es reclina sobre el terra pla. Aquest punt és la 96ena part de la circumferència.⁵

Procediment: Dibuixant un cercle (mandala) amb un parell de compassos d'obertura igual al semidiàmetre de mida tant gran com es vulgui, es pot dividir aquest cercle en 12 parts iguals. Aquestes dotze parts es prenen com a *rasis* (marques⁶). Ara, un cop el cercle està dividit en 12, a l'est es pot fer una línia que té la forma d'una corda, i que penetra en el cercle des dels extrems de dues *rasis* (marques) del sud cap al nord. El mateix a l'oest. De la mateixa manera al sud i al nord podem fer cordes de l'est cap a l'oest. De la mateixa manera podem fer línies des de l'est, l'oest, el sud i el nord que penetren en el cercle des dels extrems de quatre *rasis* (marques). Es poden obtenir trilaterals dibuixant les diagonals del rectangles obtinguts (Fig. 2).

Així s'obté un camp produït per una circumferència. S'ha dibuixat amb un parell de compassos amb un bastó subjecte a l'obertura. En el camp dibuixat d'aquesta manera tot s'ha de mostrar.

En aquest dibuix, quan l'arc unitari és mig *rasi* (15°), la corda sencera de quatre arcs unitaris (60°) és igual al semidiàmetre. La meitat és "la mitja corda" de dos unitaris (30°). I això és 1719⁷ que correspon a la base (Fig. 3). El semidiàmetre és la hipotenusa i, per tant, la perpendicular és l'arrel quadrada de la diferència dels quadrats de la base i de la hipotenusa. Això és exactament la "mitja corda"⁸ de quatre arcs unitaris (60°). Aquest valor és 2978.

⁵ Fent això, l'arc unitari té $90^\circ/24 = 3^\circ 45'$ o el que és igual $225'$.

⁶ La mesura d'aquestes particions o rasis del cercle és 30° .

⁷ És la meitat del radi o semidiàmetre que era 3438. Correspon a $\frac{1}{2}$ que és el valor que s'assigna actualment als sinus de 30° .

⁸ Per a nosaltres el sinus.

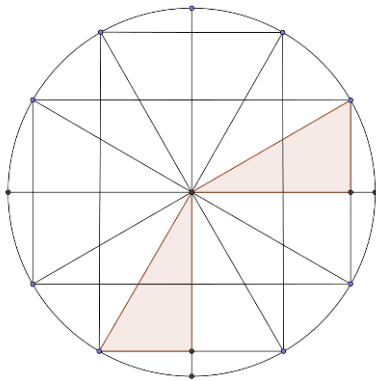


Fig. 3. En el dibuix: la base del triangle inferior és mitja corda de 2 unitaris (sinus de 30°). Un cop calculada l'altura a partir de la base i de la hipotenusa, en el triangle superior s'observa que aquesta altura ara és la mitja corda de 4 unitaris (sinus de 60°).

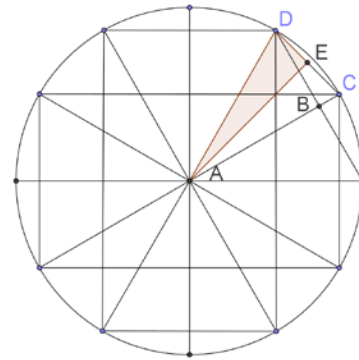


Fig. 4. $BC = 460$. En el triangle DBC , $BD =$ "mitja corda" (sinus) de 2 unitaris (30°) = 1719. DC és la hipotenusa i es calcula (1870). Però alhora DC és la corda de 2 unitaris, per tant la meitat (890) és la "mitja corda" d'un arc unitari, el sinus de 15° .

Quan es resta aquesta quantitat del semi-diàmetre⁹, el resultat (460) és la sageta (sinus versus) de la "mitja corda" de dos arcs unitaris (30°). La hipotenusa és l'arrel de la suma dels quadrats de "mitja corda" de dos arcs unitaris (30°) i la sageta (Fig. 4). I aquesta, la hipotenusa, és la corda de dos arcs unitaris, que és 1780. La meitat (890) és la "mitja corda" d'un arc unitari (15°) per tant, el sinus de 15° . (Plofker, 2007: 407-408; 2009: 136-139; Keller, 2006b: 1, 57-64; 2,54-69)

Els 24 sinus d'Aryabhata són: 225, 449, 671, 890, 1105, 1315, 1520, 1719, 1910, 2093, 2267, 2431, 2585, 2728, 2859, 2978, 3084, 3177, 3256, 3321, 3372, 3409, 3431, 3438.¹⁰ El primer d'aquests valors dels sinus és igual al seu arc (està comptat en minuts). És el que defensa Bhaskara I amb un argument físic quan diu que hi ha un arc igual a la seva corda quan es divideix per 96 tota la circumferència. Segurament els calcula a partir de consideracions sobre rectangles i triangles com fa Bhaskara I en les seves descripcions. Evidentment assumeix la bisecció de cada *rasī* (signe zodiacal o trenta graus), per obtenir "arcs unitaris" de 15° . Bahaskara I els subdivideix de nou per arribar als 24 d'Aryabhata (Plofker, 2007: 408-409).

Proposta per a una activitat a l'aula

La proposta d'activitat reproduïx els comentaris de Bhaskara, primer la construcció geomètrica i després les deduccions i la situaríem a 4t d'ESO o 1r de Batxillerat. Consisteix en la construcció

⁹ És a dir, $3438 - 2978 = 460$.

¹⁰ En aquesta sèrie 890 correspon al de 15° , 1719 a 30° , 2431 (45°), 2978 (60°), 3321 (75°), 3438 (90°).

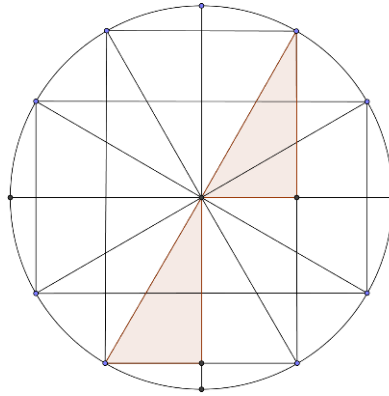


Fig. 5. Trilaterals emprats per Bhaskara I.

geomètrica amb el programa GeoGebra¹¹ i la deducció dels sinus dels angles de 60° , 30° i 15° emprant la figura construïda¹².

1. Per guiar l'alumnat en la construcció geomètrica proposem escriure les instruccions de manera semblant a com estan escrites en el text d'Aryabhata i en els comentaris de Bashkara I. Els alumnes obtindran la mandala de la figura 2.

2. Per tal que l'alumnat dedueixi els sinus dels angles de 60° , 30° i 15° , proposem la següent seqüència d'instruccions:

- a) Observeu els 12 arcs en que ha quedat dividida la circumferència, i digueu quant valen els angles corresponents.
- b) Localitzeu els 4 triangles del dibuix que tenen per costats els radis de la circumferència i ombregeu-los amb color. Quant mesuren els seus angles? Quant amiden els costats d'aquests triangles? Tenint en compte les mides dels seus costats, de quin tipus són aquests triangles?
- c) A la figura 3, cadascun dels triangle ombrejats té un angle de 90° . Com s'anomenen aquest tipus de triangles? Quant mesuren els altres angles? Quant amida el costat més petit? A partir de la definició de sinus i de les mesures anteriors, calculeu el sinus de 30°
- d) A la figura 5, els dos triangles ombrejats tenen un angle de 90° . Quant mesuren els altres angles?
- e) A partir de la definició de sinus i de les mides obtingudes a l'apartat c), deduïu el sinus de 60° .
- f) En la figura 4, si E és el punt mig del segment DC, quant mesuren els angles del triangle AED?
- g) Recopileu alguns dels valors obtinguts fins ara en els apartats c) i e)

$AD =$	$AC =$	$BD =$	$AB =$
--------	--------	--------	--------

 i calculeu BC.
- h) El triangle DBC és rectangle en B. Tenint en compte els valors de BC i BD, calculeu DC i DE.

¹¹ Software lliure de geometria dinàmica.

¹² És convenient que el radi del cercle es prengui com a unitari per tal de treballar amb els valors actuals dels sinus.

- Amb les mesures anteriors deduíu el sinus de 15° .

Consideracions finals

Dins del projecte del grup d'història d'ABEAM, *El naixement i desenvolupament de la trigonometria dins les diferents civilitzacions*, la introducció de l'estudi de la trigonometria a la matemàtica de l'Antiga Índia ajuda a tenir una panoràmica del desenvolupament de la trigonometria en diferents civilitzacions.

Coneixem, en general, molt poc sobre cultures no europees i és relativament recent la divulgació de la seva història quan es parla d'història de les matemàtiques. En aquest sentit George Gheverghese Joseph va ser un precursor quan el 1991 va publicar *The crest of the peacock*.¹³ Posteriorment, diverses autores han estudiat més detingudament les Matemàtiques Índies, Keller (2005, 2006a i 2006b) i Plofker (2007, 2009) entre d'altres. En aquesta comunicació, aquest textos han estat la nostra font principal a l'hora d'estudiar la matemàtica a l'Antiga Índia que es conserva en sànscrit.

Dins de la matemàtica a l'Antiga Índia ens hem centrat en el *siddhanta* d'Aryabhata, l'*Aryabhatiya* (499), amb els comentaris de Bhaskara I (629) i hem parat atenció en el vers 11 del capítol 2 i en les reflexions que introdueix Bhaskara I. Aquest text ens ha interessat especialment perquè el raonament geomètric visual que utilitza per a calcular una taula de sinus per angles del primer quadrant, és adequat per reproduir-lo a l'aula a l'hora d'estudiar les raons trigonomètriques.

L'exemple presentat té interès des del punt de vista didàctic perquè combina raonament geomètric visual i trigonometria i, des d'un punt de vista més general, perquè mostra el valor universal de les matemàtiques i com aquestes es desenvolupen en diferents cultures.

¹³ La traducció al castellà: *La cresta del pavo real* és del 1996.

Bibliografia

BOYER, C. (1986), *Historia de la matemàtica*, Madrid, Alianza Universidad Textos, Editorial, S.A.

O'CONNOR, J.J.; ROBERTSON, E.F. (2000), «Los Sulbasutras de la India», MacTutor History of Mathematics Archive [traducció de Jaime Berenguer (2007):

<http://www.astroseti.org/imprime.php?num=4585>

(11/05/2010)

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

KELLER, A. (2005), «Making diagrams speak, in Bhaskara I's commentary on the *Aryabhatiya*», *Historia Mathematica*, 32, 275-302.

KELLER, A. (2006a), «Textes écrits, textes dits dans la tradition mathématique de l'Inde médiévale»:

http://www.math.ens.fr/culturemath/histoire%20des%20maths/htm/Keller06_Inde/Keller_Inde.htm

(11/05/2010)

KELLER, A. (2006b), *Expounding the Mathematical Seed: A Translation of Bhaskara I on the Mathematical Chapter of the Aryabhatiya*, 2 vols., Basel-Boston-Berlin, Birkhäuser.

MASSA, M.R.; ROMERO, F. (2003), «De la geometria a la trigonometria: el teorema de Ptolemeu», A: BATLLÓ, J. [et al.] (ed.), *Actes de la VII Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona: SCHCT, 153-159.

PLOFKER, K. (2007), «Mathematics in India», A: KATZ, V. [(ed.), *The Mathematics of Egypt, Mesopotamia, China, India, and Islam: a sourcebook*, Princeton and Oxford, Princeton University Press, 385-514.

PLOFKER, K. (2009), *Mathematics in India*, Princeton and Oxford, Princeton University Press.

SMITH, D.E. (1925), *History of Mathematics*, Dover Publications Inc., New York, Vol. 1, 601-633.

TOOMER, G.J. (1970-1990), «Hipparchus», *Dictionary of Scientific Biography*, A: GILLISPIE, C.C. (ed.), Charles Scribner's Sons, New York, 207-224.

FOURIER I LA TRANSMISSIÓ DE CALOR: UN EXERCICI D'APRENTATGE

Miquel RIGOLA
Universitat de Girona

Paraules clau: Fourier, transmissió de calor, educació, història de la ciència

Fourier and heat transmission: a learning exercise

Summary: The Fourier heat transmission experiment in a ring is used to judge on how and when history of science should be introduced in university curricula.

Key words: Fourier, heat transmission, teaching, history of science

La Història de la Ciència dins l'educació científica

Poques vegades, durant els cursos acadèmics de grau, es presenten las disciplines científiques com un procés creatiu que ha seguit una evolució en el temps, i que és el resultat d'una participació seqüencial de diferents actors, encara que pugui arribar al punt culminant amb l'aportació final d'un geni individual. Comprendre aquest procés pot ser molt més enriquidor per a l'estudiant, particularment si hom decideix intervenir críticament en la revisió històrica del passat.

Tal com han posat de manifest analistes de la qüestió, la història de la ciència pot fer unes aportacions específiques en l'educació científica i tecnològica, entre les quals:

- capacitat de reinterpretar fonts primàries de coneixement.
- proveir la imaginació amb un ventall de referències i idees.
- aprenentatge dels errors passats.
- desenvolupar confiança en el pensament crític.
- capacitat per formular i defensar arguments convincents.
- donar una perspectiva del progrés que assenyali vies futures d'evolució.

Si sembla evident l'aportació positiva que pot fer la història de la ciència, queda com a qüestió a precisar, en quina etapa de l'educació i de quina manera cal introduir-la. Sovint es fa referència a un

article de Stephen G. Brush (1973) en el qual qüestiona que, la interpretació que en fan els historiadors de la forma d'actuar dels científics, pot no ser un bon model per als estudiants.

L'objectiu d'aquest article es aprofitar la revisió feta d'alguns aspectes del procés d'elaboració de la teoria de la transmissió de calor per part de Fourier i del context en que té lloc, per aportar una reflexió específica sobre aquest quan i com introduir la història de la ciència en el currículum universitari.

Els desenvolupament de la teoria de la transmissió de calor

Quan Fourier comença la seva recerca, el problema de la transmissió de la calor no és més que una teoria incipient, però sobre la qual estan incidint altres científics contemporanis seus, encara que cap ho farà amb la seva intensitat. Dins aquesta història, Fourier resulta ser tan víctima com partícip de les egolatries dels actors de la societat científica (Grattan-Guinness & Ravetz: 1972), (Herivel, 1875), (Dhombres & Robert: 1998).

Per una banda es d'admirar la dedicació tan intensiva de Fourier a la temàtica, que es pot mesurar en milers d'hores d'esforç. L'equació que Fourier dedueix tindrà, sempre més, un lloc remarcable en la física, i el seu estudi de sèries trigonomètriques donarà pas a un nou capítol de la matemàtica aplicada. Però, el reconeixement de la comunitat científica, especialment la que li és més propera, trigarà a arribar.

La seva virtut no l'eximeix del fet que ell mateix fes una menció molt escassa de les idees propiciadores aportades per altres, en particular de Biot. També pot sorprendre que darrera la genialitat teòrica dels personatges es troben mancances en l'anàlisi dels resultats experimentals.

Les primeres passes en la teoria de la conducció de la calor

L'any 1804 Fourier rep de Jean Baptiste Biot (1774-1862) un document en el qual aquest li planteja una formulació incompleta de la difusió de la calor en els sòlids. Biot buscava la solució al problema, però evità introduir la formulació matemàtica, possiblement per les dificultats que hauria trobat en establir l'equació correcta.

Fourier s'interessa enseguida i completament en la temàtica, al voltant de la qual girarà la major part de la seva producció científica. Fourier escriu un text titulat *Mémoire sur la propagation de la chaleur*, enviat a l'*Académie des Sciences* de Paris, el 21 de desembre de 1807.

Per avançar en la teoria i contrastar idees amb les d'altres científics, es proposà per al gener de 1812, un premi per al problema de la difusió de la calor. Fourier presentà l'any 1811 una versió revisada del seu treball amb el títol *Théorie du mouvement de la chaleur dans les corps solides* que guanyarà el premi. Segurament a causa de la controvèrsia que manté amb Lagrange, la publicació es posposà. Serà el mateix Fourier qui es cuidarà de publicar l'any 1822 una tercera versió titulada *Théorie analytique de la chaleur*.

L'equació de Fourier

Fourier introdueix els conceptes gradient de temperatura i de flux de calor, amb que aconsegueix per primer cop formular la conducció de la calor en un sòlid – que no havia aconseguit Biot. En el manuscrit que segueix a la lectura a l'*Académie*, el 1807 escriu:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{K}{CD} \frac{d^2v}{dx^2} - \frac{hl}{CDS} v$$

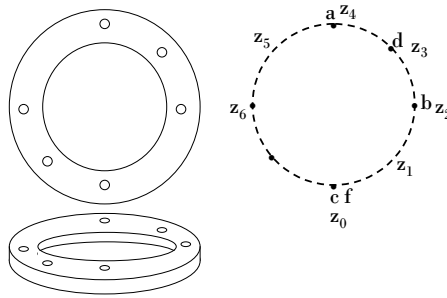


Fig. 1. Representació de l'anella amb els punts d'escalfament i de mesura de la temperatura.

on v designa la temperatura, t el temps i x una distància, C la calor específica del ferro, K la seva conductivitat, h el coeficient convectiu, S la secció a través de la qual es transmet la calor per conducció i l el perímetre de la secció. L'equació és un pas de gran transcendència tan en la física matemàtica com en la teoria de la transmissió de el calor. El raonament que aplica Fourier estarà recolzat per una experimentació heterogènia, no tan per fer nous descobriments sinó per suportar la seva formulació física-matemàtica.

L'anella de Fourier

Un dels experiments fets abans de 1807, consisteix en una anella de ferro polit de diàmetre exterior 0,345 m, escalfada puntualment en el punt f de la figura 1, i en fer mesures de temperatura a quatre punts

Disposava Fourier de quatre termòmetres, d'escala Reaumur, que col·locà inicialment als quatre forats a , b , c , d , prèviament emplenats amb mercuri. Mantenien l'aire de la sala relativament tranquil i lleugerament escalfat, intentant que les pèrdues per convecció a l'exterior fossin regulars. Les mesures de temperatura en els forats corresponents al dibuix són $Z_0, Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5$ i Z_6 .

Durant la fase estacionària, entre els punts c i a , hi ha propagació de la calor, però en el punt a , oposat al punt d'escalfament, la singularitat és que degut a la simetria del procés no hi ha d'haver transferència de calor per conducció.

En condicions estacionàries, desapareix la derivada en el temps. Escrivint ara z per designar l'excés de temperatura o sigui la diferència entre la temperatura en un punt de l'anella i la temperatura exterior, i fent $g = \frac{hl}{KS}$, l'equació que descriu l'excés de temperatura $z(x)$, en funció de la posició x en l'anella, ($x = 0$ en el punt d'escalfament; $x = 1$ en l'extrem oposat de l'anella) esdevé

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - gz = 0$$

que té com una forma de la solució

$$z = ae^{\sqrt{g}x} + be^{-\sqrt{g}x}$$

Fent un canvi de variables $D = e^{\sqrt{g}}$ canvia a $z = aD^x + bD^{-x}$

Les condicions límit que cal aplicar en el cas de l'anella són:

- quan és $x = 0$ $z_0 = a + b$
- quan és $x = 1$ $\frac{\partial z}{\partial x} = a\sqrt{g}D^x - b\sqrt{g}D^{-x} = 0$

d'on $aD^2 = b = z_0 - a$ i se'n dedueix que

$$a = \frac{z_0}{1+D^2} \quad ; \quad b = \frac{z_0 D^2}{1+D^2}$$

Els valors d' a i de D es poden deduir de les temperatures a $x = 0$ i $x = 1$:

- a $x = 0$ $z_0 = aD^0 + aD^2 = a + aD^2$
- a $x = 1$ $z_4 = aD^1 + aD^1 = 2D$

Per substitució d' a i solució de l'equació de segon grau resultant, s'obté:

$$D = \frac{z_0}{z_4} + \sqrt{\left(\frac{z_0}{z_4}\right)^2 - 1} \quad \text{i} \quad a = \frac{z_4}{2D}$$

Si es prenen les temperatures originals suposadament extremes mesurades per Fourier, $z_0=81,667$ i $z_4=26,333$, resulta ser $a = 2,147$ i $D = 6,086$. Aplicant aquest valors a les posicions intermèdies, resulten les temperatures:

- a $x = 0$ $z_2 = aD^{2/4} + aD^{6/4} = 38,086$
- a $x = 1$ $z_3 = aD^{3/4} + aD^{5/4} = 29,127$

Les mesures de la temperatura fetes a diferents parts de l'anella, que Fourier presenta el 1807, no podrien donar suport a la teoria perquè presenten desviacions excessives comparativament amb el mateix valor calculat per l'equació, tal com es mostra en la taula 1 i en la figura 2.

Fourier no presentà cap comparació de valors. Tampoc sembla que els examinadors del treball fessin cap comprovació, més interessats en criticar la solució per sèries trigonomètriques de l'equació teòrica que en la verificació experimental de les dades.

Per justificar els valors obtinguts Fourier suposa erròniament que

$$\frac{z_2 + z_6}{z_4} = r \quad \text{i que també} \quad \frac{z_4 + z_0}{z_6} = r$$

de manera que eliminant z_6 entre els dos quocients, s'obté la relació

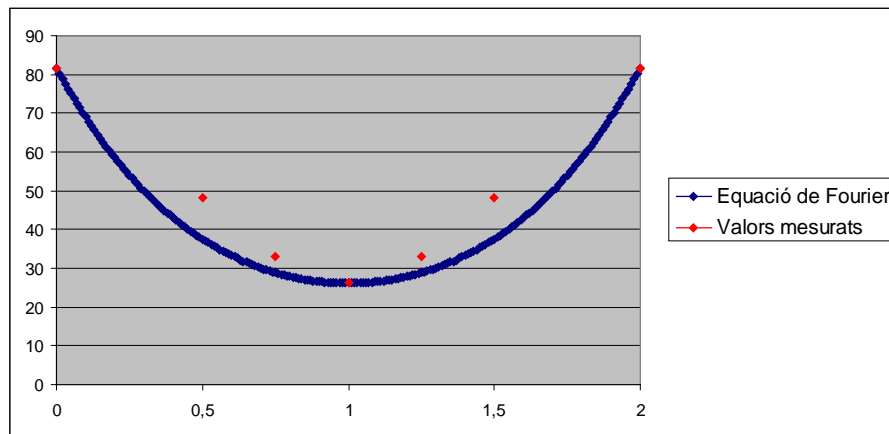


Fig. 2. Representació dels valors mesurats i els que resulten de l'equació teòrica.

$$r^2 z_4 - r z_2 = z_4 + z_0$$

En resoldre l'equació de segon grau s'obté el valor de $r = 3,140$.

Però els dos quocients anteriors no poden ser iguals a r segons les seves pròpies mesures. Si s'aplica el valor de $r = 3,140$, la temperatura seria de $z_6 = 34,3$ graus quan és $z_2 = 48,333$, i la simetria de l'anella implica que ha de ser $z_6 = z_2$.

Revisió dels càlculs amb escalfament situat a una distància $x = 0,11$

Probablement Fourier feia l'escalfament a suficient distància del seu punt c com per fer necessària una correcció. Per aconseguir una coincidència entre valors mesurats i teòrics, caldria doncs situar l'escalfament en un punt separat del punt de mesura de temperatura z_0 i més proper de la mesura de z_2 (figura 3).

Així, si es considera que l'escalfament es fa al punt f , situat a una distància d'arc $x = 0,11$, i després d'un tanteig s'adopta $z_0 = 101,5^\circ R$ d'excés de temperatura sobre l'exterior en el punt d'escalfament i $25,5^\circ R$ d'excés en el punt diametralment oposat, els valors calculats a partir de z_0 i de z_4 són $a=1,628$ i $D=7,832$.

Aleshores es poden refer els càlculs dels excessos de temperatura fets sobre els diferents punts en que es prenen mesures. Els nous valors estan recollits en la taula 1.

Per justificar els valors experimentals Fourier calcula el valor de q directament $q = \frac{z_2 + z_4}{z_3} = 2,2683$, i a partir de r , $q = \sqrt{r+2} = 2,2673$, com a prova convincent de la correcció del seu sistema. Però no seria possible tal precisió, quan Fourier estima que la precisió en les mesures termomètriques és d'1/3 de grau de no ser que l'equació $q = \sqrt{r+2}$ és de fet una identitat, vàlida per a qualsevol desplaçament del punt d'escalfament.

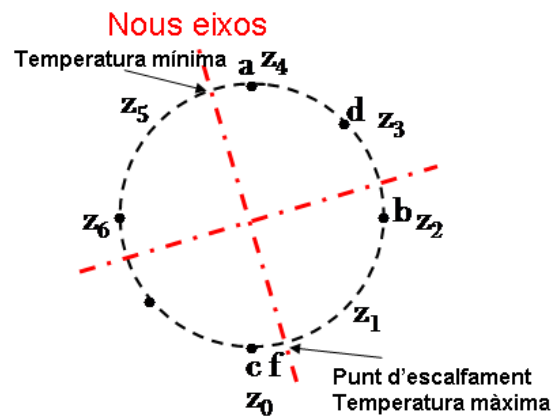


Fig. 3. Mostra de la correcció amb els desplaçament dels eixos per rotació.

Punt de l'anella de Fourier	Situació teòrica del termòmetre envers f	Excés real de temperatura mesurada envers l'aire	Excés de temperatura calculat sense correcció	Situació corregida del termòmetre envers f	Excés de temperatura calculat amb correcció
	x			x	
f	0			0	101,5
c	0	$z_0 = 81,667$	81,7	0,11	81,7
b	0,5	$z_2 = 48,333$	38,1	0,39	48,4
d	0,75	$z_3 = 32,917$	29,1	0,64	32,8
a	1	$z_4 = 26,333$	26,3	0,89	26,2
				1	25,5

Taula 1. Comparació dels valors mesurats amb els valors calculats sense i amb correcció de la posició dels termòmetres envers el punt d'escalfament.

Solament li calia a Fourier girar els eixos i iniciar els càlculs teòrics des del punt en que escalfava l'anell, amb les correccions corresponents. El cert és que Fourier no devia estar molt satisfet dels resultats numèrics, perquè no els va incloure en la seva obra final, la *Théorie analytique de la chaleur* on haguessin recolzat la seva aportació teòrica.

Conclusions

Cal reconèixer l'aportació definitiva de Fourier, però també observar que en aquesta història intervenen conflictes molts humans i manca de rigor. En particular:

- Fourier no troba gaire suport ni reconeixement i ha de perfeccionar la seva teoria sota la pressió de Laplace, Lagrange, i Poisson.

- Però també Fourier minimitza l'aportació de Biot i sovint s'oblida d'esmentar-la.
- Fourier no corregí la justificació teòrica de l'experiment, ni inclogué els resultats experimentals en la seva obra final, potser per evitar crítiques dels contemporanis, als que tan costava reconèixer la seva aportació a la ciència.

Quan i com convé explicar la Història de la Ciència?

Si utilitzem el cas de Fourier com exemple, cal doncs donar la raó a Brush d'acord amb aquesta història?

Tenint en compte el factor humà, les virtuts però també els descrèdits dels genis creadors, permet formular propostes de com i quan s'ha d'explicar la història de la ciència. Així:

En l'etapa de grau:

- mostrant la imatge evolutiva del desenvolupament de la ciència, en front de la imatge que la mostra com feta de veritats absolutes i finals.
- amb la perspectiva cronològica de la progressió científica, mostrant quines necessitats l'han impulsat i quins factors han fet possible l'avenç.
- remarcant que la ciència no és el resultat exclusiu d'uns genis aïllats sinó la confluència d'esforços que si necessiten la definició final.
- i la importància de ser metòdics per aconseguir resultats.

En l'etapa de postgrau:

- com una forma més completa de revisió històrica, mostrant la implicació del científic en el procés innovador, incloent el perfil humà.
- qüestionant quan calgui el paradigma actual, buscant noves formes de pensar, executar i resoldre, i entrant en debat sobre les noves idees contribuïdes.
- que cal aprendre sense complexos dels errors en que es pugui incórrer.
- ensenyant que la inspiració final solament és el resultat de moltes hores de treball.

Bibliografia

BRUSH, S. G. (1974), «Should the History of Science Be Rated X? The way scientists behave (according to historians) might not be a good model for students», *Science*, Vol. 183. No. 4130, 1164 - 1172.

DHOMBRES, J.; ROBERT, J.B. (1998), *Joseph Fourier, 1768-1830. Créateur de la physique-mathématique*, Paris, Belin.

GRATTAN-GUINNESS, I.; RAVETZ, J. R. (1972), *Joseph Fourier, 1768-1830*, Cambridge, MIT Press.

HERIVEL, J. (1975), *Joseph Fourier. The man and the physicist*, Oxford, The Clarendon Press.

ALGUNS EXEMPLES DE TREBALLS DE RECERCA DE BATXILLERAT AMB CIENTÍFIQUES

Núria SOLSONA i PAIRÓ
Universitat Autònoma de Barcelona

Paraules clau: treball de recerca, didàctica, història de les científiques, fonts documentals

Some exemples of students research work with women scientist

Summary: *This is a very short approach to introduce the history of science, specially considering the scientific work done by women in the students research.*

Key words: students research, educational view, history of science, documentary sources

Introducció

Actualment l'educació científica centrada en la transmissió d'informació ha donat pas a l'educació centrada en els coneixements per a l'acció, i això ens permet abordar la història de la ciència amb un enfocament historiogràfic i didàctic. A més, el reconeixement de la genealogia femenina forma part de les línies d'investigació de diferents corrents historiogràfiques, i per tant és convenient aprofundir en la genealogia científica femenina en el camp de la història de la ciència.

Objectius de la comunicació

- Promoure en el professorat una reflexió rigorosa al voltant de l'activitat científica en la història i la seva vinculació en l'elaboració de treballs de recerca de batxillerat.
- Afavorir en el professorat de ciències la identificació de moments històrics i aportacions d'interès en la història de la ciència amb la finalitat didàctica d'afavorir-ne la reflexió de l'alumnat de batxillerat.
- Recuperar la història de les científiques i incorporar les aportacions i els sabers de les dones que han contribuït a la història del coneixement i als diversos camps de la ciència, incloent-les en els treballs de recerca de batxillerat.

- Introduir i conceptualitzar conceptes i fenòmens científics, tenint en compte la perspectiva històrica.
- Contribuir a modificar la concepció androcèntrica de la història de la ciència.
- Familiaritzar l'alumnat amb instruments i mètodes propis dels laboratoris científics.

Marc teòric

La reflexió actual sobre la història de la ciència i la didàctica de les ciències naturals veu la ciència com una activitat humana de producció i difusió de sabers immersa en un context històric, social i cultural que li dona sentit a l'activitat científica, ja que té en compte les finalitats d'intervenció que es persegueixen i els valors que es defensen o es posen en joc, en les comunitats científiques. En les darreres dècades, els canvis introduïts en els nous enfocaments historiogràfics permeten reescriure la història de la ciència, tenint en compte les aportacions de les dones que han participat en l'activitat científica. Les recerques històrico- didàctiques conclouen que és necessari que la ciència escolar incorpori de manera intencionada el procés històric del coneixement científic i no només remarqui simplement algunes fites rellevants que, a causa de la tradició o a l'èmfasi clàssic de determinats continguts. Cada vegada és més important que el professorat de ciències no transmeti una imatge de ciència normativa i restrictiva, allunyada dels contextos culturals, socials o polítics, en els que científics i científiques han contribuït al desenvolupament de la ciència (Solsona, Quintanilla: 2007: 129).

La memòria històrica científica femenina ha de ser prèviament construïda, en un procés de reconeixement de la presència activa de les dones en la història de la ciència, d'una tasca creadora de vida i de civilització que l'experiència demostra com a fonamental pel desenvolupament humà. La memòria com a lloc d'arrelament per construir el futur ha de ser prèviament construïda si l'entendem com a coneixement del passat. L'autoritat femenina individual, la transmissió de la memòria històrica femenina i els models històrics científics femenins van omplint un buit que tenia la història de la ciència. Les científiques no han perdut la facultat de la paraula per comunicar la seva genealogia i tradició, atès que la genealogia femenina en la història de la ciència estructura la tradició, com en els altres camps de la història. En general, en les ciències experimentals, les dones científiques es consideren excepcionals, excepte en alguns grups com les alquimistes, les astrònomes i les comptadores d'estels, entre d'altres. Avui disposem d'un corpus crític, multidisciplinari, molt ric i considerablement ampli per a incorporar la pràctica científica femenina als treballs de recerca de batxillerat que es recull en la tradició científica femenina.

Seguint un model d'història de la ciència social i cultural (Nieto-Galán, 2007:81) la inclusió de científiques i divulgadores en els treballs de recerca de batxillerat busca la proximitat de les pràctiques històriques amb el treball experimental de laboratori, seguint un enfocament historiogràfic i didàctic al mateix temps (Izquierdo et al, 2006:78). Un via d'aproximació històrica és el diàleg amb els textos d'autoria femenina, una modalitat que si és amb figures femenines diverses afavoreix els mecanismes d'identificació de l'obra. El diàleg com a modalitat d'apropament històrica, i la relació dialògica com a relació d'intercanvi entre subjectes són conceptes importants per construir la història de les dones científiques. A més, l'ús de textos històrics o petites històries pretén construir una imatge més robusta de la ciència com a activitat profundament humana i estan dirigits a fomentar, en el professorat i l'alumnat de batxillerat la familiarització amb alguns experiments, instruments i fenòmens de la història de la ciència. També poden ser útils per a fomentar la discussió entorn a l'ensenyament de la naturalesa de la ciència i per a construir genealogies de pràctica científica femenina.

Un model per als treballs de recerca

La quantitat d'informació disponible en els cercadors electrònics fa que sigui molt més fàcil avui la possibilitat de disposar de materials bàsics per a la realització de treballs de recerca de batxillerat. En concret, és possible obtenir informació sobre les tradicions anteriors a l'establiment de la ciència moderna, com per exemple les alquimistes, les remeieres i farmacòlogues, o les escriptores de llibres de secrets. També són útils les pàgines personals o dels articles de científiques actuals que estan fent la seva contribució a la ciència actual. Sortosament, ja no cal recórrer a fer cerques a partir del terme genèric "dones científiques" i avui ho podem fer a partir dels noms propis de cadascuna d'elles.

La informació disponible en línia sobre algunes científiques en català, en castellà i en anglès per als treballs de recerca és molta i diversa. Cal destacar *Poems and Fancies* (1653) de Margaret Cavendish (1623-1674), *I segreti della Signora Isabella Cortese* (1555), *Les remèdes charitables de Madame Fouquet* de 1676 (Solsona, 2009:183), *Metamorphosis insectorum Surinamensium* de 1705 de Maria Sibylla Merian (1647-1717), *La Chymie charitable et facile en faveur des Dames* (1666) de Marie Meurdrac, les *Institutions de Physique*, (1740) d'Emilie du Châtelet, *An Essay on Combustion* (1794) d'Elizabeth Fulhame, les *Conversations on Chemistry* (1805) de Jane Marcet, la matemàtica Ada Byron Lovelace (1815-1852), precursora dels programes informàtics, Grace Chisholm Young (1868-1944) especialista en geometria, i Emma Castelnuovo que va escriure "Primer llibre de geometria". Entre les astrònomes, cal remarcar Sophia Brahe (1555-1643), Maria Cunitz (1610-1664), Elisabetha Hevelius (1647-1693), Maria Winkelman (1670-1720), Nicole Lepaute (1723-1788), Caroline Herschel (1750-1848), Williamina Paton Stevens Fleming (1857-1911), Henrietta S. Lewit (1869-1921) i la radioastrònoma Jocelyn Bell Burnell (1943-). Per últim, assenyalar que Margaret Geller (1947-) ha estat la primera astrofísica honoris causa per una Universitat espanyola, la Rovira i Virgili. Entre les pioneres espanyoles, cal esmentar Maria Antonia Zorraquino (Magallón, 1998:106-110), la química Mary Louise Foster (Magallón, 1998:198-202), la física Dorotea Barnés (Magallón, 1998: 274-284) i la bioquímica M^a Teresa Miras Portugal.

Entre les científiques d'àmbit català remarcuem l'anàlisi de l'obra de la biòloga Margarita Comas Camps, precursora dels estudis de didàctica de les ciències (Bernal Martínez, Comas Rubí: 2001), l'estudi del llibre *Les ciències en la vida de la llar* de la divulgadora Rosa Sensat i Vilà (1923), la biòloga Angeleta Ferrer Sensat, l'obra de la geòloga Josefina Castellví i Piulachs, i de l'enginyera Carme Deulofeu Palomas, entre d'altres.

Un possible esquema a seguir en l'organització dels treballs de recerca de batxillerat inclouria les següents apartats:

- 1. Context històric
- 2. Metodologia del treball de recerca
- 3. Anàlisi de la producció escrita
- 4. Realització de l'experiment
- 5. Conclusions
- 6. Recepció de l'obra actualment (publicacions actuals, entrevistes, contes, ...)
- 7. Bibliografia

La proposta per als treballs de recerca de batxillerat remarca l'anàlisi de les aportacions de les científiques a través de les seves biografies contextualitzades històricament, l'anàlisi històrica dels seus textos, les seves imatges i de la reproducció d'experiments realitzats per elles o propis de la seva època. En ocasions, es troben fins i tot alguns dels seus manuscrits originals, com les *Instituzioni analitiche ad uso de la gioventù italiana*, del 1748 de Maria Gaetana Agnesi. Sortosament, a vegades

en els cercadors electrònics es troben comentaris fets per estudiants que ajuden a fer més proper el treball científic a estudiants de batxillerat. Com per exemple, en l'any de l'astronomia és el cas de "Margaret Geller i la capacitat de meravellar-nos":

<http://blocs.tinet.cat/blog/bego/category/51/escric/2009/06/18/margaret-geller-y-la-capacidad-de-maravillarnos>

Alguns exemples d'autores i textos seleccionats per als treballs de recerca

1. Degli Secreti della Signora Isabella Cortese (1584: 19-21)

"Et dic a tu Germà caríssim, que si vols seguir l'art de l'Alquímia, & operar en ella, no necessites seguir les obres de Geber, ni de Raimundo, ni d'Arnaldo o d'altres Filòsofs perquè no han dit cap veritat en els seus llibres, només amb figures, & enigmes, amb suspensió de lletres. Diu Geber Pren Pedra nostra en els cabells. Jo ho he llegit & rellegit i només trobo contes, i xafarderies; i Raimundo diu en la seva curiosa epístola: Pren Negre més negre que negre i l'altre diu Puja la muntanya més alta d'aquest mon & pren aquella pedra amagada. Un altre diu Moneda Negre de Plom nostre, magnèsia nostre i moltes altres bogeries, que seria llarg d'explicar, les quals fan perdre el temps & els diners. He estudiat en els seus llibres més de trenta anys, i mai no he trobat alguna cosa bona, & he gastat temps i quasi perdut la meua vida i els diners. Però per la Misericòrdia de Déu he trobat un particular bo i veritable, i algun esdeveniment per mi, que m'ha recuperat no solament els bens, sinó també l'honor i la vida. Es perquè, caríssim germà, he perdut molt de temps i he consumit els bens, que he tingut compassió de tu, i et prego de no perdre més el temps entorn d'aquests llibres de Filosofia, però que segueixis aquest que t'escric; i no treguis ni disminueixis cap cosa, farà allò que et dic i que escric, i segueix el meus comandaments que estan escrits a sota, i Déu et donarà la seva gràcia."

2. Marie Meurdrac , La chymie charitable et facile en faveur des dames (1666: 8)

"No vull perdre la memòria dels coneixements adquirits amb una llarga feina, i amb diferents investigacions repetides moltes vegades"... "m'objectava a mi mateixa que no és professió pròpia d'una dona la d'ensenyar; que s'ha de mantenir en silenci, escoltar i aprendre, sense testimoniar el que sap; que està per sobre d'ella donar una Obra al públic, i que aquesta reputació no és normalment avantatjosa, ja que els homes menyspreen i blasmen sempre les produccions que surten de l'esperit d'una dona".

"D'altra banda m'afalaga no ser la primera dona que ha publicat alguna cosa ... A més, aquesta obra és útil, conté una quantitat de remeis infal·libles per curar les malalties, per la conservació de la salut, i diferents secrets rars de molt valor per les Dames; no solament per conservar-la, sinó també per augmentar els avantatges que elles han rebut de la Natura; és curiós que ensenya fidelment i familiarment a practicar-los amb facilitat; i que seria pecar contra la Caritat amagar les coneixences que Deu m'ha donat, que poden ser profitoses per tothom. Aquest és l'únic motiu que m'ha fet decidir a deixar que aquest llibre surti de les meves mans: jo espero del meu públic que "me'n saura gré"; i que no es limitarà tant a lloar l'elegància del meu estil, que no seria adequat al tema que jo tracto, com a aprofitar les meves receptes, per obtenir bons resultats, de ser exacte en les operacions que decidirà a realitzar.

Pel que fa a les dames que es conformaran de saber simplement, sense fer les operacions que elles jutjaran necessàries, a causa del temps que cal dedicar-hi i els diferents tipus de vasos i altres utensilis que es necessiten, o que temin no saber-ho fer, jo m'explicaré de viva veu quan se'm faci l'honor de comunicar-m'ho, i prendré cura de fer jo mateixa el que es pugui desitjar d'allò que jo ensenyo".

3. Marie Meurdrac. La chymie charitable et facile en faveur des dames (1666: 60-61)

"Aigua de la Reina D'Hongria

A la ciutat de Budes del Regne d'Hongria, el dotze d'octubre de 1652, es va trobar escrita la present recepta en les Hores de la Sereníssima Isabel, Reina de l'esmentat Regne.

Jo Dona Isabel Reina d'Hongria, de seixanta-dos anys d'edat, molt malaltissa i afectada de gota, havent usat un any sencer la següent recepta, que em va donar un eremita que no havia vist mai abans, o no he sabut veure després, que em va fer tant d'efecte a mi mateixa, que al mateix temps em curava i recuperava les forces; de manera que vaig semblat tan bella a tothom, el Rei de Polònia volia casar-se amb mi: jo vaig refusar per l'amor del meu Senyor Jesucrist, i de l'Àngel pel que jo crec que aquesta recepta em va ser donada. Prendre aigua de vida destil·lada quatre vegades, dues lliures; puntes i flors de Romaní vint-i-dues onces, que cal posar en un vas ben tapat durant cinquanta hores; i després posar-ho tot en un alambí per a destil·lar al Bany Maria (que ella reconeix en la primera part del llibre que fou inventat per Maria la Profetessa). He obtingut aquest estrany secret d'un Llibre original escrit per la ma de sa Majestat l'Emperadriu Dona Maria, filla de l'Emperador Carles Cinquè; que després de la seva mort em fou representat per una de les seves Damiselles que el tenia en el seu poder; l'he copiat amb la meva ma, i l'he escollit entre altres secrets que hi havia".

A mode de conclusió

La realització de treballs de recerca de batxillerat que inclouen les aportacions de científiques comporta un plus suplementari d'entusiasme en algunes noies i nois sensibles a destriar les dificultats històriques en el procés de construcció del coneixement científic. Però alguns resultats mostren algunes dificultats recurrents, sense que es pugui afirmar que són de caràcter general. Per exemple, la dificultat de copsar el significat i la importància del context històric, sense caure en anacronismes. I d'entendre el significat de l'activitat científica en aquell període històric. Aquesta és la tasca més rellevant que cal fer en l'orientació d'un treball de recerca d'història de la ciència i, en el cas que es vulgui realitzar algun experiment sovint es troben dificultats estrictament tècniques.

Bibliografia

BERNAL MARTÍNEZ, J. M.; COMAS RUBÍ, F. (2001), *Escritos sobre ciencia, género y educación*. Margarita Comas, Madrid, Biblioteca Nueva.

CORTESE, I. (1584) *I secreti della signora Isabella Cortese: ne quali si contengono cose minerali, medicinali, artificiose & alchimiche. et molte dell'arte profumatoria, appartenenti a ogni gran Signora. Con altri Bellissimi Secretti aggiunti* (1995), Milano, La vita felice.

IZQUIERDO, M. et al. (2006), *Relaciones entre la historia y la filosofía de las ciencias II*, Alambique, 48, 78-91.

MAGALLÓN PORTOLÉS, C. (1998), *Pioneras españolas en las ciencias*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

MEURDRAC, M.(1666), *La Chymie charitable et facile en faveur des Dames* (1999), Paris, CNRS.

MONTEJO CALVO, M, Mujeres matemáticas:
http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/barcelo/historia/Mujeres%20matematicas.pdf
(20/10/2009)

NIETO-GALÁN, A. (2007), «Las 'historias de la ciencia' y sus adaptaciones a la enseñanza: un debate abierto», A: QUINTANILLA, M. (ed), *Historia de la ciencia y formación docente: aportes para su divulgación y enseñanza*, Santiago de Chile, PUC, 81-94.

SENSAT, R. (1923), *Les ciències en la vida de la llar*, Barcelona, Editorial Pedagògica.

SOLSONA, N.; QUINTANILLA, M. (2007), «Reflexions i propostes per al debat educatiu – didàctic entorn a la història de la ciència», A: *Actes de la II Jornada sobre història de la ciència i l'ensenyament*, Barcelona, SCHCT-IEC, 129-136.

SOLSONA, N. (2009), «El uso didáctico de textos históricos en clase de química», A: QUINTANILLA, M. (ed) *Unidades Didácticas en Química y Biología*, Edit. Conocimiento, Santiago de Chile, 181-206.

<http://blocs.tinet.cat/blog/beqo/category/51/escric/2009/06/18/margaret-geller-y-la-capacidad-de-maravillarnos>
(20/10/2009)

**LA HISTÒRIA
DE LA CIÈNCIA
EN LA FORMACIÓ
DEL PROFESSORAT**

LES CORRESPONDANCES ENTRE SAVANTS: QUELLES PERSPECTIVES DANS L'ENSEIGNEMENT ET POUR LA FORMATION DES MAÎTRES?

Olivier BRUNEAU

Centre François Viète. Université de Nantes
PaHST. Université de Bretagne Occidentale

Mots clés: *correspondance, enseignement, formation des maîtres*

Correspondences between scientists: what kind of prospects in teaching and in teacher education?

Summary: *This paper is a plea for using correspondences between scientists in the classroom and during the education of teachers.*

Key words: *correspondence, teaching, teacher education*

Introduction

Depuis le 19^{ème} siècle, il existe un certain nombre d'éditions de correspondances. Par exemple, sans vouloir prétendre à l'exhaustivité, nous pouvons lire des lettres de Tycho Brahé, Kepler, Galilée, Descartes, Fermat, Pascal, Torricelli, Huygens, Leibniz, Newton, Mersenne, Oldenburg, Lagrange, Laplace, Euler, Lavoisier,... Mais certaines, en particulier certaines du 19^{ème} siècle sont critiquables pour diverses raisons par exemple sur la liberté prise sur l'écriture ou sur les formules mathématiques. Néanmoins, lorsqu'elles sont libres de droit, il est très facile de les consulter sur internet. Encore aujourd'hui, des projets d'éditions critiques de correspondances de savants sont en œuvre, par exemple celle de Buffon, des Bernoulli, ou encore D'Alembert dont l'inventaire de sa correspondance vient de paraître (Passeron, 2009). Ces derniers permettent de (re)découvrir des lettres souvent peu accessibles entourées d'un appareillage critique très utile à la fois dans une perspective historique et dans une approche éducative.

interaction entre un traitement mathématique de la question d'une part, de considérations physiques de la Terre et de son mouvement d'autre part. Ainsi, aborder ce type de question en mettant en œuvre plusieurs enseignants permet de montrer une certaine cohérence dans les programmes scolaires, mais aussi de donner sens à certaines matières.

La correspondance: débat sur des concepts

Aborder l'histoire des sciences dans une pratique d'enseignant ou dans la formation des maîtres peut prendre plusieurs options. Ainsi, si la démarche a pour but de rendre compte de débats sur des concepts, la correspondance entre savants peut être utile dans une approche constructiviste. En effet, les lettres échangées entre des savants participent pleinement à l'élaboration des concepts. À travers les échanges épistolaires, il est relativement facile de voir et de comprendre la construction du savoir, la mise en place de concepts et de théories scientifiques dans un contexte historique, scientifique, technique, philosophique culturel et social d'une époque.

De plus, l'étude de correspondances peut être nécessaire dans une approche épistémologique. En effet, elles sont des vecteurs de problèmes, de conjectures, d'expériences, de doutes, de controverses liées à l'activité scientifique. En prenant appui sur elles, il est possible de montrer l'importance de l'écriture, de la rigueur, de l'analogie, de la preuve, de la déduction, de la modélisation, etc. dans toute activité scientifique.

Un débat sur les concepts : Maclaurin et Stirling

Dans la correspondance que nous disposons de Maclaurin (Mills, 1982), le problème de la figure de la Terre, en tant que problème physico-mathématique, n'intervient qu'à partir de 1738. Après la parution d'un article de Stirling, Maclaurin commence à réfléchir à ce sujet et à commercer avec ce dernier. Même s'il n'est cité qu'une seule fois dans le *Treatise of Fluxions* (Maclaurin, 1742: vol. 2, 126), James Stirling a été important à l'auteur pour échafauder les parties originales du chapitre 14. Dans cet article, Maclaurin cite nommément l'article de Stirling: «The approximation proposed lately for this purpose, *Phil. Trans.* N. 438 and 445, are more accurate; and Mr. Stirling, after determining the gravity at the equator by a converging series, since found that the sum of the series could be assigned from the quadrature of the circle.» (Maclaurin, 1742: vol. 2, 216). Dans la lettre à Stirling du 20 mai 1738, Maclaurin précise que «Yow [sic] may be assured that I will communicate nothing of what you send me without your express allowance. I say something on this subject in my book [ie. *Treatise of Fluxions*] and would willingly add to it if you pleased, because since my book is grown to such a bulk I would willingly have as much new in it on the useful problems as I can» (Mills, 1982: 302).

De plus, en s'adressant à Robert Smith le 28 novembre 1738, Maclaurin reconnaît que «Stirling had considered the subject & made some discoveries about it, of which I had no knowledge. (...) He found this [la forme sphéroïdique de la terre] by some computations from infinite series. He found this however before I had made out my proposition» (Mills, 1982: 306-307). L'échange épistolaire entre les deux hommes les pousse à justifier leurs résultats et à affiner leurs arguments. Voici un exemple de cette discussion: déjà, dans la lettre du 12 mai 1738, Maclaurin donne le résultat de ce qui sera l'article 634. La réponse de Stirling est immédiate. Le lendemain, il déclare qu'il est d'accord avec ce que dit Maclaurin, mais il émet une réserve sur une constante qui, pour lui, ne peut être trouvée précisément autrement que par une série. Il est aussi intéressant de souligner qu'à travers cette correspondance, deux méthodologies s'affrontent. L'une, celle de Maclaurin, dans laquelle la géométrie classique et le refus de toute approximation priment ce qui donne au corpus une rigueur que Maclaurin considère obligatoire; l'autre, celle de Stirling, dans laquelle le fait d'utiliser des séries (en particulier les premiers termes) permet d'avoir les résultats désirés avec une approximation nécessaire sans remettre en cause le bien fondé de cette méthode. Dans la référence aux travaux de Stirling dans l'article 647, Maclaurin

insiste que le résultat trouvé par Stirling provient d'une utilisation des séries et n'est donc qu'une approximation. C'est bien ici l'échange épistolaire qui est le moteur de la recherche.

La correspondance: figure du savant

En outre, étant donné que les lettres sont écrites par un auteur particulier et qu'il s'adresse à un lectorat souvent unique et privilégié (nous écartons les lettres ostensibles), à travers elles, quelques traits de la figure du savant se dégagent et la science «s'humanise».

Les lettres rendent souvent la science vivante. Le fait d'utiliser le «je», que l'auteur s'investisse pleinement dans ce qu'il écrit, donne à la lettre un ton qui permet de se rendre compte que la science évolue et que derrière les concepts, les essais et les échecs, il y a des femmes et des hommes qui sont réellement les acteurs du monde savant. Cette incarnation de la science est essentielle dans une formation scientifique pour montrer aux élèves et aux étudiants, que ce sont les scientifiques qui sont les réels acteurs de la science.

Convaincre, démontrer sont des points importants voire essentiels dans une démarche scientifique. Les lettres recensent une grande diversité de méthode et d'essai de cette volonté de convaincre l'autre de la véracité de son travail. Ainsi, dans une formation scientifique, aborder l'étude de lettres par ce prisme peut être judicieux.

Les articles ou les livres de sciences, et certains manuels présentent une certaine vision de la science dans laquelle toute référence au doute est exclue. Cela la dessert souvent car elle donne une approche inhumaine, désincarnée et par suite elle peut faire peur. Dans bon nombre de correspondances, les remises en question, les doutes sur ses propres idées ou sur celles des autres sont très présents. Se rendre compte que les savants et même les plus grands ont eu des moments de doutes et d'incompréhension peut permettre à l'élève de se «décomplexer» face à une matière qu'il juge difficile et par pour eux. Donnons un exemple de doutes et de confiances entre deux grands savants, D'Alembert et Lagrange.

D'Alembert et Lagrange: une histoire mathématique et d'amitiés

Les œuvres et une partie de la correspondance de Lagrange ont été édités au 19^{ème} siècle. Parmi ces lettres se trouvent celles échangées avec D'Alembert. Dans les années 1770, les deux hommes s'apprécient et sont en bons termes. D'Alembert joue un peu le rôle de maître protecteur et attentif.

Dans le tome VI de ses *Opuscles mathématiques* (D'Alembert, 1773: 242-3), l'encyclopédiste émet des doutes sur la véracité d'une assertion que Maclaurin avait établie sur des sphéroïdes particuliers dans son *Treatise of Fluxions* sans fournir une démonstration explicite. Le Français essaie de le démontrer sans succès. Lagrange en lisant ceci se met à l'ouvrage et propose une démonstration qui paraît dans les mémoires de l'académie de Berlin (Lagrange, 1775) en écrivant que ce sont les interrogations de D'Alembert qui l'ont incité à travailler. D'Alembert lit cet article et réagit rapidement et écrit à Lagrange le 10 juillet 1775: «J'y ai lu avec grand plaisir et profit vos deux Mémoires sur le mouvement d'un corps de figure quelconque et sur l'attraction d'un sphéroïde elliptique. (...) Adieu, mon cher et illustre ami (...) et je vous embrasse de tout mon cœur.» (Lagrange, 1882: 303). Et quelques semaines plus tard, dans une lettre datée de septembre 1773, il fournit à Lagrange sa propre démonstration.

Dans celle-ci, alors que l'on considère D'Alembert comme peu modeste et peu enclin à délivrer des félicitations, il déclare à Lagrange : «Je travaillerai un peu dans les moments qui me paraîtront plus lucides, et je ferai en sorte de gagner ainsi pays, en allant au petit pas, tandis que vous allez à pas de géant...» (Lagrange, 1882: 306-7). Ce qui ne l'empêche pas de fournir une démonstration dans les

mémoires de l'académie de Berlin et d'en ajouter deux autres différentes du même problème dans son septième volume des Opuscles Mathématiques (D'Alembert, 1780).

Dans cet exemple, la correspondance entre ces deux savants participe pleinement à l'activité de recherche et qu'elle en est un des moteurs principaux. Ainsi, la création mathématique de l'un se nourrit de la créativité de l'autre. De plus, il est flagrant de remarquer la volonté des deux pour fournir chacun sa propre démonstration. Pour des élèves, se rendre compte qu'à l'instar de l'attitude de D'Alembert que les doutes et les hésitations sont des bases essentielles de la méthodologie de recherche et comme il le suggère dans l'article FIGURE DE LA TERRE de l'Encyclopédie : «Quel parti prendre jusqu'à ce que le tems nous procure de nouvelles lumières: savoir attendre & douter».

Conclusion

Nous avons choisi, ici, de ne donner que des pistes de réflexions et de recherche qui nous semblent pertinentes. Néanmoins, utiliser une correspondance est forcément limité du fait de son caractère lacunaire (il manque souvent des lettres) et de la nécessité de s'appropriier d'autres ouvrages par exemple pour bien comprendre le contexte. Il faut aussi prendre garde à ne pas retenir que les polémiques. En effet, on considère souvent que les lettres n'existent que par cet aspect de la vie intellectuelle.

Nous sommes convaincus de l'intérêt pour l'enseignement et la formation des maîtres car elles peuvent donner une figure plus humaine aux sciences et aux savants. Elles permettent dans une certaine mesure, en prenant appui sur les doutes et les erreurs des savants eux-mêmes de déculpabiliser les élèves en difficultés. Elles servent à mieux cerner et mieux comprendre l'évolution des concepts et les pratiques scientifiques.

Enfin, nous sommes conscients qu'il existe de nombreux autres arguments en faveur de l'utilisation des correspondances entre savants dans l'enseignement et dans la formation des maîtres.

Bibliographie

D'ALEMBERT, J. (1773), *Opuscles mathématiques*, T. VI, Paris, Briasson.

D'ALEMBERT, J. (1780), *Opuscles mathématiques*, T. VII, Paris, Jombert.

LAGRANGE, J-L. (1775), «Sur l'attraction des sphéroïdes elliptiques», *HAB*, 1773(1775), 121-148.

LAGRANGE, J-L. (1882), *Oeuvres de Lagrange*, T. XIII, Paris, Gauthier-Villars.

MACLAURIN, C. (1742), *Treatise of Fluxions*, Edinburgh, Ruddimans.

MILLS, S. (1982), *The collected Letters of Colin Maclaurin*, Nantwich, Shiva.

PASSERON, I. (2006), «Qu'est-ce qu'une lettre? Lettres ostensibles, ouvertes ou privées dans la correspondance de D'Alembert», *Littérales*, 37, 59-86.

PASSERON, I. (ed.) (2009), *Inventaire analytique de la correspondance de D'Alembert (1741-1783)*, O.C V/1, Paris: CNRS Éditions.

CONDICIONANTS DE LA FORMACIÓ EN HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA EN EL PROFESSORAT DE CIÈNCIES

Pere GRAPÍ
CEHIC (UAB); IES Joan Oliver

Paraules clau: *formació del professorat, història de la ciència, ensenyament de les ciències*

Some constraints in the training in history of science for science teachers.

Summary: The lack of training of science teachers in the history of science is one of the reasons pointed out usually to neglect the presence of the history of science in science teaching. To convince science teachers of the usefulness of history of science is absolutely essential to fill their training gap in this subject. However some particularities of the scientific university training of science teachers may become a source of obstacles for their training in the history of science. This situation deserves to be taken into account and it is the major concern of this article.

Key words: *teacher training, history of science, science teaching*

La formació en història de la ciència del professorat de ciències. Un dèficit i una excusa

L'any 2005 la British Society for the History of Science, a través del seu comitè de la secció d'educació, va convocar un premi de £ 500 per dissenyar tres classes d'una hora – per alumnes de secundària - sobre la història de la radioactivitat. El concurs va tenir una àmplia difusió a través de publicacions regionals i nacionals, i el resultat va ser francament decebedor perquè ningú es va presentar a aquest concurs¹ (Fowler, 2008: 771). El cas és particularment significatiu si tenim en compte que això va succeir a la Gran Bretanya, on a l'època Victoriana es va estendre la idea que una

¹ En aquest mateix sentit cal recordar que el nou Currículum Nacional per a les Ciències en el Regne Unit introduït el 1989 incloïa un objectiu (AT17) dedicat a la naturalesa de la ciència que va causar certa alarma entre els docents els quals, per altra banda, es van sentir bastant alleujats quan aquell mateix objectiu va desaparèixer en la revisió del Currículum Nacional el 1992. (Ellis, 2005: 11-12).

persona culta havia de tenir certs coneixements tant de la cultura literària com de la científica del passat. Van ser, precisament, els professors de secundària formats en aquesta tradició els que millor van entendre el valor cultural de la història de la ciència, sobretot quan la Primera Guerra Mundial va posar de relleu la necessitat de proporcionar als alumnes una instrucció científica útil per a un país en conflicte bèl·lic (Brock, 1989: 31-32).²

Es poden fer llistes de les raons que s'esgrimeixen a favor i en contra de la incorporació de la història de la ciència a les classes de ciències. Els lectors a qui va adreçat aquest article estan més acostumats, però, a sentir parlar de les virtuts i beneficis de l'esmentada incorporació i no tant dels arguments en contra. Però si l'objectiu es fer visible la història de la ciència en l'ensenyament no podem obviar els obstacles que hi ha en el camí, menystenir-los ens abocaria a condemnar a una mena de penombra la presència de la història de la ciència a les classes de ciències. Entre les raons que es citen per negligir aquesta presència s'hi troben, entre altres, que la història de la ciència no fa falta per entendre les ciències, que sol no estar prescrita en el currículum i, si ho està, és de forma prou ambigua com per negligir-la, que no és avaluable,³ la manca de temps per complir el currículum, la poca motivació que desperta en els alumnes, que desvia l'atenció en l'aprenentatge de les ciències, que afavoreix l'adquisició i la permanència d'idees passades diferents de les actuals, que proporciona una visió incompleta o distorsionada de la pròpia història de la ciència i la insuficiència de recursos materials i intel·lectuals, és a dir; la manca de formació del professorat.⁴

A l'última de les raons que s'han citat anteriorment – la formació del professorat - està dedicada la resta d'aquest article. Desenganyem-nos, el professorat només pot ensenyar allò que coneix i si tenim en compte que, generalment, el professorat de ciències no està format com historiador ni, tampoc, particularment interessat en la història de la ciència, és difícil fer recaure sobre aquest col·lectiu la culpa de la poca presència de la història de la ciència com a part integrant de les classes de ciències (Rudge, 2007: 238). Si es percep com a "natural" que el professorat d'una llengua o literatura, de filosofia, de música o d'art conegui la història de la seva disciplina,⁵ aleshores amb la mateixa naturalitat s'ha d'acceptar que el professorat de ciències conegui la història d'allò que ensenya. Aquesta seria un raó del tot suficient per atendre la formació del professorat de ciències en la història de la ciència, fins i tot si es volgués eludir la seva necessària presència en el currículum de ciències. Per convèncer el professorat de ciències de la utilitat de la història de la ciència és del tot imprescindible facilitar la seva instrucció en aquesta temàtica.

Al nostre país, durant les dues dècades dels anys 1980 i 1990 una part del professorat de ciències es van sentir atret per la història de la ciència quan les universitats van començar a oferir cursos de postgrau en història de la ciència. En aquell moment era relativament fàcil pel professorat en actiu matricular-se en aquests cursos i poder dedicar el temps necessari a l'obtenció d'un màster o del

2 Per a una discussió de les raons per les quals el professorat de secundària dels EUA no adopten les recomanacions per introduir la història de la ciència realitzades pels National Science Education Standards, la American Association for the Advancement of Science i els Benchmarks for Science Literacy vegeu (Klosterman, 2009).

3 A Catalunya, el currículum de ciències a l'ESO ha col·locat la naturalesa de la ciència en el centre d'un dels seus objectius generals. En concret, existeix un dècim objectiu general d'aquest currículum que afirma que l'aprenentatge de les ciències ha de desenvolupar en l'alumnat la capacitat de reconèixer la naturalesa de la ciència i situar els coneixements científics més rellevants en un context històric, tant per a comprendre la gènesi dels conceptes fonamentals i teories de la ciència com les interaccions entre ciència, tecnologia i societat. No obstant això, no existeix cap referència a la naturalesa de la ciència en els criteris d'avaluació del mateix currículum!

4 Per un tractament clàssic de l'oposició a la introducció de la història de la ciència a l'ensenyament vegeu (Matthews, 1994: 71-81).

5 El mateix es pot dir d'altres estudis universitaris que no estan presents de forma disciplinada a l'ensenyament secundari (com la medicina o la farmàcia).

doctorat en història de la ciència. Tanmateix, els importants i sobtats canvis en les condicions professionals del professorat de secundària a partir de l'aplicació de la LOGSE, juntament amb l'augment dels costos de les matrícules d'aquests cursos de postgrau va fer minvar el nombre de professors de ciències interessats en seguir-los.

Actualment, la història de la ciència no disposa d'una presència segura en els plans d'estudis universitaris de ciències. Estudiar la història d'una ciència en particular - com la física, la química, la biologia o les matemàtiques - és una qüestió que es deixa a la discreció dels estudiants a l'hora escollir-la entre d'altres assignatures optatives.⁶ Només els estudiants universitaris dels últims cursos que decidien realitzar el desaparegut curs d'aptitud pedagògica (CAP) per dedicar-se a l'ensenyament públic a la secundària, podien disposar d'algunes sessions sobre la història d'una ciència particular.⁷

La incidència de la formació científica del professorat de ciències en el procés de formació en història de la ciència

La formació del professorat de ciències en història de la ciència mostra un cert paral·lelisme amb l'ensenyament de la mateixa disciplina en els estudiants de ciències universitaris (Cantor, 2007); (Gooday, 2007) amb la diferència important que els primers han adquirit certa experiència en l'ensenyament que els hi ha proporcionat una comprensió més completa de la ciència que ensenyen. En base a aquest paral·lelisme es contemplan a continuació alguns aspectes – que tenen el seu origen en la formació universitària del professorat de ciències – i que poden condicionar la seva formació en la història de les ciències.

D'entrada, no s'espera del professorat de ciències que hagi seguit - com a estudiants universitaris - algun curs d'història durant la seva carrera. Més aviat, es tracta d'un professorat format en alguna ciència entesa com a una "ciència normal" amb el significat que Kuhn va atorgar al terme. La qual cosa implica que, generalment, aquest professorat desconeix el context històric (social, cultural, econòmic i religiós) d'episodis de la seva pròpia disciplina. Per altra banda, el professorat de ciències durant la seva carrera ha adquirit estratègies per progressar en els seus estudis que poden convertir-se en un inconvenient quan segueixen un curs d'història de la ciència. En aquest sentit el professorat de ciències pot experimentar i haurà de superar obstacles que s'han de tenir en compte al desenvolupar un curs de formació en història de la ciència.⁸ En particular, hauran de fer front a aspectes com els següents.

⁶ En aquest aspecte, no obstant això, la història de la química és més afortunada ja que la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) ofereix dos cursos semestrals en la història de la química en el seu programa de formació del professorat. Per al món anglosaxó la prestigiosa Open University (OU) té una varietat de cursos d'Història de la Ciència, Tecnologia i Medicina. Per a aquells professors que busquen una introducció per entendre el que internet pot oferir i com obtenir la informació que necessiten sobre la història de la ciència hi ha el tutorial interactiu de lliure accés "Internet per la Història i Filosofia de la Ciència" a càrrec d'un equip de professors de la Universitat de Leeds. El món francòfon també té el seu representant en el curs a distància "Histoire des Sciences" de la Université du Québec à Montréal (UQÀM).

⁷ A partir del curs acadèmic 2009-2010 el CAP es va substituir per un Màster de Formació de Professorat d'Educació Secundària Obligatòria i Batxillerat, Formació Professional i Ensenyaments d'Idiomes, Artístics i Esportius. (Aquest és el títol del màster ofert per la UAB. El títol del màster ofert per altres universitats pot tenir petites diferències). En el programa d'aquest curs de postgrau es contempla de forma obligatòria la història de la ciència.

⁸ En els darrers anys ha aparegut una nova modalitat per a la formació del professorat amb la incorporació dels cursos telemàtics, patrocinats pel mateix Departament d'Educació a Catalunya. En aquest sentit, amb la finalitat d'afavorir que el professorat de ciències pugui utilitzar la història de la ciència en els seus cursos i també per fer possible una formació en la història de la ciència, la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica va produir per al Centre de

La manca de confiança que genera haver de passar la frontera que separa les “dues cultures” (humanitats vs. ciències). És a dir, passar de la seguretat que ofereix el territori de les ciències a un territori on es requereixen determinades competències (com per exemple, l'anàlisi de documents escrits) en les quals no s'està entrenat. No és habitual que al professorat de ciències se li hagi ofert durant la seva carrera l'oportunitat de reflexionar sobre la naturalesa de la ciència o el seu impacte social.

Acceptar el possible desacord entre diferents fonts d'història de la ciència. El llibres de text de ciències són adoctrinadors mentre que els textos d'història de la ciència solen més aviat suggerir respostes alternatives en comptes de proporcionar respostes correctes. Aquesta situació pot crear cert desassossec en el professorat de ciències acostumat a trobar en els llibres – d'autors diferents - informacions definitives sobre un tema i no pas argumentacions diverses que poden ser des de complementàries fins a contràries.

Comprendre el valor del debat entre teories oposades o complementàries en permetre elaborar respostes alternatives per situacions controvertides en comptes de buscar la “resposta correcta”. La resolució de problemes és una tasca que ha ocupat una gran part dels estudis universitaris del professorat de ciències i que sol acabar trobant una resposta definitiva o correcta als problemes. Aquesta rutina genera en el professorat un pragmatisme que no permet disposar, inicialment, de les estratègies adequades per abordar situacions problemàtiques en l'àmbit de la història de la ciència que tenen plantejaments més oberts i que no demanen una “solució correcta”. En aquest sentit, el professorat de ciències que participa en un curs de història de la ciència pot sentir-se, d'alguna manera, frustrat quan participa per primera vegada en una discussió sobre una temàtica que després de ser tractada des de diferents perspectives no acaba amb un resultat concloent i definitiu.

La tendència a la reconstrucció d'episodis històrics que solen acabar amb un final “modern correcte” en concordança amb allò que expliquen els llibres de text actuals. Descriure el passat en termes de narratives massa planes o lineals pot ser una estratègia didàctica adequada per incorporar la història de la ciència a l'ensenyament o per a la seva divulgació, però pot arribar a ser totalment inadequat per millorar el coneixement del context històric de la ciència.

Avaluar treballs històrics redactats per col·legues. El professorat de ciències implicat en un curs d'història de la ciència no tan sols se li demanarà que redacti treballs sinó que, a més a més, haurà de comentar i valorar els treballs d'altres. Afrontar aquesta situació pot evocar cert temor i incertesa atès que al llarg de la seva carrera és poc probable que hagi estat entrenat en aquest aspecte. Més en concret, la dificultat en què pot ensopegar el professorat al llegir i comentar treballs escrits o a l'hora de participar en fòrums temàtics, rau en el caràcter de final obert que acompanya moltes de les discussions d'història de la ciència i en la tendència a explorar els punts forts i febles de les argumentacions.

A tall de suggeriment

A pesar de tot això, cal esmentar que el professorat de ciències que entra en un curs d'història de la ciència pot aportar qualitats que també són fruit de la seva preparació universitària. La formació científica sol impregnar a qui la rep amb una considerable dosi de disciplina que facilita la gestió de l'esforç necessari per portar endavant un curs amb una demanda intel·lectual important. Per altra banda, l'hàbit d'haver de plantejar i resoldre problemes acaba sent un bon crèdit per afrontar situacions on s'han de confrontar opinions diferents.

Per produir i per impartir un curs d'història de la ciència al professorat de ciències cal tenir present tant les dificultats (punts febles) amb què pot ensopegar el professorat com també el bagatge (punts forts) que ha rebut de la seva formació. És per això, que el professorat de ciències que hagi assolit certa especialització en la història de la ciència pot ser candidat idoni per la docència d'un curs de formació en aquesta disciplina. Aquest professorat és conscient d'aquests avantatges i inconvenients per haver-los viscut personalment i, per tant, està en unes bones condicions per trobar les estratègies adequades per ajudar al professorat en formació.

Bibliografia

BROCK, W. (1989), «Past, Present and Future». A: SHORTLAND, M.; WARWICK, A. (ed.), *Teaching the History of Science*, Oxford: Basil Blackwell, 30-41.

CANTOR, G. (2007), «Teaching Philosophy & HPS to Science Students»: http://prs.heacademy.ac.uk/view.html/prs_documents/27 (31/03/2010)

ELLIS, P. (2005), «Putting history in science: resources for teaching history of science component of science courses in schools in the United Kingdom». A: GRAPÍ, P.; MASSA, M.R. (ed.), *Actes de la I Jornada sobre Història de la Ciència i l'Ensenyament*, Barcelona, SCHCT-IEC, 9-18.

FOWLER, P. (2008), «History of Science in Secondary Science Education in England». A: HUNGER, H.; SEEBACHER, F.; HOLZER, G. (ed.), *Styles of Thinking in Science and Technology. Proceedings of the 3rd International Conference of the European Society for the History of Science*, Vienna, OAW, 771-778.

GOODAY, G. (2007), «The Challenges of Teaching History & Philosophy of Science, Technology & Medicine to 'Science' Students»: http://prs.heacademy.ac.uk/view.html/prs_documents/66 (31/03/2010)

KLOSTERMAN, M. (2009), «Where is History in the Science Classroom?», *Newsletter of the History of Science Society*, 38, 1, 14-15.

MATTHEWS, M.R. (1994), *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science*, New York & London, Routledge.

RUDEG, D.W. (2007), «History of Science in the Service of Middle School Science Teacher Preparation». A: HEERING, P.; OSEWOLD, D. (ed.), *Constructing Scientific Understanding through Contextual Teaching*, Berlin, Frank & Timme, 227-242.

LA FORMACIÓ DEL PROFESSORAT DE MATEMÀTIQUES EN HISTÒRIA DE LA MATEMÀTICA

Maria Rosa MASSA ESTEVE; Fàtima ROMERO VALLHONESTA
Departament de Matemàtica Aplicada I. Centre de Recerca per a la Història de la Tècnica. Universitat Politècnica de Catalunya

Paraules clau: *ensenyament, història de les matemàtiques, curs telemàtic, formació del professorat*

Training mathematics teachers in History of Mathematics

Summary: *This article deals with the contributions of history of mathematics in teacher training. We discuss, through the syllabus and development of a digital course for training teachers of mathematics, the principal features of the implementation of the history of mathematics in mathematics teaching.*

Key words: *learning, history of mathematics, on line course, teachers training*

Introducció

La història de la matemàtica i l'ensenyament de la matemàtica són dos àmbits aparentment diferenciats pel que fa als seus objectius, tot i que la utilització de la història de la matemàtica com a recurs didàctic proporciona elements molt valuosos en la formació matemàtica.¹

La història de la matemàtica posa de manifest que la matemàtica s'ha emprat sovint per resoldre problemes relacionats amb l'activitat humana i per intentar entendre el món que ens envolta. L'estudi dels processos històrics permet observar com les parts de la matemàtica s'han anat forjant en una

¹De fet, a nivell internacional, els historiadors de la matemàtica presenten diversos treballs d'investigació sobre com emprar a l'aula, de manera eficaç, els coneixements d'història de la matemàtica a fi de millorar el seu ensenyament. Vegeu, a tall d'exemple, els seminals llibres de (Stilwell, 1989 i Jahnke, 1996), el treball editat per (Katz, 2000), i el recent treball de (Demattè, 2006).

reiterada interacció d'aplicació-desenvolupament. Així, la geometria, que va néixer per mesurar, va evolucionar amb els problemes de mesures; la trigonometria es va anar desenvolupant per a resoldre problemes d'astronomia i també de navegació; l'àlgebra, que va rebre l'impuls en solucionar problemes, especialment en la matemàtica mercantil del Renaixement, es va convertir més tard en una eina imprescindible per a la resolució de problemes geomètrics, de teoria de nombres, etc.

La història de la matemàtica, doncs, aporta al professorat una millor comprensió dels fonaments i la naturalesa de la matemàtica, el proveeix d'elements de comprensió més profunda dels conceptes i tècniques matemàtics d'ús quotidià a les nostres aules, l'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 també les relacions amb les altres ciències. De fet, la formació en història de la matemàtica pot enriquir la tasca docent diària en proporcionar una visió diferent de la matemàtica a l'alumnat, i en facilitar el seu aprenentatge. Per una banda, el professorat tindrà elements al seu abast per transmetre als alumnes una percepció de la matemàtica com a ciència útil, dinàmica, humana, interdisciplinària i heurística. Per l'altra banda, el professorat podrà emprar casos històrics per a millorar la transmissió i assoliment dels continguts matemàtics i també per a actuar de revulsiu en aquells casos en què l'alumne no troba motivació en la matemàtica.

En aquesta comunicació analitzarem a través de la programació, desenvolupament i experimentació d'un curs telemàtic d'història de la ciència adreçat al professorat de secundària, els trets principals de la implementació de la història de la matemàtica en l'ensenyament de la matemàtica.

Antecedents sobre la implementació de la història de la ciència a l'aula

La implementació d'història de la ciència a l'aula a Catalunya gaudeix ja d'una certa experiència. Des del curs 1992/93, algunes de les llicències d'estudis, que cada any concedeix al professorat el departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya, s'han dedicat a l'estudi i desenvolupament històric de diversos conceptes científics significatius per emprar a l'aula. Aquestes llicències han donat com a resultat l'elaboració de memòries que estan a l'abast del professorat. La història de la ciència ha inspirat un bon nombre d'accions individuals, com ara el disseny de crèdits variables de disciplines científiques amb contingut històric o bé la celebració de jornades dedicades a autors històricament importants² i també ha estat present en el llistat de temes de treballs de recerca proposats pels centres educatius als alumnes de 2n de batxillerat al llarg de tots aquests anys.³

Pel que fa a les accions col·lectives, el 1998 es va crear el Grup d'Història de les Matemàtiques⁴ de l'Associació de professors de Barcelona per a l'Ensenyament i l'aprenentatge de les Matemàtiques

² Com a exemple, les jornades d'estudi de la figura i obra de René Descartes (1596-1650), que es van celebrar a l'Institut Carles Riba el 1996, van representar per als alumnes una formació addicional tant des del punt de vista matemàtic, com filosòfic, físic o històric. A l'Europa del segle XVII, sotmesa als fatigosos conflictes religiosos i amb la intuïció que s'ha entrat en una nova era, el saber humà s'obre a noves possibilitats exploratòries. La filosofia, la matemàtica, la física, la música i el llenguatge esdevindran les cares d'una única figura geomètrica de la racionalitat moderna. Els alumnes van descobrir des d'una perspectiva interdisciplinària de quina manera biografia, institucions i esdeveniments històrics en Descartes configuren una atmosfera intel·lectual generadora de preguntes i reflexions derivades d'unes mateixes preocupacions i problemes. Més informació sobre les jornades a (Massa *et al.*, 1996).

³ La llista de títols de treballs de recerca d'història de la matemàtica experimentats és molt llarga, citem per exemple: Pitàgores i la música; El teorema de Fermat i El triangle aritmètic de Pascal com a eina de resolució, entre d'altres.

⁴ El Grup de Treball d'Història de les Matemàtiques està format per professors de matemàtiques i té com objectiu elaborar materials per emprar a l'aula relacionats amb la trigonometria. El grup pertany a l'ABEAM i a l'Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat de Barcelona. Els membres actuals són: M^a Angels Casals, Iolanda Guevara, M^a Rosa

(ABEAM) que pertany a l'Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat de Barcelona, i que analitza el desenvolupament històric de la trigonometria. Aquest estudi proporciona episodis històrics molt valuosos per entendre millor els conceptes trigonomètrics. Així l'obra "*Sobre les mides i distàncies del Sol i la Lluna*" (287 aC.) d'Aristarc de Samos (310-230 aC.) o bé "*l'Almagest*" (150 dC.) de Claudi Ptolemeu (85-165 dC.) ofereixen demostracions geomètriques que, utilitzades adequadament, afavoriran una millor comprensió de les relacions entre les raons trigonomètriques i els angles respectius. També des de l'any 2003 fins ara, cada dos anys (junt amb Pere Grapí) coordinem les jornades d'Història de la Ciència i Ensenyament que organitza la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica (SCHCT). A la vegada hem estat i som curadors de l'edició de les actes, que proporcionen diverses experiències d'implementació d'història de la ciència a l'aula.

El 2007, el departament d'Educació en el darrer decret del currículum,⁵ reconeix la importància de la història de les matemàtiques a l'incloure contextos històrics en els diferents cursos de l'ESO i el Batxillerat.⁶ Així la implementació d'aquests contextos històrics a l'aula de secundària a poc a poc s'ha de transformar també en una altra acció col·lectiva.

Cal dir també que aquest curs 2009/2010 s'està impartint a les Universitats un nou Màster per a la formació dels futurs professors de secundària de Matemàtiques titulat: "Màster de Formació de Professorat de Secundària Obligatòria i Batxillerat, Formació Professional i Ensenyament d'Idiomes", que inclou crèdits obligatoris d'Història de les Matemàtiques dins de l'assignatura *Matemàtiques del segle XXI*.

Finalment, també aquest any, s'ha experimentat amb el suport del Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya, un curs telemàtic de formació del professorat en història de la ciència. Aquest curs consta de dues parts: una comuna on s'analitzen els trets principals de la investigació en història de la ciència i una altra diferent segons que l'especialitat triada sigui Matemàtiques, Biologia o bé Física i Química. La creació, estructura, desenvolupament i experimentació de la part de matemàtiques d'aquest curs, enguany encara pilot, és el que analitzarem tot seguit.

Curs telemàtic 2009/2010: Ciència i Tècnica a través de la Història de la Ciència (Matemàtiques)

Els continguts del curs es troben seqüenciats en una pàgina web que s'ha dissenyat a tal efecte i a cada sessió es pot accedir al material que consisteix en fragments de textos originals o de fonts secundàries per tal que el professorat els analitzi seguint unes pautes concretes.⁷

L'objectiu del curs és explorar el passat de les matemàtiques mostrant com han sorgit i com s'han desenvolupat al llarg del temps els conceptes, teoremes, mètodes i axiomàtiques que avui trobem exposats en els textos sota una concepció pragmàtica, lògica i didàctica que moltes vegades no coincideix amb l'ordre històric en què van ser inventats o descoberts. Aquest objectiu general es

Massa (coordinadora), Francisco Moreno, Carles Puig-Pla i Fàtima Romero. Més informació sobre treballs del grup a: (Romero & Massa, 2003); (Massa *et al.*, 2006); (Guevara & Massa, 2009) i (Massa, 2009).

⁵ Decret 143/2007 de 26 de juny (DOGC 4915 de 29.06.2007).

⁶ A tall d'exemple citem els contextos que es proposen a tercer curs d'ESO: *Els orígens de l'àlgebra simbòlica (Món àrab, Renaixement)*, *Relació entre geometria i àlgebra i introducció de les coordenades cartesianes*. *La resolució geomètrica d'equacions (Grècia, Índia, Món àrab)*. *L'ús de la geometria per a mesurar la distància Terra - Sol i Terra - Lluna (Grècia)*. *El naixement de la teoria de probabilitats*.

⁷ S'empen textos rellevants traduïts o, si és possible, els originals. Vegeu alguns d'aquests textos a (Calinger, 1995) i (Struik, 1969).

desglossa en quatre objectius particulars que es corresponen amb diferents facetes del desenvolupament del curs:

- Conèixer les fonts en què es basa el coneixement de les matemàtiques del passat. Això implica llegir i interpretar una selecció de textos clàssics de les matemàtiques, i aprendre a localitzar i utilitzar la literatura històrica.
- Reconèixer els canvis més significatius en la disciplina Matemàtiques, els que han afectat la seva estructura i classificació, els seus mètodes, els seus conceptes fonamentals i la seva relació amb altres ciències.
- Posar de manifest les relacions socioculturals de les matemàtiques amb la política, la religió, la filosofia, o la cultura, entre d'altres àmbits.
- Aconseguir que el professorat reflexioni sobre l'evolució del pensament matemàtic i les transformacions de la filosofia natural.⁸

Al llarg del curs el professorat haurà d'adquirir una visió de conjunt sobre l'evolució de les matemàtiques i també coneixerà nous recursos didàctics tant implícits com explícits per a millorar-ne la docència.⁹ De fet, la història de la matemàtica com a recurs implícit, podrà ser emprada pel professorat en la fase de disseny d'una activitat, per seleccionar context, problemes i fonts auxiliars i per programar la seqüenciació de l'ensenyament d'un concepte o d'una idea. Com a recurs explícit el professorat la podrà emprar per dissenyar matèries optatives específiques d'història de la matemàtica. A tall d'exemple, la matèria optativa: "Un viatge per la història intentant quadrar el cercle", adreçada a l'alumnat de 4rt d'ESO, proporciona una bona introducció a la història de la matemàtica a través d'aprenentatges geomètrics com ara els teoremes de Tales i de Pitàgores, la secció àuria, la geometria del cercle, la inscripció i circumscripció de polígons, les diverses aproximacions al nombre π , etc. També es podrà utilitzar explícitament la història per dirigir i proposar treballs de recerca de Batxillerat amb elements històrics.¹⁰ Un altre camí per emprar explícitament la història en una formació més integral dels nostres alumnes es troba, com ja hem citat abans, en la celebració de jornades, centenaris, conferències, etc. Finalment, aquesta formació en història de la matemàtica permetrà al professorat utilitzar textos històrics significatius a l'aula a fi que els alumnes assoleixin millor els conceptes matemàtics.

Pel que fa al contingut matemàtic concret d'aquest curs de formació del professorat, en ser una història general de les matemàtiques, no pretén tractar tots els temes ni aprofundir en el coneixement de tots els autors. Tanmateix, s'ha fet una selecció bastant acurada tant de temes com d'autors, que es complementarà amb els treballs individuals que realitzaran els professors al final del curs. Es presenten cronològicament quatre grans períodes de la història de la matemàtica que es consideren essencials: la Matemàtica a l'Antiguitat, de la Ciència àrab a les àlgebres Renaixentistes, la Revolució Científica i la Matemàtica Moderna. Aquests períodes formen els quatre mòduls i cadascun d'ells es divideix en tres apartats (en el curs s'anomenen "Activitats") on s'estudien les aportacions fetes per diferents civilitzacions com ara, per exemple, la matemàtica babilònica, l'egípcia, la grega o l'àrab. A la Figura 1 es pot veure la pàgina principal del primer mòdul.

⁸ De fet aquest objectiu és el més important ja que pretén aportar noves idees didàctiques i nova formació científica al professorat.

⁹ Podeu trobar exemples d'utilització de recursos implícits i explícits per millorar l'ensenyament de les matemàtiques a (Massa, 2003).

¹⁰ En aquests treballs de recerca, la història situa l'alumne en un espai més general ja que els problemes queden emmarcats dins del camp global de la matemàtica i dins de la ciència. El treball matemàtic que es pot fer en cadascun d'aquests treballs de recerca és molt divers i pot incloure des d'un problema molt senzill fins a demostracions molt complicades. De fet l'aprenentatge de la matemàtica en la realització d'aquests treballs de recerca dependrà tant de l'esforç i de la motivació de l'alumne com de les orientacions concretes del tutor.

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](#)

Fig. 1. Portada del Mòdul 1.

La metodologia emprada per preparar el material es situa dins la línia d'investigació històrica que intenta entendre els processos de gènesi i evolució dels conceptes matemàtics en el seu propi context, en termes de coneixement matemàtic i de les intencions amb què es treballava a cada època més que en termes del que va succeir més endavant. Una altra qüestió rellevant del material del curs és l'ús de textos originals (vegeu Figura 2, original d'Aristarc de Samos) i demostracions preparades convenientment per aportar nous coneixements i noves idees.

Els temes es desenvolupen generalment amb una part d'exposició i una altra de pràctiques que s'han de realitzar. L'exposició, a vegades es complementa amb un fòrum on, seguint un guió previ de qüestions, es debat sobre un tema concret. En els comentaris posteriors s'intenta aclarir els dubtes i resoldre els problemes que hagin pogut sorgir en les lectures.¹¹ El caràcter formatiu del curs es presta a la discussió i a la comunicació.

L'element bàsic per al funcionament del curs són les pràctiques de cadascuna de les activitats (tres per mòdul) que contenen els textos a analitzar, les referències bibliogràfiques específiques, i les qüestions per orientar la lectura i l'anàlisi dels textos. Cada mòdul conté també "exercicis" per entregar al tutor i un apartat titulat "per saber-ne més" (vegeu Fig. 1), on hi ha més bibliografia sobre el contingut històrico- matemàtic del mòdul concret.

Ja que la història de les matemàtiques actualment és preceptiva en el nou currículum, aquest curs ofereix activitats per portar a l'aula, la majoria de les quals han estat experimentades en diversos centres amb resultats molt satisfactoris. Sempre que ha estat possible, s'han preparat activitats relacionades amb algun text matemàtic de l'època tractada, com a recurs per a utilitzar en la docència (en

¹¹ Les lectures s'extreuen d'històries generals com ara les de (Boyer, 1968); (Fauvel & Gray, 1987); (Serres, 1991) i (Wussing, 1998) entre d'altres.

motiven més l'alumnat i, a més, proporcionen una manera diferent d'aprendre conceptes matemàtics nous.

Cal destacar que una part molt important del curs és el treball d'investigació que els professors han de lliurar per escrit a la sessió final després d'haver experimentat a l'aula les activitats que s'hi proposen. Aquest treball, a partir d'un autor o d'un text triat pels professors, els permetrà practicar determinats procediments a l'aula i ensenyar conceptes matemàtics des d'una altra vessant. Els treballs experimentats pels professors són molt diversos, així podem citar, a tall d'exemple, "L'Aritmètica a l'Antic Egipte", "El Teorema de Tales de Milet", "Sobre el joc dels daus", "Els orígens de l'àlgebra", "El triangle Aritmètic de Pascal" i "Les Ternes Pitagòriques". Tots els treballs incloïen una fitxa descriptiva, un dossier per l'alumne i un dossier pel professor, a més d'una enquesta de valoració final adreçada als alumnes que participaven en l'experimentació a l'aula.

La avaluació d'aquest curs pilot per la major part de l'alumnat-professor ha estat molt positiva. Molts dels professors ja estaven interessats en la història de les matemàtiques, però a l'hora d'utilitzar-la en les seves classes només havien presentat trets biogràfics d'alguns matemàtics o explicat les característiques d'alguna branca concreta de les matemàtiques. Han trobat molt interessant treballar amb fonts originals i poder proposar la resolució de problemes antics tal com van ser formulats.

Podem concloure aquestes anàlisis assenyalant que una bona formació del professorat en història de les matemàtiques permetrà transmetre a l'alumnat la idea que les matemàtiques són una ciència en contínua evolució, fruit del treball conjunt i continuat de moltes persones i no un conjunt de coneixements integrat per aportacions independents fruit de moments d'inspiració. Amb cursos de formació d'aquest tipus, el professorat ampliarà els seus coneixements, l'alumnat enriquirà la seva formació integral i es millorarà la qualitat de l'ensenyament de la matemàtica.

Bibliografia

BOYER, C. B. (1986), *Historia de la matemática*, Madrid, Alianza Universidad.

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

DEMATTÈ, 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. (ed.) (1987), *The History of Mathematics: A Reader*, Londres, MacMillan.

GUEVARA, I.; MASSA, M.R. (2009), «La història de les matemàtiques dins dels nous currículums de secundària». *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, 2 (1), 377-388.

JAHNKE, H. N. et al. (1996), *History of Mathematics and Education: Ideas and Experiences*, Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht.

KATZ, V. (ed.) (2000), *Using History to Teach Mathematics. An International Perspective*, Washington, The Mathematical Association of America.

MASSA ESTEVE, M.R. et al. (1996), *Ciència, filosofia i societat en René Descartes*, Barcelona, Institut Carles Riba.

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. *et al.* (2006), «Teaching Mathematics through history: some trigonometric concepts», A: KOKOWSKI, M. (ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference of the European Society for the History of Science*. Cracow, ESHS, 150-157.

MASSA ESTEVE, M.R. (2009), «Understanding Mathematics through its History». A: HUNGER, H. [ed.]. *Proceedings of the 3rd International Conference of the European Society for the History of Science*. Vienna, ESHS, 809-818.

ROMERO, F.; MASSA, M.R. (2003), «El teorema de Ptolemeu», *Biaix*, 21, 31-36.

SERRES, M. (1991), *Historia de las Ciencias*, Madrid, Cátedra.

STILLWELL, J. (1989), *Mathematics and Its History*, Berlin, Springer.

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

WUSSING, H. (1998), *Lecciones de historia de las matemáticas*, Madrid, Siglo XXI.

Curs telemàtic:

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

LA DEFINICIÓN DE ÁNGULO EN LAS MATEMÁTICAS ESPAÑOLAS DEL SIGLO XVII

Juan NAVARRO LOIDI
Investigador independiente

Palabras claves: *ángulos curvilíneos, geometría elemental, siglo XVII, España*

The definition of angle in Spanish mathematics during the 17th century

Summary: *In this paper, the different opinions about curvilinear angles held in Spain during the 17th century are discussed.*

Key words: *curvilinear angles, elementary geometry, 17th century, Spain*

Cómo se introducen hoy en día los ángulos

Ángulo es un concepto intuitivo, pero cuesta definirlo con precisión. Actualmente se introduce al comienzo de la enseñanza primaria, relacionándolo con la inclinación relativa de dos rectas o con el espacio comprendido entre dos semirrectas. Luego se observa que dos rectas que se cortan hacen cuatro ángulos, iguales dos a dos, y que definir un ángulo como el espacio comprendido entre dos semirrectas tampoco sirve, porque hay dos ángulos: uno cóncavo y otro convexo. Por otra parte, cualquier definición que parta de la idea de inclinación no incluye como ángulos el nulo y el llano. Al final de la enseñanza primaria o al comienzo de la secundaria se empiezan a introducir definiciones más precisas, como la siguiente:

Dos rectas secantes determinan en el plano cuatro regiones angulares.
Cada una de estas cuatro regiones angulares está limitada por dos semirrectas con el mismo origen.
El conjunto de todas las semirrectas posibles con el mismo origen que las anteriores y comprendidas entre ambas se llama ángulo (Equipo Signo, 1990: 179).

También, se definen en esos cursos los grados, minutos y segundos, y se estudia la medida de los ángulos. Se acepta, sin mayor problema, que los ángulos se pueden sumar o restar y que, en general, se puede trabajar con sus medidas como con cualquier conjunto de números.

A finales de la E.S.O. se comienza a aceptar que los ángulos pueden ser negativos, relacionándolo con el sentido de un giro. También se introducen los radianes y se empieza a considerar ángulos mayores que 360° . No se enuncian nuevas definiciones de ángulo, pero se acepta implícitamente que existe un isomorfismo entre los ángulos y el grupo de las rotaciones en el plano, que es la definición que se suele dar en los libros más preocupados por el rigor (Dieudonné, 1971: 125-138).

Esta forma de introducir los ángulos, que parece muy intuitiva y sencilla, es sin embargo, bastante reciente.

Cómo se definían los ángulos hasta el siglo XVIII

Hasta el siglo XVIII la definición de ángulo que se aceptaba era la que da Euclides en los *Elementos* (Lib. I def. 8, 9):

8. Un ángulo plano es la inclinación mutua de dos líneas que se encuentran una a otra en un plano y no están en línea recta (Euclides-Puertas, 1991: 193).

Lo que podría ser equivalente a las descripciones que se dan en primaria para introducir los ángulos. Pero, esa definición se completa con la siguiente:

9. Cuando las líneas que comprenden el ángulo son rectas, el ángulo se llama rectilíneo (Euclides-Puertas, 1991: 193).

De esas definiciones se deduce que los ángulos pueden ser rectilíneos, limitados por líneas rectas, "curvilíneos", limitados por curvas, o "mixtilíneos", con un lado curvo y otro recto. Los ángulos curvilíneos y mixtilíneos podrían ser una generalización interesante de nuestra idea de ángulo, pero su medida plantea serios problemas. Pese a ello, aceptar esas definiciones de ángulos curvilíneos no hubiera planteado ninguna dificultad en la enseñanza elemental, si no se volvieran a utilizar en los *Elementos*. Serían como los rombos o los romboides, que Euclides define entre los cuadriláteros (libro I, def. 22), y después nunca usa. Pero los ángulos mixtilíneos se utilizan en el libro III para enunciar varias propiedades importantes de las tangentes. En la proposición III.16 de los *Elementos* se dice:

La (recta) trazada por el extremo del diámetro de un círculo formando ángulos rectos (con el mismo) caerá fuera del círculo, y no se interpondrá otra recta en el espacio entre la recta y la circunferencia; y el ángulo del semicírculo es mayor y el restante menor que cualquier ángulo rectilíneo agudo (Euclides-Puertas, 1991: 311).

En esa proposición Euclides se sirve de dos tipos de ángulos mixtilíneos: el "ángulo de un semicírculo", que es un ángulo cuyos lados son el diámetro y la circunferencia, y el "ángulo restante", que es el ángulo mixto comprendido entre la tangente y el arco, también llamado "ángulo de contingencia" o "ángulo en cuerno".

Si no se aceptan estos ángulos mixtilíneos, el enunciado y la demostración de esta propiedad deberían cambiarse. Pero, si se aceptan, nos encontraríamos con que los ángulos no serían "magnitudes" porque no se podrían comparar entre sí los ángulos curvilíneos, mixtilíneos y rectilíneos. La medida de esos ángulos generalizados no cumpliría la propiedad arquimediana de los números reales. Es decir, no sucedería que dadas dos medidas cualesquiera, $a > 0$ y b , siempre existe un n natural tal que $n \cdot a > b$. Esta propiedad, con un enunciado algo diferente, está establecida en la proposición primera del libro X de los *Elementos* que dice:

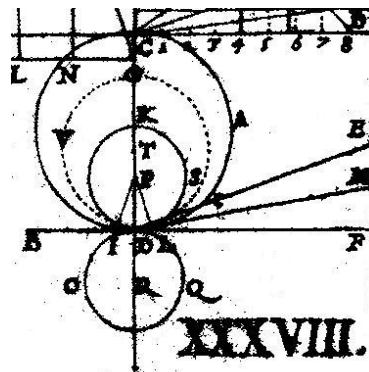


Fig. 1. (Caramuel, 1678).

1. Dadas dos magnitudes desiguales, si se quita de la mayor una (magnitud) mayor que su mitad y, de lo que queda una magnitud mayor que su mitad y así sucesivamente, quedará una magnitud que será menor que la menor dada (Euclides-Puertas, 1996: 12).

Pero, si se toma cualquier ángulo agudo rectilíneo y un ángulo en cuerno, por mucho que al ángulo rectilíneo se le quite más de la mitad, el resto nunca llegará a ser menor que el ángulo de contingencia. En efecto, colocado el ángulo rectilíneo sobre el mismo vértice y con un lado tangente al lado curvo del ángulo en cuerno, los restos del ángulo rectilíneo nunca pueden ser menores al de contingencia, debido a la proposición III.16 de los *Elementos*, que antes se ha mencionado. Luego habría que aceptar que los ángulos no son magnitudes (Figura 1).

Discusión sobre los ángulos curvilíneos

En la Antigüedad se discutió sobre la validez de esa definición de ángulo, sin llegar a una conclusión definitiva. En el Renacimiento volvieron a repetirse las discusiones. Existían dos posturas. En un grupo estaban los que decían que los "ángulos en cuerno" no eran ángulos porque no había "inclinación mutua", ya que las tangentes no cortan la curvan sino que solamente la tocan. Esa postura la defendió el francés Jacques Peletier de Le Mans (1517-1582). Más tarde, también la sostuvieron François Viète (1540-1603) y Galileo Galilei (1564-1642). Esa opinión les llevaba a defender que todos los ángulos de un semicírculo coinciden, y que sus complementarios, los ángulos en cuerno, también son todos iguales. Enfrente estaban los que defendían que los ángulos de contingencia sí son magnitudes, porque se pueden dividir, aumentar o disminuir, aunque no lo sean de la misma manera que los ángulos rectilíneos. Añadían que la postura contraria debía ser falsa porque llevaba a que todos los ángulos de la semicircunferencia son iguales y eso no puede ser, pues al superponerlos no siempre coinciden. Los de más radio son mayores que los de radio más pequeño. El más firme defensor de esta postura fue el jesuita Clavius (Figura 2).

La polémica acabó a finales del siglo XVII cuando John Wallis (1616-1703) en su ensayo *De angulo contactus et semicirculi tractatus* (1656) y posteriormente en su libro *Algebra* (1685) explicó que lo que variaba en los ángulos de contingencia o del semicírculo en las comparaciones de Clavius no era la magnitud de un supuesto ángulo sino la curvatura de las curvas que lo limitaban. (Euclides-Heath, 1926, v. I : 176-181; v. II : 37-43).

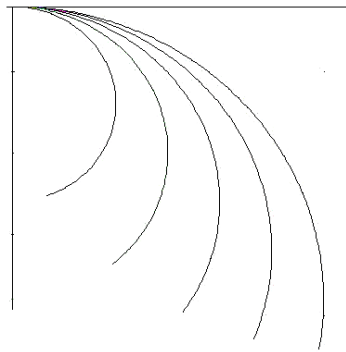


Fig. 2.

Repercusión en España en la segunda mitad del siglo XVII

Esa polémica no tuvo mucha repercusión en la Península Ibérica en esa época. Ningún matemático investigó sobre esa cuestión. Pero estaba latente en todos los libros de geometría y estudiando la forma de abordar la definición de ángulo en esos manuales se pueden descubrir diferentes maneras de soslayar las cuestiones dudosas en matemáticas.

En los libros para la preparación profesional de arquitectos, agrimensores, marinos o militares, que frecuentemente solían incluir unos rudimentos de matemáticas, no se definía el ángulo, o se daba la definición de Euclides; pero, en la práctica, sólo se utilizaban los ángulos rectilíneos. En problemas como medir el desnivel de una superficie para hacer una conducción de agua, hallar el ángulo que hacen dos paredes en un edificio, o dar la elevación adecuada a un cañón, no se necesita tener una idea de ángulo muy precisa. Para los autores de esos manuales prácticos el problema principal solía ser la forma de medir los ángulos. Por ejemplo Fernández de Medrano (1646-1705) en *El Perfecto Artificial, Bombardero y Artillero* (1699) en el "Capítulo VII Modo de apuntar el mortero" dice sobre la elevación que:

Se tomará una escuadra [...] que no es otra cosa que la cuarta parte de un círculo (entre dos reglas una mayor que otra) dividida en noventa partes iguales (a las cuales los Matemáticos llaman en su ciencia grados) esta escuadra tiene un agujerillo en el centro del círculo, de donde pende una plomada que ha de marcar el grado o parte por la cual se quiere tirar (Fernández de Medrano, 1699: 89).

Cuando se quería hacer una exposición más docta se incluía la definición de Euclides, informando de la existencia de los ángulos curvilíneos, aunque luego tampoco se utilizaran. Por ejemplo Dávila y Heredia (1627-1686) en el manual de agrimensura *Arte de Medir Tierras* (1674) dice:

Angulo llano es la inclinación de dos líneas que se tocan en un plano y no están en derecho. Angulo rectilíneo se llama cuando las líneas que contienen el ángulo fueren rectas (Dávila, 1674: 44).

Incluso, en libros de esgrima, como *Compendio de los fundamentos de la verdadera destreza y filosofía de las armas* (1675) de Francisco Ettenhard (1645-1705) se incluía la definición de ángulo y se advertía que se clasificaban en rectilíneos, curvilíneos y mixtos. Pero en estos libros esa definición no tenía consecuencias y en ellos no se utilizaban los ángulos curvilíneos. Con esa y otras definiciones similares lo que se pretendía era dar a las afirmaciones posteriores el prestigio de estar basadas en un conocimiento riguroso. Como dice Ettenhard (1675: s. p.) en la introducción:

Procuraré dar noticia; y definir, en primer lugar, los principios geométricos que son necesarios, para que con el conocimiento de ellos, podamos demostrar lo que convenga para la aprobación, y seguridad de los siguientes Discursos.

En los libros de geometría pura, o "especulativa" como se llamaba en aquella época, o en los apartados teóricos dedicados a la geometría de los tratados profesionales más completos, era obligado dar una definición de ángulo y, prácticamente en todos se daba la de Euclides. De hecho, la mayoría de los libros de geometría para la enseñanza que se editaron en España por esas fechas eran versiones más o menos adaptadas de los *Elementos*. Por ejemplo, Fernández de Medrano, que en sus libros de artillería no se preocupaba por definir los ángulos como se ha comentado antes, en su versión de los *Elementos* da la definición de Euclides (Euclides-Medrano, 1728: 8), introduciendo los ángulos rectilíneos, mixtilíneos y curvilíneos. Lo mismo, aproximadamente, hacen en sus versiones de los *Elementos* otros autores que los publicaron en castellano durante el siglo XVII, como L. Carduchi (?-1674), J. Kresa (1645-1715) o F. Larrando de Mauleón (1664-1736). Luego en el libro III incorporan la definición de ángulo del semicírculo y del ángulo de contingencia, y enuncian y demuestran la proposición III. 16 como lo hacía Euclides.

En estos libros más teóricos no se plantean, en general, las dificultades que surgen de la aceptación de los ángulos curvilíneos. Sólo se discute sobre ello en los tratados publicados por Tomás Vicente Tosca (1651 - 1723) y Juan Caramuel (1606 - 1682).

T.V. Tosca y J. Caramuel

Tosca en el volumen I de su *Compendio Mathematico* (1707) en el "Tratado de la Geometría Elemental" tiene un "Escolio" en la proposición III.16 (Tosca, 1757: 58-59) en el que se argumenta sobre esta cuestión. Explica que, de esa proposición, algunos deducen que el ángulo de contingencia es menor que cualquier ángulo agudo y que el del semicírculo es mayor. Continúa afirmando que, si eso fuera así, se podrían tomar ángulos de amplitud cada vez menor sin encontrar ninguno igual al ángulo de contingencia lo que no es aceptable. Añade que, como dice Tacquet,¹ "todos estos corolarios no son más que unas paradojas nacidas de la mala inteligencia de la naturaleza del ángulo, que se supone ser cantidad, lo que es falso". Tosca cree que "más pertenece el ángulo al predicamento que los Filósofos llaman situación, que a otro alguno". Advierte que si se habla en los *Elementos* de que esos ángulos son mayores o menores no es "con todo rigor y propiedad" porque para compararlos se consideran "en cuanto sus medidas, que son los arcos de círculo" y para el ángulo de contingencia y el del semicírculo la medida del arco depende del radio con que se tome.

Tosca era consciente de las dificultades que aparecen si se aceptan los ángulos curvilíneos y pretendía evitarlas acudiendo a la filosofía. Para ello se refiere a las Categorías (predicamentos) de Aristóteles y los escolásticos. En la Antigüedad ya había habido una división entre los que decían que el ángulo es una cantidad, como Plutarco, los que pensaban que es una cualidad como Eudemo y unos terceros que opinaban que es una situación, como Simplicio. El inconveniente de este razonamiento es que los ángulos se estudian en cuanto son una cantidad, por lo que considerarlos una situación o no considerarlos ángulo no parece que sea muy diferente. Pero, probablemente, los discípulos de Tosca se quedarían satisfechos con una explicación que recurre a conocimientos superiores. De todas formas, en este caso siempre hubiera convenido expresar de otra forma la proposición III.16 para tenerla "con todo rigor y propiedad".

¹ Se refiere al libro del jesuita flamenco Andrea Tacquet *Elementa Geometriae Planae Ac Solidae. Nec Non Selecta Ex Archimede Theoremata*, publicada por primera vez en 1654

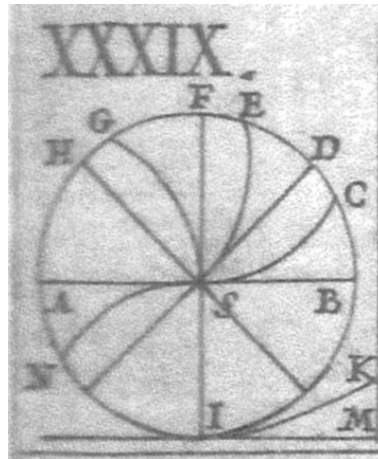


Fig. 3. (Caramuel, 1678).

El otro autor que profundizó en la cuestión es Juan Caramuel, y lo hizo con un criterio completamente diferente. En su *Arquitectura civil* define:

El concurso de dos líneas que se vienen a encontrar oblicuamente es lo que llamamos Angulo (Caramuel, 1678, v. 1, Geometría: 30).

Explica que las líneas pueden ser curvas, o rectas. Más adelante dice que "La grandeza de un Angulo mide el Arco que sobre él se escribe" (Caramuel, 1678, v. 1, Geometría: 31). A continuación Caramuel estudia los ángulos de contingencia y de la semicircunferencia:

Proposición XXVII El ángulo SDA que hace la circunferencia con el diámetro es algo menor que el recto; pero es imposible señalar algún ángulo rectilíneo agudo que le sea igual. Corolario I Luego es mayor que todo ángulo agudo. Corolario II Luego el ángulo SDE que por ser la circunferencia y la tangente se llama ángulo contingentix es menor que todo ángulo agudo (Caramuel, 1678, v. 1, Geometría: 32).

Es decir, Caramuel no tiene problemas en dar por buenas las afirmaciones paradójicas que critica Tosca. Además infiere nuevas consecuencias inesperadas, como que "Este ángulo de contingencia puede crecer in infinitum [...] porque el círculo tangente puede ser menor y menor in infinitum" (p. 32) y que "el mismo ángulo puede disminuirse in infinitum [porque..] se pueden hacer círculos mayores y mayores in infinitum" (Caramuel, 1678, v. 1, Geometría: 32).

Estas proposiciones pueden parecer absurdas, y desde luego no son muy rigurosas; pero se han vuelto a reconsiderar en la actualidad al discutir sobre las representaciones de los infinitésimos en el "análisis no-estandar" (Cuesta Dutari, 1981: 39-41).

Del ángulo formado por dos circunferencias, Caramuel dice que no se puede medir; pero, que, si los ángulos están limitados por arcos de igual radio e igualmente orientados, sí es posible; y pone dos ejemplos de 45° y 90° (Figura 3).

Caramuel intuía la importancia de las curvaturas de los lados en los ángulos curvilíneos; pero si Tosca con su rigor deja al lector sin solución, otro tanto pasa con las ideas originales pero expuestas sin precisión de Caramuel.

Evitar el problema

Aunque no se ha encontrado ningún libro en que se defienda que los ángulos curvilíneos no son ángulos, es posible que el jesuita José Zaragoza (1627-1679) fuera de esa opinión; pero no quisiera entrar en polémicas. En su versión adaptada de los *Elementos* de Euclides, define el ángulo como:

Angulo plano, es la inclinación de dos líneas, que se juntan en un punto: como ABC.
(Euclides-Zaragoza, 1678: 5).

Prosigue tratando de la forma de designar un ángulo, sin añadir, como Euclides y los otros editores de los *Elementos* de la época, que los ángulos pueden ser rectilíneos, curvilíneos o mixtilíneos. Más adelante, en el libro III, en lugar de dar la proposición 16 con un enunciado similar al de Euclides usando los ángulos del semicírculo o de contingencia, da el siguiente teorema:

De la recta tangente del Círculo. 1 La perpendicular al extremo del diámetro toca el círculo en solo aquel punto. 2 Cualquiera otra recta por el contacto corta al Círculo; y la tangente, es perpendicular al radio, y única en un punto" (Euclides-Zaragoza, 1678: 68 - 69).

Ni menciona ni utiliza los ángulos curvilíneos. Como no discute la cuestión no hay forma de saber si lo hizo porque le parecía un asunto difícil, que no debía de tratarse en un libro de introducción a la geometría, o porque creía que no debían aceptarse. Es fácil que opinara que no se deben utilizar y no lo mencionara por no oponerse públicamente a sus correligionarios Tacquet y Clavio. En todo caso su solución parece la más correcta pedagógicamente. No acepta sin crítica el desarrollo de Euclides, tampoco lo critica sin ofrecer una solución. Sencillamente lo evita buscando otra forma de dar las propiedades de las tangentes a un círculo sin utilizar ángulos curvilíneos.

Bibliografía

CARAMUEL, J. (1678), *Architectura Civil Recta, y Obliqua*, Vegeven, Camilo Corrado. 3 v.

CUESTA DUTARI, N. (1981), «Tres notabilísimos pasajes de Euclides», *Lull*. 4, (6-7), 35-42.

DAVILA y HEREDIA, A. (1674), *Arte de Medir Tierras*, Valencia: s. i.

DIEUDONNÉ, J. (1971), *Álgebra lineal y geometría elemental*, Madrid, Selecciones Científicas.

EQUIPO SIGNO (1990), *Azimut Matemáticas 6º E.G.B.*, Madrid, Anaya.

ETTENHARD, F.A. (1675), *Compendio de los Fundamentos de la verdadera Destreza y Filosofía de las Armas*, Madrid, Antonio de Zafra.

EUCLIDES / PUERTAS M^a. L. (1991), *Elementos Libros I-IV*, Madrid, Gredos.

EUCLIDES / PUERTAS M^a. L. (1996), *Elementos Libros X-XIII*, Madrid, Gredos.

EUCLIDES / FERNANDEZ DE MEDRANO, S. (1728), *Los Seis Primeros Libros, Onze, y Doze, de los Elementos Geometricos del Famoso Philosopho Euclides Megareense*, Amberes, Viuda de Henrico Verdussen. 1^a edición 1688.

EUCLIDES/ HEATH, T. L. (1926), *Euclid The thirteen books of the Elements*, Cambridge, Cambridge University Press. 3 v. Reeditado por Dover en 1956.

EUCLIDES / ZARAGOZA, J. (1678), *Euclides Nuevo-Antiguo*, Madrid, Antonio Francisco de Zafra.

FERNÁNDEZ DE MEDRANO, S. (1699), *El Perfecto Artificial, Bombardero y Artillero*, Bruselas, Lamberto Marchant.

TOSCA, T. V. (1757), *Compendio Mathematico*, Valencia: Joseph Garcia. 9 v. 1ª edición 1707-1715

**EL CONTEXT
HISTÒRICO-INSTITUCIONAL
DE L'ENSENYAMENT
DE LES CIÈNCIES**

JAUME BANÚS I CASTELLVÍ (1833-1901), UN PROFESSOR DE FÍSICA I QUÍMICA DEL SEGLE XIX

Mar CUENCA LORENTE

Institut d'Història de la Medicina i de la Ciència "López Piñero",
Universitat de València- CSIC¹

Paraules clau: *Jaume Banús, Institut de València, Escuela Normal de Filosofía, cultura material de la ciència, gabinets de física, química i història natural, segle XIX*

Jaume Banús i Castellví (1833-1901), a Nineteenth-Century Physics and Chemistry Teacher

Summary: The aim of this paper is to introduce Jaume Banús i Castellví as an example of a nineteenth-century professor of physics and chemistry. He was trained at the Escuela Normal de Filosofía, and soon joined the secondary school of Gerona, where his interest in physics and chemistry cabinets and natural history museums started. He transferred to the secondary school of Valencia, of which he became the director some years later. His importance is not only justified by the improvements made in the secondary school but also by his interest in the preservation and update of school collections.

Keywords: Jaume Banús, Valencian secondary school, Escuela Normal de Filosofía, material culture of science, cabinets of physics, chemistry and natural history, nineteenth century

Introducció

Jaume Banús i Castellví (1833-1901), catedràtic de física i química del segle XIX, formà part d'un grup d'escollits alumnes que pertanyeren a la *Escuela Normal de Filosofía*, una institució que tenia com a objectiu formar professors de ciències. En acabar la seua preparació i obtindre el títol de llicenciat a la

¹ Aquesta investigació s'emmarca dins del projecte "La ciencia en las aulas del siglo XIX" (HUM2006-07206-C03-02) i ha sigut possible gràcies al contracte CSIC-BANCAIXA del que gaudeix. Els meus agraïments a Josep Simon, José-Ramón Bertomeu, Taira Lanuza, María Luz López i Carles Sirera.

Escuela Normal (1850-1855), fou traslladat a l'institut de Girona, un institut provincial de segon ensenyament, on va romandre per espai de sis anys (1855-1861). En aquest temps mostrà un ampli interès pels gabinets de física i química i d'història natural, i s'ocupà de classificar i ordenar aquestes col·leccions. En 1861 passà a l'institut de València, un institut universitari i un dels més importants de l'època, on arribà a ser secretari i director. En els quasi vint anys com a director realitzà nombroses reformes a l'institut i condicionà locals per a la biblioteca i els gabinets de física, química i història natural. Ja a València, va obtenir el títol de doctor en ciències, el qual constituí el primer grau de doctor que la Universitat de València va conferir després de la Llei Moyano de 1857. El fet de ser catedràtic li permetia gaudir d'una posició privilegiada i reconeixement públic, i sovint era requerit per formar part en diversos actes locals. La figura de Jaume Banús ens servirà per il·lustrar la vida d'un catedràtic del segle XIX, i ens permetrà donar una visió general de com era l'ensenyament dos segles enrere.

Un catedràtic de física i química del segle XIX

Jaume Banús va néixer a Reus, el 14 de febrer de 1833. Procedia d'una família de classe obrera i segons ens diu la seva neta, Maria Teresa García Banús (1895-1989), era una persona de idees lliberals, maçó, i amic de la infància del general Prim (1814-1870), que també era de Reus. Així mateix tenia amistat amb José Monlau (1832-1908), amb qui havia coincidit en la *Escuela Normal* i el doctor Luis Simarro (1851-1921), amb qui mantenia converses nocturnes els últims anys de vida.²

Va ser alumne del Col·legi de Reus des de 1843 a 1849. Aquest Col·legi estava agregat a l'institut de Tarragona, que havia estat creat amb el pla Pidal de 1845. Aquesta reforma va proveir els instituts d'un marc legal, consolidant els creats al voltant dels anys 1830 i 1840 i creant-ne un per província. Els instituts foren dividits en universitaris, provincials i locals, segons els anys d'ensenyament que en ells s'oferia (Sirera, 2009: 25-26).³

En aquests anys al Col·legi de Reus, va cursar matemàtiques elementals i dibuix amb nota de excel·lent, fet pel qual obtindria dos medalles d'or adjudicades per la Societat de Foment de la Il·lustració de Reus. En els cursos següents va aprovar els anys tercer, quart i quint, tots amb la nota d'excel·lent. En 1849, després de realitzar els exercicis corresponents, va obtenir el grau de *Bachiller en Filosofia* que fou expedit pel rectorat de la Universitat de Barcelona.⁴

En octubre de 1850 va rebre per oposició, una plaça d'alumne pensionat de la *Escuela normal de filosofia* a la "sección de ciencias naturales". Aquesta tingué el seu origen en 1846 amb la *Escuela normal de ciencias*, que tenia com objectiu prioritari formar professors de ciències per afrontar la falta de preparació i professionalització existents. En 1850 es denominà *Escuela normal de filosofia*, ampliant la proposta inicial a altres àrees de coneixement. Els candidats havien de tindre el *Bachiller en Filosofia* i se'ls ofería una beca de 4.000 reals per cursar les matèries de la seua especialitat, que bé podia ser "literatura", "ciències fisico-matemàtiques" o "ciències naturals", i assistir a conferències

² Memòries disponibles a: <http://www.fundanin.org/garciabanus.htm> (García Banús, 1986-1989).

³ Sobre aquesta qüestió consultar: (Sirera, 2009) i (Viñao Frago, 1982).

⁴ La informació acadèmica de Jaume Banús, s'ha extret de tres fonts d'arxiu que citem a continuació: Arxiu Històric de la Universitat de València (A.U.V.), Arxiu General, caixa n°0034, exp. 006-02 (*Hoja de Servicios Profesorado Numerario y Auxiliar de los Establecimientos Públicos de Enseñanza de D. Jaime Banús*. Datada: 01 de gener de 1882). Des d'ací citat com: *Hoja de servicios*; A.U.V. Expedients acadèmics de ciències, 692/12 (*Expediente para el grado de Doctor en la Facultad de Ciencias de D. Jaime Banús y Castellví*). Des d'ací citat com: *Expediente*.; Archivo Histórico Nacional (A.H.N), Universidades, 5297, Exp.12. Año 1850-1855. (*Antecedentes literarios de D. Jaime Banús y Castellví*). Des d'ací citat com *Antecedentes literarios*.

impartides per professors universitaris durant un període de quatre anys. Posteriorment, aquests estudiants obtenien la llicenciatura mitjançant un examen general i se'ls conferia preferència en l'adjudicació de places per al professorat de segon ensenyament, però a canvi, se'ls exigia ser professors per una dècada. No obstant això, la *Escuela Normal*, fou suprimida en 1852 per raons polítiques, privant-la de tindre un paper més determinant en l'ensenyament de les ciències (López Martínez, 1997: 431- 433), (Yanes Cabrera, 2006).

En aquest sentit, Jaume Banús va ser un dels primers alumnes que formaren part de la *Escuela normal*. L'any de la seva creació, deu alumnes van tindre la oportunitat de formar-ne part; tres en la secció de "ciències naturals", entre ells el nostre personatge. Aquest motiu el diferencia dels altres professors de l'època, ja que la brevetat d'existència d'aquesta escola, fan de Jaume Banús, un cas particular en la mesura de la formació rebuda.

Entre els anys 1850 i 1855 va cursar i aprovar, amb la qualificació d'excel·lent, totes les assignatures de la llicenciatura i del doctorat en ciències naturals,⁵ a més de les pràctiques especials de la *Escuela Normal de Filosofía*, en les que també obtingué excel·lent. El càrrec d'alumne pensionat implicava, per reglament el càrrec d'ajudant i substitut de les càtedres de la Facultat de Ciències de la Universitat Central, el qual va ocupar constantment preparant les lliçons i substituint a diversos professors per malaltia i absències. En dos ocasions diferents va substituir les càtedres de organografia i fisiologia botànica i anatomia comparada. També fou professor de matemàtiques i d'història natural del Col·legi polític de Madrid, incorporat a l'institut, durant els cursos de 1853 a 1855. En un examen comparatiu entre els alumnes pensionats de la mateixa secció al acabar la carrera va obtindre el número primer.⁶

Etapa a l'institut de Girona

En octubre de 1855 fou traslladat a l'Institut de Girona com a catedràtic d'història natural, plaça que va ocupar fins 1861, quan fou anomenat catedràtic de física i química del mateix institut, encarregat d'història natural. Ja en l'any 1855 havia ocupat dos mesos la càtedra de física i química durant una llicència del catedràtic titular, i l'havia substituït en diverses ocasions en altres cursos. L'institut de Girona havia estat creat en 1841 sota la denominació d'Institut Provincial Gerundense i posteriorment va ser *Colegio de Humanidades* fins 1845 quan es convertí en Institut de segon ensenyament, amb la condició de segona classe.⁷

Ocupà també, a més de la seva càtedra titular, una de les dos càtedres de matemàtiques vacants en l'institut entre els anys 1858 i 1863. Així mateix va ocupar el càrrec de secretari de 1859 a 1863 i la direcció de la sala d'estudis per un espai de dos anys i des de 1856 a 1859 va practicar les observacions meteorològiques.⁸ Al voltant dels anys 1850-60 molts instituts foren equipats amb estacions meteorològiques, contribuint a la creació d'una xarxa meteorològica nacional que estava coordinada pel Observatori Astronòmic de Madrid (Cuenca, Simon: 2010).

⁵ Les assignatures que va cursar foren: primer curs de grec, química i botànica (curs 1850-1851); física i àlgebra superior (curs 1851-1852); segon any de grec, mineralogia i zoologia (curs 1852-1853); organografia i fisiologia vegetal, filografia i geografia botànica, anatomia comparada, zoonomia, zoologia dels vertebrats, zoografia dels invertebrats (curs 1853-1854); geologia i paleontologia i iconografia botànica (curs 1854-1855). Cf. A.U.V., *Expediente*.

⁶ A.U.V., *Hoja de servicios*.

⁷ Per a més informació sobre l'institut de Girona veure: (Olòriz, 2008).

⁸ A.U.V., *Hoja de servicios*.

L'institut de Girona comptava ja en 1850 amb una gran sala, coneguda com l'aula de ciències, que reunia els gabinets d'història natural, zoologia, física i química, i estava dotada amb centenars d'aparells, substàncies i objectes (Villalonga, 2005: 18-21). No es d'estranyar doncs, que fora en aquesta època quan Jaume Banús començà a interessar-se per aquest patrimoni científic, i que el museu d'història natural i gabinets de física i química foren, gràcies a la seva labor, augmentats, classificats i ordenats. A l'època alguns autors ja destacaren no únicament la riquesa dels seus instruments i aparells, sinó la seua bona ordenada classificació i col·locació (Martinez Quintanilla, 1865: 152).

Segons ens diu a la fulla de serveis, en 1859 publicà en Girona un quadre del sistema mètric con les peses i mesures de la província, del qual va regalar dos-cents exemplars a les escoles públiques. Amb la aprovació de la llei de peses i mesures en 1849, i amb la dificultat que suposava la introducció d'aquest nou sistema en l'ensenyament a partir de 1852, foren molts els docents que publicaren texts, taules, manuals i quadres per facilitar el seu aprenentatge (Aznar García, 1999). En 1860 publicà també uns articles sobre un *barometrógrafo multiplicador* de la seva invenció.⁹

A més de la seva labor docent, els catedràtics de l'època gaudien de reconeixement públic i una posició de cert prestigi en la societat. Jaume Banús no fou una excepció en aquest sentit i era assiduament requerit per fer de jutge d'oposicions a magisteris vacants i catedràtic comissionat per visitar escoles i presidir els seus exàmens. De 1855 a 1863 va ocupar els càrrecs de vocal de les juntes provincials d'estadística i de agricultura i verificador dels comptadors de gas de Figueres i Girona per nomenaments reials. En 1862 fou requerit per formar part de la Comissió Científica del Pacífic, però va rebutjar el càrrec per motius familiars.¹⁰

L'Institut de València

Pel novembre de 1862 fou anomenat catedràtic d'elements de física i química a l'Institut de València, càrrec que va desenvolupar durant onze anys. En 1845, amb les reformes del Pla Pidal, es creà aquest institut, associat a la Universitat de Filosofia i quines instal·lacions va utilitzar fins 1851, quan es va fusionar amb el *Real Colegio de San Pablo*¹¹

Durant aquesta etapa va pertànyer al professorat d'estudis d'aplicació i va ocupar la càtedra de mecànica industrial, per espai de catorze cursos durant els anys 1863-1864, i de 1868 a 1882. Els estudis d'aplicació s'havien creat amb el pla Pidal de 1845 sota el nom "d'estudis especials", i comprenien coneixements tècnics de la agricultura, el comerç i la indústria.¹² De 1863 a 1869, fou professor de física i química del *Real Colegio de San Pablo*, que era el d'interns d'aquest institut, i de 1868 a 1869 s'encarregà de les càtedres de física i química del Batxillerat sense llatí, cosa per la qual va merèixer les gràcies del govern.

En 1869 obtingué el primer grau de doctor conferit per la Universitat de València després de la *Llei Moyano* de 1857, per la que es crearen les facultats de Ciències i es determinaren els graus de ciències a tres tipus (batxillers, llicenciats i doctors). Únicament la Universitat Central de Madrid podia conferir el títol de doctor, però entre 1868 i 1871, la Universitat de València tingué llibertat per conferir

⁹ *Ibid.*

¹⁰ *Ibid.*

¹¹ Per més informació sobre aquest institut, es pot consultar: (Institut, 1997), (Simon, 2002) i (Sirera, 2009).

¹² En 1863 s'ampliaren els estudis d'aplicació mitjançant la creació de les càtedres de "Química, Topografía y su dibujo, Agricultura teórico-práctica y Mecánica industrial", encara que foren suprimits un any més tard i rehabilitats per la Junta Revolucionària (Simon, 2002) i (Sirera 2009:16).

els graus de batxiller i doctor. La investidura com a doctor en ciències es va produir en 1869 i Jaume llegí un discurs relacionat amb geologia, sobre les causes internes y externes que modificaven la cortesa del globus.¹³ La importància del acte fou tal que quedà registrada per la premsa (Sánchez Satiro, 1998: 296).

A banda de la seua categoria acadèmica com a prestigiós docent, va desenvolupar altres labors a l'institut, ocupant el càrrec de secretari de 1865 a 1880, any en el que va renunciar per motius de salut. La seva labor quedà reconeguda en les memòries del curs 1879-1880, en la que es diu que l'institut quedà privat de la seva laboriositat i competència (Ribera y Gómez, 1880).

Malgrat la seva renúncia al càrrec de secretari, va ser anomenat director de l'institut el 1881, càrrec que va ocupar fins 1898. En aquests quasi vint anys es realitzaren nombroses i importants reformes a l'edifici de l'institut, a més d'ampliar i condicionar locals aptes per a la biblioteca, i aconseguir que la Diputació de València dotés una plaça de bibliotecari. La biblioteca de l'institut gaudia d'un gran prestigi tant per la quantitat com per la qualitat de les obres que contenia, i fou declarada d'interès públic i inaugurada com oberta als estudiosos i investigadors el curs 1881-1882 (Corbín Ferrer, 1979: 74).

Continuant amb la labor començada a l'institut de Girona, ací també contribuí al condicionament dels gabinets d'agricultura, física, història natural i el laboratori de química, i a més va fer nombrosos donatius, com fòssils, minerals i animals, al gabinet d'història natural, una pràctica habitual dels catedràtics de l'època. En 1879, quan Jaume Banús era encara secretari, l'institut va rebre la visita de la *Comisión Provincial*, i va quedar aquesta molt impressionada ja que posseïa els últims avanços en ciència i les col·leccions eren superiors a les d'altres centres d'ensenyament superior (Banús y Castellví, 1879: 15-18).

En la seva etapa a València continuà sent requerit a sovint com a jutge d'oposicions a càtedres d'instituts, com a vocal del Consell universitari per a designar els temes d'oposicions i per a formar part del tribunal d'exàmens d'estudis privats. També fou jutge de les oposicions a una plaça d'auxiliar de ciències fisico-químiques de la universitat de València i de les auxiliars de ciències fisico-naturals d'Albacete i València; i per designació de l'ajuntament els anys 1880-1881, jutge de les oposicions a la plaça d'enginyer mecànic del municipi. El 1880 també fou nomenat com a Professor de la Estació Enològica de Sagunt.¹⁴

Els seus últims anys de vida els va passar a Madrid, on va morir el 2 de Febrer de 1901, als 67 anys d'edat. En una nota necrològica apareguda en el diari de Reus es diu d'ell que era un home modest, a qui no li agradava figurar en política ni fer ostentació dels seus mèrits. Sentia verdadera passió per l'ensenyament, al qual es va dedicar exclusivament, sent estimat i respectat pels seus alumnes. També destaca haver figurat en nombrosos tribunals d'oposicions i haver rebut l'*Encomienda de Numero de la Orden de Isabel la Católica* (Olesti Trilles, 1991: 87-88).

Conclusions

A través de l'exemple de Jaume Banús hem mostrat breument les característiques de l'ensenyament del segle XIX, i el paper imprescindible que tenien els catedràtics de l'època, no únicament pel fet de ser professors sinó també figures públiques, respectades i influents.

¹³ A.U.V., *Expediente*.

¹⁴ A.U.V., *Hoja de servicios*. La Estació enològica de Sagunt fou creada en 1880 i pareix que va funcionar al menys fins 1891 (Cartaña i Piñen, 2000).

Pel que fa a la seua formació, cal destacar el seu pas per la *Escuela Normal*. Solament deu alumnes formaren part d'aquest centre en 1850, any de la seua creació com *Escuela normal de filosofía*, i entre ells es trobava el nostre personatge. Aquesta formació no era habitual per als altres professors de l'època, raó per la qual Jaume Banús pertany a un nombre reduït d'escollits que passaren per aquesta efímera escola.

Jaume Banús és similar a molts altres catedràtics del segle XIX pel seu especial interès pels gabinets de física i química i museus d'història natural, durant els anys immediatament posteriors a la creació d'els instituts, els quals havien estat dotats amb bones col·leccions de física i química per tal d'afavorir l'ensenyament de les ciències (Simon; Cuenca-Lorente, 2010). També hem vist que Jaume Banús va passar per dos instituts dotats amb excel·lents col·leccions d'instruments, com eren els de Girona i el de València, qüestió que possiblement augmentà el seu interès per la conservació i l'organització d'aquest patrimoni científic. També sembla que, fins i tot, dissenyà un instrument original durant la seua etapa a Girona. Pel contrari, Jaume Banús no va realitzar moltes publicacions, llevat d'un parell d'àmbit local. No va escriure un llibre de text propi i va emprar obres publicades per altres professors de l'època que tingueren molta difusió com, per exemple, el conegut manual del francès Adolphe Ganot.

Tant en la seva etapa a Girona com a València, Jaume Banús va ser a sovint sol·licitat per a formar part d'una gran varietat d'actes públics, com membre de jurats d'oposicions i com expert en temes relacionats amb la ciència i la tecnologia. Això demostra que els catedràtics dels instituts eren personatges reconeguts i respectats al seu context local, raó per la qual se'ls requeria per a activitats que anaven més enllà de les seues obligacions docents. La biografia de Jaume Banús dona moltes claus per a conèixer l'ampli ventall d'activitats desenvolupades durant el segle XIX pels instituts de secundària, els quals esdevingueren, moltes vegades, els centres culturals més importants del seu entorn. Molts altres catedràtics d'institut han romes gairebé desconeguts fins al moment, com Jaume Banús, i a l'espera de futurs estudis que ens permetran fer un anàlisi comparatiu amb l'objectiu de reconstruir l'ensenyament del segle XIX sense oblidar als seus protagonistes.

Bibliografia

AZNAR GARCÍA, J. V. (1999), *La unificación de los pesos y medidas en España durante el siglo XIX: los proyectos para la reforma y la introducción del sistema métrico decimal* (Tesis doctoral), València, Universitat de València

BANÚS Y CASTELLVÍ, J. (1879), *Instituto de Segunda Enseñanza de Valencia. Memoria del curso de 1878 a 1879*, Valencia, Imprenta de J.Rius.

CARTAÑA I PIÑEN, J. (2000), «Las estaciones agronómicas y las granjas experimentales como factor de innovación en la agricultura española contemporánea (1875-1920)», *Scripta Nova*, 69 (16).

CORBÍN FERRER, J.L. (1979), *Monografía histórica del Instituto de Enseñanza Media "Luis Vives" de Valencia*, Valencia, Ayuntamiento de Valencia.

CUENCA LORENTE, M.; SIMON CASTEL, J. (2010), «The Establishment and Development of Physics and Chemistry Collections in Nineteenth-Century Spanish Secondary Education», A: WITJE, R.; HEERING, P. (ed.), *Learning by Doing: Experiments and Instruments in the History of Science Teaching*, Stuttgart, Franz Steiner Verlag [en premsa].

GARCÍA BANÚS, M.T. (1986-1989), *Una vida bien vivida*. Disponible a: <http://www.fundanin.org/garciabanus.htm>

INSTITUT, (1997), *Institut de Batxilletat Lluís Vives de València: 150 anys d'història d'ensenyament públic*, València, Fundació BANCAIXA.

LÓPEZ MARTÍNEZ, J. D. (1999), *La enseñanza de la Física y Química en la educación secundaria en el primer tercio del siglo XX en España* (Tesis doctoral), Murcia, Universidad de Murcia.

MARTÍNEZ QUINTANILLA, P. (1865), *La provincia de Gerona. Datos Estadísticos*, Gerona, Imprenta de F.Dorca.

OLESTI TRILLES, J. (1991), *Diccionari biogràfic de Reusencs*, Reus, Ajuntament de Reus.

OLORIZ SERRA, J. (2008), *L'institut de Segon Ensenyament de Girona (1845-1900)*, Girona, CCG Edicions.

RIBERA Y GOMEZ, E. (1880), *Instituto Provincial de Valencia. Memoria del curso de 1879 a 1880*, Valencia, Imprenta de Manuel Alufre.

SÁNCHEZ SANTIRÓ, E. (1998), *Científics i professionals. La Facultat de Ciències de València (1857-1939)*, València, Universitat de València.

SIMON CASTEL, J. (2002), *Els instruments científics de l'IES "Lluís Vives". Primers resultats d'un catàleg de la cultura material de la ciència* (Treball de recerca doctoral), València, Universitat de València.

SIMON, J.; CUENCA-LORENTE, M. (2010), «Science Education and the Material Culture of the Nineteenth-Century Classroom: Physics and Chemistry in Spanish Secondary Schools», *Science & Education*:
<http://www.springerlink.com/content/q3xm3x58062m2653/>
(31/03/2010)

SIRERA MIRALLES, C. (2009), *Un título para las clases medias: La enseñanza media en la provincia de Valencia, 1859-1902* (Tesis doctoral), València, Universitat de València.

VILLALONGA RUHÍ, B. (2005), «Els avatars del patrimoni de l'institut Vicens Vives», *Revista de Girona*, 229, 18-25.

VIÑAO FRAGO, A. (1982), *Política y educación en los orígenes de la España Contemporánea. Examen especial de sus relaciones en la enseñanza secundaria*, Madrid, Siglo XIX.

YANES CABRERA, C. (2006), «Análisis histórico sobre la creación y desaparición del primer centro español para la formación del profesorado de educación secundaria», *Revista de educación*, 336, 745-762.

ESTATUT DE FORMACIÓ PROFESSIONAL: MODERNITZACIÓ I ENSENYAMENT TÈCNIC

María Lluisa RICO GOMEZ
CSIC, Madrid

Paraules clau: *ensenyament tècnic, formació professional, modernització, estatut de formació professional, dictadura de Primo de Rivera*

Statute vocational training: modernization and technical education

Summary: *The economic and social modernization, of the early twentieth century, was the context that formed the base for the regulation of industrial vocational education and working during the dictatorship of Primo de Rivera. This training must be technical and scientific, to modernize the economy, but also should serve to maintain the status traditional social and political and control over the working masses.*

Key words: *technical education, vocational training, modernization, statute vocational training, dictatorship of Primo de Rivera*

Introducció

La idea principal de l'orientació política, tant en l'Estatut d'Ensenyament Industrial de 1924 com en l'Estatut de Formació Professional de 1928, és la relació establida entre modernització i ensenyament tècnic. Hi ha una sèrie de conceptes clau que alimenten aquesta relació: riquesa nacional, riquesa industrial i riquesa en la formació de l'obrer. És tan gran l'interès de l'estat per aconseguir una economia nacional productiva i competitiva, que això el du a utilitzar la formació professional de l'obrer, enfocada cap a l'ensenyament tècnic i industrial, com a eina útil i fonamental per a fer de la indústria un sector clau en la modernització del país.

Aquesta estreta relació entre ambdós conceptes, modernització i ensenyament tècnic, s'enquadra dins del que l'italià Gino Germani (Germani, 1992: 96-97) denomina el moment històric del tradicionalisme ideològic o del que altres autors prefereixen anomenar modernisme reaccionari. En aquest estadi polític es manté la tradició pel que fa a les institucions polítiques i socials, i es fa èmfasi, en canvi, en la novetat de l'acció tècnica-econòmica, en l'autodeterminació i racionalitat econòmica (Germani, 1965:91-116), per a la qual cosa es necessita el coneixement científic, tecnologia i economia racional (Germani, 1969: 15-21). Davant d'aquestes premisses, en un context en què ha arrelat un

sindicalisme fort d'esquerres i un moviment obrer en auge, com també una incipient socialització de les masses, cal canalitzar aquest sector de la població, de les masses populars "rebels", dins del sistema a través de l'extensió de l'educació tècnica i científica. Amb això s'intenta aconseguir, d'una banda, un capital humà format en les noves arts industrials que ajude al desenvolupament econòmic industrial i, d'altra banda, acontentar l'obrer en fer-lo partícip d'un nou estatus econòmic, cultural i social dins del procés productiu.

Precisions conceptuals: modernització i ensenyament tècnic i industrial

Per a l'època, el terme modernització, pel que fa a l'economia, és sinònim de desenvolupament econòmic-industrial. És la solució per a la reconstitució econòmica del país a través de la capacitat i perfecció productora del treball i de l'educació tècnica, no sols del futur enginyer, sinó també de l'oficial obrer¹. Aquest objectiu se sustenta en una nova organització social, econòmica i, per descomptat, política que és garantia d'ordre i d'harmonia social: estructura natural, orgànica i corporativa que concilia els interessos del capital i els del treball, individuals i col·lectius, la unió dels quals ve donada per un ideal social de la professió i del treball (Primo de Rivera, 1929: 32-50)². Per tant, la formació professional de l'obrer és, en últim terme, una via per a la nacionalització de les masses (Primo de Rivera, 1929: 130)³.

Quant al segon concepte, tots coneixem la diferència clàssica entre tècnica i ciència: la ciència és la doctrina teòrica interpretativa de fets, mentre que la tècnica és l'aplicació pràctica de la ciència, és la comprovació empírica de les teories científiques, és purament instrumental, és l'art d'ensenyar el maneig de qualsevol procediment científic. Basant-se en aquesta definició, en principi, la introducció de la tècnica en la formació professional dels obrers seria un plantejament pràctic de les noves teories del saber científic aplicat al desenvolupament industrial (Navarro Brótons, 1994: 7-23).

Els artífexs mateix de l'organització de la formació professional tècnica industrial de l'obrer no especifiquen què és l'ensenyament tècnic, tècnic industrial o científic. La confusió en l'ús dels termes no impedeix que siguin contundents a l'hora d'afirmar, en canvi, allò que sí que consideren l'objectiu últim que s'ha d'aconseguir amb aquesta confusió: l'enriquiment de la nació i la pau social (Castellà Luis, 1936: 5)⁴.

¹ Vegeu l'exposició del Reial Decret que aprova l'Estatut d'Ensenyament Industrial de 31 d'octubre de 1924 (*Gaceta* del 5 de novembre).

² L'estat modern es defineix en el Reial Decret d'aprovació de l'Organització Corporativa Nacional de 26 de novembre de 1926 (*Gaceta* del 27) i el Reial Decret de 12 de setembre de 1927 (*Gaceta* del 14). També en l'obra de Primo de Rivera, ell mateix, pel que fa a la planificació política de l'estat modern, l'entén com una obra monàrquica, democràtica, cristiana i patriòtica, subjecta a una Assemblea Suprema Nacional, de composició corporativa, i a la Unió Patriòtica, que s'integra socialment en el sistema polític en base a tres cèl·lules: família, municipi i estat.

³ En paraules de Primo de Rivera: "Només una democràcia dictadora o una dictadura democràtica com la que avui governa, atenta, sense estranyes presses, a reorganitzar econòmicament i socialment el país sense lligams de classes i volent que tots els ciutadans siguin iguals en deures i drets i que els drets es conquisten amb l'exercici dels deures, pot, en el temps que la magna obra exigeix, preparar a Espanya un vertader règim de sobirania conscient, resultat de la creació de la personalitat ciutadana, que només pot ostentar-se mitjançant la justificació de graus de cultura i independència econòmica, encara que aquesta no radique en la possessió de béns, sinó en la mera capacitat per a adquirir-ne mitjançant un treball apte, organitzat i de just rendiment".

⁴ Sí que s'ha localitzat una definició en 1936 del professor Luis Castellà, de l'Escola de Treball de Vilanova i la Geltrú, qui diu que: "*entenem l'ensenyament dels oficis o professions tecnicoindustrials com aquells en què la tècnica preval sobre la inspiració i l'art, la raó sobre la imaginació, el cervell sobre el cor*"; definició igual a la que al seu dia es va fer al Congrés Internacional d'Ensenyament Tècnic a Brussel·les de 1932.

En els plans d'estudi publicats pels estatuts, la diferència entre ciència i tècnica no es justifica només pel grau de teoria o de pràctica, sinó que la ciència s'entén com l'art de coneixement teòric, organitzatiu, general i industrial, i la tècnica com coneixement teòric, pràctic i d'aplicació immediata al procés productiu.

En l'Estatut d'Ensenyament Industrial de 1924, l'ensenyament tècnic es concep dins de la formació dels quadres superiors de l'escola industrial: la preparació per a les professions tècniques industrials destinades a dirigir la labor de l'obrer, amb predomini del treball intel·lectual sobre el manual, com ara els contramestres, caps de taller i de fabricació, caps tècnics de totes les classes i pèrits industrials⁵. En realitat, exposa la nomenclatura "tècnic/a" per a especificar un cert tipus de professions industrials⁶ especialitzades en una ciència o un art. Això es fa patent en la divisió entre ensenyament científic, en el grau superior de la formació d'enginyers industrials (Lusa, 1997: 153-154)⁷, no en la formació de l'oficial o mestre obrer, on queda encasellada la ciència per a aquelles matèries de teoria del saber general i industrial, i ensenyament tècnic, en les disciplines teòriques d'aplicació pràctica immediata a la producció industrial:

"Els estudis científics comprenen: matemàtiques superiors, física i química teòriques, mecànica, anàlisi química, topografia, geodèsia i dibuix industrial, per a dos cursos; els estudis tècnics: mecànica aplicada a les màquines, mecànica aplicada a la construcció, construcció i arquitectura industrial, física industrial, química industrial, projectes industrials, economia industrial, geografia econòmica i cultura social; i un curs d'especialització en què s'estudien assignatures agrupades en mecànica i màquines, de manufactures i tèxtils, d'electrotècnia i de química"⁸.

Per tant, la tècnica va assimilada a la racionalització del coneixement científic que ha de ser posat en pràctica a través d'un plantejament tècnic, entès com a teoria i pràctica, per a evitar tot empirisme, tal com definia César de Madariaga (Madariaga, 1933: 390-391):

"(...) era hora ja que, tal com ningú dubta que tota tècnica moderna perfeccionada prové d'un procediment científic, ningú puga sostenir que tots els mètodes d'organització poden residir en l'empirisme o en la inspiració de determinats capitans d'indústria, de determinats bruixots, de la mateixa manera que va desaparèixer per a no tornar el famós instrument "de precisió" de la vella indústria que anomenem 'a ull'.

⁵ Vegeu l'exposició del Reial Decret que aprova l'Estatut d'Ensenyament Industrial de 31 d'octubre de 1924, p. 587 (*Gaceta* del 5 de novembre).

⁶ Si que hi ha una definició dels ensenyaments tècnics en una de las disposicions legislatives que regulen les escoles d'arts i oficis, la qual recull que "l'ensenyament tècnic i industrial té l'objectiu de formar obrers dotats d'aptitud teoricopràctica, suficient per a desenvolupar en les indústries mecanicoelèctriques, electroquímiques i d'altres els serveis tècnics i les funcions pròpies de contramestre o cap de taller. Aquest ensenyament es compondrà d'un grup d'assignatures orals i gràfiques i d'exercicis pràctics de laboratori i de taller, distribuïdes en quatre anys". Vegeu Reial Decret de 13 de setembre de 1894, p. 958 (*Gaceta* del 16).

⁷ Guillermo Lusa Monforte anomena els ensenyaments tècnics de l'Escola d'Enginyers Industrials sota la rúbrica de tècnics, científics, acadèmics, per a diferenciar aquesta nova etapa de l'anterior caracteritzada per una tècnica empírica o tècnica preindustrial. El que vol exemplificar amb aquesta distinció és el que Víctor Navarro, entre d'altres, recull en els seus estudis: amb la revolució industrial l'estudi de la tècnica serà l'objectiu primordial de la ciència, deixant al marge el que està relacionat amb els fenòmens físics.

⁸ Reial Decret de 31 d'octubre de 1924, art. 43, p. 593.

En canvi, el que sí que és explícit és el fi últim que es dona a la formació professional obrera, que força que l'ensenyament tècnic i industrial tinga un sentit més social que econòmic. És definit com un ensenyament cívico-moral. Amb això, s'intenta regenerar la moral de l'obrer, crear un nou ciutadà, que l'ensenyament tècnic ha d'imprimir en la ment d'aquest col·lectiu, perquè, com diuen els protagonistes de la configuració del nou pla de formació professional obrera, entre els quals hi ha César de Madariaga, aquesta ha d'estar dominada per una cultura general, humana i cultural que exalce els valors tradicionals cristians, per a evitar la lluita de classes i aconseguir la pau social. Per tant, es tracta d'exaltar la professió de base tècnica-científica com a ideal de vida (Durkheim, 1996: 44-62)⁹.

L'ensenyament científicotècnic en els estatuts de formació professional

L'Estatut d'Ensenyament Industrial aprovat pel Reial Decret de 31 d'octubre de 1924 configura una divisió de les escoles en: escoles elementals de treball o d'aprenentatge, on es cursen totes aquelles matèries que formen el personal obrer dels oficis generals que tinguen aplicació en diverses indústries, és a dir, s'hi imparteix un ensenyament obrer en què predomina el treball manual sobre l'intel·lectual, com ara els oficis d'ajustador, maquinista, forjador, fonedor, fuster, electricista, obrer, llanterner, conductor d'automòbils, etc.; i escoles industrials, on es fa un ensenyament professional per a la formació de mestres obrers, contramestres, caps de taller i de fabricació i la resta de professions de la indústria en què domina el treball intel·lectual sobre el manual, i, en grau superior, els ensenyaments de pèrit industrial.

És el reglament d'aplicació de l'Estatut de 6 d'octubre de 1925 el que aprova un nou organigrama¹⁰. Si observem el pla d'estudis que s'estableix a partir de l'article 16 del títol primer del reglament, hi ha una preocupació per la presència de matèries pròpies de la instrucció elemental científica, sobretot en l'ensenyament de preaprenentatge i aprenentatge, com ara nocions de matemàtiques pràctiques, nocions de ciències físiques i naturals, nocions de gramàtica pràctica, aritmètica i geometria pràctiques, aritmètica i àlgebra elementals, geometria i trigonometria, ampliació de matemàtiques, química general, física general, gimnàstica etc., a més d'algunes matèries de caràcter social: legislació obrera o legislació social de l'ofici. La novetat és l'apel·latiu de "pràctics" que acompanya aquests ensenyaments tradicionals i els dona un caire més coincident amb l'ensenyament tècnic-industrial. A mesura que s'ascendeix de nivell, la introducció de l'ensenyament tècnic predomina sobre el científic o social. Si en el preaprenentatge únicament s'inclouen com a tals les assignatures de dibuix i classes pràctiques, en l'aprenentatge per a oficial obrer s'incorporen, com a noves assignatures de caràcter tècnic, les pràctiques de taller, dibuix aplicat a l'ofici o tecnologia de l'ofici. En canvi, és en els ensenyaments de perfeccionament professional on la tècnica ocupa la major franja horària, ja que hi són més nombrosos. Per exemple, per a mestres obrers s'ha de cursar, per al curs general, geografia econòmica de les principals potències, economia industrial i organització de tallers, dibuix industrial, pràctiques de taller i higiene industrial; per al curs especial, mecànica, tecnologia especial de l'ofici, pràctiques de taller o laboratori i dibuix aplicat a l'ofici. En el cas dels peritatges, en els cursos comuns només s'afigen com a noves matèries construcció, topografia, dibuix d'adorn i dibuix de llavat, i és ja en els cursos de peritatges específics on totes les assignatures són de caràcter tècnic, especialitzades en els oficis corresponents.

⁹ Com diria Durkheim, tot i que l'especialització econòmica propicie que cada individu es dedique a una professió, cal la integració de tota la comunitat sobre la base d'una moralitat comuna nacional, que obligue els ciutadans a posar al seu servei les creences i interessos particulars, i que aquesta moralitat siga inculcada en tots els membres de la nació mitjançant l'educació.

¹⁰ Reial Decret de 6 d'octubre de 1925, núm. 283, p. 146 (*Gaceta del 10*).

Aquesta graduació de menor a major de presència de la tècnica en el currículum educatiu, seguint la línia del pla de 1910 encara que eliminant-ne les matèries de tipus artístic, es deu al fet que l'ensenyament tècnic industrial s'adreça als quadres superiors de caps tècnics, peritatges i enginyers, i al fet que la tècnica és entesa com una especialització superior, com el domini complet d'un art i com un coneixement tant intel·lectual com manual. En canvi, l'ensenyament científic tradicional és assimilat als graus d'aprenentatge i l'estudi científic industrial i queda col·locat, en els plans d'estudi de les escoles industrials, en posició inferior respecte a les matèries de tall tècnic-industrial.

Quant a l'aplicació d'aquest reglament en la vida mateix de les escoles, s'hi permet una certa flexibilitat d'adaptació a l'economia local, sobretot, en els estudis superiors, per a millorar la productivitat nacional¹¹. El comportament de les escoles a l'hora de planificar els currículums educatius és variable. D'una banda, estan aquelles escoles que fan una adaptació completa al reglament, sobretot són aquells centres enclavats en zones de desenvolupament industrial reduït. D'una altra banda, estan aquelles que, a causa de la importància econòmica d'una determinada indústria, planifiquen un ensenyament adaptat a l'especialitat i s'aparten de la reglamentació oficial. Així, les escoles de Logronyo, Santander o Vigo s'engloben dins del primer grup¹², en canvi, centres com el d'Alcoi, Eibar o Gijón pertanyen al segon tipus¹³.

En van ser poques les escoles que van incorporar el pla d'estudis del reglament de 1925 als seus currículums educatius, la majoria continuava regint-se pel pla de 1910, a causa de la dificultat econòmica que comportava introduir un nou organigrama, a més de les conseqüències negatives que havien de patir els alumnes incorporats en el pla antic. Tampoc va haver-hi temps suficient perquè els centres de formació professional s'ajustaren al pla de 1925, ja que en menys de tres anys s'aprovarien noves directrius recollides en l'Estatut de Formació Tècnica Professional de 1928.

La publicació de l'Estatut de Formació Professional de 1928 és el resultat perfeccionat d'un conjunt de disposicions que es van promulgar des del 1924. Un dels principals problemes és la inadaptació a les noves disciplines pedagògiques modernes i amb aquestes a les necessitats del país, perquè el que es vol més bé és unir l'ensenyament tècnic a les organitzacions existents¹⁴. La crítica feta al de 1924, quant a la situació privilegiada concedida a l'ensenyament d'enginyeria industrial amb perjudici de la resta de formacions, comporta que es canvie l'apellatiu d'ensenyament industrial pel de tècnic i professional, perquè l'especialització tècnica industrial es faça de des de la formació de l'obrer a les escoles del treball (Madariaga, 1933: 456-459). La divisió dels nivells formatius varia l'estructura de 1924. Ara, en la formació professional obrera de les escoles de treball o aprenentatge, s'imparteixen aquests ensenyaments: el preaprenentatge, l'aprenentatge de l'oficial i la formació professional del

¹¹ L'article 6. Capítol primer, de l'Estatut d'Ensenyament Industrial de 1924, diu, més o menys, que les escoles industrials oficials i les seues juntes de patronat tenen capacitat jurídica per a establir ensenyaments complementaris de caràcter industrial, però queden sotmeses a la inspecció oficial en matèria pedagògica. A més, l'article 14 del capítol tercer permet a les juntes d'ensenyament industrial relacionar els ensenyaments industrials amb els altres de la localitat i amb les necessitats de la indústria, de l'exèrcit i de la marina i els articles 50 i 51, títol primer, del reglament d'aplicació de l'Estatut determinen per als ensenyaments de peritatge que, a més dels ensenyaments corresponents a les especialitats de pèrits mecànics, químics i electricistes, a les zones de Catalunya i València s'establisquen els de pèrit d'indústria tèxtil i les escoles respectives, les quals estaran a Terrassa i Alcoi, i es puguin establir altres especialitats diferents de les que esmenta el reglament quan, a proposta dels claustres de l'escola respectiva i amb l'aprovació de la junta local i de la comissió permanent d'ensenyament industrial, ho acorde el govern, justificant l'establiment de nous ensenyaments per les característiques industrials de la zona.

¹² Memòries de les escoles industrials de Logronyo, Santander i Vigo del curs 1927-28.

¹³ Memòries de les escoles industrials d'Alcoi, Eibar i Gijón del curs 1927-28, entre d'altres.

¹⁴ Reial Decret de 9 de març de 1928, núm. 71, p. 1604 (*Gaceta* de l'11). Per això, l'element artesà s'incorpora a la formació professional de l'Estatut, atesa la importància que pren en l'economia del país.

mestre, les d'auxiliar tècnic i el reaprenentatge. I a les escoles industrials es fa la formació del tècnic auxiliar¹⁵.

L'element gestor de cada escola és un patronat local de formació professional, al qual es dona autonomia completa per a regir els plans d'estudis en les cartes fundacionals de cada escola. És ara quan per primera vegada s'assimila explícitament l'ensenyament tècnic a un ensenyament cultural i cívic, sent aquesta l'única condició que ha de guiar l'eix dels plans d'estudis¹⁶.

L'aplicació d'aquest nou estatut a les escoles és diferent, en funció de la localitat a què pertany l'escola. Hi ha centres que creen una nova estructuració del currículum educatiu i donen més importància en els nivells inferiors a les matèries de caràcter social i científic que a les tècniques; altres introdueixen, seguint l'eix central del reglament de 1925, noves matèries des dels primers graus de caràcter tècnic. Així, per exemple, es poden establir dos grups d'escoles: d'una banda, les que des dels nivells inferiors intenten fer una especialització tècnica i, d'altra banda, aquelles en què l'especialització tècnica s'imparteix en els nivells superiors. Dins del primer tipus estan les escoles de Reus, el Real Instituto de Formación Profesional Obrera, Sabadell, Béjar, Terrassa, Tarragona, Eibar i Valladolid; dins del segon tipus, hi ha Gijón, Alcoi, Vilanova i la Geltrú, Santander, Badalona, Lleida i Barcelona. Els paràmetres que regeixen aquesta divisió estan relacionats amb el desenvolupament industrial de la localitat on s'estableix l'escola. Allà on el desenvolupament industrial és important es mostra interès per introduir l'ensenyament tècnic en el currículum educatiu des de l'oficial obrer i el mestre obrer; en canvi, en aquells centres on la tècnica és introduïda segons els plans d'estudis generals i en els nivells superiors això és degut al fet que l'especialització econòmica industrial requereix aquest tipus de personal per a la indústria. És el cas de Barcelona, Alcoi, Vilanova i la Geltrú o Badalona.

Conclusió

Els autors de l'estructura de la formació professional durant aquesta època entenen com a necessitat prioritària trencar amb la tècnica basada en l'empirisme, perquè estiga fonamentada per un coneixement racional científic i amb una aplicació pràctica immediata al procés industrial. Però la indefinició i confusió mateix dels teòrics del moment en l'ús d'aquests termes no impedeix que siguin vehements a l'hora de manifestar l'anhel que es pretén aconseguir amb aquesta formació: una nova moralitat nacional, inculcada a través de la formació tècnica industrial de l'obrer, per a evitar el conflicte social i unir tots els interessos a favor d'un objectiu col·lectiu comú: l'enriquiment de la nació. Es tracta de crear un ideal de vida a través de la professió.

La planificació dels currículums educatius de les escoles del treball associa l'ensenyament tècnic a l'especialització industrial, a un domini concret d'acord amb l'estratificació de tasques que ha imposat la divisió del treball del nou procés productiu. Aquesta especialització intenta, de manera gradual, traslladar-se dels quadres superiors als inferiors de formació professional, en els quals continua predominant una formació elemental i tradicional.

¹⁵ Reial Decret de 21 de desembre de 1928, núm. 363, p. 1989 (*Gaceta* del 28). A més, s'ofereix la formació professional artesana i el perfeccionament professional del treballador, del treball encaminat a millorar les condicions tècniques i psicofisiològiques d'aquest, i la d'enginyers industrials, que té l'objectiu de formar el personal capacitat, pels seus coneixements tècnics i científics, per a la direcció de les indústries, preparació de dictàmens, projectes, estudis tècnics i econòmics de l'organització industrial, a més de l'autorització de documents, peritatges i altres activitats tècniques (vegeu el Reial Decret de 23 d'octubre de 1928, núm. 306, p. 698 (*Gaceta* de 11 de novembre)).

¹⁶ Només s'exigeix un pla mínim per al grau d'auxiliaria industrial, que és publicat en una disposició posterior, amb data 18 juliol de 1929, en què predominen les matèries tècniques industrials i cívico-morals sobre les pròpiament científiques.

La dificultat ve a l'hora de ser aplicada a les escoles, la majoria de les quals manté el pla que regeix les escoles d'arts i oficis i industrials des de 1910 i tímidament adapta el seu pla a l'oficial de 1925. Només les zones de major desenvolupament industrial adapten els currículums educatius a les necessitats de l'economia local al marge de l'oficial, introduint l'especialització tècnica des dels quadres inferiors de formació. Aquest comportament heterogeni es deu al fet que, d'una banda, aquest desig d'especialització formativa tècnica industrial xoca amb un analfabetisme de l'obrer que no té els coneixements generals d'educació primària; i, d'altra banda, xoca amb una estructura tradicional en la formació industrial que l'estat no ha intentat modificar, perquè l'interès per actuar d'acord amb les noves corrents pedagògiques de formació tècnica industrial s'ha quedat en el mer discurs¹⁷. És així perquè no s'ha plantejat, des de les institucions oficials, un projecte global conscienciat, que relacione les necessitats industrials amb les pròpies característiques econòmiques i educatives de la nació. Per això, l'homogeneïtzació nacional, pel que fa a la formació professional obrera moderna, serà un somni inabastable. Per això, als anys 30 moltes escoles encara no havien fet el canvi a la nova formació tècnica i industrial.

Finalment, hem de concloure que amb una formació professional tècnica industrial adreçada als quadres superiors en principi es propicia, d'una banda, l'especialització d'aquest grup en una funció concreta del procés productiu i la formació d'una massa d'obriers que adquirisca nocions elementals tant primàries com tècniques i, d'altra banda, la formació de caps de taller i mestres obrers, de grau intermedi, on predomina tant l'equació tècnica com la moral i cívica. Davant d'aquesta graduació formativa, es propicia un adoctrinament dels obrers en les noves relacions modernes, que imposa el capitalisme a les fàbriques o tallers, més econòmic que social i polític. Una vegada que aquest col·lectiu, i no el dels contramestres, caps de taller o pèrits, conega que els efectes d'aquest nou sistema d'explotació no poden ser alleujats per una formació professional d'aprenentatge, tal com està plantejada, la contrapartida serà donar espenta al sindicalisme obrer d'esquerres. Així, l'objectiu de moralització cívico-social de l'obrer no funcionarà mitjançant aquest pla d'educació professional.

¹⁷ Amb aquest plantejament, s'aprofundirà en una bretxa que separarà el discurs oficial modernitzador, al qual respondran les poques escoles de major desenvolupament industrial, afavorides per la iniciativa particular, i la tradició assentada en l'estructura formativa de la majoria de les escoles professionals

Bibliografia

CASTELLÀ LUIS G. (1936), *Normas para una organización de la enseñanza técnico-industrial*, BILE, 909, 5.

DURKHEIM, É. (1996), *Educación y sociología*, Barcelona, Península, 44-62.

GERMANI, G. (1965), *Política y sociedad en una época de transición. De la sociedad tradicional a la sociedad de mas*, Buenos Aires, Paidós, 91-116.

GERMANI, G. (1969), *Sociología de la modernización. Psicología social y sociología*, Buenos Aires, Paidós, 15-21.

GERMANI, G. (1992), «Secularización, modernización y desarrollo económico», A: CARNERO, T (ed.), *Modernización, desarrollo político y cambio social*. Madrid, Alianza Editorial, 96-97.

LUSA MONFORTE, G. (1997), «La técnica científica académica en la Barcelona de la restauración. Tensiones centro-periferia», A: *IV Trobades d'història de la ciència i de la tècnica*, Alcoi-Barcelona, SCHCT-IEC, Barcelona, 153-154.

MADARIAGA, C. (1933), *La formación profesional de los trabajadores*, Madrid, M. Aguilar.

NAVARRO BRÓTONS, V. (1994), «Aspectes de les relacions ciència-tècnica des d'una perspectiva històrica», A: AAVV, *Tècnica i societat en el món contemporani*. Sabadell, Museu d'Història de Sabadell, 7-23.

PRIMO DE RIVERA, M. (1929), *El pensamiento de Primo de Rivera: sus notas, artículos y discursos*, Madrid, 32-50.

ELS PROGRAMES D'ARITMÈTICA I GEOMETRIA DE LES ESCOLES NORMALS CATALANES EN LA SEGONA DÈCADA DEL SEGLE XX

Jordi SERVAT SUSAGNE; Josep M. NÚÑEZ ESPALLARGAS
Departament de Didàctica Ciències Experimentals i Matemàtica.
Universitat de Barcelona

Paraules clau: *aritmètica, geometria, escoles normals catalanes, segle XX*

The Arithmetic and Geometry Programs of Catalan Normal Schools in the Second Decade of the Twentieth Century

Summary: In this paper we have analyzed the programs for mathematics teacher training in the first half of the twentieth century kept in the Historical Archives of the University of Barcelona. All the located programs correspond to the second decade of the twentieth century and belong to the normal schools of Girona and Tarragona for boys and girls. These manuscripts signed by the subject teachers give fairly accurate information on the lessons taught in these years and on the centers mentioned. Moreover, a comparative study with the programs found in the nineteenth century and those have been analyzed in a previous article, reveal the changes in the teaching of arithmetic and geometry.

Key words: *arithmetic, geometry, Catalan normal schools, twentieth century*

Les escoles normals a principis del segle XX.

Al començament del segle XX, les escoles normals seguien mantenint, bàsicament, els mateixos objectius i la mateixa estructura que els havia atorgat l'antiga Llei Moyano, que va organitzar el sistema educatiu espanyol a mitjan segle anterior (Guzmán, 1973).

Malgrat aquesta continuïtat en els traços essencials, es van produir algunes matisacions d'importància pedagògica. Per exemple, si bé se seguia mantenint el criteri d'edat mínima (16 anys) per

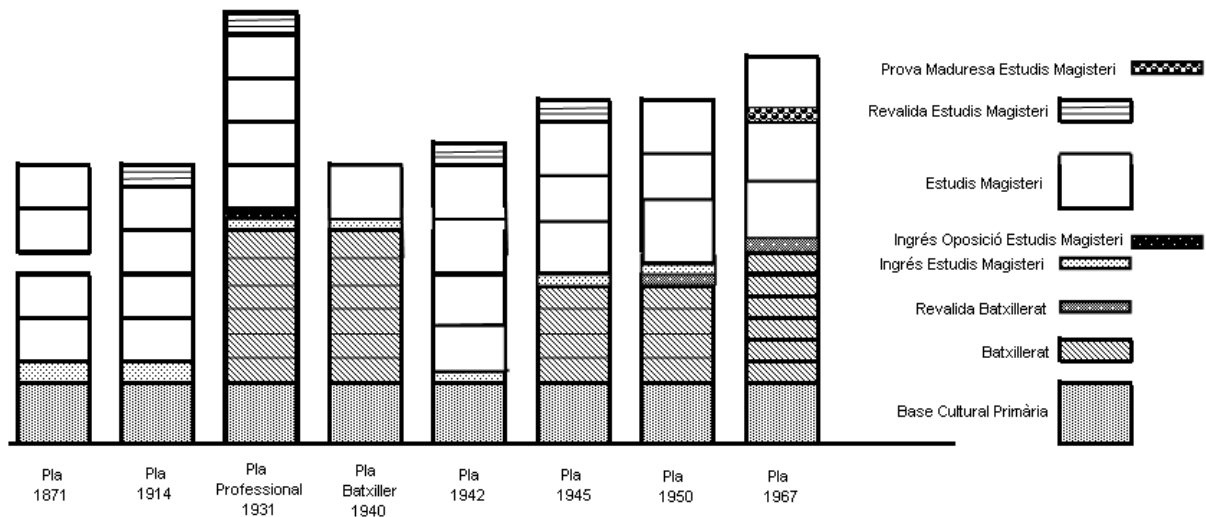


Fig. 1. Gràfica comparativa de nivells dels plans d'estudi.

accedir a les proves d'ingrés al magisteri, ara (principis del segle XX) es demanava també el certificat d'estudis primaris, que abans no era preceptiu.

Es limita el nombre d'alumnes en les classes teòriques. Les pràctiques escolars, que se simultaniejaven amb les classes teòriques es duïen a terme en les escoles annexes i a partir d'ara es van poder fer en altres escoles si el nombre d'alumnes així ho aconsellava. És a dir, es pretén amb aquestes mesures donar una major qualitat a l'ensenyament, evitant la massificació en les classes i la possibilitat de fer pràctiques en escoles ben organitzades.

En aquest mateix sentit de millorar els aspectes professionals de la formació de mestres s'ordena el règim d'oposicions, tant per a l'accés a l'ensenyament en les escoles públiques, com també per a la selecció del professorat de les mateixes escoles normals. No es modifica l'existència d'escoles normals separades pel sexe dels alumnes: seguien havent-hi escoles normals masculines i escoles normals femenines.

En el Pla de 1914 s'assoleix un avenç important en unificar-se els dos antics títols de Mestre Elemental i Mestre Superior en un únic denominat Mestre de Primer Ensenyament. Els estudis de Mestre Elemental i Mestre Superior requerien dos anys cadascun i eren estudis consecutius, ja que per arribar al títol de Mestre Superior era necessari haver cursat i aprovat l'Elemental. Permetia aquest antic sistema facilitar una preparació bàsica per a l'ensenyament en una època on escassejaven els docents i encara molts ajuntaments nomenaven per a la plaça de mestre a persones que no havien cursat els estudis primaris, però que sabien llegir, i tenien nocions d'aritmètica elemental. En exigir, des de principis de segle, els estudis primaris per a l'ingrés en les escoles normals, aquesta distinció en dos nivells en la formació dels mestres resulta innecessària i per això s'unifiquen en uns estudis únics de quatre anys de durada.

En el quadre adjunt (Fig 1) es mostra sintèticament la comparació entre els nivells d'estudis exigits per a l'ingrés a la carrera de Magisteri, així com la durada d'aquesta, en els diferents plans d'estudi que hi va haver a Espanya, entre el Pla de 1871 i el de 1967, que va ser l'últim abans de la incorporació de les escoles normals a la Universitat (Guzmán, 1986). Observem que no va ser fins al Pla professional de la República que s'estableix la necessitat d'haver cursat estudis secundaris per a ingressar a les escoles normals. Després d'aquest Pla de 1931 i excepte un retrocés experimentat en el Pla de postguerra de 1942, aquesta tendència es manté constant.

L'Arxiu Històric de la Universitat de Barcelona.

La filosofia del Pla de reforma general de l'educació promogut pel ministre Moyano establia una jerarquia entre els diferents nivells (Gil de Zárate, 1855). Les escoles elementals i les professionals depenien administrativament dels instituts d'ensenyament mitjà i aquests de les universitats. Quan es creen les escoles normals passen a dependre, igual que les escoles, dels instituts d'ensenyament secundari. Aquesta organització piramidal explica que la documentació generada per aquests nous centres anés a parar, primer als instituts i, després, a les universitats. En conseqüència, tota la documentació que no s'hagi conservat in situ i no hagi estat destruïda, probablement la localitzarem a l'arxiu històric de la universitat corresponent. En el cas de les escoles normals catalanes el centre en què es va dipositar tota aquesta documentació era l'Arxiu Històric de la Universitat de Barcelona (AHUB).

Arran d'una investigació en aquest arxiu, vam descobrir casualment, que entre la diversa documentació de caràcter administratiu (altes i baixes de personal docent, nomenaments, i oficis diversos) es localitzaven alguns programes d'assignatures (Núñez & Servat, 2000). Aquest fet ens va dur a plantejar la recerca, d'una manera sistemàtica, dels programes de les assignatures de matemàtiques de les escoles normals catalanes que podien conservar-se a l'AHUB. La investigació es va portar a terme en dues fases: en la primera consultem els fons del segle XIX; i en la segona, els del segle XX anteriors a la II República. Els resultats de la primera fase van ser presentats en la X Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica celebrada a Lleida a la finals de 2008. Ara comentem el material localitzat en la segona fase de la investigació.

En contra de les nostres expectatives inicialment optimistes pels resultats obtinguts en la primera fase, i a pesar d'una minuciosa recerca, només vam poder localitzar en un parell de lligalls un grup de programes referits a dues escoles normals, la de Girona i la de Lleida. Afortunadament, aquests programes són molt detallats i complets. Un fet que ens va sorprendre és que en la nostra recerca no localitzem programes d'altres matèries diferents a les de matemàtiques. Certament, aquest no era el nostre objectiu, però en la fase anterior si que vam poder constatar, encara que en petita quantitat, la presència de programes d'altres matèries.

A diferència dels programes del segle XIX, aquests manuscrits no estan signats i alguns tampoc datats, no els acompanya cap ofici o document que ens permeti donar més llum sobre les circumstàncies que van motivar la seva presentació en el registre. Si els hem situat en la dècada dels anys vint, a més de per altres indicis menors, és perquè estaven tots ells classificats al costat de documents d'aquesta època.

Els programes trobats són els següents:

- Escola Normal de Girona.
 - Primer curs: Programa d'Aritmètica i Geometria (noies).
 - Segon curs: Programa d'Aritmètica i Geometria (noies).
- Escola Normal de Tarragona.
 - Primer curs: Programa de Nocions d'Aritmètica i Geometria (nois)
 - Segon curs: Programa de *Geometria* (nois).
 - Primer curs: Programa d'Aritmètica i Geometria (noies).
 - Primer curs: Programa de Geometria (noies).
 - Primer curs: Programa d'Aritmètica i Àlgebra (noies).
 - Segon curs: Programa d'Aritmètica i Àlgebra (noies).
 - Segon curs: Programa de Geometria (noies).

	Any	Temes	Aritm.	Arrels/Potènc.	Mesura	Proporc./Arit. Co	Geom.
Noies	1913	30	54%	6%	10%	10%	20%
Nois	1913	43	60%	0%	12%	2%	26%

Fig. 2.

NOIES	Any	Temes	Aritm.	Arrels/Potènc.	Mesura	Proporc./Arit. Co	Geom.
Tarragona	1913	30	54%	6%	10%	10%	20%
Girona	1913	39	33%	8%	8%	8%	43%

Fig. 3.

Anàlisi dels programes d'aritmètica.

Comentarem a continuació alguns fets que es desprenen de la comparació entre els programes de les dues escoles normals i les diferències observades entre el centre de nois i el de noies.

1) Programes d'Aritmètica Elemental i Geometria de l'Escola Normal de Tarragona dels anys 1913 per noies i nois (Fig. 2).

El programa dels nois és més extens en nombre de temes (un 30 % aproximadament) que el de les noies. Ambdós incideixen més en l'aritmètica que en la geometria. Encara que el d'ells és més extens en la majoria de les qüestions, el de les noies tracta temes com el d'arrels i potències o la proporcionalitat aritmètica amb les seves aplicacions comercials; en canvi, el dels nois ho ignora o ho tracta succintament.

2) Programes d'Aritmètica Elemental i Geometria de les escoles normals de Tarragona i Girona de l'any 1913 per a noies (Fig. 3).

En aquesta comparació destaquen diversos fets rellevants. El primer és la major extensió del programa de Girona (un 25 %). El segon és que, mentre Tarragona segueix amb la tendència habitual de dedicar més temes a l'aritmètica que a la geometria, en el de Girona la tònica s'inverteix.

3) Programes d'Aritmètica i Àlgebra Superior de les escoles normals de Tarragona de l'any 1913 de 1r i 2n curs (noies) (Fig. 4).

Aquest quadre mostra uns fets diferencials molt marcats i coherents amb el context. Ambdós temaris tenen el mateix nombre de capítols, però així com el del primer curs està centrat en l'aritmètica, en el segon, la incidència és pràcticament total en l'àlgebra. També les qüestions d'arrels i potències estan més desenvolupades en el segon, així com les proporcions i les seves aplicacions comercials. Les mesures estan localitzades únicament en el primer curs.

NOIES	Any	Temes	Aritm.	Arrels/Potènc.	Mesura	Proporc./Arit. Co	Geom.
Tarragona 1r	1913	30	47%	6%	3%	16%	27%
Tarragona 2n	1913	30	10%	20%	0%	37%	33%

Fig. 4.

Nois	Lloc	Aritm.	Arrels/Potènc.	Mesura	Proporc./Arit. Co	Didàctica.
1875	Lleida	64%	2%	28%	6%	0%
1875	Tarragona	54%	20%	12%	12%	2%
1890	Lleida	66%	0%	34%	0%	0%
1913	Tarragona	67%	8%	13%	13%	0%

Fig. 5.

Comparació amb els programes del segle XIX.

Vegem ara alguns resultats destacables en comparar aquests programes amb els localitzats en el mateix AHUB referits a les escoles normals catalanes en la segona meitat del segle XIX i que ja es van analitzar breument en una comunicació anterior (Núñez & Servat, 2008).

4) Programes d'Aritmètica Elemental de les escoles normals de Lleida i Tarragona dels anys 1875, 1890 i 1913 (nois) (Fig. 5).

És interessant assenyalar, com a tret destacat de semblança, que, malgrat les dates i la diferent localització, en tots els programes d'aritmètica elemental es manté la mateixa proporció de temes dedicats a l'aritmètica bàsica (els conjunts numèrics i les seves operacions elementals). Quant als fets diferencials, és significatiu apreciar com a l'Escola Normal de Lleida es dedica gairebé un terç del programa a estudiar les mesures, enfront d'un 12 % que es dedica en el programa de Tarragona. En canvi, en l'Escola Normal d'aquesta ciutat s'inverteix: un 12 % del temari es dedica a tractar les proporcions i l'aritmètica comercial, mentre que en la de Lleida aquesta qüestió és poc estudiada o, fins i tot, ignorada en el programa de 1890.

5) Programes d'Aritmètica Elemental de les escoles normals de Tarragona i Girona dels anys 1875, 1913 i 1919 (noies) (Fig. 6).

S'aprecia, amb el pas dels anys, una tendència a la disminució de la proporció de temes dedicats a l'aritmètica bàsica en favor d'un augment dels destinats a arrels, potències i aritmètica comercial. És interessant constatar com la presència de temes didàctics inclosos inicialment en els programes antics desapareix en els moderns.

Noies	Lloc	Aritm.	Arrels/Potènc.	Mesura	Proporc./Arit. Co.	Didàctica.
1875	Tarragona	83%	0%	11%	0%	6%
1913	Tarragona	67%	8%	13%	12%	0%
1919	Girona	59%	13%	14%	13%	0%
1919	Girona	55%	10%	10%	25%	0%

Fig. 6.

Geometria elemental	Lloc	Nivell	Temes	Geometria	Dibuix	Agrimen.
1913	Tarragona	1r noies	6	100%	0%	0%
1919	Girona	1r noies	17	100%	0%	0%
1919	Girona	2n noies	25	100%	0%	0%

Fig. 7.

Geometria elemental	Geometria	Dibuix	Agrimensura
1867 - Tarragona	46%	36%	18%
1875 - Tarragona	48%	41%	11%
1875 – Lleida	68%	32%	0%
1890 – Lleida	62%	38%	0%
1913 i 1919	100%	0%	0%

Fig. 8.

Anàlisi dels programes de geometria

6) Programes de geometria de les escoles normals de noies de Tarragona i Girona dels anys 1913 i 1919 (Fig. 7).

L'Escola Normal de Girona dedica més temes a la geometria que la de Tarragona. A més, a l'Escola Normal de Girona el segon curs s'estén més en temes geomètrics que el primer.

7) Programes de Geometria Elemental dels anys 1867, 1875, 1890, 1913 i 1919 de nois (Fig. 8).

8) Programes de Geometria Superior dels anys 1867, 1875 i 1913 de nois i noies (Fig. 9).

Es confirma en tots els programes de geometria, tant els de geometria elemental com els de superior, que la tendència apuntada ja en el segle anterior, en el sentit que tant els temes d'agrimensura com de dibuix lineal tendeixen a desaparèixer, cosa que resulta evident en els programes del segle XX.

Geometria superior	Geometria	Dibuix	Agrimensura
1867 – Tarragona nois	45%	33%	22%
1875 – Tarragona nois	51%	37%	12%
1913 – Tarragona noies – 1r	100%	0%	0%
1913 – Tarragona noies – 2n	95%	0%	0%

Fig. 9.

Conclusions

- En els programes conjunts d'aritmètica i geometria, l'aritmètica sol tenir sempre un desenvolupament molt més gran, amb l'excepció del programa de 1919 de Girona on la situació s'inverteix.
- En els programes que desenvolupen aritmètica i àlgebra en el mateix curs, i com resulta lògic, el tractament donat a l'àlgebra és molt gran en el segon nivell que en el primer.
- Els programes de les noies, com veiem ja en el segle anterior, tenen un menor nombre de temes que el dels nois.
- Si comparem tots els programes localitzats, les qüestions d'indole comercial van adquirint, amb el pas del temps, cada vegada més presència. És curiós assenyalar que en els programes de les escoles normals femenines, més curts que els masculins, tenen major extensió aquestes qüestions que en els de les escoles normals de nois.
- També l'estudi de les arrels i potències té cada vegada major presència, encara que aquest fet està indubtablement relacionat amb el desenvolupament creixent de l'àlgebra en els programes.
- Si els comparem amb els del segle anterior, els programes estudiats dediquen menor espai a la mesura, fet que resulta fàcilment comprensible, doncs l'ús de les mesures decimals ha arrelat ja més en la població.
- En els programes de geometria es confirma la tendència observada en el segle anterior: els programes inicials que incloïen, al costat de la geometria, el dibuix lineal i l'agrimensura, perden, primer, l'agrimensura que no és recollida per cap altra matèria i, més tard, a finals del xix, el dibuix lineal, que passa a incorporar-se a l'assignatura de dibuix artístic.
- Finalment, cal destacar la nul·la presència de qüestions de metodologia didàctica en tots els programes, enfront de l'observada en els programes del segle XIX.

Bibliografia

ARXIU HISTÒRIC DE LA UNIVERSITAT DE BARCELONA. Lligalls ESCAT-AGHUB 02 32/5/3/14, ESCAT-AGHUB 02 32/4/6/01 i ESCAT-AGHUB 02 32/5/3/3.

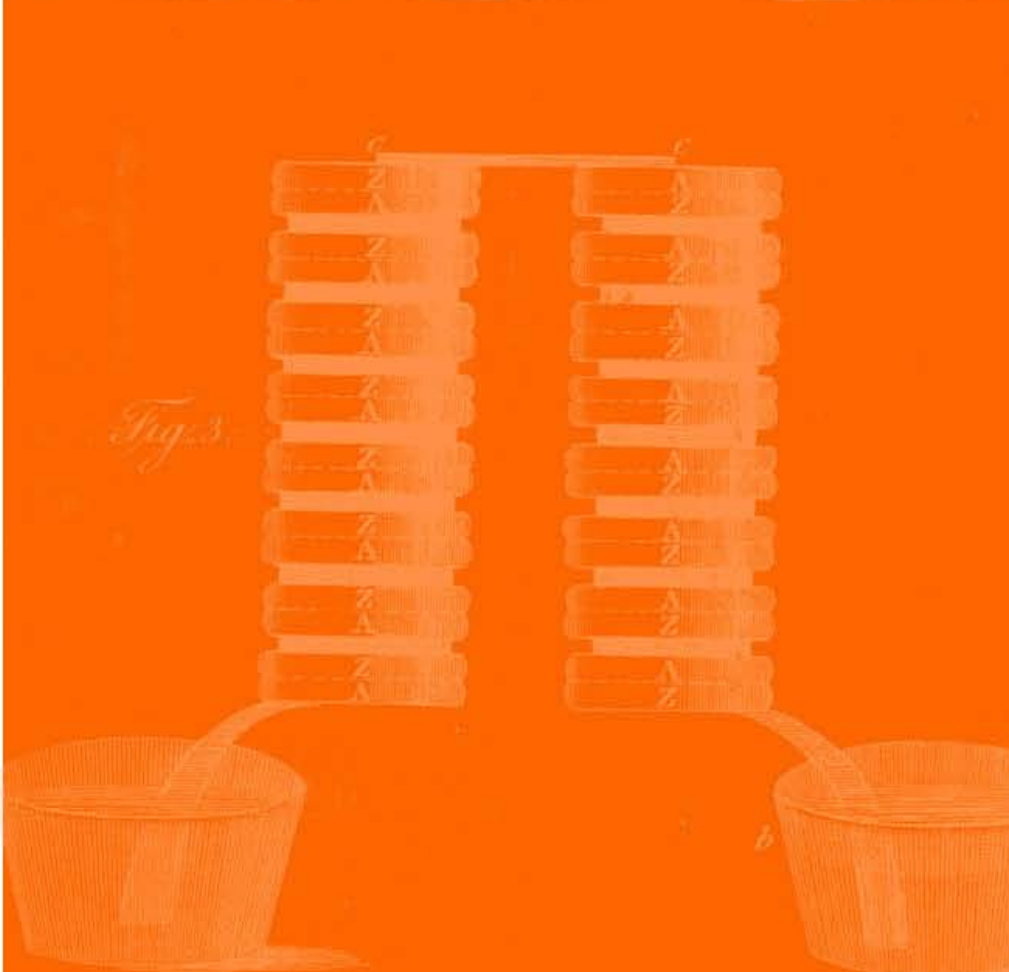
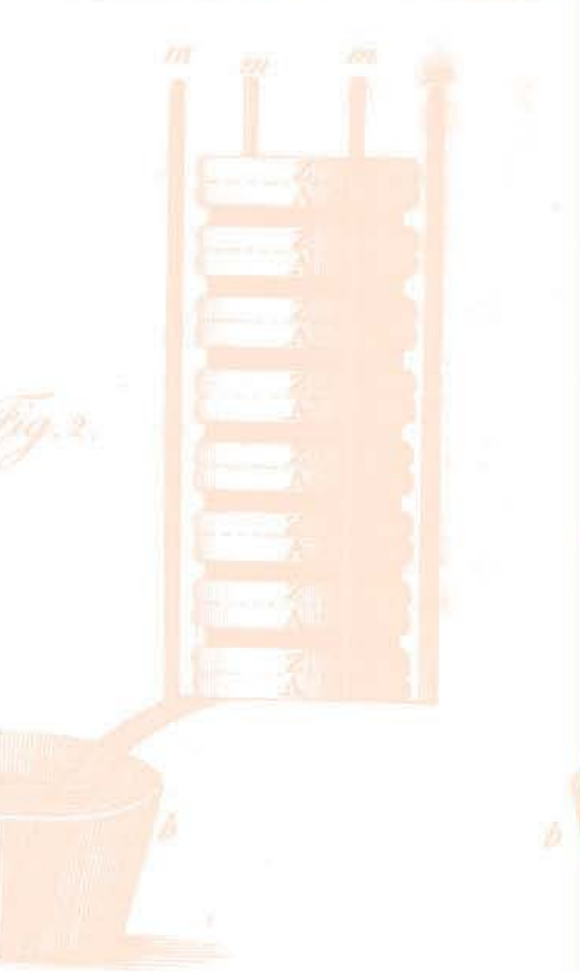
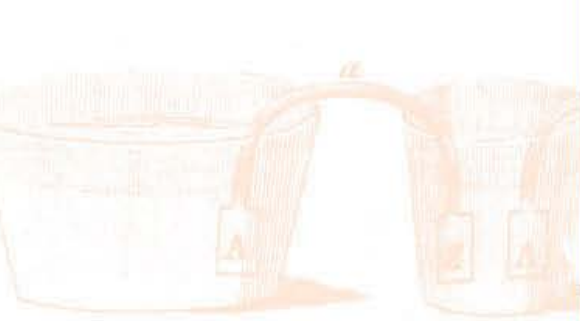
GIL DE ZÁRATE, A. (1855), *De la Instrucción Pública en España*, Vol. I, Madrid, Imprenta del Colegio de Sordo-mudos.

GUZMÁN, M. (1973), *Cómo se han formado los maestros (1871 a 1971). Cien años de disposiciones oficiales*, Barcelona, Prima Luce.

GUZMÁN, M. (1986), *Vida y muerte de las Escuelas Normales. Historia de la formación del Magisterio Básico*, Barcelona, PPU.

NÚÑEZ, J.M.; SERVAT, J. (2000), «Los programas de enseñanza de la Matemática y de la Ciencia en los Institutos de Zaragoza, Pamplona y Logroño del Archivo Histórico de la Universidad de Barcelona». A: AUSEJO, E.; BELTRÁN, M.C. (Ed.), *La Enseñanza de las Ciencias: Una Perspectiva Histórica. Cuadernos de Historia de la Ciencia*, Zaragoza, Universidad de Zaragoza, Núm. 11, Vol. II, 657-669.

NÚÑEZ, J.M.; SERVAT, J. (2008), «La formació matemàtica dels mestres d'educació primària a les escoles normals provincials de Catalunya en la segona meitat del segle XIX». Comunicació presentada a la *X Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Lleida.



Institut
d'Estudis
Catalans



SOCIETAT CATALANA
D'HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA
I DE LA TÈCNICA